

**PENGARUH KONSENTRASI DAN CARA PENAMBAHAN MINYAK
SAWIT MERAH TERHADAP SIFAT FISIKOKIMIA NASI**

(Skripsi)

Oleh

**Aura Rhawdhati Djannah
1914051058**



**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

THE EFFECT OF CONCENTRATION AND METHOD OF ADDING RED PALM OIL ON THE PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF RICE

By

AURA RHAWDHATI DJANNAH

The purpose of this study was to determine the effect of concentration and the method of adding MSM to the physicochemical properties of rice. The experiment was arranged in a Complete Randomized Block Design (RAKL), 2 factors with 3 replications. The first factor was the concentration of red palm oil in rice (C) consisting of five treatment levels, namely: 0% (C0), 1% (C1), 2% (C2), 3% (C3), and 4% (C4) (b /b). The second factor was the method of addition (P) consisting of two levels, namely before cooking (P1) and after cooking (P2). Complexing index (CI) and pasting properties data homogeneity were tested with the Bartlett test and adding data was tested with the Tukey test, then analysis of variance was carried out to estimate the variance of error and determine whether there was a treatment effect. Data analysis was further tested using the Least Significant Difference test at the 5% significance level to determine differences between treatments. Meanwhile, the parameters for thermal properties are statistically processed to obtain a standard deviation. The results showed that there was an effect of MSM concentration on the parameters of the amylo-lipid complex, but there was no effect of adding MSM and there was no effect of the interaction among the concentration of adding MSM on the parameters of the amylo-lipid complex. The measurement of the pasting properties did not show any effect of the concentration and method of adding MSM on the pasting properties of rice. In addition, the measurement of thermal properties obtained results in the form of an initial temperature ranging from 36.6-48.6°C, a peak temperature of 101.45-108.25°C, a final temperature of 120.35-133.4°C and an enthalpy of 905-1065.5 mJ/mg.

Keywords: complexing index, pasting properties, physicochemical properties, red palm oil, rice, thermal properties

ABSTRAK

PENGARUH KONSENTRASI DAN CARA PENAMBAHAN MINYAK SAWIT MERAH TERHADAP SIFAT FISIKOKIMIA NASI

Oleh

AURA RHAWDHATI DJANNAH

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dan cara penambahan MSM terhadap sifat fisikokimia nasi. Penelitian ini disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL), 2 faktor dengan 3 kali ulangan. Faktor pertama adalah konsentrasi minyak sawit merah pada nasi (C) terdiri lima taraf perlakuan yaitu: 0% (C0), 1% (C1), 2% (C2), 3% (C3), dan 4%(C4) (b/b). Faktor kedua adalah cara penambahan (P) terdiri dari dua taraf yaitu sebelum pemasakan (P1) dan sesudah pemasakan (P2). Data pengukuran *complexing index* (CI) dan sifat pasta akan diuji dengan uji Bartlett dan kementambahan data diuji dengan uji Tukey, kemudian dilakukan analisis sidik ragam untuk menduga ragam galat dan mengetahui ada tidaknya pengaruh perlakuan. Analisis data dilanjutkan dengan menggunakan uji lanjut menggunakan uji Beda Nyata Terkecil pada taraf nyata 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Sedangkan, untuk parameter sifat termal diolah statistik untuk mendapatkan standar deviasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh konsentrasi MSM terhadap parameter kompleks amilo-lipid, tetapi tidak terdapat pengaruh cara penambahan MSM serta tidak terdapat pengaruh interaksi antara konsentrasi dengan cara penambahan MSM terhadap parameter kompleks amilo-lipid. Pada pengukuran sifat pasta tidak menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi dan cara penambahan MSM pada sifat pasta nasi. Selain itu, pada pengukuran sifat termal didapatkan hasil berupa suhu awal berkisar antara 36.6-48.6°C, suhu puncak 101.45-108.25°C, suhu akhir 120.35-133.4°C dan enthalpy 905-1065.5 mJ/mg.

Kata kunci: *complexing index*, nasi, minyak sawit merah, sifat fisikokimia, sifat pasta, sifat termal

**PENGARUH KONSENTRASI DAN CARA PENAMBAHAN MINYAK
SAWIT MERAH TERHADAP SIFAT FISIKOKIMIA NASI**

Oleh

AURA RHAWDHATI DJANNAH

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada

**Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi

: **PENGARUH KONSENTRASI DAN CARA
PENAMBAHAN MINYAK SAWIT MERAH
TERHADAP SIFAT FISIKOKIMIA NASI**

Nama Mahasiswa

: *Aura Rhawdhati Djannah*

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1914051058

Program Studi

: Teknologi Hasil Pertanian

Jurusan

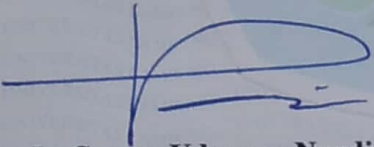
: Teknologi Hasil Pertanian

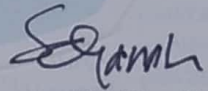
Fakultas

: Pertanian

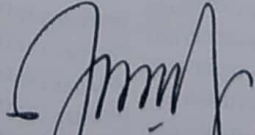
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dr. Ir. Samsu Udayana Nurdin, M.Si.
NIP: 19670615 199403 1 003


Dr. Ir. Siti Nurdjanah, M.Sc.
NIP: 19620720 198603 2 001

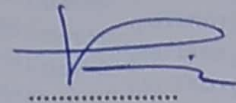
2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian


Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.
NIP: 19721006 199403 1 005

MENGESAHKAN

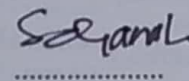
1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Ir. Samsu Udayana Nurdin, M.Si.**



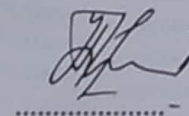
.....

Sekretaris : **Dr. Ir. Siti Nurdjanah, M.Sc.**



.....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Prof. Ir. Neti Yuliana, M.Si., Ph.D.**



.....

2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Arwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **22 Mei 2023**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Aura Rhawdhati Djannah

NPM : 1914051058

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 09 Juni 2023
Yang membuat pernyataan



Aura Rhawdhati Djannah
NPM. 1914051058

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Cilegon pada 17 April 2001, sebagai anak kedua dari pasangan Bapak Haris Yuli Martono dan Ibu Tati Rohayati. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dengan kakak yang bernama Zahra Syifatunnisa Fakhriyah dan adik yang bernama Muhamad Azra Az-zikra. Penulis menyelesaikan pendidikan taman kanak-kanak di TK Adinda Cilegon pada tahun 2007, sekolah dasar di SDN Blok I Cilegon pada tahun 2013, sekolah menengah pertama di SMPN 1 Cilegon pada tahun 2013, dan sekolah menengah atas di SMAN 1 Cilegon pada tahun 2019.

Pada tahun 2019, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Pada bulan Januari-Februari 2022, penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sukajadi, Kecamatan Carita, Kabupaten Pandeglang. Penulis melaksanakan Praktik Umum di PT Sanpak Unggul dengan judul “Mempelajari Perancangan Kemasan Botol Plastik Biokul 150 ml di PT Sanpak Unggul, Bogor Jawa Barat” pada bulan Juli-Agustus 2022.

Penulis juga aktif dalam kegiatan kemahasiswaan luar kampus yaitu sebagai wakil ketua divisi Self Development Markas Belajar Indonesia tahun 2021-2022 dan kegiatan-kegiatan volunteer. Penulis juga menjadi tutor FILMA (Forum Ilmiah Mahasiswa) pada tahun 2020-2021. Selain itu, penulis juga pernah menjadi asisten dosen pada mata kuliah Fisiologi Pasca Panen pada tahun 2022.

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas rahmat, hidayah, dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Pengaruh Konsentrasi dan Cara Penambahan Minyak Sawit Merah terhadap Sifat Fisikokimia Nasi”**. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini telah mendapatkan begitu banyak arahan, bimbingan dan nasihat baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah memfasilitasi penulis dalam menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A. selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah memfasilitasi penulis dalam menyelesaikan skripsi.
3. Bapak Dr. Ir. Samsu Udayana Nurdin, M.Si., selaku Dosen Pembimbing 1 yang senantiasa membimbing, memberikan saran, motivasi dan memberikan kepercayaan kepada penulis selama perkuliahan, penelitian hingga penyelesaian skripsi penulis.
4. Ibu Dr. Ir. Siti Nurdjanah, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah membimbing, memberikan motivasi, nasihat baik dan memberikan saran juga pengarahan serta dukungan dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi,
5. Ibu Prof. Ir. Neti Yuliana, M.Si., Ph.D., selaku Dosen Pembahas yang telah membimbing dan memberikan saran juga pengarahan serta dukungan dalam penyusunan skripsi.

6. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar, staf dan karyawan di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah mengajar, membimbing, dan membantu penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dan administrasi akademik,
7. Bapak Haris Yuli Martono dan Ibu Tati Rohayati selaku orang tua penulis yang telah memberikan dukungan dan motivasi serta selalu menyertai penulis dalam doanya untuk melaksanakan dan menyelesaikan skripsi. Terimakasih ayah dan ibu atas segala pengorbanan dan perjuangan dalam membantu dan mendukung secara penuh baik moril maupun materil.
8. Ibu Nurhawanah, dan Bapak Arjawi selaku tante dan om penulis yang telah memberikan dukungan dan motivasi serta selalu menyertai penulis dalam doanya untuk melaksanakan dan menyelesaikan skripsi.
9. Mba Zahra dan Azra selaku kakak dan adik serta saudara dan keluarga penulis yang selalu mendukung dan membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi.
10. Sahabat-sahabat penulis Bari (Dadang, Dewi, Ravika, Meil, Nada, Anti, Esi, Iwan, Kinan, PZ), AAAP (Ama, Ano, Pasya), Yesi, Tasya, Citra, Pipi, Iga, Eny, Lota, Diana, dan Honi, yang selalu mendukung, mendengarkan dan memberi saran selama penyusunan skripsi.
11. Andini, Ines, Duwinda, Amrizal dan Depri selaku teman-teman satu bimbingan dan satu proyek penelitian yang selalu membantu dan saling mendukung pada proses pelaksanaan penelitian hingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi.
12. Mba Resti, mba Cipa, mba Celly, mba Novita, mba Raisa, mba Cherly, mba Sindi, dan mba Yati selaku kakak tingkat penulis yang sudah membagikan ilmu dan pengalamannya, serta memberikan motivasi dan dukungan selama penyusunan skripsi.
13. Teman – teman Jurusan Teknologi Hasil Pertanian angkatan 2019 yang telah saling mengingatkan, membantu, dan memberi semangat dalam melaksanakan dan menyelesaikan skripsi.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan

kritik yang dapat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dipergunakan sebaik-baiknya, serta bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Aamiin.

Bandar Lampung, 09 Juni 2023
Penulis

Aura Rhawdhati Djannah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran	4
1.4 Hipotesis	8
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Nasi.....	9
2.2 Pati.....	10
2.3 Sifat Fisikokimia Pati	14
2.3.1 Gelatinisasi	15
2.3.2 Sifat Pasta	16
2.3.3 Retrogradasi.....	16
2.4 Minyak Sawit Merah (Red Palm Oil).....	17
III. BAHAN DAN METODE	20
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.2 Bahan dan Alat	20
3.3 Metode Penelitian.....	20
3.4 Pelaksanaan Penelitian	21
3.4.1 Pembuatan Nasi Minyak Sawit Merah	21
3.4.2 Preparasi Sampel	23
3.5 Pengamatan.....	24
3.5.1 Analisis <i>Complexing Index</i> (CI) Kompleks Amilo-lipid.....	24
3.5.2 Analisis <i>Pasting Properties</i> dengan Rapid Visco Analyzer	25
3.5.3 Pengukuran Sifat Termal menggunakan Differential Scanning Calorimetry	27

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28
4.1 Pengukuran <i>Complexing Index</i> (CI) Amilo-lipid.....	28
4.2 Pengukuran <i>Pasting Properties</i> (RVA)	31
4.2.1 Pasting Temperature (°C)	32
4.2.2 Peak Viscosity (cP).....	33
4.2.3 Holding Viscosity (cP)	35
4.2.4 Final Viscosity (cP)	37
4.2.5 Breakdown (cP)	39
4.2.6 Setback (cP).....	40
4.3 Pengukuran Sifat Termal	42
4.3.1 Suhu Awal (°C)	42
4.3.2 Suhu Puncak (°C)	43
4.3.3 Suhu Akhir (°C).....	45
4.3.4 Enthalpy.....	46
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	48
5.1 Kesimpulan.....	48
5.2 Saran.....	48
LAMPIRAN.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan kimia beras	9
2. Perbedaan amilosa dan amilopektin	12
3. Kandungan kimia minyak sawit merah.....	18
4. Formulasi konsentrasi dan cara penambahan minyak sawit merah	21
5. Pengaruh konsentrasi MSM terhadap <i>complexing index</i> (CI) amilo -lipid.....	28
6. Pengaruh penambahan MSM terhadap <i>pasting temperature</i> (°C)	32
7. Pengaruh penambahan MSM terhadap <i>peak viscosity</i> (cP)	34
8. Pengaruh konsentrasi MSM terhadap <i>holding viscosity</i> (cP).....	36
9. Pengaruh konsentrasi MSM terhadap <i>final viscosity</i> (cP).....	38
10. Pengaruh konsentrasi MSM terhadap <i>breakdown</i> (cP).....	39
11. Pengaruh konsentrasi MSM terhadap <i>setback</i> (cP).....	41
12. Pengaruh konsentrasi dan cara penambahan MSM terhadap suhu awal (To °C).....	43
13. Pengaruh konsentrasi dan cara penambahan MSM terhadap suhu puncak (Tp °C).....	44
14. Pengaruh konsentrasi dan cara penambahan MSM terhadap suhu akhir (Tc °C)	45
15. Pengaruh konsentrasi dan cara penambahan MSM terhadap enthalpy (mJ/mg)	47
16. Data <i>Complexing index</i> Kompleks Amilo-Lipid Nasi Minyak Sawit Merah	56
17. Uji Bartlett`s <i>complexing index</i>	56
18. Analisis sidik ragam <i>complexing index</i>	56
19. Uji BNT 5% pengaruh konsentrasi dan cara penambahan terhadap <i>complexing index</i>	57
20. Uji BNT 5% pengaruh konsentrasi MSM terhadap <i>complexing index</i>	57
21. Data <i>pasting temperature</i> (°C)	58
22. Uji Bartlett`s <i>pasting temperature</i>	58
23. Analisis sidik ragam <i>pasting temperature</i>	58
24. Uji BNT 5% <i>pasting temperature</i>	59
25. Data <i>peak viscosity</i> (cP)	59
26. Uji Bartlett`s <i>peak viscosity</i>	59

27. Analisis sidik ragam <i>peak viscosity</i>	60
28. Uji BNT 5% <i>peak viscosity</i>	60
29. Data <i>holding viscosity</i> (cP)	60
30. Uji Bartlett`s <i>holding viscosity</i>	61
31. Analisis sidik ragam <i>holding viscosity</i>	61
32. Uji BNT 5% <i>holding viscosity</i>	62
33. Data <i>final viscosity</i> (cP)	62
34. Uji Bartlett`s <i>final viscosity</i>	62
35. Analisis sidik ragam <i>final viscosity</i>	63
36. Uji BNT 5% <i>final viscosity</i>	63
37. Data <i>breakdown</i> (cP).....	63
38. Uji Bartlett`s <i>breakdown</i>	64
39. Analisis sidik ragam <i>breakdown</i>	64
40. Uji BNT 5% <i>breakdown</i>	65
41. Data <i>setback</i> (cP).....	65
42. Uji Bartlett`s <i>setback</i>	65
43. Analisis sidik ragam <i>setback</i>	66
44. Uji BNT 5% <i>setback</i>	66
45. Data T_o ($^{\circ}C$)	66
46. Data rata-rata dan standar deviasi suhu awal ($^{\circ}C$)	67
47. Data suhu puncak (T_p)	67
48. Data rata-rata dan standar deviasi suhu puncak ($^{\circ}C$)	67
49. Data suhu akhir (T_c).....	67
50. Data rata-rata dan standar deviasi suhu puncak ($^{\circ}C$)	68
51. Data enthalpy	68
52. Data rata-rata dan standar deviasi enthalpy	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Nasi putih	10
2. Bentuk granula pati beberapa komoditas	11
3. Struktur amilosa dan amilopektin	12
4. Struktur kompleks amilosa-iodin	13
5. Mekanisme gelatinisasi	15
6. Diagram alir pembuatan nasi minyak sawit merah (sebelum pemasakan).....	22
7. Diagram alir pembuatan nasi minyak sawit merah (sesudah pemasakan).....	23
8. Diagram alir pembuatan tepung nasi minyak sawit merah	23
9. Diagram alir analisis <i>pasting properties</i>	26
10. Viskogram hasil pengukuran RVA	26
11. Pembuatan nasi minyak sawit merah	70
12. Pembuatan tepung nasi minyak sawit merah	70
13. Hasil pengujian <i>complexing index</i>	70
14. Pengujian sifat termal menggunakan differential scanning calorimetry	70

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsumsi beras sebagai makanan pokok sebagian besar masyarakat di Indonesia mencapai angka yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan negara lainnya. Indonesia menduduki posisi tiga terbesar negara dengan konsumsi domestik beras terbesar setelah Cina dan India (Kementrian Pertanian, 2021). Hal ini menunjukkan tingginya tingkat konsumsi beras pada masyarakat Indonesia. Konsumsi beras yang tinggi menyebabkan tingkat permintaan terhadap beras tinggi.

Nasi merupakan olahan beras yang dihasilkan dari proses pemasakan dan penambahan air. Proses pemasakan menyebabkan pengembangan granula pati hingga kerusakan granula pati akibat penyerapan (adsorpsi) air. Beras mengandung 77,1 gram karbohidrat yang sebagian besar berupa pati yaitu sebesar 67,68 gram, 8,4 gram protein, 1,7 gram lemak, 377 kkal dan indeks glikemik nasi sekitar 91-105 untuk setiap 100 gram beras (Jauhariah dan ayustaningwarno, 2013). Nasi termasuk kelompok makanan dengan indeks glikemik tinggi yaitu >70 (Hartono, 2016). Nasi tersusun atas 2 jenis karbohidrat yaitu komponen pati dan nonpati. Komponen pati merupakan karbohidrat utama penyusun nasi. Pati pada nasi umumnya terdiri atas dua polisakarida utama yaitu amilosa dan amilopektin dengan proporsi yang berbeda-beda untuk setiap varietas. Kandungan amilosa dan amilopektin yang berbeda akan menentukan sifat fisikokimia yang dihasilkan pada nasi (Kusnandar, 2020). Kandungan amilosa yang tinggi menyebabkan tekstur nasi menjadi pera dan keras pada saat dingin (Sasmitaloka dkk., 2020). Selain itu, kandungan amilosa pada nasi juga dapat

mempengaruhi *pasting properties*, *swelling power*, gelatinisasi dan struktur pati (Rahmiati dkk., 2016).

Minyak sawit merah (MSM) merupakan hasil proses minyak sawit yang dimurnikan tanpa proses dekolorisasi dan deodorization. MSM dibentuk melalui proses fraksinasi olein untuk melindungi kandungan karotenoid dan warna merah pada MSM. Karotenoid yang terkandung dalam MSM yaitu sebesar 550 mg/kg (Robiyansyah dkk., 2017). Kandungan karotenoid pada minyak sawit merah tersebut dapat rusak karena adanya pemanasan, oksigen dan cahaya (Dwiyanti *et al.*, 2014). Proses pemanasan berupa penggorengan dapat menyebabkan kerusakan pada minyak yang disertai pembentukan asam lemak bebas karena oksidasi. Hasil penelitian Budiyanto dkk. (2010) menyebutkan bahwa pemanasan berupa penggorengan pada suhu 180°C menyebabkan penurunan kandungan beta karoten tertinggi pada MSM. Oleh karena itu, penggunaan minyak sawit merah lebih dianjurkan untuk menjadi fortifikan pada bahan pangan untuk menjaga kandungan beta karoten karena reaksi oksidasi. Penggunaan MSM sebagai fortifikan telah digunakan pada berbagai jenis produk pangan diantaranya pada produk biskuit, mi instan, *baking shortening* dan sebagainya. Penggunaan MSM sebagai fortifikan biasanya ditujukan untuk meningkatkan kandungan beta karoten, sumber vitamin A dan sebagai zat pewarna pada produk pangan.

Penelitian ini menggunakan MSM sebagai salah satu upaya pemanfaatan minyak sawit merah sebagai fortifikan yaitu pada nasi. Penambahan MSM pada nasi diduga dapat mempengaruhi sifat fisikokimia nasi. Perubahan sifat fisikokimia pada nasi terjadi akibat adanya lipid yang menyelubungi permukaan granula pati sehingga menghalangi masuknya air ke dalam granula pati (Kusnandar, 2020). Kandungan asam lemak pada MSM memungkinkan terjadinya interaksi dengan pati membentuk kompleks amilo-lipid.

Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa penambahan asam lemak pada tepung terigu menyebabkan pembentukan kompleks amilo-lipid dapat mempengaruhi sifat fisikokimia pati. Sifat fisikokimia pati tersebut diantaranya terjadi

penghambatan *swelling power*, gelatinisasi, retrogradasi dan sifat pasta pati (Wang *et al.*, 2016). Penelitian lain juga menyebutkan bahwa penambahan mikroenkapsulasi MSM pada adonan mie instan menyebabkan perubahan sifat fisikokimia berupa penghambatan penyerapan air (adsorpsi) pada saat pemasakan sehingga gluten tidak dapat didistribusikan dengan baik dan menyebabkan proses gelatinisasi menjadi tidak sempurna (Wulandari *et al.*, 2015).

Berdasarkan penelitian terdahulu, belum diketahui konsentrasi dan cara penambahan MSM pada produk pangan untuk dapat menyebabkan perubahan sifat fisikokimia. Konsentrasi MSM yang ditambahkan pada nasi perlu diperhatikan karena konsentrasi MSM yang terlalu besar atau terlalu kecil diduga berpengaruh terhadap sifat sensori nasi yang dihasilkan. Selain itu, pada proses pemasakan nasi yang melibatkan panas juga diduga menghasilkan perbedaan sifat fisikokimia nasi antara penambahan MSM sebelum dan sesudah pemasakan nasi. Hal tersebut didasarkan karena beta karoten yang terkandung pada MSM mudah mengalami kerusakan karena adanya pemanasan. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan penambahan MSM pada nasi untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dan cara penambahan MSM terhadap sifat fisikokimia nasi.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi minyak sawit merah terhadap sifat fisikokimia nasi
2. Mengetahui pengaruh cara penambahan minyak sawit merah terhadap sifat fisikokimia nasi
3. Mengetahui interaksi antara konsentrasi dan cara penambahan minyak sawit merah terhadap sifat fisikokimia nasi

1.3 Kerangka Pemikiran

Nasi merupakan makanan pokok sebagian masyarakat di Indonesia yang berpotensi sebagai zat pembawa komponen zat gizi dalam tubuh. Kandungan nasi yang hanya terdiri dari karbohidrat sebagai komponen utama, sedikit lemak dan sedikit protein. Hal tersebut menyebabkan penyakit diabetes jika dikonsumsi secara berlebih dalam jangka waktu yang panjang (Septianingrum dkk., 2016). Salah satu upaya untuk memanfaatkan nasi sebagai pangan fungsional yaitu dengan penambahan minyak sawit merah (MSM) pada saat proses pengolahan nasi. Hal ini diduga dapat mempengaruhi sifat fisikokimia nasi akibat adanya interaksi antara pati dan lipid.

Minyak sawit merah merupakan minyak yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak sawit murni, namun tidak mengalami proses dekolorisasi dan deodorisasi. Hal tersebut menyebabkan minyak sawit merah masih mengandung karotenoid dan memiliki warna merah (Hasibuan, 2021). Kandungan MSM tersebut rentan terhadap pemanasan berlebih sehingga penggunaannya lebih dianjurkan menjadi fortifikan pada bahan pangan. Penggunaan MSM sebagai fortifikan telah diterapkan pada beberapa jenis makanan seperti mie, biskuit, dan produk berbasis minyak seperti margarin, *baking shortening* dan sebagainya. Minyak sawit merah tersusun atas asam lemak jenuh dan tidak jenuh yang relatif stabil (Hasibuan, 2021). Kandungan asam lemak pada MSM diantaranya 0,8% asam miristat, 42% asam palmitat, dan 5,1% asam stearat; asam lemak tidak jenuh yaitu 42% asam oleat serta asam lemak tak jenuh ganda yaitu 10% asam linoleat (Kritchevsky, 2000). Kandungan asam lemak tersebut menjadi dasar penambahan MSM pada nasi yang diduga mampu mempengaruhi sifat fisikokimia nasi.

Penambahan minyak sawit merah pada nasi diduga mampu menjadi salah satu upaya fortifikasi yang berpengaruh terhadap sifat fisikokimia nasi. Menurut Farooq *et al.* (2018), penambahan lipid pada pati dapat membentuk kompleks amilo-lipid yang signifikan mempengaruhi sifat fisikokimia, *pasting properties* dan pencernaan pati. Menurut penelitian Wang *et al.* (2016) penambahan asam lemak pada pati menghasilkan kompleks amilo-lipid sebesar 32,4% untuk pati

yang ditambahkan asam palmitat dan 52,9% untuk pati yang ditambahkan asam laurat. Sedangkan, pati yang tidak ditambahkan asam lemak tidak menghasilkan pembentukan kompleks amilo-lipid.

Selain itu, menurut hasil penelitian Tang and Copeland (2007) menunjukkan bahwa penambahan asam lemak diantaranya asam stearat, oleat, linoleat, miristat, laurat, kaprilat, palmitat, linolenat dan monopalmitin pada pati menghasilkan pembentukan kompleks amilo-lipid yang berbeda untuk setiap konsentrasi. Setiap jenis asam lemak yang ditambahkan menghasilkan pembentukan kompleks amilo-lipid yang optimal pada konsentrasi tertentu. Konsentrasi asam lemak yang optimal untuk masing masing jenis asam lemak berbeda-beda dan tidak selalu menunjukkan grafik linear. Konsentrasi asam lemak tersebut diantaranya asam kaprilat 0,40-0,50 mmol, asam laurat 0,15-0,25 mmol, asam miristat 0,10 mmol, asam palmitat 0,08 mmol, asam stearat 0,05 mmol, asam oleat 0,05 mmol, asam linoleat 0,05-0,1 mmol dan asam linolenat 0,05-0,2 mmol. Berdasarkan penelitian sebelumnya dapat dipahami bahwa penggunaan asam lemak pada berbagai konsentrasi dapat mempengaruhi kompleks amilo-lipid yang terbentuk. Oleh karena itu, perbedaan konsentrasi MSM yang ditambahkan pada nasi diduga berpengaruh terhadap pembentukan kompleks amilo-lipid.

Cara penambahan minyak sawit merah pada nasi juga diduga berpengaruh terhadap sifat fisikokimia nasi yang dihasilkan. Penambahan minyak sawit merah pada nasi dilakukan dengan dua cara penambahan yaitu penambahan sebelum pemasakan dan sesudah pemasakan. Penambahan MSM sebelum pemasakan mampu diduga membentuk ikatan heliks tunggal akibat proses gelatinisasi pati oleh lipid menjadi kompleks amilosa-lipid. Menurut Birt *et al.* (2013) pembentukan kompleks amilo-lipid dapat terjadi karena adanya interaksi antara pati dan lipid melalui proses pemanasan. Namun, penambahan MSM sebelum pemasakan diduga mampu menyebabkan kerusakan pada kandungan betakaroten pada MSM sehingga perlu dikaji lebih lanjut untuk mengetahui pengaruhnya.

Cara penambahan MSM selanjutnya yaitu penambahan MSM sesudah pemasakan atau setelah nasi matang. Penambahan MSM sesudah pemasakan juga diduga mampu membentuk kompleks amilo-lipid. Pembentukan kompleks amilo-lipid dipengaruhi oleh penggunaan suhu sehingga cara penambahan minyak sawit perlu diperhatikan (Farooq *et al.*, 2018). Menurut Purbowati dan Anugrah (2020) suhu nasi ketika matang yaitu 95,6 °C dan akan terjadi penurunan seiring lama penyimpanan nasi. Berdasarkan hal tersebut dapat dipahami bahwa penambahan MSM sesudah pemasakan dapat membentuk kompleks amilo-lipid pada nasi karena adanya pemanasan pada saat nasi matang.

Konsentrasi dan cara penambahan MSM diduga memiliki keterkaitan satu sama lainnya. Konsentrasi MSM yang semakin tinggi disertai dengan penambahan MSM sesudah pemasakan diduga menghasilkan pembentukan kompleks amilo-lipid dan perubahan sifat fisikokimia yang lebih signifikan dibandingkan dengan konsentrasi MSM tinggi dengan penambahan MSM sebelum pemasakan. Menurut Oyeyinka *et al.* (2017) menyatakan bahwa pembentukan kompleks amilo-lipid pada pati kentang yang ditambahkan asam lemak meningkat seiring konsentrasi asam lemak yang semakin tinggi. Penambahan asam linoleat 4% menghasilkan kompleks amilo-lipid lebih besar dari pada 0,5%. Sedangkan, cara penambahan MSM yang berbeda diduga mampu memberikan hasil yang berbeda terhadap sifat fisikokimia. Oleh karena itu, kombinasi antara konsentrasi dan cara penambahan MSM diduga akan menentukan sifat fisikokimia pada nasi yang dihasilkan.

Sifat fisikokimia merupakan karakteristik yang spesifik pada suatu bahan. Sifat fisikokimia yang dimiliki suatu bahan akan menentukan aplikasi suatu bahan pada produk (Kusnandar, 2020). Pengukuran sifat fisikokimia pati dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya metode Consistometer, Falling Number® System, Ottawa Starch Viscometer dan Brabender Viscograph (Balet *et al.*, 2019). Metode pengukuran sifat fisikokimia yang umum dilakukan yaitu dengan menggunakan metode Brabender Viscograph. Namun, pengukuran sifat fisikokimia menggunakan Brabender Viscograph memiliki beberapa kelemahan

diantaranya sampel yang digunakan terlalu besar, waktu pengukuran lama, dan harganya mahal (Balet *et al.*, 2019). Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan metode RVA yang dinilai lebih sensitif, murah, sampel yang digunakan sedikit dan dapat digunakan secara berulang sehingga penggunaannya dapat dioptimalkan dalam mengukur sifat fisikokimia dan fungsional pati (Deffenbaugh and Walker, 1989; Zhang and Hamaker, 2005). Menurut Champagne *et al.* (1999) penggunaan RVA dalam penilaian tekstur nasi menghasilkan penilaian yang objektif.

Pengukuran sifat fisikokimia juga dilakukan menggunakan alat differential scanning calorimeter (DSC) untuk mengetahui sifat termal dan perubahan entalpi pada sampel yang digunakan. Menurut Huang and White (1993) penambahan lipid pada pati jagung dapat menurunkan nilai suhu awal pemanasan (T_0) dan perubahan entalpi. Selain itu, dilakukan juga pengujian kompleks amilo-lipid yang terbentuk pada sampel akibat penambahan minyak sawit merah terhadap sampel nasi. Menurut Tang dan Copeland (2007) pengukuran kompleks amilo-lipid dilakukan pada sampel yang telah tergelatinisasi pada suhu 100°C selanjutnya, ditambahkan larutan iodin untuk melihat kompleks amilo-lipid dibaca absorbansinya dengan menggunakan alat spektrofotometer pada panjang gelombang 690 nm. Penambahan MSM pada nasi akan mempengaruhi proses gelatinisasi pada sampel karena adanya pembentukan kompleks amilo-lipid. Pembentukan kompleks amilo-lipid menyebabkan pembentukan kompleks inklusi heliks tunggal akibat adanya lipid (Farooq *et al.*, 2018). Pengukuran yang dilakukan pada beberapa parameter tersebut akan menentukan perubahan sifat fisikokimia pada nasi. Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan berbagai konsentrasi dan cara penambahan MSM pada nasi untuk mengetahui besarnya pengaruh konsentrasi dan cara penambahan MSM terhadap sifat fisikokimia nasi yang diukur dengan menggunakan alat berupa RVA, DSC dan pengukuran kompleks amilo-lipid.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Konsentrasi minyak sawit merah berpengaruh terhadap sifat fisikokimia nasi
2. Cara penambahan minyak sawit merah berpengaruh terhadap sifat fisikokimia nasi
3. Terdapat interaksi antara konsentrasi dan cara penambahan minyak sawit merah terhadap sifat fisikokimia nasi

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nasi

Nasi merupakan makanan pokok sebagian besar masyarakat di Indonesia (Gambar 1). Nasi mengandung komponen zat gizi diantaranya karbohidrat, protein, lemak dan air. Komponen utama penyusun nasi yaitu karbohidrat yang berperan sebagai sumber energi utama oleh penduduk Indonesia (Haq *et al.*, 2010). Kandungan karbohidrat pada nasi mencapai 77,1% dengan kandungan pati sebesar 67,68% untuk setiap 100 gram nasi putih. Karbohidrat dalam nasi akan diubah menjadi glukosa sebagai sumber energi (Jauhariah dan Ayustaningwarno, 2013). Karbohidrat menghasilkan energi sebesar 4 Kkal untuk setiap gram sehingga perannya sangat penting dalam penyediaan asupan energi (Kusnandar, 2020). Selain, karbohidrat nasi juga mengandung komponen gizi lainnya diantaranya protein dan lemak. Kandungan kimia beras dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan kimia beras

Komponen	Proporsi (setiap 100g beras)
Karbohidrat	77,1 g
Pati	67,68
Protein	8,4 g
Lemak	1,7 g
Fosfor	81 mg
Kalsium	147 mg
Natrium	27 mg
Kalium	71 mg
Energi	357 kkal

Sumber: Jauhariah dan Ayustaningwarno, 2013



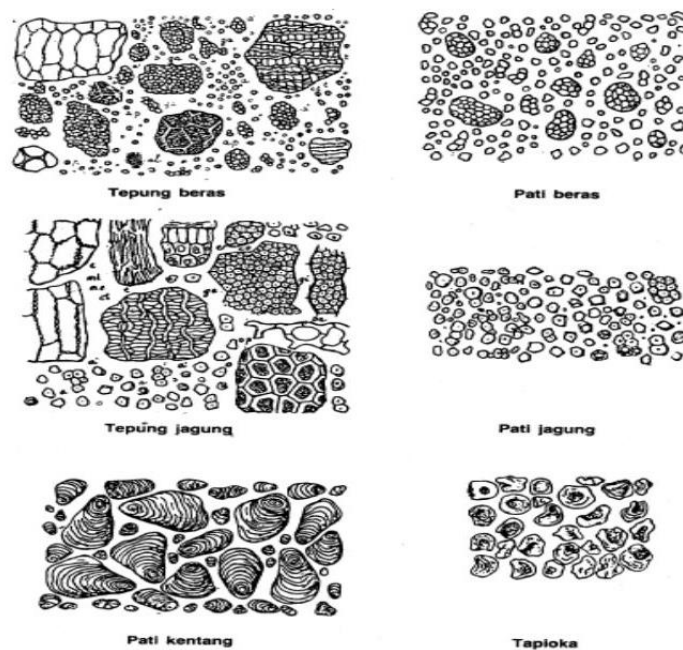
Gambar 1. Nasi putih

Nasi dihasilkan dari proses perebusan atau penanakan beras. Pemasakan nasi dapat dilakukan secara tradisional maupun secara modern dengan menggunakan *rice cooker*. Metode pemasakan nasi yang berbeda memiliki suhu pemanasan yang berbeda-beda. Suhu pemasakan nasi di *rice cooker* mencapai suhu 70-85°C. Sedangkan, metode pemasakan nasi secara tradisional menggunakan kukusan menggunakan air yang mendidih sebagai media pemanasan sehingga suhu yang digunakan yaitu sebesar 100°C. Proses pemasakan nasi menyebabkan pengembangan granula pati karena adanya air yang terabsorpsi pada granula pati. Proses pemasakan nasi yang melibatkan pemanasan juga menyebabkan rusaknya granula pati sehingga amilosa keluar dari granula pati dan menyebabkan peristiwa gelatinisasi (Juwita, 2020). Hal ini berkaitan dengan sifat fisikokimia nasi yang terjadi karena perlakuan fisik berupa pemanasan dan penambahan air (pemasakan nasi) sehingga menyebabkan reaksi kimia berupa putusnya ikatan hidrogen dan amilosa keluar dari granula pati.

2.2 Pati

Pati merupakan komponen utama penyusun sereal, umbi-umbian, kacang-kacangan, biji-bijian dan buah-buahan yang tersimpan sebagai cadangan karbohidrat pada organel sel tanaman (Cuesta-Seijo *et al.*, 2013). Pati merupakan salah satu jenis karbohidrat yang termasuk polisakarida dengan ketersediaan terbesar kedua setelah selulosa. Pati berperan sebagai sumber energi bagi manusia dan penentu karakteristik pada proses pengolahan produk pangan. Peran

pati dalam menghasilkan produk pangan yaitu dapat menentukan sifat fisikokimia dan fungsional produk yang dihasilkan. Peran pati tersebut diantaranya sebagai pengental, penstabil, pembentuk gel, dan pembentuk film (Kusnandar, 2020). Pati diisolasi melalui proses ekstraksi sumber tanaman dengan cara mengendapkan tepung dalam air. Kemudian, hasil ekstraksi tersebut akan dikeringkan sehingga didapatkan pati murni. Karakteristik yang dimiliki pati murni yaitu berwarna putih, tidak berbau dan tidak berasa. Keberadaan pati bahan pangan tersedia dalam bentuk granula pati. Granula pati mempunyai bentuk dan ukuran yang beragam sesuai dengan sumber pati (Gambar 1). Ukuran granula pati tanaman serealia umumnya lebih kecil dibandingkan pati yang berasal dari sumber umbi-umbian.



Gambar 2. Bentuk granula pati beberapa komoditas

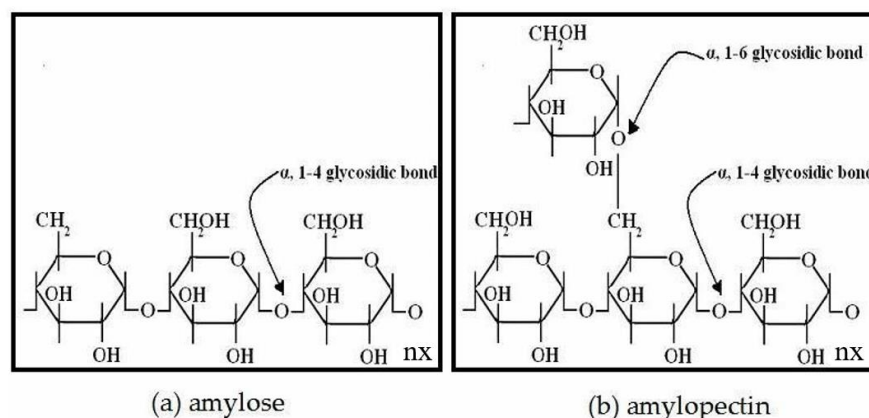
Granula pati terdiri dari polisakarida yang tersusun atas komponen utama berupa amilosa dan amilopektin. Amilosa dan amilopektin yang terdapat pada pati memiliki proporsi yang berbeda. Namun, umumnya amilopektin memiliki proporsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan amilosa yaitu sekitar 70-80%. Perbedaan komposisi amilosa dan amilopektin pada bahan akan menentukan sifat

fisikokimia dan fungsional pada proses pengolahan (Kusnandar, 2020). Contoh sifat fisikokimia dan fungsional akibat perbedaan komposisi amilosa dan amilopektin diantaranya kemampuan membentuk gel, retrogradasi, kemampuan berikatan dengan iodine, daya cerna, viskositas, suhu gelatinisasi dan kompleks amilo-lipid (Schirmer *et al.*, 2015). Perbedaan amilosa dan amilopektin disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbedaan amilosa dan amilopektin

Karakteristik	Amilosa	Amilopektin
• Struktur umum	Linear	Bercabang
• Jenis ikatan glikosidik	α -1,4	α 1,4 dan α -1,6
• Jumlah rantai anhidroglukosa (derajat polimerisasi)	$\sim 10^3$	10^4 - 10^5 (rantai linear) 20-25 (rantai percabangan)
• Berat molekul	<0,5 juta	50-500 juta
• Kompleks dengan iodin	Biru	Coklat kemerahan
• Kemampuan membentuk gel	Kuat	Lemah
• Kemampuan membentuk film	Kuat	Lemah

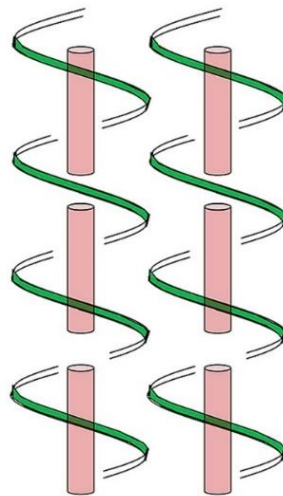
Sumber: Kusnandar, 2020



Gambar 3. Struktur amilosa dan amilopektin
Sumber: Muharam, (2022)

Amilosa merupakan salah satu polisakarida utama penyusun pati. Menurut Moulay (2013) kandungan amilosa pada pati yaitu 10-20%. Amilosa merupakan

polimer linear dari α -D- glukosa atau α -D- glukopiranososa yang dihubungkan oleh ikatan α -1,4 glikosidik (Gambar 3). Amilosa terdiri dari banyak gugus hidroksil yang berinteraksi dengan ikatan hidrogen sehingga membentuk heliks (Gambar 4). Struktur heliks amilosa dapat berinteraksi dengan iodin sehingga terbentuk kompleks berwarna biru. Warna biru yang terbentuk dari hasil uji iodin menandakan adanya amilosa. Amilosa yang terdapat pada pati dapat berpengaruh terhadap tekstur produk yang dihasilkan (Kusnandar, 2020).



Gambar 4. Struktur kompleks amilosa-iodin
Sumber: Tashiro and Gakhutishvili (2019)

Selain amilosa, pati juga tersusun atas polisakarida lainnya yaitu amilopektin sebesar 80-90% (Moulay, 2013). Amilopektin adalah polimer dari α -D-glukosa yang tersusun dalam struktur bercabang. Amilopektin memiliki dua jenis ikatan glikosidik yaitu ikatan α -1,4 glikosidik dan ikatan α -1,6 glikosidik (Gambar 3). Ikatan α -1,4 glikosidik pada amilopektin berperan dalam pembentukan struktur linear dan ikatan α -1,6 glikosidik berperan sebagai pembentuk titik-titik percabangan. Komponen penyusun amilopektin yang lebih besar menyebabkan polimer yang terbentuk menjadi lebih besar dibandingkan dengan amilosa. Struktur amilopektin yang besar menyebabkan terhalangnya pembentukan kompleks pada uji iodin. Keberadaan amilopektin pada suatu bahan yang diuji dengan iodin ditunjukkan terbentuknya warna coklat kemerahan (Kusnandar, 2020).

Rasio amilosa dan amilopektin berbeda-beda untuk setiap jenis sumber pati. Proporsi amilosa umumnya lebih rendah dibandingkan dengan amilopektin yaitu sebesar 10-20%. Rasio amilosa dan amilopektin dalam bahan pangan sangat menentukan penggunaannya dalam industri (Pramesti dkk., 2015). Rasio amilosa dan amilopektin pada pati berbeda untuk setiap jenis komoditas. Hal ini menyebabkan tekstur yang dihasilkan pada produk berbeda. Pati dengan kandungan amilosa yang tinggi menyebabkan tekstur produk menjadi pera. Sedangkan, nasi dengan kandungan amilopektin lebih besar menyebabkan tekstur produk menjadi lengket. Hal ini disebabkan struktur amilopektin yang besar menyebabkan lemahnya ikatan hidrogen sehingga menghasilkan tekstur gel dan lengket pada nasi yang dihasilkan (Kusnandar, 2020). Oleh karena itu, penggunaan komoditas yang mengandung pati harus disesuaikan dengan tujuan akhir produk yang ingin dihasilkan.

2.3 Sifat Fisikokimia Pati

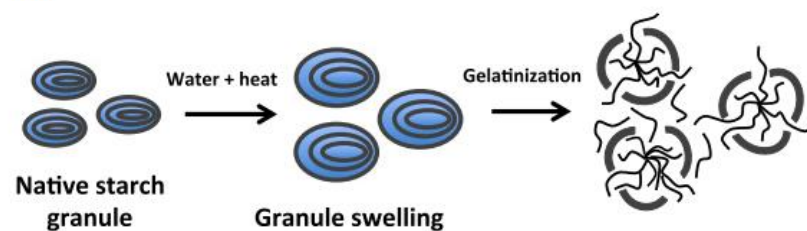
Sifat fisikokimia merupakan sifat yang menggambarkan karakteristik bahan pangan pada kondisi lingkungan tertentu seperti penggunaan panas dan penambahan air. Sifat fisikokimia menunjukkan karakteristik bahan pangan yang disebabkan adanya perubahan atribut fisik karena reaksi kimia sehingga saling berkaitan. Contohnya proses gelatinisasi yang dapat tertunda karena adanya kandungan lemak dan protein pada nasi. Hal ini menyebabkan terjadi reaksi kimia berupa air yang dipanaskan akan kesulitan untuk menembus granula pati sehingga terjadi perubahan fisik karena kurangnya air yang dapat terserap selama proses gelatinisasi serta menyebabkan peningkatan suhu gelatinisasi. Selain itu, contoh lain dari sifat fisikokimia yaitu peristiwa retrogradasi yang terjadi karena pendinginan dan disebabkan adanya proses disosiasi kembali ikatan hidrogen molekul amilosa dan amilopektin. Peristiwa ini juga dapat dipengaruhi kandungan amilosa pada nasi karena ikatan hidrogen lebih mudah terbentuk pada struktur linear. Selanjutnya, sifat fisikokimia pati lainnya yaitu sifat pasta pati yang digambarkan berdasarkan viskositas yang juga dapat dipengaruhi proses

gelatinisasi (Kusnandar, 2020). Sifat fisikokimia tersebut dapat menentukan penggunaan dalam menghasilkan produk pangan (Jayakody *et al.*, 2007)

2.3.1 Gelatinisasi

Gelatinisasi merupakan istilah yang menggambarkan rangkaian proses bersifat *irreversible* pada pati yang dipanaskan pada sistem air (Kusnandar, 2020). Gelatinisasi bersifat *irreversible* terjadi pada saat tercapainya suhu gelatinisasi dan peristiwa ini tidak terjadi secara bolak-balik. Sifat gelatinisasi pati memiliki karakteristik yang khas untuk setiap jenis bahan yang mengandung pati. Gelatinisasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya perbedaan rasio antara amilosa dan amilopektin, kandungan komponen terlarut (asam, gula, lemak, protein dan enzim), sumber pati, ukuran granula pati, suhu pemasakan dan proses agitasi (Li *et al.*, 2017).

Mekanisme gelatinisasi terjadi ketika granula pati ditambahkan air dan panas (Gambar 5). Pati yang ditambahkan air disertai dengan pemanasan menyebabkan air terdifusi ke dalam granula pati sehingga kehilangan kejernihannya (*clarity*). Hal ini menyebabkan terjadi pembengkakan granula pati karena adanya pemutusan ikatan hidrogen sehingga amilosa keluar dari granula pati dan membentuk gel serta terjadi peleburan daerah kristal. Peleburan daerah kristal disertai dengan hilangnya sifat *birefringence* yaitu pati yang tadinya terlihat kristal putih menjadi bening (Romano and Kumar, 2018). Proses pemanasan pada suhu tinggi menyebabkan perubahan bentuk pati menjadi pati tergelatinisasi (Imanningsih, 2012).



Gambar 5. Mekanisme gelatinisasi (Romano and Kumar, 2018)

2.3.2 Sifat Pasta

Sifat pasta (*Pasting properties*) merupakan salah satu sifat fungsional utama pada pati (Balet, 2019). Sifat pasta merupakan sifat yang muncul karena adanya gelatinisasi. Pasta merupakan hasil dari penggabungan antara pembengkakan dan tingkat kerusakan granula pati (Batey, 2007). Selama proses pasta terjadi pembengkakan granula dan *leaching* amilosa. Pasta terjadi pada suhu yang lebih tinggi dibandingkan suhu gelatinisasi sehingga menyebabkan pengembangan gel kental yang dapat diukur dengan pengamatan viskositas yang dilakukan dengan prinsip rheologi (Batey, 2007; Zaidul *et al.*, 2007).

Sifat pasta pati dipengaruhi oleh kekakuan granula, keluarnya amilosa dari granula, kandungan fosfat dan lipid kandungan amilosa dan kristalinitas granula pati. Selain itu, sifat pasta juga dipengaruhi oleh matriks protein yang berkaitan dengan pembengkakan granula pati, serta ketahanan terhadap aktivitas amilase (Purna *et al.*, 2015). Sifat pasta muncul pada akhir tahap pemanasan yang ditandai dengan pembengkakan granula pati. Sifat pasta pati dapat diukur dengan menggunakan berbagai instrumen diantaranya Consistometer, Amylograph, Falling Number System, Ottawa Starch Viscometer dan Rapid Visco Analyzer (Balet, 2019).

2.3.3 Retrogradasi

Retrogradasi merupakan peristiwa yang menyebabkan asosiasi ulang pada molekul-molekul amilosa pada pati yang tergelatinisasi menjadi struktur kristal yang teratur (Batey, 2007; Sandhu and Singh, 2007; Thitisaksakul *et al.*, 2012). Retrogradasi merupakan peristiwa yang terjadi karena adanya interaksi antara ikatan hidrogen dan rantai pati karena proses pendinginan. Proses retrogradasi sangat dipengaruhi kandungan amilosa pada pati, semakin tinggi kandungan amilosa maka ikatan hidrogen akan lebih mudah terbentuk menjadi struktur linear. Selain itu, proses retrogradasi juga dipengaruhi suhu, semakin rendah suhu

penyimpanan maka semakin kuat ikatan hidrogen yang terbentuk antar molekul amilosa dan amilopektin (Li *et al.*, 2017).

Retrogradasi memiliki beberapa pengaruh terhadap sifat fisikokimia pati. Salah satu pengaruh retrogradasi pada sifat fisikokimia pati yaitu membentuk struktur pati lambat cerna (Ek *et al.*, 2012). Hal ini disebabkan karena amilosa yang berasosiasi ulang sehingga terbentuk polimer yang kompak dan sulit dicerna oleh enzim pencernaan. Selain itu, perubahan struktur pati akibat proses retrogradasi juga menyebabkan penurunan kadar gula pada nasi yang disebabkan karena adanya pembentukan pati resisten (Purbowati, 2020).

2.4 Minyak Sawit Merah (Red Palm Oil)

Minyak sawit merah (MSM) atau *red palm oil* merupakan merupakan hasil fraksinasi minyak kelapa sawit yang berasal dari fraksi olein. Minyak sawit merah merupakan minyak yang dihasilkan tanpa melalui proses pemutihan dan deodorisasi. Hal tersebut menyebabkan MSM memiliki warna kemerahan dengan aroma khas (Hasibuan dkk., 2018). Selain itu, proses pengolahan minyak sawit merah yang dilakukan tanpa melalui proses dekolorisasi dilakukan untuk menjaga kandungan karotenoid pada minyak sawit merah yang tidak tahan terhadap reaksi pemanasan (Ayustaningworo, 2012). Hal ini dilakukan karena karotenoid pada minyak sawit merah memiliki aktivitas provitamin A yang tinggi. Kandungan provitamin A pada 100 g MSM yaitu sebesar 7000 μg RE (Retinol ekuivalen). Jumlah tersebut setara dengan 15 kali lebih banyak dari retinol wortel, 300 kali lebih banyak dari tomat dan 44 kali lebih banyak dari sayuran hijau (Loganathan *et al.*, 2017). Hal tersebut menyebabkan MSM berpotensi sebagai fortifikan pada bahan pangan.

Potensi MSM sebagai fortifikan produk pangan dapat dilihat dari kandungan karotenoid dan vitamin E yang tinggi. Kandungan karotenoid dalam MSM mencapai 500 ppm karotenoid yang terdiri dari 37% α -karoten, 47% β -karoten,

1,5% likopen dan 6,9% cis α -karoten (Van Rooyen *et al.*, 2008). Sedangkan, kandungan vitamin E di dalam MSM mencapai 500 ppm vitamin E berupa tokotrienol dan tokoferol (Hasibuan dan Siahaan, 2014). Selain itu, MSM juga mengandung senyawa fitonutrien lainnya yaitu fitosterol 326-527 ppm, fosfolipid 5-130 ppm, squalene 200-500 ppm, ubiquinone 10-80 ppm, alifatik alkohol 100-200 ppm, triterpenoid alkohol 40- 80 ppm, metil sterol 40-80 ppm dan alifatik hidrokarbon 50 ppm (Mba *et al.*, 2015).

Minyak sawit merah tersusun atas asam lemak jenuh dan asam lemak tak jenuh. Jenis asam lemak yang terkandung dalam MSM (Tabel 3) diantaranya 0,8% asam miristat, 42% asam palmitat, dan 5,1% asam stearat; asam lemak tidak jenuh yaitu 42% asam oleat serta asam lemak tak jenuh ganda yaitu 10% asam linoleat (Kritchevsky, 2000). Kandungan asam lemak pada MSM menentukan wujud akhir minyak yang dihasilkan. Kandungan asam lemak jenuh dan tak jenuh pada MSM yang memiliki rasio 47,9%:52% menyebabkan wujud minyak yang dihasilkan berupa semi padat. Kandungan kimia minyak sawit merah disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan kimia minyak sawit merah

Kandungan	Kadar
Asam lemak	
14:0 (asam miristat)	0,8%
16:0 (Asam palmitat)	42%
18:0 (Asam stearat)	5,1%
18:1 (Asam oleat)	42%
18:2 (Asam linoleat)	10%
Total Karotenoid ($\mu g/g$)	550
β -karoten ($\mu g/g$)	375
Tokoferol dan tokotrienol (ng/L)	468

Sumber: Kritchevsky, 2000

Kandungan asam lemak pada MSM juga menentukan ketahanan MSM terhadap kerusakan. Kerusakan pada minyak dapat terjadi karena adanya reaksi oksidasi yang dapat disebabkan karena kondisi penyimpanan yang kurang memadai (Andarwulan dkk., 2016). Kandungan asam lemak tak jenuh pada MSM yang lebih tinggi menyebabkan MSM tidak tahan terhadap reaksi oksidasi diantaranya pemanasan, cahaya dan suhu. Hal ini disebabkan karena ikatan rangkap yang dimiliki asam lemak tak jenuh akan teroksidasi menjadi ikatan tunggal (Liu *et al.*, 2019). Perubahan ikatan rangkap menjadi ikatan tunggal pada MSM menyebabkan perubahan aroma menjadi tengik. Oleh karena itu, penggunaan MSM lebih dianjurkan sebagai bahan fortifikan pada bahan pangan untuk menjaga kandungan karotenoid dan mencegah munculnya aroma tengik akibat perubahan ikatan rangkap menjadi ikatan tunggal pada asam lemak.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember tahun 2022 sampai dengan bulan Maret tahun 2023

3.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beras IR64, minyak sawit merah (Salmira), aquades, KI (Merck), dan I₂ (Merck)

Alat yang digunakan adalah neraca analitik, *rice cooker* (Miyako), Rapid Visco Analyzer-TechMaster (Perlen Instruments), oven (Shanghang Instrumen), grinder (Fomac FCT-Z300), tabung reaksi, sentrifugasi (Plc series), tabung sentrifugasi, kuvet, sendok, loyang, wadah, saringan, piring, penangas air (H-WBE-8L), vortex (H-VM-400), DSC (EXSTAR/X-DSC 7000), spektrofotometer UV-Vis (Inesa), dan batang pengaduk.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL), 2 faktor dengan 3 kali ulangan. Faktor pertama adalah konsentrasi minyak sawit merah pada nasi (C) terdiri lima taraf perlakuan yaitu: 0% (C₀), 1% (C₁), 2%

(C2), 3% (C3), dan 4% (C4) (b/b). Faktor kedua adalah cara penambahan (P) terdiri dari dua taraf yaitu sebelum pemasakan (P1) dan sesudah pemasakan (P2). Formulasi minyak sawit merah (b/b) dan cara penambahan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Formulasi konsentrasi dan cara penambahan minyak sawit merah

Berat beras (g)	Konsentrasi MSM (C)	Cara Penambahan (P)	Perlakuan
200	0%	1. Sebelum pemasakan	C0P1
		2. Sesudah pemasakan	C0P2
200	1%	1. Sebelum pemasakan	C1P1
		2. Sesudah pemasakan	C1P2
200	2%	1. Sebelum pemasakan	C2P1
		2. Sesudah pemasakan	C2P2
200	3%	1. Sebelum pemasakan	C3P1
		2. Sesudah pemasakan	C3P2
200	4%	1. Sebelum pemasakan	C4P1
		2. Sesudah pemasakan	C4P2

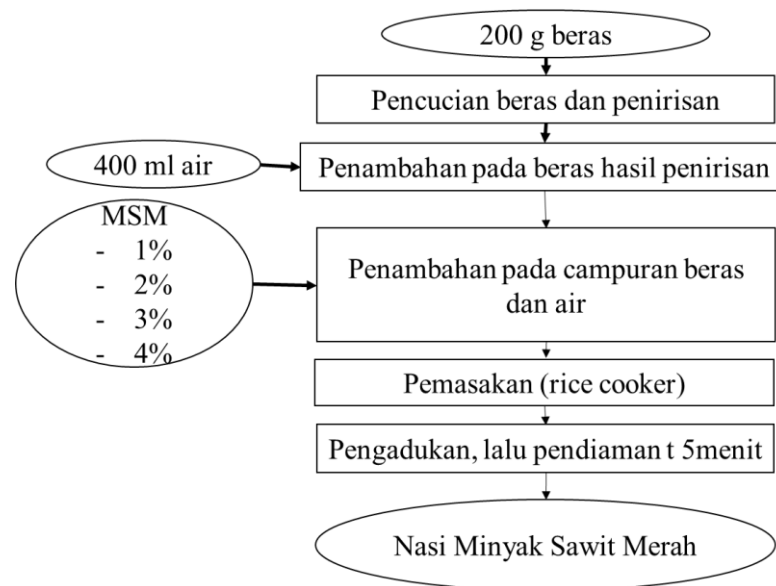
Data yang diperoleh di uji kehomogenan data dengan menggunakan uji Bartlett dan uji kementerian data dengan uji Tukey. Selanjutnya, data diolah dengan sidik ragam untuk menduga ragam galat dan mengetahui ada tidaknya pengaruh perlakuan. Analisis data dilanjutkan dengan menggunakan uji Beda Nyata Terkecil pada taraf nyata 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Analisis statistik dilakukan menggunakan Microsoft Excel untuk parameter pengamatan *complexing index* (CI) dan sifat pasta. Sedangkan, parameter sifat termal dijelaskan secara deskriptif.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pembuatan Nasi Minyak Sawit Merah

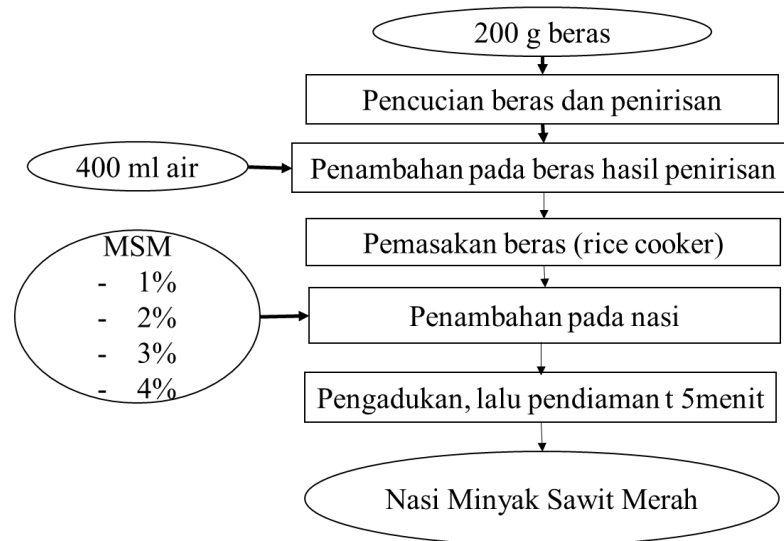
Persiapan pembuatan nasi minyak sawit merah dilakukan dengan menimbang 200 gram beras (IR 64). Kemudian dilakukan pencucian hingga bersih di bawah air

mengalir. Beras yang sudah dicuci diletakkan pada inner pot *rice cooker* dan ditambahkan 400 ml air. Kemudian, ditambahkan minyak sawit merah (Salmira) sesuai perlakuan dan dilakukan pemasakan hingga menjadi nasi. Setelah matang, nasi minyak sawit merah didiamkan di dalam *rice cooker* selama 5 menit dan dapatkan nasi minyak sawit merah. Diagram alir pembuatan nasi minyak sawit merah dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir pembuatan nasi minyak sawit merah (sebelum pemasakan)

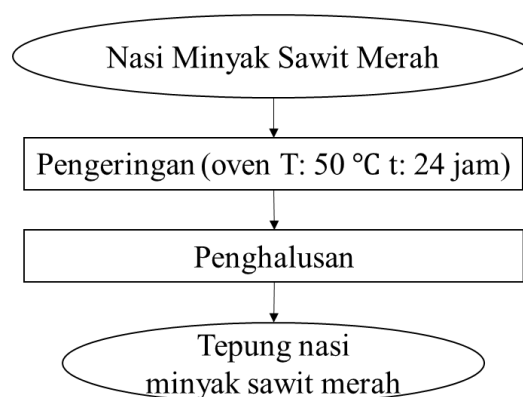
Persiapan pembuatan nasi minyak sawit merah dengan penambahan MSM sesudah pemasakan dilakukan dengan menimbang 200 gram beras (IR 64). Kemudian dilakukan pencucian hingga bersih di bawah air mengalir. Beras yang sudah dicuci diletakkan pada inner pot *rice cooker* dan ditambahkan 400 ml air. Kemudian, dilakukan pemasakan hingga menjadi nasi. Selanjutnya, ditambahkan minyak sawit merah (Salmira) sesuai perlakuan dan diamkan selama 5 menit di dalam *rice cooker* sehingga dihasilkan nasi minyak sawit merah. Diagram alir pembuatan nasi dengan penambahan minyak sawit merah sesudah pemasakan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram alir pembuatan nasi minyak sawit merah (sesudah pemasakan)

3.4.2 Preparasi Sampel

Nasi minyak sawit merah yang telah matang kemudian dilakukan preparasi sampel untuk dilakukan pengujian. Nasi minyak sawit merah diletakkan pada loyang kemudian didinginkan hingga mencapai suhu ruang. Setelah itu, sampel dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 24 jam. Setelah itu, sampel dikeluarkan dari oven untuk selanjutnya dilakukan penggilingan dengan menggunakan grinder. Selanjutnya, sampel disaring dengan menggunakan ayakan dan didapatkan tepung nasi minyak sawit merah (Gambar 8.)



Gambar 8. Diagram alir pembuatan tepung nasi minyak sawit merah

3.5 Pengamatan

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap *Complexing index* (CI) kompleks amilo-lipid, *pasting properties* dengan metode *Rapid Visco Analyzer* (RVA) dan pengukuran sifat termal menggunakan *differential scanning calorimeter* (DSC).

3.5.1 Analisis *Complexing Index* (CI) Kompleks Amilo-lipid

Analisis *complexing index* dilakukan mengikuti metode yang dilakukan Wang *et al.* (2016) dengan modifikasi. Sampel tepung nasi sebanyak 0,4 g dimasukkan ke dalam tabung sentrifugasi 50 ml, kemudian ditambahkan aquades hingga 5ml. Suspensi tersebut dipanaskan dalam penangas air pada suhu 100°C selama 10 menit. Selama proses pemanasan, suspensi divortex setiap 2 menit selama 15 detik. Selanjutnya, suspensi didinginkan hingga mencapai suhu kamar. Aquades sebanyak 25 ml ditambahkan ke dalam suspensi dan divortex selama 2 menit. Kemudian, dipipet 250 μ L dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Suspensi ditambahkan 7,5 ml aquades dan 1 mL larutan iodine yang terdiri dari (2% KI dan 1,3% I₂ dalam aquades). Selanjutnya, suspensi divortex selama 1 menit dan dibaca absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 690 nm. Pati tanpa asam lemak dijadikan sebagai referensi. Kemudian, nilai absorbansi yang terbaca digunakan untuk menghitung *complexing index* dengan rumus sebagai berikut:

$$CI = 100 \times \frac{A_s - A_{s-L}}{A_s}$$

Keterangan :

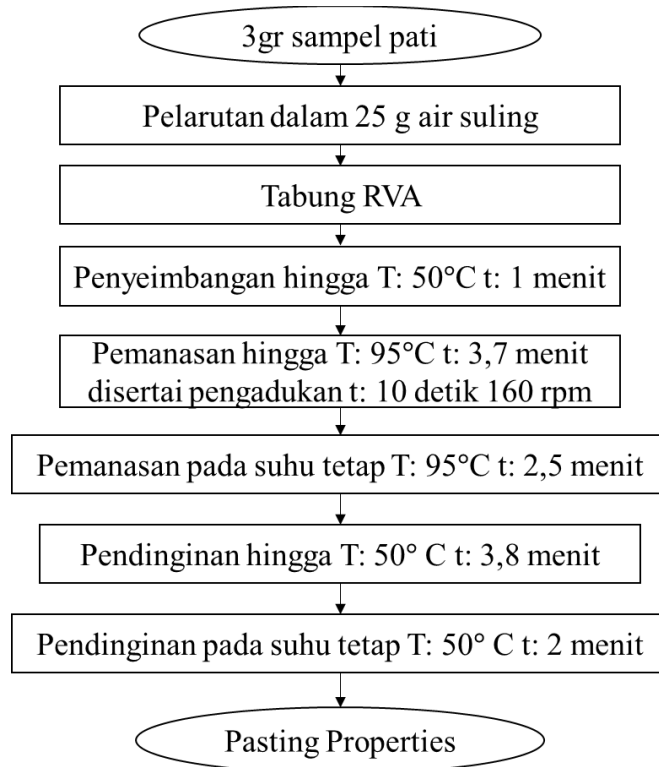
A_s = Absorbansi pati tanpa asam lemak

A_{s-L} = Absorbansi pati-asam lemak

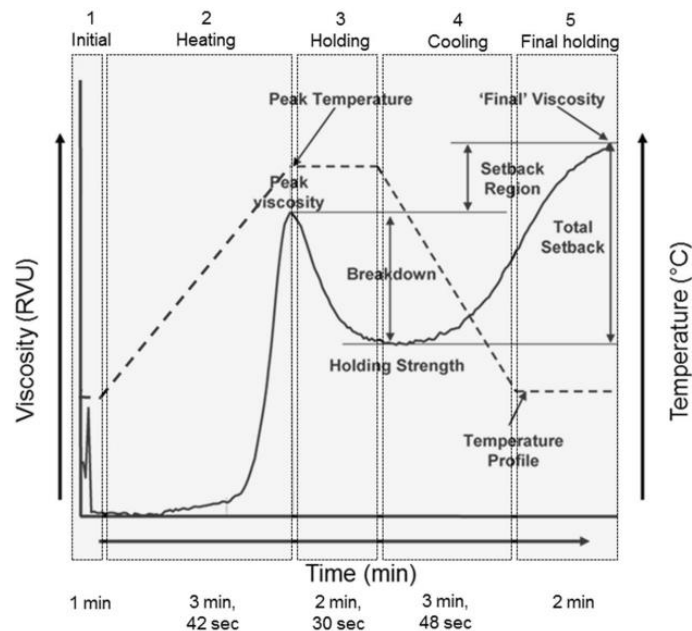
3.5.2 Analisis *Pasting Properties* dengan Rapid Visco Analyzer

Analisis *pasting properties* dilakukan dengan menggunakan alat Rapid Visco Analyzer. Sampel sebanyak 3 gr tepung nasi minyak sawit merah disuspensikan dalam 25 ml aquades. Kemudian dimasukkan ke dalam tabung RVA untuk dilakukan analisis. Metode RVA mengacu pada AACC (2000), yang proses pengukuran viskositas dilakukan selama 13 menit. Selama proses analisis disertai dengan pengadukan selama 10 detik dengan kecepatan 160 rpm. Sampel yang telah masuk pada alat RVA kemudian, dilakukan penyeimbangan hingga suhu mencapai 50°C selama 1 menit. Selanjutnya dipanaskan hingga mencapai suhu hingga 95°C selama 3,7 menit. Proses pemanasan dipertahankan pada suhu 95°C selama 2,5 menit. Tahap selanjutnya dilakukan pendinginan hingga suhu turun menjadi 50°C selama 3,8 menit dan suhu pendinginan dipertahankan selama 2 menit.

Kemudian didapatkan hasil sebagai indikator gelatinisasi pati yaitu berupa *peak viscosity* (PV), *holding viscosity* (HV), *final viscosity* (FV), *breakdown value* (BD = PV – HV), *setback value* (SB = FV – HV), dan *pasting temperature* (PT) pada kurva RVA. Diagram alir analisis *pasting properties* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram alir analisis *pasting properties*
Sumber: AACC, 2000



Gambar 10. Viskogram hasil pengukuran RVA
Sumber: Balet *et al.*, 2019

3.5.3 Pengukuran Sifat Termal menggunakan Differential Scanning Calorimetry

Pengukuran sifat termal dilakukan dengan menggunakan alat *differential scanning calorimeter* (DSC) yang dilakukan dengan mengikuti metode yang dilakukan Wang *et al.* (2016) dengan modifikasi. Sampel sebanyak 5 gr ditambahkan aquades dengan perbandingan aquades : sampel 3 :1, kemudian didiamkan selama semalaman. Selanjutnya dilakukan pengukuran DSC, sampel pati-lipid dipanaskan dari suhu 28°C hingga 120°C dengan laju kenaikan 10°C/min hingga didapatkan sampel pati tergelatinisasi. Pan alumunium kosong dijadikan sebagai referensi. Nilai suhu transisi thermal akan terekam pada software diantaranya suhu awal (T_o), suhu puncak (T_p), suhu akhir (T_c) dan enthalpy.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan antara lain sebagai berikut

1. Konsentrasi 1%, 2%, 3%, dan 4% MSM yang ditambahkan pada nasi berpengaruh nyata terhadap sifat fisikokimia nasi untuk parameter kompleks amilo-lipid dan pengamatan *pasting properties* untuk parameter *peak viscosity*, *holding viscosity*, *final viscosity* dan *breakdown* tetapi tidak berpengaruh pada pengamatan *pasting properties* untuk parameter *pasting temperature* dan *setback* serta tidak berpengaruh terhadap sifat termal nasi.
2. Cara penambahan MSM sebelum dan sesudah pemasakan nasi tidak berpengaruh nyata terhadap pembentukan kompleks amilo-lipid, *pasting properties* dan sifat termal sehingga cara penambahan MSM tidak berpengaruh terhadap sifat fisikokimia nasi.
3. Tidak terdapat interaksi antara konsentrasi dan cara penambahan MSM pada sifat fisikokimia nasi.

5.2 Saran

1. Perlu dikaji lebih lanjut mengenai pengaruh pemanasan pada proses pemasakan nasi sehingga dapat diketahui interaksi yang terjadi pada nasi yang ditambahkan dengan MSM terhadap sifat fisikokimia nasi.
2. Perlu dilakukan uji lanjut penelitian mengenai pengaruh konsentrasi dan cara penambahan MSM terhadap sifat fisikokimia nasi khususnya untuk pengamatan kompleks amilo-lipid, *pasting properties* dan sifat termal nasi.

DAFTAR PUSTAKA

- AACC (American Association of Cereal Chemists). 2000. *Approved methods of the AACC, 10 ~ ed.* American Association of Cereal. Chemists, St. Paul, MN.
- Ai, Y., Hasjim, J., and Jane, J.-L. 2013. Effects of lipids on enzymatic hydrolysis and physical properties of starch. *Carbohydrate Polymers*, 92(1): 120–127.
- Andarwulan, N., Muhammad, G.N., Agista, A.Z., Dharmawan, S., Fitriani, D., Wulan, A.C., Pratiwi, D.G., Rahayu, W.P., Martianto, D., and Hariyadi, P. 2016. Stabilitas fotooksidasi minyak goreng sawit yang difortifikasi dengan minyak sawit merah. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 27(1):31-39.
- Ayustaningwarno, F. 2012. Proses pengolahan dan aplikasi minyak sawit merah pada industri pangan. *Journal vitasphere*, 2(1): 1-11.
- Balet, S., Guelpa, A., Fox, G., and Manley, M. 2019. Rapid visco analyser (RVA) as a tool for measuring starch-related physiochemical properties in cereals: A review. *Food Analytical Methods*, 12(10): 2344-2360.
- Batey, I.L. 2007. *Interpretation of RVA curves.* In: *Crosbie GB, Ross AS (eds) The RVA Handbook.* AACC International, St. Paul:19–31.
- Birt, D.F., Boylston, T., Hendrich, S., Jane, J.L., Hollis, J., Li, L., McClelland, J., Moore, S., Phillips, G.J., Rowling, M., and Schalinske, K. 2013. Resistant starch: promise for improving human health. *Advances in nutrition*, 4(6): 587-601.
- Budiyanto, B., Silsia, D., Efendi, Z., and Janika, R. 2010. Perubahan kandungan β -karoten, asam lemak bebas dan bilangan peroksida minyak sawit merah selama pemanasan. *Agritech*, 30(2).
- Champagne, E.T., Bett, K.L, Vinyard, B.T., McClung, A.M., Barton, F.E., Moldenhauer, K., Linscombe, S., and McKenzie, K. 1999. Correlation between cooked rice texture and rapid visco analyser measurements. *Cereal Chemistry*, 76(5):764–771.
- Chao, C., Yu, J., Wang, S., Copeland, L., and Wang, S. 2018. Mechanisms underlying the formation of complexes between maize starch and lipids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(1): 272-278.

- Chen, M.H., Bergman, C.J., Pinson, R.M., and Fjellstrom, R.G. 2008. Waxy gene haplotypes: associations with pasting properties in an international rice germplasm collection. *Journal Cereal Science*, 48: 781–788.
- Cozzolino, D. 2016. The use of the rapid visco analyser (RVA) in breeding and selection of cereals. *Journal of Cereal Science*, 70: 282–290.
- Cuesta-Seijo, J.A., Nielsen, M.M., Marri, L., Tanaka, H., Beeren, S.R., and Palcic, M.M. 2013. Structure of starch synthase I from barley: insight into regulatory mechanisms of starch synthase activity. *Acta Crystallographica Section D: Biological Crystallography*, 69(6): 1013-1025.
- Deffenbaugh, L., and Walker, C. 1989. Comparison of starch *pasting properties* in the Brabender Visco-Amylograph and the Rapid Visco-Analyser. *Cereal Chemistry*, 66: 493–499.
- Dwiyanti, H., Riyadi, H., Rimbawan, E.D. and TIP, A.S. 2014. Penambahan CPO dan RPO sebagai sumber provitamin A terhadap retensi karoten, sifat fisik, dan penerimaan gula kelapa. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 24(1).
- Ek, K. L., Brand, M. J., and Copeland, L. 2012. Glycemic effect potatoes. *Food Chemistry*, 133: 1230-1240.
- Faridah, D.N., Fardiaz, D., Andarwulan, N., dan Sunarti, T.C., 2014. Karakteristik sifat fisikokimia pati garut (*Maranta arundinaceae*). *Agritech*, 34(1): 14-21.
- Faridah, D.N. dan Thonthowi, A. 2020. Karakterisasi fisik pati tapioka modifikasi gabungan hidrosipropilasi dengan fosfat-ikat silang. *Jurnal Mutu Pangan: Indonesian Journal Of Food Quality*, 7(1): 30-37.
- Farooq, A.M., Dhital, S., Li, C., Zhang, B. and Huang, Q. 2018. Effects of palm oil on structural and in vitro digestion properties of cooked rice starches. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107: 1080-1085.
- Gamel, T.H., Abdel-Aal, E.S.M., Wood, P.J., Ames, N.P. and Tosh, S.M. 2012. Application of the Rapid Visco Analyzer (RVA) as an effective rheological tool for measurement of β -glucan viscosity. *Cereal Chemistry*, 89(1): 52-58.
- Guraya, H. S., Kadan, R., and Champagne, E. T.1997. Effect of rice starch–lipid complexes on in vitro digestibility, complexing index, and viscosity. *Cereal Chemistry*, 74(5): 561–565.
- Haq, G.I., Permanasari, A., dan Sholihin, H., 2010. Efektivitas penggunaan sari buah jeruk nipis terhadap ketahanan nasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Kimia*, 1(1): 44-58.
- Hartono, A. 2016. *Buku ajar ilmu gizi* Edisi 4. Buku Kedokteran EGC. Jakarta
- Hasibuan, H. A., Akram, A., Putri, P., Mentari, E. C., dan Rangkuti, B.T. 2018. Pembuatan margarin dan baking shortening berbasis minyak sawit merah dan aplikasinya dalam produk bakery. *Agritech*, 38(4): 353-363.

- Hasibuan, H.A. 2021. Potensi minyak sawit merah sebagai pangan fungsional dan nutrasetikal. *WARTA Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 26(3): 178-184.
- Hasibuan, H.A. dan Siahaan, D. 2014. Review standar minyak goreng sawit diperkaya karoten terkait fortifikasi vitamin A sebagai revisi SNI 01-3741-2002. *Jurnal Standardisasi*, 16(1): 65-76.
- Huang, J. J., and White, P. J. 1993. Waxy corn starch: Monoglyceride interaction in a model system. *Cereal Chemistry*, 70: 42-47.
- Imanningsih, N. 2012. Profil gelatinisasi beberapa formulasi tepung-tepungan untuk pendugaan sifat pemasakan (*Gelatinisation profile of several flour formulations for estimating cooking behaviour*). *Nutrition and Food Research*, 35(1): 13-22.
- Jauhariah, D. dan Ayustaningwarno, F. 2013. Snack bar rendah fosfor dan protein berbasis produk olahan beras. *Journal of Nutrition College*, 2(2): 250-261.
- Jayakody, L., Hoover, R., Liu, Q., and Donner, E. 2007. Studies on tuber starches. II. Molecular structure, composition and physicochemical properties of yam (*Dioscorea* sp.) starches grown in Sri Lanka. *Carbohydrate Polymers*, 69(1): 148-163.
- Juwita, L. 2020. Studi komparasi kadar glukosa pada nasi yang dimasak dengan metode rice cooker dan dengan metode tradisional pada berbagai suhu. *Journal of Nursing Care and Biomoleculer*, 5(1): 25-32.
- Kementrian Pertanian. 2021. Buletin konsumsi pangan 2021. *Buletin Konsumsi Pangan*, 12(1):20.
- Kritchevsky, D. 2000. Impact of red palm oil on human nutrition and health. *Food and Nutrition Bulletin*, 21(2):182-188.
- Kusnandar, F. 2020. *Kimia pangan komponen makro*. Bumi Aksara. Jakarta.
- Li, M., Dhital, S., and Wei, Y. 2017. Multilevel structure of wheat starch and its relationship to noodle eating qualities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16: 1042-1055.
- Li, Y., Obadi, M., Shi, J., Xu, B., and Shi, Y. C. 2021. Rheological and thermal properties of oat flours and starch affected by oat lipids. *Journal of Cereal Science*, 102: 103337.
- Liang, X., and King, J.M. 2003. Pasting and crystalline property differences of commercial and isolated rice starch with added amino acids. *Journal Food Science*, 68: 832-838.
- Liu, K., Liu, Y., and Chen, F. 2019. Effect of storage temperature on lipid oxidation and changes in nutrient contents in peanuts. *Food science and nutrition*, 7(7): 2280-2290.
- Liu, Y., Yu, J., Copeland, L., Wang, S., and Wang, S., 2019. Gelatinization behavior of starch: Reflecting beyond the endotherm measured by differential scanning calorimetry. *Food chemistry*, 284: 53-59.

- Loganathan, R., K.M. Subramaniam, A.K. Radhakrishnan, Y.M. Choo, and K.T. 2017. Health-promoting effects of red palm oil: Evidence from Animal and Human Studies. *Nutrition Reviews*, 75: 98–113.
- Mba, O.I., Dumont, M.J., and Ngadi, M. 2015. Palm oil: Processing, characterization and utilization in the food industry—A review. *Food bioscience*, 10: 26-41.
- Moulay, S. 2013. Molecular iodine/polymer complexes. *Journal of Polymer Engineering*, 33(5): 389-443.
- Muharam, T., Fitriani, D., Jannah, D.F.M., Al Ghifari, M.Z., and Sihombing, R.P. 2022. Karakteristik daya serap air dan biodegradabilitas pada bioplastik berbasis pati singkong dengan penambahan polyvinyl alcohol. *PROSIDING SNAST*, D35-49. Institut Sains dan Teknologi AKPRIND. Yogyakarta. 12 November 2022.
- Oyeyinka, S.A., Singh, S., Venter, S.L., and Amonsou, E.O. 2017. Effect of lipid types on complexation and some physicochemical properties of bambara groundnut starch. *Starch-Stärke*, 69(3-4): 1600158.
- Pramesti, H.A., Siadi, K., dan Cahyono, E. 2015. Analisis rasio kadar amilosa/amilopektin dalam amilum dari beberapa jenis umbi. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4(1).
- Purbowati, P. dan Anugrah, R.M. 2020. Pengaruh Suhu dan Lama Penyimpanan terhadap Kadar Glukosa pada Nasi Putih. *Nutri-Sains: Jurnal Gizi, Pangan dan Aplikasinya*, 4(1): 15-24.
- Purna, S.K.G., Shi, Y.C., Guan, L., Wilson, J.D., and Graybosch, R.A. 2015. Factors governing *pasting properties* of waxy wheat flours. *Cereal Chemistry*, 5: 529-535.
- Rahmiati, T.M., Purwanto, Y.A., Budijanto, S., dan Khumaida, N. 2016. Sifat fisikokimia tepung dari 10 genotipe ubi kayu (*Manihot esculenta Crantz*) hasil pemuliaan. *Agritech*, 36(4): 459-466.
- Robiyansyah, R., Zuidar, A.S., dan Hidayati, S. 2017. Pemanfaatan minyak sawit merah dalam pembuatan biskuit kacang kaya beta karoten [Utilization of red palm oil to produce beta carotene-rich nuts biscuit]. *Jurnal Teknologi dan Industri Hasil Pertanian*, 22(1): 11-20.
- Romano, N. and Kumar, V. 2019. Starch gelatinization on the physical characteristics of aquafeeds and subsequent implications to the productivity in farmed aquatic animals. *Reviews in Aquaculture*, 11(4): 1271-1284.
- Sandhu, K.S. and Singh, N. 2007. Some properties of corn starches II: physicochemical, gelatinisation, retrogradation, pasting and gel textural properties. *Food Chemistry*, 101: 1499–1507.

- Sandhu, K.S., Singh, N., and Malhi, N.S. 2007. Some properties of corn grains and their flours I: Physicochemical, functional and chapati-making properties of flours. *Food Chemistry*, 101(3): 938-946.
- Sasmitaloka, K.S., Widowati, S., dan Sukasih, E. 2020. Karakterisasi sifat fisikokimia, sensori, dan fungsional nasi instan dari beras amilosa rendah. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 17(1): 1-14.
- Schirmer, M., Jekle, M., and Becker, T., 2015. Starch gelatinization and its complexity for analysis. *Starch-Starke*, 67(1-2): 30-41.
- Septianingrum, E., Liyanan, L., dan Kusbiantoro, B. 2016. Review indeks glikemik beras: faktor-faktor yang mempengaruhi dan keterkaitannya terhadap kesehatan tubuh. *Jurnal kesehatan*, 9(1): 1-9.
- Shevkani, K., Singh, N., Kaur, A., and Rana, J.C. 2014. Physicochemical, pasting, and functional properties of amaranth seed flours: effects of lipids removal. *Journal of food science*, 79(7): C1271-C1277.
- Sun, S., Jin, Y., Hong, Y., Gu, Z., Cheng, L., Li, Z., and Li, C., 2021. Effects of fatty acids with various chain lengths and degrees of unsaturation on the structure, physicochemical properties and digestibility of maize starch-fatty acid complexes. *Food Hydrocolloids*, 110: 106224.
- Syamsir, E., Hariyadi, P., Fardiaz, D., Andarwulan, N., dan Kusnandar, F. 2012. Pengaruh proses heat-moisture treatment (HMT) terhadap karakteristik fisikokimia pati [Effect of Heat-Moisture Treatment (HMT) Process on Physicochemical Characteristics of Starch]. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 23(1): 100-100.
- Tang, M.C. and Copeland, L. 2007. Analysis of complexes between lipids and wheat starch. *Carbohydrate Polymers*, 67(1): 80-85.
- Tashiro, K. and Gakhutishvili, M. 2019. Crystal structure of cellulose-iodine complex. *Polymer*, 171: 140-148.
- Thakur, R., Pristijono, P., Golding, J.B., Stathopoulos, C.E., Scarlett, C.J., Bowyer, M., Singh, S.P., and Vuong, Q.V. 2017. Amylose-lipid complex as a measure of variations in physical, mechanical and barrier attributes of rice starch- ι -carrageenan biodegradable edible film. *Food Packaging and Shelf Life*, 14: 108-115.
- Thitisaksakul, M., Jimenez, R.C., Arias, M.C., and Beckles, D.M. 2012. Effect of environmental factors on cereal starch biosynthesis and composition. *Journal of Cereal Science*, 56: 67-80.
- Van Rooyen, J., Esterhuyse, A.J., Engelbrecht, A.M., and Du Toit, E.F., 2008. Health benefits of a natural carotenoid rich oil: a proposed mechanism of protection against ischaemia/reperfusion injury. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 17(S1): 316-319.

- Wang, S., Wang, J., Yu, J., and Wang, S. 2016. Effect of fatty acids on functional properties of normal wheat and waxy wheat starches: A structural basis. *Food Chemistry*, 190: 285-292.
- Wulandari, N., Angka, S., Adawiyah, D.R., dan Palupi, N.S. 2015. Aplikasi mikroenkapsulat minyak sawit merah pada mi instan. *Jurnal Mutu Pangan: Indonesian Journal of Food Quality*, 2(1): 41-49.
- Zaidul, I.S.M., Yamauchi, H., Takigawa, S., Matsuura-Endo, C., Suzuki, T., and Noda, T. 2007. Correlation between the compositional and pasting properties of various potato starches. *Food Chemistry*, 105(1): 164–172
- Zhang, G., and Hamaker, B.R. 2005. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) flour pasting properties influenced by free fatty acids and protein. *Cereal Chemistry*, 82(5): 534–540.
- Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., and Blanchard, C. 2007. Effect of the addition of fatty acids on rice starch properties. *Food Research International*, 40: 209–214.