

Sifat Fisikokimia dan Mikrobiologi Serbuk Minuman Berbasis Konsentrat Protein Tempe pada Berbagai Suhu Penyimpanan

Physicochemical and Microbiology Characteristics of Beverage Powder Based on Tempe Protein Concentrate at Various Storage Temperatures

Sulaiman Akbar Mahdi, Made Astawan, Nur Wulandari, Tjahja Muhandri, dan Muhammad Halim

Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Dramaga, Bogor, Indonesia 16680
E-mail: astawan@apps.ipb.ac.id

Diterima: 7 Agustus 2022

Revisi: 15 Maret 2023

Disetujui: 23 Oktober 2023

ABSTRAK

Makanan khas Indonesia, tempe, dibuat melalui fermentasi kedelai oleh kapang *Rhizopus* spp. Salah satu upaya untuk mengembangkan produk dan diversifikasi pangan adalah dengan memanfaatkan tempe sebagai bahan utama dalam pembuatan serbuk minuman tempe (SMT). Diharapkan pengolahan tempe menjadi serbuk minuman akan meningkatkan konsumsi tempe dan memenuhi kebutuhan protein masyarakat. Seiring dengan waktu penyimpanan, kualitas produk makanan akan menurun. Oleh karena itu, untuk memastikan bahwa produk tetap layak dikonsumsi, penting untuk mengetahui perubahan sifat fisikokimia dan mikrobiologi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana sifat fisikokimia dan mikrobiologi produk SMT berubah selama penyimpanan pada berbagai suhu. Karakteristik fisikokimia yang diuji yaitu nilai proksimat, a_w , pH, aktivitas antioksidan, dan derajat putih. Karakteristik mikrobiologi termasuk total kapang dan angka lempeng total. Nilai kadar air meningkat pada suhu penyimpanan 35 °C dan 45 °C, tetapi cenderung turun pada suhu penyimpanan 55 °C. Selama penyimpanan, kandungan protein dan lemak cenderung stabil. Aktivitas antioksidan meningkat pada suhu 25, 35, dan 45 °C, dan turun pada suhu 55 °C. Kadar abu, a_w , pH, derajat putih, dan lempeng total turun pada setiap suhu penyimpanan.

kata kunci: fisikokimia, mikrobiologi, mutu pangan, serbuk minuman, tempe

ABSTRACT

A typical Indonesian food, tempe, is made by fermenting soybeans by the mold *Rhizopus* spp. One effort to develop products and diversify food is to use tempe as the main ingredient in making tempe drink powder (TDP). Processing tempe into drink powder will increase tempe consumption and meet people's protein needs. Over time, the quality of food products will decrease. Therefore, to ensure that the product remains fit for consumption, it is essential to know about changes in its physicochemical and microbiological properties. This research aimed to determine changes in physicochemical and microbiological properties of TDP products during storage at various temperatures. The physicochemical characteristics tested were proximate value, a_w , pH, antioxidant activity, and whiteness. Microbiological characteristics included total mold and total plate count. The water content value increased at storage temperatures of 35 °C and 45 °C, but tended to decrease at 55 °C. During storage, the protein and fat content tended to be stable. Antioxidant activity increased at 25, 35, and 45 °C and decreased at 55 °C. Ash content, a_w , pH, whiteness, and total plate decreased at each storage temperature.

keywords: beverage powder, food quality, microbiology, physicochemical, tempe

I. PENDAHULUAN

Tempe dihasilkan melalui proses fermentasi kedelai menggunakan kapang *Rhizopus* spp. (Astawan dkk., 2014). Saat ini, Indonesia adalah negara konsumen dan produsen tempe terbesar di dunia. Produsen tempe saat ini diperkirakan

160 ribu unit yang tersebar di wilayah Indonesia. Penggunaan kedelai untuk produksi tempe mencapai 1,2 juta ton per tahun atau 60 persen dari pemanfaatan kedelai di Indonesia (Astawan, dkk., 2013). Menurut data BPS (2019) rata-rata konsumsi tempe di Indonesia per minggu

sebesar 0,146 kg (Rawin, dkk., 2020). Hal ini membuktikan tempe merupakan sumber protein nabati pilihan masyarakat karena ekonomis dan terjangkau.

Berbagai cara diversifikasi telah dilakukan untuk meningkatkan nilai tambah dari tempe, memperpanjang umur simpan, menambah variasi produk dan menghasilkan produk olahan alternatif untuk mendapatkan manfaat nutrisi yang lebih baik. Salah satunya adalah dengan membuat minuman serbuk dari tempe. Produk serbuk minuman tempe (SMT) adalah produk minuman berbahan dasar tempe yang diformulasikan menjadi produk minuman. Telah dilakukan tahapan formulasi pada produk SMT sehingga rasa, aroma, dan tekstur produk menjadi lebih baik.

Beberapa penelitian telah menggunakan sari tempe (Abdullah dan Asriati, 2016), tempe segar (Abdurasyid, dkk., 2021), dan tepung tempe (Jauhari, dkk., 2014) untuk diolah menjadi produk SMT. Pada penelitian ini SMT menggunakan bahan baku berupa konsentrat protein tempe. Konsentrat protein tempe adalah tepung tempe yang telah mengalami proses ekstraksi untuk menurunkan kandungan non-protein seperti kadar lemak, air, dan karbohidrat. Keunggulan produk olahan yang terbuat dari konsentrat protein tempe yaitu memiliki kandungan protein hingga 60 persen (Astawan, dkk., 2020). Berbagai penelitian telah meneliti efek kesehatan yang ditimbulkan setelah mengonsumsi minuman tempe secara rutin. Konsumsi minuman tempe sebanyak tiga gelas/hari selama 4 minggu berturut-turut terbukti menurunkan kadar LDL darah secara signifikan pada subjek hipercolesterolemia (Wirawanti, dkk., 2017), serta menurunkan tekanan darah pada penderita hipertensi (Ansarullah, dkk., 2017).

Suatu produk pangan akan mengalami penurunan kualitas selama penyimpanan, begitu juga dengan produk SMT. Perubahan yang perlu diperhatikan selama masa penyimpanan produk SMT di antaranya karakteristik fisikokimia dan mikrobiologi. Oleh karena itu, penelitian ini akan menguji sifat fisikokimia dan mikrobiologi produk SMT untuk mengetahui perubahan karakteristik produk pada berbagai suhu penyimpanan.

II. METODOLOGI

2.1. Tahapan Penelitian

2.1.1. Pembuatan Konsentrat Protein Tempe

Proses pembuatan konsentrat protein tempe (KPT) mengacu pada Puteri, dkk. (2018). Tahapan diawali dengan proses pengirisan tempe menggunakan *slicer* hingga berukuran 0,5 cm. Irisan tempe kemudian diblansir dengan uap panas selama 2 menit. Setelah itu, tempe dikeringkan selama enam jam dalam pengering kabinet pada suhu 60°C. Tahap selanjutnya yaitu penggilingan tempe yang telah kering menggunakan *pin disc mill* yang dilengkapi ayakan 60 mesh.

Tahap selanjutnya adalah penghilangan lemak tepung tempe dengan ekstraksi maserasi menggunakan pelarut n-heksan (1:3) (b/v). Proses ekstraksi dilakukan sebanyak dua kali menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian dilakukan ekstraksi kembali menggunakan sonikator selama 20 menit menggunakan pelarut n-heksan (1:4) (b/v). Residu yang diperoleh kemudian didiamkan selama 12 jam untuk menguapkan pelarut. Selanjutnya residu dikeringkan pada suhu 50°C selama 2 jam dan dihasilkan produk akhir berupa konsentrat protein tempe.

2.1.2. Pembuatan Serbuk Minuman Tempe

Produk serbuk minuman tempe (SMT) merupakan sebuah produk berbentuk serbuk yang terbuat dari tepung tempe. Konsentrat protein tempe diperoleh dari tepung tempe dengan perlakuan proses *defatting*, yaitu proses ekstraksi menggunakan pelarut non-polar. Pembuatan SMT diawali dengan mencampurkan konsentrat protein tempe (KPT) dengan beberapa bahan tambahan pangan (Tabel 1). Proses pencampuran menggunakan prinsip *dry mixing (blending)*, merupakan metode pencampuran seluruh bahan dalam keadaan kering yang dicampur sedikit demi sedikit hingga tercampur dengan baik. Produk SMT dikemas menggunakan kemasan primer berbahan plastik *polypropylene* (PP) yang dilapisi *alumunium foil* dengan material *metallize paperfoil*. Satu takaran saji produk SMT sebanyak 20 g. Produk SMT dikonsumsi dengan cara dilarutkan di dalam 200 mL air dingin atau air panas.

Tabel 1. Komposisi Produk SMT Per Kemasan 20 g.

Bahan	Jumlah (g)
Konsentrat Protein tempe	12,93
Maltodekstrin	4,23
Pemanis stevia	2,70
Perisa vanila susu	0,04
Penstabil <i>xanthan gum</i>	0,12

2.2. Analisis Proksimat

Analisis proksimat berkaitan dengan metode AOAC (2012), yang mencakup analisis kadar air dengan metode oven, kadar abu dengan metode pengabuan kering, kadar protein dengan metode Kjeldhal, dan kadar lemak dengan metode Soxhlet. Kadar karbohidrat dihitung dengan mengurangi bobot sampel dengan kadar air, abu, lemak, dan protein. Kadar karbohidrat dianggap sebagai bobot sampel bersama dengan kadar air, abu, lemak, dan protein.

2.3. Analisis Aktivitas Antioksidan

Analisis aktivitas antioksidan dengan metode DPPH mengacu pada penelitian Munarko, dkk. (2020) yang telah dimodifikasi.

2.4. Analisis pH, A_w , dan Derajat Putih

Tingkat keasaman (pH) diukur menggunakan pH meter. Pengukuran aktivitas air (a_w) mengacu pada penelitian Saputra, dkk. (2016), menggunakan alat a_w meter. Pengukuran derajat putih mengacu Sinurat, dkk. (2017), menggunakan alat *whiteness-meter*.

2.5. Analisis Mikrobiologi

Pengujian total kapang dan angka lempeng total (ALT) mengacu pada prosedur SNI 7612:2011 untuk bubuk minuman kedelai.

2.6. Penyimpanan pada Suhu Akselerasi

Produk SMT disimpan pada kemasan primer menggunakan bahan plastik *polypropylene* (PP) yang dilapisi *alumunium foil* dengan material *metalyze paperfoil*. Produk SMT dikemas tanpa adanya pengeluaran udara. Produk disimpan di dalam inkubator tanpa menggunakan wadah. Selama 35 hari, penyimpanan dilakukan pada tiga suhu yang berbeda, yaitu 35, 45, dan 55°C. Pengamatan dilakukan pada hari ke- 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, dan 35. Parameter yang diuji pada perubahan fisikokimia SMT yaitu parameter

kadar air, aktivitas air (a_w), pH dan derajat putih.

2.7. Rancangan Percobaan

Pengamatan perubahan mutu pada produk SMT dilakukan dengan dua kali ulangan dan analisis dilakukan minimal duplo untuk setiap ulangan. Uji statistik menggunakan *oneway ANOVA* dilanjut dengan uji lanjut Duncan. Dilakukan uji *paired t-test* untuk membandingkan karakteristik SMT sebelum penyimpanan dan setelah penyimpanan. Uji statistik dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SPSS 25.

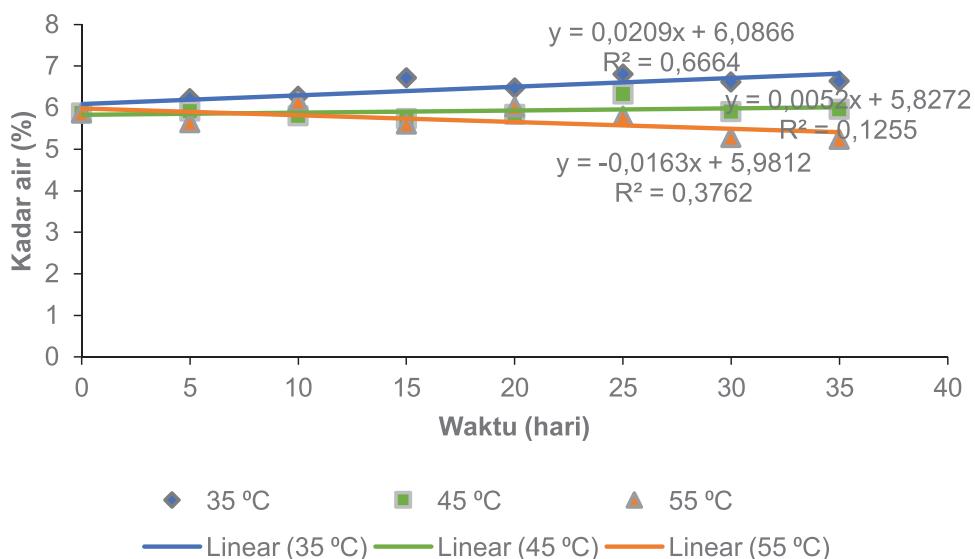
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perubahan Mutu Selama Penyimpanan

3.1.1. Parameter Kadar Air

Umur simpan makanan dipengaruhi oleh kadar airnya. Kadar air meningkat pada suhu penyimpanan 35 dan 45 °C selama masa penyimpanan, tetapi kadar air SMT menurun pada suhu penyimpanan 55 °C (Gambar 1). Suhu lingkungan yang tinggi menyebabkan penguapan air dalam bahan lebih tinggi dibandingkan penguapan air pada suhu penyimpanan lainnya. Selain itu, perubahan pH produk dan lingkungan menyebabkan perpindahan uap air. Uap air bergerak dari pH tinggi ke pH rendah, yang mengakibatkan penurunan kandungan air (Bagja, dkk., 2015).

Meskipun tidak signifikan, peningkatan kadar air terjadi pada suhu 35 dan 45°C. Adanya peningkatan kadar air pada suhu 35 dan 45°C diduga disebabkan oleh uap air yang berada di lingkungan pindah ke dalam produk. Menurut Ahadi dkk. (2019), bahan yang telah mengalami pengeringan lebih higroskopis dibandingkan dengan bahan awal. Sifat higroskopis merupakan kemampuan suatu bahan untuk menyerap molekul air di lingkungannya. SMT telah mengalami dua kali proses pengeringan yaitu pada saat pengeringan tempe dan pengeringan setelah proses *defattting*. Oleh karena itu, peningkatan kadar air yang terjadi pada suhu 35 dan 45°C dapat terjadi karena produk menjadi lebih bersifat higroskopis akibat proses pengeringan. Hasil serupa pada penelitian Razak dkk., (2018) menunjukkan suhu penyimpanan yang makin tinggi akan meningkatkan kadar air produk enkapsulat karena terjadi penyerapan air dari lingkungan

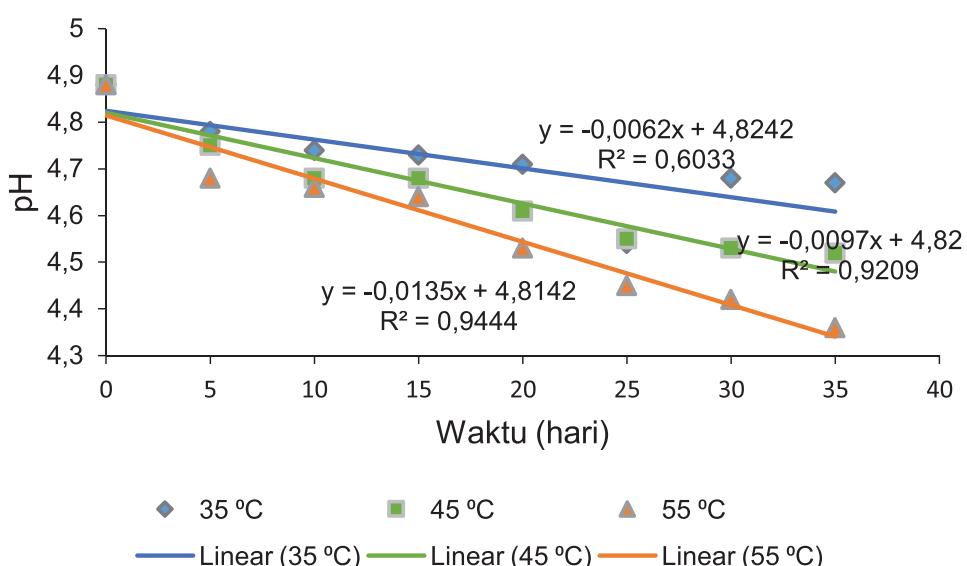


Gambar 1. Perubahan Kadar Air SMT pada Berbagai Suhu Penyimpanan

menuju produk. Permeabilitas kemasan, yang menentukan jumlah air yang masuk ke dalam kemasan selama penyimpanan, berkontribusi pada kenaikan kadar air produk SMT selama penyimpanan (Pang dkk., 2014). Hal tersebut didukung dengan penelitian Chauhan dan Patil (2013) yang menunjukkan terjadi kenaikan kadar air selama penyimpanan pada produk susu bubuk dalam kemasan jenis polistiren. Kenaikan kadar air produk selama penyimpanan merupakan suatu pertanda buruk karena dapat meningkatkan pertumbuhan mikroba sehingga mempersingkat umur simpan.

3.1.2. Parameter Derajat Keasaman

Parameter derajat keasaman (pH) merupakan salah satu parameter kunci untuk menentukan kualitas produk SMT. Berdasarkan Gambar 2, nilai pH SMT mengalami penurunan pada ketiga suhu penyimpanan. Pada awal penyimpanan, nilai pH SMT yaitu 4,88. Penurunan nilai pH terbesar terjadi pada suhu penyimpanan 55°C yang memiliki nilai pH pada hari akhir penyimpanan yaitu 4,36. Selanjutnya untuk suhu 35°C dan 45°C memiliki nilai pH pada akhir masa penyimpanan masing-masing yaitu 4,67 dan 4,52. Perubahan nilai pH diduga disebabkan oleh pembentukan CO₂ sebagai



Gambar 2. Perubahan pH SMT pada Berbagai Suhu Penyimpanan

produk samping reaksi Maillard. Produk SMT dikonsumsi dengan cara dilarutkan di dalam air. Air akan bereaksi dengan CO_2 hasil produk samping reaksi Maillard yang akan memicu naiknya konsentrasi ion hidrogen sehingga pH menjadi turun. Reaksi Maillard dapat mengubah bau dan rasa, menurunkan pH, dan menggelapkan warna. Produk SMT merupakan serbuk minuman yang telah diformulasi dengan adanya penambahan gula. Menurut Barlina, dkk. (2020), penurunan pH serbuk minuman kelapa disebabkan oleh penguraian glukosa menjadi asam. Penurunan pH selama penyimpanan memengaruhi cita rasa produk SMT menjadi asam.

Produk SMT memiliki kandungan protein yang tinggi. Pada nilai pH tertentu suatu bahan pangan yang mengandung protein dapat mengalami peristiwa denaturasi protein. Proses denaturasi dapat menyebabkan protein sukar larut dalam air bahkan dapat terjadinya pengendapan protein. Menurut Rizqiaty, dkk. (2020), sebagian besar protein dalam kedelai adalah globulin, yang memiliki titik isoelektrik antara pH 4,1 dan 4,6 sehingga protein tersebut akan menggumpal. Menurut Palupi, dkk. (2015), protein globulin akan mengendap pada pH 4,1.

3.1.3. Parameter Derajat Putih

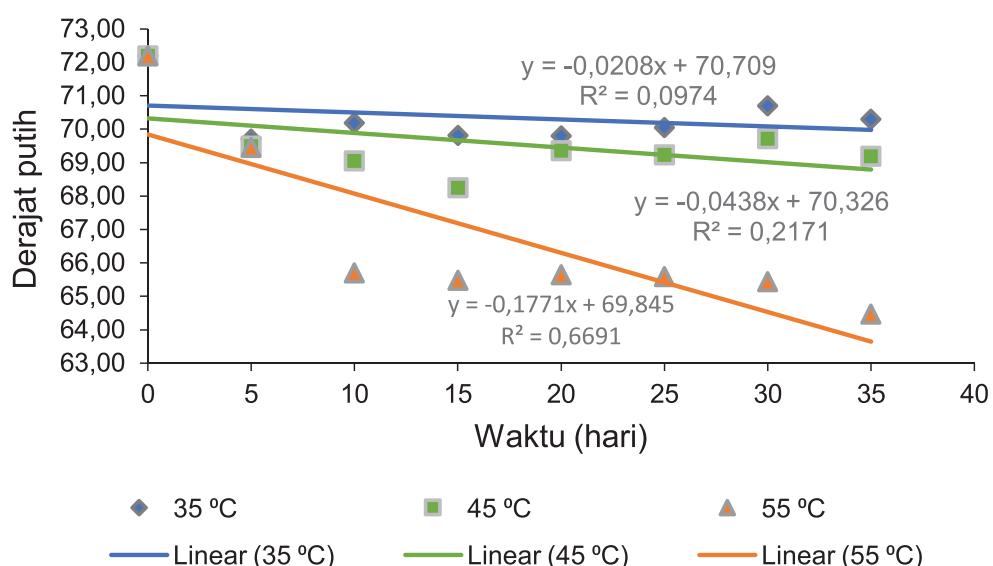
Gambar 3 menunjukkan perubahan nilai derajat putih produk SMT selama penyimpanan. Derajat putih SMT turun di setiap suhu penyimpanan. Pada awal penyimpanan nilai

derajat putih produk sebesar 72,20. Proses *defatting* pada tahapan pembuatan konsentrat protein tempe memberikan warna yang lebih putih karena proses ekstraksi lemak menggunakan pelarut heksana (Lee, dkk., 2019). Penggunaan maltodekstrin sebagai bahan pengisi juga dapat meningkatkan derajat putih produk. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Barlina, dkk. (2020) yang menyatakan bahwa warna produk sangat bergantung pada bahan pengisi yang digunakan.

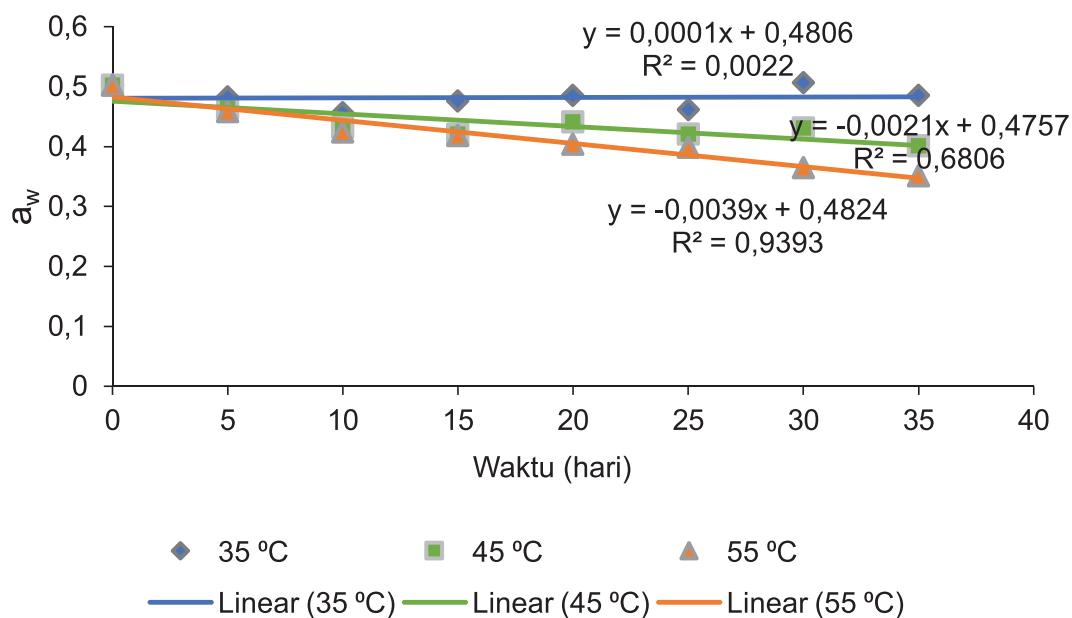
Penurunan terbesar terjadi pada suhu penyimpanan 55°C, kemudian diikuti oleh suhu penyimpanan 45°C dan 35°C. Produk berubah warna dari yang sebelumnya berwarna putih menjadi gelap kecoklatan. Perubahan warna ini diyakini terjadi karena efek dari reaksi pencokelatan non-enzimatik, dikenal sebagai reaksi Maillard, yang terjadi ketika produk mengandung gula pereduksi dan terpapar suhu tinggi. Reaksi Maillard adalah proses kimia antara karbohidrat, terutama gula pereduksi dengan gugus amina primer yang menghasilkan pigmen berwarna cokelat (Taufik, 2018). Reaksi maillard pada produk SMT dipengaruhi oleh parameter kritis yaitu suhu lingkungan dan pH (Xiang, dkk., 2021).

3.1.4. Parameter Aktivitas Air

Aktivitas air (a_w) adalah salah satu faktor krusial dalam menentukan kualitas produk SMT. Perubahan nilai a_w SMT selama penyimpanan



Gambar 3. Perubahan Derajat putih SMT pada berbagai Suhu Penyimpanan



Gambar 4. Perubahan Aktivitas Air (a_w) SMT pada berbagai Suhu Penyimpanan

dapat dilihat pada Gambar 4. Nilai a_w SMT mengalami penurunan pada suhu penyimpanan 45 dan 55°C. Sebaliknya nilai a_w cenderung tidak berubah pada suhu penyimpanan 35°C. Hasil tersebut berbeda dengan penelitian Mustafidah dan Widjanarko (2015) yang menunjukkan bahwa makin lama penyimpanan pada suhu 30°C menyebabkan nilai a_w minuman serbuk tepung porang mengalami peningkatan. Perbedaan hasil tersebut dapat dipengaruhi perbedaan kemampuan produk dalam menyerap uap air. Menurut Heryani, dkk. (2020), stabilnya nilai a_w produk sosis kering pada berbagai suhu penyimpanan disebabkan tidak ada perubahan signifikan yang dapat memengaruhi nilai a_w selama penyimpanan. Stabilitas nilai a_w pada produk SMT dapat dipengaruhi oleh permeabilitas kemasan polipropilen yang digunakan. Kemasan jenis polipropilen dinilai cocok untuk minuman serbuk berserat seperti SMT karena memiliki permeabilitas yang lebih rendah dibandingkan kemasan LDPE (Mustafidah dan Widjanarko, 2015).

Penurunan nilai a_w pada suhu 45°C dan 55°C diduga disebabkan oleh perbedaan tekanan parsial uap air antara lingkungan dengan SMT sehingga terjadi perpindahan uap air dari produk SMT yang memiliki tekanan tinggi ke lingkungan yang memiliki rendah (Shahzadi, dkk., 2005). Hasil tersebut didukung oleh hasil

pengukuran kadar air pada penelitian ini di mana penyimpanan pada suhu 55°C selama 35 hari penyimpanan dapat menurunkan kadar air SMT.

Bakteri dapat tumbuh baik pada a_w tinggi (0,91), khamir dapat tumbuh antara a_w 0,87 dan 0,91, dan kapang dapat tumbuh antara a_w 0,80 dan 0,87 (Putri, dkk., 2018). Oleh karena itu nilai a_w produk pangan harus diatur untuk mencegah pertumbuhan mikroba.

3.2. Kondisi Produk Setelah Penyimpanan

3.2.1. Analisis Proksimat

Faktor penting yang dapat berubah selama penyimpanan yaitu kadar air, abu, lemak, protein, dan karbohidrat. Standar acuan yang digunakan dalam karakterisasi produk SMT yaitu SNI 7612:2011 tentang bubuk minuman kedelai. Penggunaan acuan SNI 7612:2011 karena belum ada SNI yang mengatur tentang SMT. Kadar air SMT sebelum penyimpanan yaitu 8,03 ± 0,06 persen (bb) (Tabel 2). Berdasarkan SNI 7612:2011 batas maksimum kadar air bubuk minuman kedelai yaitu maksimal 10 persen bb. Hal ini menunjukkan bahwa kadar air produk SMT telah memenuhi persyaratan SNI 7612:2011. Hasil yang didapat masih mengungguli nilai kadar air minuman serbuk tempe lainnya yaitu 6,6 persen (bb) (Abdurasyid, dkk., 2021). Pada saat penyimpanan selesai, kadar air turun secara bertahap pada setiap perlakuan suhu

Tabel 2. Karakteristik Proksimat SMT pada berbagai Suhu Penyimpanan

Parameter	Sebelum penyimpanan	Suhu Penyimpanan			
		25°C	35°C	45°C	55°C
Kadar air (%bb)	8,03 ± 0,06	6,69 ± 0,25 ^{c*}	6,12 ± 0,11 ^{b*}	5,03 ± 0,32 ^{a*}	4,79 ± 0,43 ^{a*}
Abu (%bk)	1,68 ± 0,02	1,62 ± 0,10 ^b	1,51 ± 0,04 ^{ab}	1,45 ± 0,07 ^{a*}	1,51 ± 0,13 ^{ab}
Lemak (%bk)	0,68 ± 0,00	1,26 ± 0,21 ^a	0,91 ± 0,71 ^a	1,21 ± 0,68 ^a	0,70 ± 0,03 ^a
Protein (%bk)	42,48 ± 2,90	42,72 ± 1,68 ^a	43,76 ± 0,64 ^{ab}	43,30 ± 0,19 ^a	45,44 ± 1,32 ^{b*}
Karbohidrat by difference	47,14 ± 2,93	47,72 ± 1,89 ^a	47,70 ± 1,29 ^a	49,01 ± 0,87 ^a	47,56 ± 1,22 ^a

Keterangan: Angka-angka pada baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ($p>0,05$) dengan uji Duncan. *Nilai pada kolom yang sama memiliki perbedaan signifikan ($p<0,05$) dengan SMT sebelum penyimpanan berdasarkan uji paired t-test

penyimpanan, dengan penurunan terbesar terjadi pada perlakuan penyimpanan pada suhu 55°C. Migrasi uap air dari produk ke lingkungan, yang menyebabkan perbedaan tekanan parsial uap air antara produk dan lingkungan sekitar, adalah penyebab penurunan kadar air ini. Uap air dari produk SMT akan berpindah ke lingkungan pada suhu 55°C karena tekanan parsial uap air lingkungan lebih kecil dari tekanan parsial uap air produk. Hal ini mendukung hasil penelitian Dewi, dkk. (2017) yang menunjukkan bahwa suhu penyimpanan terkait langsung dengan jumlah energi panas yang dibawa udara. Suhu penyimpanan yang lebih tinggi memungkinkan untuk menguapkan sejumlah besar air.

Kadar abu SMT (Tabel 2) sebelum penyimpanan yaitu $1,68 \pm 0,02$ persen (bb). Berdasarkan SNI 7612:2011 kadar abu pada bubuk minuman kedelai yaitu maksimal 6 persen bb. Hal ini menunjukkan bahwa kadar abu SMT telah memenuhi syarat SNI 7612:2011. Suhu penyimpanan produk SMT tidak berpengaruh nyata pada suhu penyimpanan 25, 35, dan 55°C. Hal ini dapat disebabkan karena kondisi suhu penyimpanan yang tidak mengakibatkan kerusakan mineral pada produk (Kusuma, dkk., 2019).

Kadar lemak SMT (Tabel 2) sebelum penyimpanan yaitu $0,68 \pm 0,00$ persen (bb). Berdasarkan SNI 7612:2011 kadar lemak bubuk minuman kedelai minimal 17 persen (bb). Kadar lemak SMT tidak memenuhi persyaratan SNI 7612:2011 karena bahan utama yang digunakan pada produk yaitu konsentrat protein tempe yang telah diformulasi. Pada proses pembuatan konsentrat protein tempe dilakukan proses *defattting* terhadap tepung tempe. Menurut Astawan, dkk. (2020), *defattting* merupakan proses penurunan kadar lemak suatu bahan

dengan mengekstrak lemak menggunakan pelarut nonpolar seperti heksana. Oleh karena itu, kandungan lemak pada SMT lebih rendah dari persyaratan SNI 7612:2011. Berdasarkan data pada Tabel 2, variasi suhu penyimpanan tidak memengaruhi ($p>0,05$) kadar lemak SMT. Hasil tersebut didukung penelitian Yulaikah dkk. (2016) yang menunjukkan bahwa suhu dan lama penyimpanan tidak memengaruhi kadar lemak, namun suhu tinggi dan lama penyimpanan yang lama dapat mengakibatkan lemak akan teroksidasi dan menyebabkan ketengikan.

Kadar protein SMT (Tabel 2) sebelum penyimpanan yaitu $42,48 \pm 2,90$ persen (bb). Berdasarkan SNI 7612:2011 kadar protein bubuk minuman kedelai minimal 30 persen (bb). Hasil ini menunjukkan bahwa kandungan protein SMT sebelum penyimpanan telah memenuhi syarat minimal SNI 7612:2011. Kadar protein produk SMT pada hari terakhir penyimpanan masih memenuhi syarat SNI 7612:2011. Hasil uji Duncan menunjukkan bahwa suhu penyimpanan 25°C, 35°C dan 45°C tidak signifikan berpengaruh ($p>0,05$) terhadap kadar protein. Sebaliknya pada suhu penyimpanan 55°C terjadi peningkatan kadar protein secara nyata ($p<0,05$). Menurut Arief, dkk. (2019), peningkatan protein pada kedelai selama penyimpanan dapat disebabkan oleh perubahan persentase komponen kimia akibat penurunan komponen lain seperti kandungan air, sehingga persentase total kadar protein menjadi meningkat. Kandungan protein SMT lebih tinggi dari pada minuman serbuk tempe berbahan dasar tempe segar yaitu $29,1 \pm 0,0$ persen (bb) (Abdurasyid, dkk. 2021). Hal ini karena SMT terbuat dari konsentrat protein tempe. Konsentrat protein tempe memiliki

persyaratan kadar protein yaitu minimal 65 persen (CODEX 1989).

Kadar karbohidrat SMT (Tabel 2) sebelum penyimpanan yaitu $47,14 \pm 2,93$ persen. Menurut Pramitasari, dkk. (2018), dengan metode *by difference*, jumlah karbohidrat juga dipengaruhi oleh elemen lain seperti lemak, protein, dan air. Apabila komponen lain tersebut mengalami penurunan, maka persentase karbohidrat akan meningkat. Setiap perlakuan suhu penyimpanan tidak signifikan berpengaruh ($p>0,05$) terhadap kadar karbohidrat. Hal ini membuktikan bahwa selama penyimpanan 35 hari dengan variasi suhu tidak memengaruhi kadar karbohidrat SMT. Kadar karbohidrat SMT tidak berbeda jauh dengan minuman tempe pada penelitian Abdurasyid, dkk. (2021) yaitu sebesar 48 persen. Proses *defatting* tidak memengaruhi kadar karbohidrat sehingga kadar karbohidrat yang cukup tinggi dapat dipengaruhi oleh penggunaan bahan maltodekstrin pada formulasi SMT. Menurut Pramitasari, dkk. (2011), tingginya kadar karbohidrat pada susu bubuk kedelai disebabkan oleh penambahan maltodekstrin 10 persen. Menurut Nusa, dkk. (2015) $N_1 = 0,1$ persen; $N_2 = 0,2$ persen; dan $N_3 = 0,3$ persen, maltodekstrin merupakan produk hasil hidrolisis pati yang mengandung unit α -D-glukosa yang berikatan 1,4 glikosida. Hasil hidrolisis pati dapat berupa campuran dari dekstrin, oligosakarida, maltosa, dan glukosa. Oleh karena itu, kadar karbohidrat produk SMT menjadi cukup tinggi.

3.2.2. Aktivitas Antioksidan

Nilai aktivitas antioksidan SMT sebelum penyimpanan yaitu sebesar $34,64 \pm 0,68$ mg

Tabel 3. Aktivitas Antioksidan SMT pada Akhir Penyimpanan

Kondisi Penyimpanan	Aktivitas Antioksidan (mg AEAC/100 g)
Sebelum penyimpanan	$34,64 \pm 0,68$
25°C	$49,01 \pm 4,02^c$
35°C	$49,07 \pm 0,74^c$
45°C	$46,92 \pm 2,86^b$
55°C	$31,46 \pm 6,24^a$

Keterangan: Huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata ($p>0,05$) dengan uji Duncan. *Nilai pada kolom yang sama memiliki perbedaan signifikan ($p<0,05$) berdasarkan *paired t-test*

AEAC/100 g. Hasil ini lebih tinggi daripada penelitian Astawan, dkk. (2016), yang menunjukkan nilai aktivitas antioksidan tepung tempe yaitu sebesar $15,75 \pm 0,01$ mg AEAC/100 g. Hal ini diduga disebabkan oleh proses *defatting* pada tepung tempe sebelum menjadi konsentrasi protein tempe sehingga komponen antioksidan menjadi terkonsentrasi. Berdasarkan penelitian Kusuma, dkk. (2013), kandungan lemak yang tinggi pada bubuk kakao mengakibatkan nilai aktivitas antioksidannya menjadi lebih rendah dibandingkan dengan bubuk kakao yang telah dihilangkan lemaknya. Oleh karena itu, SMT yang memiliki kandungan lemak rendah menghasilkan nilai aktivitas antioksidan yang lebih tinggi daripada tepung tempe.

Merujuk pada Tabel 3, telah diperoleh nilai aktivitas antioksidan produk SMT pada akhir penyimpanan di setiap suhu penyimpanan. Terjadi peningkatan aktivitas antioksidan pada suhu penyimpanan 25, 35 dan 45°C dibandingkan SMT sebelum penyimpanan. Peningkatan aktivitas antioksidan pada suhu 25, 35, dan 45°C dapat disebabkan oleh hilangnya sebagian air dari SMT sehingga komponen bioaktif yang tidak rusak selama penyimpanan akan terkonsentrasi. Nilai aktivitas antioksidan pada suhu penyimpanan 55°C mengalami penurunan selama masa penyimpanan. Penurunan nilai aktivitas antioksidan diduga terjadi akibat suhu penyimpanan yang cukup tinggi selama 35 hari penyimpanan sehingga dapat merusak senyawa antioksidan produk. Senyawa yang memiliki aktivitas antioksidan akan rusak karena suhu tinggi dapat memutus ikatan pada senyawa tersebut (*chain-breaking activity*) (Afgatiani, dkk., 2020).

3.2.3. Analisis Total Kapang dan Angka Lempeng Total

Mengacu kepada SNI 7612:2011 tentang bubuk minuman kedelai, batas maksimum cemaran ALT pada produk SMT yaitu sebesar 5×10^4 koloni/g dan batasan maksimum untuk cemaran kapang pada produk SMT yaitu 5×10^1 koloni/g. Hasil uji analisis ALT dan total kapang produk SMT dapat dilihat pada Tabel 4. Cemaran ALT dan total kapang pada produk SMT telah memenuhi batas standar SNI 7612:2011 kecuali pada SMT penyimpanan 25 dan 35°C yang belum memenuhi persyaratan batas maksimum

Tabel 4. Analisis Mikrobiologi SMT pada Akhir Penyimpanan

Uji Mikrobiologi	Sebelum Penyimpanan	Suhu Penyimpanan	Hasil Pengujian	SNI 7612:2011	Satuan
Total kapang	<10	25°C	3,5 x 10 ²	Maks. 5x10 ¹	Koloni/g
		35°C	3,0 x 10 ²		
		45°C	<10		
		55°C	<10		
Angka lempeng total	4,1 x 10 ⁴	25°C	2,7 x 10 ⁴	Maks. 5x10 ⁴	Koloni/g
		35°C	9,6 x 10 ³		
		45°C	8,4 x 10 ²		
		55°C	5,3 x 10 ²		

total kapang. Acuan SNI yang digunakan diperuntukkan untuk produk bubuk minuman kedelai, sehingga memberikan peluang untuk produk minuman tempe memiliki total kapang yang melebihi batasan aman SNI karena terdapat proses fermentasi yang melibatkan ragi atau kapang *Rhizopus* spp. Selain itu, adanya cemaran mikrobiologi ini diduga karena sanitasi pada proses produksi belum terlaksana dengan baik sehingga terjadi kontaminasi awal pada produk. Kontaminasi pada produk dapat diperoleh dari penggunaan alat-alat yang kurang bersih serta faktor lingkungan yang tidak higienis. Peningkatan total kapang selama penyimpanan berhubungan dengan suhu penyimpanan yang digunakan. Sebagian besar kapang dapat tumbuh pada suhu kamar yaitu 25–30°C (Asnawi, 2013). Hal tersebut memberikan peluang untuk kapang dapat tumbuh pada SMT yang disimpan pada suhu 25 dan 35°C. Setiap suhu penyimpanan menghasilkan penurunan cemaran ALT, dengan penurunan terbesar terjadi pada suhu penyimpanan 55 °C dan penurunan terkecil terjadi pada suhu penyimpanan 25 °C. Penurunan angka lempeng total diduga disebabkan oleh suhu penyimpanan yang cukup tinggi sehingga menghambat pertumbuhan mikroba. Mikroba mesofilik memiliki suhu maksimal pertumbuhan yaitu 40–45°C (Hardianto, dkk., 2012).

IV. KESIMPULAN

Penyimpanan selama 35 hari dengan variasi suhu dapat mengurangi kadar air dan meningkatkan kadar protein produk SMT. Aktivitas antioksidan SMT mengalami penurunan pada suhu penyimpanan 55°C. Berdasarkan kadar air, abu, protein, dan cemaran mikrobiologi, produk SMT memenuhi persyaratan mutu SNI. Namun, kadar lemak

SMT tidak memenuhi persyaratan SNI karena bahan bakunya terdiri dari konsentrat protein tempe yang telah mengalami proses *defatting*, sehingga kadar lemaknya menurun.

Kadar lemak SMT tidak memenuhi persyaratan SNI karena menggunakan bahan baku berupa konsentrat protein tempe yang telah mengalami proses *defatting* sehingga kadar lemaknya menurun. Penggunaan bahan baku konsentrat protein tempe dapat meningkatkan kadar protein SMT, namun dapat mengakibatkan kadar lemak SMT tidak memenuhi persyaratan SNI 7612:2011.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi; Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, atas dukungan dana pada penelitian ini melalui skema Penelitian Tesis Magister 2022 atas nama Made Astawan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, K., dan D.W. Asriati. 2016. Karakteristik Minuman Sari Tempe dengan Penambahan Rasa Vanila. *Warta Industri Pertanian*. 33 (01):1–8
- Abdurasyid, Z., M. Astawan, T. Wresdiyati, B. Nurtama., Y.I.S. Sirait 2021. Mutu fisikokimia dan sensori minuman serbuk tempe. *Jurnal Pangan*. 30. (2):117–128. Doi: <https://doi.org/10.33964/jp.v30i2.527>
- Afgatiani, P.M., A. Husni, dan S.A. Budhiyanti. 2020. Aktivitas Antioksidan Bubuk *Sargassum hystrix* Selama Penyimpanan pada Suhu Berbeda. *agriTECH*. 40. (3):175–181.doi:10.22146/agritech.18134
- Ahadi, B.D., dan M.Y. Effendi. 2019. Validasi Lamanya

- Waktu Pengeringan untuk Penetapan Kadar Air Pakan Metode Oven dalam Praktikum Analisis Proksimat. *Jurnal Ilmu Peternakan Terapan..* 2. (2):34–38.
- Ansarullah, A., H. Hardinsyah, S.A. Marliyati, dan M. Astawan. 2017. Efek intervensi minuman tempe terhadap tekanan darah penderita hipertensi dan hiperkolesterolemia. *Jurnal Gizi dan Pangan.* 12. (2):101–108.doi:10.25182/jgp.2017.12.2.101-108.
- Arief, R.W., dan R. Asnawi 2019. Perubahan mutu fisik dan mutu kimia kedelai selama penyimpanan. *Jurnal Wacana Pertanian.* 15. (1):22–29.
- Asnawi, M. 2013. Karakteristik tape ubi kayu (*Manihot utilissima*) melalui proses pemotongan dengan penggunaan pengontrol suhu. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis..* 1. (2):56–66.
- Astawan, M., A.P. Cahyani, L. Maulidyanti, T. Wresdiyati. 2020. Perbandingan Karakteristik Fisikokimia dan Komposisi Asam Amino Tepung Tempe Larut Air dengan Isolat Protein Kedelai Komersial. *Jurnal Pangan.* 29. (1):45–54. doi:10.33964/jp.v29i1.462.
- Astawan, M., M. Mursyid, D. Muchtadi, T. Wresdiyati, S.H. Bintari, M. Suwarno. 2014. Evaluasi Nilai Gizi Protein Tepung Tempe yang Terbuat dari Varietas Kedelai Impor dan Lokal. *Jurnal Pangan.* 23. (1):33–42.doi:10.33964/jp.v23i1.48.
- Astawan, M., T. Wresdiyati, dan M. Ichsan. 2016. Karakteristik fisikokimia tepung tempe kecambah kedelai. *Jurnal Gizi dan Pangan.* 11. (1):35–42. doi:10.25182/jgp.2016.11.1.%p.
- Astawan, M., T. Wresdiyati, S. Widowati, S.H. Bintari, dan N. Ichsan. 2013. Karakteristik Fisikokimia dan Sifat Fungsional Tempe yang Dihasilkan dari Berbagai Varietas Kedelai. *Jurnal Pangan.* 22. (3):241–252.doi:10.33964/jp.v22i3.102.
- Bagja, J.S., S.S. Yuwono, dan D.W. Ningtyas 2015. Pendugaan umur simpan tepung bumbu ayam goreng menggunakan metode accelerated shelf life testing dengan pendekatan Arrhenius. *Jurnal Pangan dan Agroindustri.* 3. (4):1627–1636.
- Barlina, R., S. Karouw, R. Hutapea, dan J. Towaha. 2020. Pengaruh perbandingan air kelapa dan penambahan daging kelapa muda serta lama penyimpanan terhadap serbuk minuman kelapa. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri.* 13. (2):73–80. doi:10.21082/jlitri.v13n2.2007.73-80.
- Chauhan, A.K., and V. Patil. 2013. Effect of packaging material on storage ability of mango milk powder and the quality of reconstituted mango milk drink. *Powder Technology.* 239:86–93.doi:10.1016/j.powtec.2013.01.055.
- CAC. 1989. Codex Alimentarius Volume 7 : Codex general standard for soy protein products. Rome: FAO/WHO Joint Publications
- Dewi, W.K., N. Harun, Y. Zalfiatri. 2017. Pemanfaatan Daun Katuk (*Sauvages Adrogynus*) dalam Pembuatan Teh Herbal dengan Variasi Suhu Pengeringan. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian.* 4. (2):1–9.
- Hardianto, I., G.K. Suarjana, dan M.D. Rudyanto. 2012. Pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap kualitas telur ayam kampung ditinjau dari angka lempeng total bakteri. *Indonesia Medicus Veterinus.* 1. (1):71–84.
- Heryani, S., N.I.A. Wardayanie, T. Aviana, dan R.F. Hasrini. 2020. Pengaruh suhu penyimpanan terhadap kualitas sosis kering jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*). *Warta Industri Hasil Pertanian.* 37. (2):180–186.
- Jauhari, M., A. Sulaeman, H. Riyadi, dan I. Ekayanti. 2014. Pengembangan formula minuman olahraga berbasis tempe untuk pemulihan kerusakan otot. *Jurnal Agritech.* 34. (3): 285–90.
- Kusuma, I.G.N.S., I.N.K. Putra, L.P.T. Darmayanti. 2019. Pengaruh suhu pengeringan terhadap aktivitas antioksidan teh herbal kulit kakao (*Theobroma cacao L.*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan.* 8. (1):85–93.
- Kusuma, Y.T.C., S. Suwasono, dan S. Yuwanti 2013. Pemanfaatan biji kakao inferior campuran sebagai sumber antioksidan dan antibakteri. *Berkala Ilmiah Pertanian.* 1. (2):33–37.
- Lee K-Y., M.S. Rahman, A-N. Kim, K. Gul, S-W. Kang, J. Chun, W.L. Kerr, S-G. Choi. 2019. Quality characteristics and storage stability of low-fat tofu prepared with defatted soy flours treated by supercritical-CO₂ and hexane. *LWT.* 100:237–243. doi:10.1016/j.lwt.2018.10.073.
- Munarko, H., A. B. Sitanggang, F. Kusnandar, S. Budijanto. 2020. Phytochemical, fatty acid and proximal composition of six selected Indonesian brown rice varieties. *CyTA - Journal of Food.* 18. (1):336–343.doi:10.1080/19476337.2020.1754295.
- Mustafidah, C., dan S.B. Widjanarko. 2015. Umur simpan minuman serbuk berserat dari tepung

- porang (*Amorphophallus oncophillus*) dan karagenan melalui pendekatan air kritis. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3. (2):650–660.
- Nusa, M.I., M. Fuadi, S. Fatimah. 2015. Studi pengolahan biji buah nangka dalam pembuatan minuman instan. *Agrium: Jurnal Ilmu Pertanian*. 19. (1):1–8.doi:10.30596/agrium.v19i1.329.
- Palupi, N.S., S.R. Sitorus, dan F. Kusnandar. 2015. Perubahan alergenisitas protein kacang kedelai dan kacang Bogor akibat pengolahan dengan panas. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 26. (2):222–231. doi:10.6066/jtip.2015.26.2.222.
- Pang, S.F., M.M. Yusoff, and J. Gim bun. 2014. Assessment of phenolic compounds stability and retention during spray drying of *Orthosiphon stamineus* extracts. *Food Hydrocolloids*. 37:159–165. doi:10.1016/j.foodhyd.2013.10.022.
- Pramitasari, D., R.B.K. Anandhito, dan G. Fauza. 2011. Penambahan ekstrak jahe dalam pembuatan susu kedelai bubuk instan dengan metode spray drying: Komposisi kimia, sifat sensoris, dan aktivitas antioksidan. *Biofarmasi*. 9. (1):17–25.doi:10.13057/biofar/f090104.
- Pramitasari, R. M. Astuti, dan Y. Marsono. 2018. Formulasi Minuman Bubuk Berbahan Dasar Beras Hitam (*Oryza sativa L. indica*) untuk Lansia Penyandang Diabetes Mellitus Tipe 2. *agriTECH*. 38. (1):16–22.doi:10.22146/agritech.12161.
- Puteri, N.E., M. Astawan, N.S. Palupi, T. Wresdiyati, Y. Takagi. 2018. Characterization of biochemical and functional properties of water-soluble tempe flour. *Food Sci. Technol.*. 38:147–153. doi:10.1590/fst.13017.
- Putri, R.M.S., N. Nurjanah, dan K. Tarman. 2018. Pendugaan umur simpan serbuk minuman fungsional lintah laut (*Discodoris sp.*) dengan metode Accelerated shelf life test (ASLT): model Arrhenius. *Marinade*. 1. (1):45–55.doi:10.31629/marinade.v1i01.831.
- Rawin, B.B., M. Mudrikah, S. Julaeha. 2020. monitoring ketersediaan faktor produksi tempe wanasaba kidul berbasis aplikasi guna menuju perekonomian yang produktif, kompetitif dan inklusif. *Jurnal PENA : Penelitian dan Penalaran*. 7. (2):174–182.
- Razak, N.A., N.A. Hamid, and A.R. Shaari. 2018. Effect of storage temperature on moisture content of encapsulated *Orthosiphon stamineus* spray-dried powder. *AIP Conference Proceedings*. 2030(1):1–5.doi:10.1063/1.5066835.
- Rizqiati, H., N. Nurwantoro, A. Febrisiantosa, C.A. Shauma, R. Khasanah. 2020. Pengaruh isolat protein kedelai terhadap karakteristik fisik dan kimia kefir bubuk. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 8. (3):111–121.doi:10.21776/ub.jpa.2020.008.03.1.
- Saputra, G.A., W. Sarengat, dan S.B.M. Abdurrahman. 2016. Aktivitas air, total bakteri, drip loss daging itik setelah mengalami scalding dengan malam batik. *Animal Agriculture Journal*. 3. (1):34–40.
- Shahzadi N., M.S. Butt, S.U. Rehman, and K. Sharif. 2005. Chemical characteristics of Various Composite Flours. *International Journal of Agriculture and Biology*. 7. (1):105–108.
- Sinurat, E. dan R. Marliani 2017. The Characteristics of Sodium Alginate from Brown Seaweed *Sargassum crassifolium* with Different Filtering Tools. *Jurnal PHPPI*. 20. (2):351–361-361. doi:10.17844/jpphi.v20i2.18103.
- Taufik, Y. 2018. Pengaruh konsentrasi bubur buah dan tepung kedelai (*Glycine max*) terhadap karakteristik fit bar black mulberry (*Morus nigra L.*). *Pasundan Food Technology Journal (PFTJ)*. Vol. 5. (1):10–17.doi:10.23969/pftj.v5i1.805.
- Wirawanti, I.W., H. Hardinsyah, D. Briawan, M. Astawan. 2017. Efek intervensi minuman tempe terhadap penurunan kadar low density lipoprotein. *Jurnal Gizi dan Pangan*. 12. (1):9–16.doi:10.25182/jgp.2017.12.1.9-16.
- Xiang, J., F. Liu, B. Wang, L. Chen, W. Liu, and S.Tan. 2021. A Literature Review on Maillard Reaction Based on Milk Proteins and Carbohydrates in Food and Pharmaceutical Products: Advantages, Disadvantages, and Avoidance Strategies. *Foods*. 10. (9):1–18.doi:10.3390/foods10091998.
- Yulaikah, S., C.N. Primiani, N.R. Hidayati. 2016. Pengaruh suhu dan lama penyimpanan terhadap kadar lemak susu sapi murni. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Siantek Ke-1*

BIODATA PENULIS

Sulaiman Akbar Mahdi dilahirkan di Bandung, 7 Agustus 1998. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Teknologi Pangan di Universitas Brawijaya pada tahun 2020 dan pendidikan S2 Ilmu Pangan di Institut Pertanian Bogor pada tahun 2022

Made Astawan dilahirkan di Singaraja, 2 Februari 1962. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Gizi Masyarakat di Institut Pertanian Bogor tahun 1985, pendidikan S2 Ilmu Pangan di Institut Pertanian Bogor tahun 1990 dan S3 Biokimia Pangan dan Gizi di *Tokyo University of Agriculture*, Jepang tahun 1995

Nur Wulandari dilahirkan di Bandung, 3 Oktober 1974. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Teknologi Pangan di Institut Pertanian Bogor tahun 1998, pendidikan S2 Ilmu Pangan di Institut Pertanian Bogor tahun 2008 dan S3 Ilmu Pangan di Institut Pertanian Bogor tahun 2012

Tjahja Muhandri dilahirkan di Ponorogo, 15 Mei 1972. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Teknologi Pangan di Institut Pertanian Bogor tahun 1996, pendidikan S2 Teknik Industri di Institut Teknologi Bandung tahun 2002 dan S3 Ilmu Pangan di Institut Pertanian Bogor tahun 2012

Muhammad Halim dilahirkan di Padang Panjang, 22 November 1999. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 Teknologi Pangan di Institut Pertanian Bogor tahun 2022.