UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Optimasi Formula Biodegradable Film Berbasis Pati Singkong, Kitosan, dan Gliserol Untuk Aplikasi Kemasan Produk Ayam Kalasan Ungkep Beku
Nabilatul Muazaroh, Arita Dewi Nugrahini, S.T.P., M.T., Ph.D.; Anggoro Cahyo Sukartiko, S.T.P., M.P., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **iii**
PERNYATAAN ..... **iv**
KATA PENGANTAR ..... **v**
DAFTAR ISI ..... **vii**
DAFTAR TABEL ..... **x**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xiii**
INTISARI ..... **xiv**
ABSTRACT ..... **xv**
BAB I PENDAHULUAN **16**
1.1 Latar Belakang 16
1.2 Rumusan Masalah 25
1.3 Tujuan Penelitian 25
1.4 Batasan Penelitian 26
1.5 Manfaat Penelitian 26
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 27
2.1 Ayam Goreng Kalasan 27
2.2 Pembekuan 28
2.3 *Biodegradable Film* 30
2.4 Pati Singkong 32
2.5 Kitosan 34
2.6 Gliserol 35
2.7 Pengujian Karakteristik *Biodegradable Film* 36
2.7.1 Pengujian Mekanis Kuat Tarik, Elongasi, dan Modulus Elastisitas 36
2.7.2 Pengujian Mikrostruktur 37
2.7.3 Pengujian Kadar Air 38
2.7.4 Pengujian Densitas 39
2.7.5 Pengujian *Water Vapor Permeability* (WVP) 39
2.7.6 Pengujian Biodegradasi 39
2.8 Pengujian Kualitas Produk Ayam Kalasan Ungkep Beku 40
2.8.1 Pengujian pH 41
2.8.2 Pengujian Kadar Air 41

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Optimasi Formula Biodegradable Film Berbasis Pati Singkong, Kitosan, dan Gliserol Untuk Aplikasi Kemasan Produk Ayam Kalasan Ungkep Beku
Nabilatul Muazaroh, Arita Dewi Nugrahini, S.T.P., M.T., Ph.D.; Anggoro Cahyo Sukartiko, S.T.P., M.P., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.8.3 Pengujian Warna 41
2.8.4 Pengujian *Total Volatile Basic Nitrogen* (TVBN) 42
2.8.5 Pengujian *Thiobarbituric Acid Reactive Substances* (TBARS) 43
2.9 Penelitian Terdahulu 44
BAB III METODE PENELITIAN 46
3.1 Objek Penelitian 46
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian 46
3.3 Bahan Penelitian 46
3.4 Peralatan Penelitian 47
3.5 Tahapan Penelitian 48
3.5.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah 49
3.5.2. Penetapan Tujuan, Batasan, dan Manfaat Penelitian 50
3.5.3. Studi Pustaka dan Literatur 50
3.5.4. Penentuan Parameter Uji 50
3.5.5. Pembuatan Rancangan Percobaan 50
3.5.6. Pembuatan *Biodegradable Film* 51
3.5.7. Pengujian Karakteristik *Biodegradable Film* 53
3.5.8. Penentuan Eksperimen Terbaik 56
3.5.9. Pengaplikasian *Biodegradable Film* pada Ayam Kalasan Ungkep Beku .. 56
3.5.10. Pembekuan dan Pencairan Sampel 57
3.5.11. Pengujian Kualitas Produk Ayam Kalasan Ungkep Beku 57
3.5.12 Analisis dan Pembahasan 59
3.5.13. Kesimpulan 63
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 64
4.1 Pembuatan *Biodegradable Film* Pati Singkong, Kitosan, dan Gliserol 64
4.2 Analisis Hasil Pengujian Optimasi *Biodegradable Film* 67
4.2.1 Analisis Pengujian Kuat Tarik *Biodegradable Film* 69
4.2.2 Analisis Pengujian Elongasi *Biodegradable Film* 74
4.2.3 Analisis Pengujian Modulus Elastisitas *Biodegradable Film* 79
4.2.4 Analisis Eksperimen Optimal dengan *Grey Relational Analysis* 84
4.2.5 Uji Konfirmasi Eksperimen Optimal *Biodegradable Film* 90
4.2.6 Analisis Pengujian *Scanning Electron Microscopy* Eksperimen Optimal *Biodegradable Film* 94
4.2.7 Analisis Pengujian Kadar Air Eksperimen Optimal *Biodegradable Film* . 96

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Optimasi Formula Biodegradable Film Berbasis Pati Singkong, Kitosan, dan Gliserol Untuk Aplikasi Kemasan Produk Ayam Kalasan Ungkep Beku
Nabilatul Muazaroh, Arita Dewi Nugrahini, S.T.P., M.T., Ph.D.; Anggoro Cahyo Sukartiko, S.T.P., M.P., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2.8 Analisis Pengujian Densitas Eksperimen Optimal *Biodegradable Film*.... 97
4.2.9 Analisis Pengujian *Water Vapor Permeability* Eksperimen Optimal *Biodegradable Film* 99
4.2.10 Analisis Pengujian Biodegradasi Eksperimen Optimal *Biodegradable Film* 101
4.3 Aplikasi *Biodegradable Film* pada Ayam Kalasan Ungkep Beku 104
4.3.1 Analisis Pengujian pH Ayam Kalasan Ungkep Beku 105
4.3.2 Analisis Pengujian Kadar Air Ayam Kalasan Ungkep Beku 109
4.3.3 Analisis Pengujian Warna (L*, a*, b*) Ayam Kalasan Ungkep Beku..... 113
4.3.4 Analisis Pengujian TVBN Ayam Kalasan Ungkep Beku 123
4.3.5 Analisis Pengujian TBARS Ayam Kalasan Ungkep Beku 127
4.3.6 Analisis Korelasi Kualitas Fisika-Kimia Ayam Kalasan Ungkep Beku .. 130
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 132
5.1 Kesimpulan 132
5.2 Saran 132
DAFTAR PUSTAKA 133
LAMPIRAN 140

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Optimasi Formula Biodegradable Film Berbasis Pati Singkong, Kitosan, dan Gliserol Untuk Aplikasi Kemasan Produk Ayam Kalasan Ungkep Beku
Nabilatul Muazaroh, Arita Dewi Nugrahini, S.T.P., M.T., Ph.D.; Anggoro Cahyo Sukartiko, S.T.P., M.P., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Daging Ayam 27
Tabel 3. 1 Faktor dan Level Percobaan Pembuatan *Biodegradable Film* dengan Metode Taguchi 51
Tabel 3. 2 *Orthogonal Arrays* Percobaan Pembuatan *Biodegradable Film* L_9 51
Tabel 3. 3 Rancangan Percobaan Ayam Kalasan Ungkep Beku 56
Tabel 4. 1 Karakteristik Pati Singkong 64
Tabel 4. 2 Karakteristik Kitosan 65
Tabel 4. 3 Data Pengujian Ketebalan *Biodegradable Film* 68
Tabel 4. 4 Data Pengujian Kuat Tarik *Biodegradable Film* 69
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Efek SNR Kuat Tarik 70
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Efek *Means* Kuat Tarik 70
Tabel 4. 7 Hasil Uji ANOVA SNR Kuat Tarik 73
Tabel 4. 8 Hasil Uji ANOVA *Means* Kuat Tarik 73
Tabel 4. 9 Data Pengujian Elongasi *Biodegradable Film* 74
Tabel 4. 10 Hasil Perhitungan Efek SNR Elongasi 75
Tabel 4. 11 Hasil Perhitungan Efek *Means* Elongasi 75
Tabel 4. 12 Hasil Uji ANOVA SNR Elongasi 78
Tabel 4. 13 Hasil Uji ANOVA *Means* Elongasi 78
Tabel 4. 14 Data Pengujian Modulus Elastisitas *Biodegradable Film* 79
Tabel 4. 15 Hasil Perhitungan Efek SNR Modulus Elastisitas 80
Tabel 4. 16 Hasil Perhitungan Efek *Means* Modulus Elastisitas 80
Tabel 4. 17 Hasil Uji ANOVA SNR Modulus Elastisitas 82
Tabel 4. 18 Hasil Uji ANOVA *Means* Modulus Elastisitas 83
Tabel 4. 19 Nilai SNR Semua Respons 84
Tabel 4. 20 Nilai Normalisasi Semua Respons 85
Tabel 4. 21 Nilai Normalisasi *Deviation Sequence* 85
Tabel 4. 22 Hasil Perhitungan *Grey Relational Coefficient* (GRC) 86
Tabel 4. 23 Hasil Perhitungan *Grey Relational Grade* (GRG) 86
Tabel 4. 24 Hasil Kombinasi Terbaik Sampel *Biodegradable Film* 87
Tabel 4. 25 Hasil Uji ANOVA *Grey Relational Grade* 88
Tabel 4. 26 Data Respons Uji Konfirmasi Optimasi 90
Tabel 4. 27 Interpretasi Hasil Uji Konfirmasi 91
Tabel 4. 28 Perbandingan Karakteristik *Biodegradable Film* dengan Standar 92
Tabel 4. 29 Hasil Pengujian Kadar Air Sampel Optimal *Biodegradable Film* 96
Tabel 4. 30 Hasil Pengujian Densitas Sampel Optimal *Biodegradable Film* 97
Tabel 4. 31 Hasil Pengujian WVP Sampel Optimal *Biodegradable Film* 99
Tabel 4. 32 Hasil Pengujian Biodegradasi Sampel Optimal *Biodegradable Film* 101
Tabel 4. 33 Data Pengujian pH Ayam Kalasan Ungkep Beku 105
Tabel 4. 34 Uji Normalitas pH Ayam Kalasan Ungkep Beku 106

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Optimasi Formula Biodegradable Film Berbasis Pati Singkong, Kitosan, dan Gliserol Untuk Aplikasi Kemasan Produk Ayam Kalasan Ungkep Beku
Nabilatul Muazaroh, Arita Dewi Nugrahini, S.T.P., M.T., Ph.D.; Anggoro Cahyo Sukartiko, S.T.P., M.P., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 4. 35 Uji Homogenitas pH Ayam Kalasan Ungkep Beku 106
Tabel 4. 36 Analisis *One-Way* ANOVA pH Ayam Kalasan Ungkep Beku 106
Tabel 4. 37 Hasil Tukey Test pH Ayam Kalasan Ungkep Beku 107
Tabel 4. 38 Data Pengujian Kadar Air Ayam Kalasan Ungkep Beku 109
Tabel 4. 39 Uji Normalitas Kadar Air Ayam Kalasan Ungkep Beku..... 110
Tabel 4. 40 Uji Homogenitas Kadar Air Ayam Kalasan Ungkep Beku 110
Tabel 4. 41 Analisis *One-Way* ANOVA Kadar Air Ayam Kalasan Ungkep Beku 110
Tabel 4. 42 Hasil Tukey Test Kadar Air Ayam Kalasan Ungkep Beku 111
Tabel 4. 43 Data Pengujian Warna *Lightness* (L*) Ayam Kalasan Ungkep Beku 113
Tabel 4. 44 Uji Normalitas Warna L* Ayam Kalasan Ungkep Beku..... 114
Tabel 4. 45 Uji Homogenitas Warna L* Ayam Kalasan Ungkep Beku 115
Tabel 4. 46 Analisis *One-Way* ANOVA Warna L* Ayam Kalasan Ungkep Beku 115
Tabel 4. 47 Hasil Tukey Test Warna L* Ayam Kalasan Ungkep Beku 115
Tabel 4. 48 Data Pengujian Warna *Redness* (a*) Ayam Kalasan Ungkep Beku 117
Tabel 4. 49 Uji Normalitas Warna a* Ayam Kalasan Ungkep Beku..... 117
Tabel 4. 50 Uji Homogenitas Warna a* Ayam Kalasan Ungkep Beku 118
Tabel 4. 51 Analisis *One-Way* ANOVA Warna a* Ayam Kalasan Ungkep Beku 118
Tabel 4. 52 Hasil Tukey Test Warna a* Ayam Kalasan Ungkep Beku..... 118
Tabel 4. 53 Data Pengujian Warna *Yellowness* (b*) Ayam Kalasan Ungkep Beku 120
Tabel 4. 54 Uji Normalitas Warna b* Ayam Kalasan Ungkep Beku 121
Tabel 4. 55 Uji Homogenitas Warna b* Ayam Kalasan Ungkep Beku..... 121
Tabel 4. 56 Analisis *One-Way* ANOVA Warna b* Ayam Kalasan Ungkep Beku 121
Tabel 4. 57 Hasil Tukey Test Warna b* Ayam Kalasan Ungkep Beku..... 122
Tabel 4. 58 Data Pengujian TVBN Ayam Kalasan Ungkep Beku 124
Tabel 4. 59 Uji Normalitas TVBN Ayam Kalasan Ungkep Beku 124
Tabel 4. 60 Uji Homogenitas TVBN Ayam Kalasan Ungkep Beku..... 124
Tabel 4. 61 Analisis Kruskal Wallis TVBN Ayam Kalasan Ungkep Beku..... 125
Tabel 4. 62 Hasil Mann Whitney TVBN Ayam Kalasan Ungkep Beku 125
Tabel 4. 63 Data Pengujian TBARS Ayam Kalasan Ungkep Beku 127
Tabel 4. 64 Uji Normalitas TBARS Ayam Kalasan Ungkep Beku 128
Tabel 4. 65 Uji Homogenitas TBARS Ayam Kalasan Ungkep Beku..... 128
Tabel 4. 66 Analisis Kruskal Wallis TBARS Ayam Kalasan Ungkep Beku..... 128
Tabel 4. 67 Hasil Mann Whitney TBARS Ayam Kalasan Ungkep Beku 129

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Optimasi Formula Biodegradable Film Berbasis Pati Singkong, Kitosan, dan Gliserol Untuk Aplikasi Kemasan Produk Ayam Kalasan Ungkep Beku
Nabilatul Muazaroh, Arita Dewi Nugrahini, S.T.P., M.T., Ph.D.; Anggoro Cahyo Sukartiko, S.T.P., M.P., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Rata-rata Konsumsi Per Kapita Seminggu Daging Ayam Ras dan Buras 16
Gambar 1. 2 Komposisi Sampah Berdasarkan Jenis Sampah di DI Yogyakarta 2024..... 19
Gambar 1. 3 Proyeksi Kapasitas Produksi Bioplastik Global Tahun 2023 - 2029 21
Gambar 1. 4 Bibliometrik Penelitian Terkait *Biodegradable Film* Berbasis Pati Singkong dan Kitosan dengan Aplikasi pada Produk Daging 23
Gambar 2. 1 Kondisi Aktual Pembekuan UMKM Ayam Goreng Kalasan Mbak Ita 29
Gambar 2. 2 Pengemasan Plastik Untuk Produk Ayam Kalasan Ungkep 31
Gambar 2. 3 Ikatan Hidrogen Pati dan Kitosan 35
Gambar 2. 4 Struktur Molekul Gliserol 36
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian 49
Gambar 3. 2 Diagram Proses Pembuatan *Biodegradable Film* 52
Gambar 4. 1 Proses Pembuatan *Biodegradable Film* dari Pati Singkong dan Kitosan 65
Gambar 4. 2 Spesimen Pengujian Parameter Mekanis *Biodegradable Film* 67
Gambar 4. 3 *Main Effect Plots* SNR Kuat Tarik..... 71
Gambar 4. 4 *Main Effect Plots Means* Kuat Tarik..... 71
Gambar 4. 5 *Main Effects Plot for* SNR Elongasi 76
Gambar 4. 6 *Main Effects Plot for Means* Elongasi..... 76
Gambar 4. 7 *Main Effects Plot for SNR* Modulus Elastisitas..... 81
Gambar 4. 8 *Main Effects Plot for Means* Modulus Elastisitas 81
Gambar 4. 9 Main Effects Plot Means *Grey Relational Grade* 88
Gambar 4. 10 Hasil Pengujian SEM 94
Gambar 4. 11 Visualisasi Eksperimen Biodegradasi Sampel Optimal 101
Gambar 4. 12 Hasil Uji Biodegradasi Sampel Optimal 102
Gambar 4. 13 Aplikasi *Biodegradable Film* pada Ayam Kalasan Ungkep Beku104
Gambar 4. 14 *Correlation Plot* Parameter Fisika-Kimia Ayam Kalasan Ungkep Beku 131

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Optimasi Formula Biodegradable Film Berbasis Pati Singkong, Kitosan, dan Gliserol Untuk Aplikasi Kemasan Produk Ayam Kalasan Ungkep Beku
Nabilatul Muazaroh, Arita Dewi Nugrahini, S.T.P., M.T., Ph.D.; Anggoro Cahyo Sukartiko, S.T.P., M.P., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran. 1 Hasil Pembuatan Sampel *Biodegradable Film* 140
Lampiran. 2 Hasil Pengujian Ayam Kalasan Ungkep Beku 141
Lampiran. 3 Alat dan Bahan Pembuatan *Biodegradable Film* 142
Lampiran. 4 Dokumentasi Eksperimen 143
Lampiran. 5 Hasil Pengujian Kemasan Konvensional *Nylon*-LLDPE 144
Lampiran. 6 Perhitungan Respons Kuat Tarik *Biodegradable Film* 145
Lampiran. 7 Perhitungan Respons Elongasi *Biodegradable Film* 147
Lampiran. 8 Perhitungan Respons Modulus Elastisitas *Biodegradable Film* 149
Lampiran. 9 Perhitungan *Grey Relational Analysis* 151
Lampiran. 10 Perhitungan Uji Konfirmasi 156
Lampiran. 11 Perhitungan ANOVA pH Ayam Kalasan Ungkep Beku 157
Lampiran. 12 Perhitungan ANOVA Kadar Air Ayam Kalasan Ungkep Beku 157
Lampiran. 13 Perhitungan ANOVA Warna (L*) Ayam Kalasan Ungkep Beku 158
Lampiran. 14 Perhitungan ANOVA Warna (a*) Ayam Kalasan Ungkep Beku. 159
Lampiran. 15 Perhitungan ANOVA Warna (b*) Ayam Kalasan Ungkep Beku 160
Lampiran. 16 Perhitungan Kruskal-Wallis TVBN Ayam Kalasan Ungkep Beku 161
Lampiran. 17 Perhitungan Kruskal-Wallis TBAR Ayam Kalasan Ungkep Beku 162
Lampiran. 18 Laporan Hasil Uji Amilosa dan Amilopektin Pati Singkong 163
Lampiran. 19 Pengujian Pendahuluan 165