

ABSTRAK

Santan kelapa memiliki daya simpan yang relatif singkat sehingga diperlukan proses pengeringan untuk menghasilkan produk bubuk yang lebih stabil. Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja termo-fluida *spray dryer* terintegrasi *exhaust fan* terhadap kadar air bubuk santan kelapa dan laju penguapan air pada variasi tekanan atomisasi dan kecepatan udara *exhaust*. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan *spray dryer* skala laboratorium. Larutan umpan berupa santan skim dengan penambahan maltodekstrin 10% dan padatan total sebesar 13,05%, dengan massa umpan 200 g pada setiap percobaan. Rancangan percobaan menggunakan metode *full factorial* dengan tekanan atomisasi 1,5; 2,5; dan 3,5 bar serta kecepatan udara *exhaust* 2, 4, dan 6 m/s. Setiap kombinasi perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali sehingga diperoleh 27 data pengujian. Kadar air ditentukan menggunakan metode oven, sedangkan laju penguapan air dihitung berdasarkan neraca massa air dan waktu pengeringan. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan ANOVA dua arah pada taraf signifikansi 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan tekanan atomisasi dan kecepatan udara *exhaust* cenderung menurunkan kadar air serta meningkatkan laju penguapan air. Kondisi terbaik diperoleh pada tekanan atomisasi 3,5 bar dan kecepatan udara *exhaust* 6 m/s, dengan kadar air rata-rata sebesar 4,75%, laju penguapan air sebesar 791,61 g/jam, dan efisiensi rendemen sebesar 31,99%. Nilai kadar air tersebut telah memenuhi batas maksimum kadar air santan bubuk berdasarkan SNI 3816:2020, yaitu 5%. Sebagai pembandingan, pengujian tanpa *exhaust* pada tekanan atomisasi 3,5 bar menghasilkan kadar air rata-rata sebesar 7,42%. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa tekanan atomisasi dan kecepatan udara *exhaust* berpengaruh signifikan terhadap kadar air dan laju penguapan air, sedangkan interaksi kedua faktor tidak berpengaruh signifikan. Tekanan atomisasi merupakan faktor paling dominan dengan kontribusi sebesar 74,88% terhadap kadar air dan 98,32% terhadap laju penguapan air. Dengan demikian, penerapan *exhaust fan* dan peningkatan tekanan atomisasi mampu meningkatkan efektivitas proses pengeringan serta menghasilkan bubuk santan kelapa dengan karakteristik yang lebih baik.

Kata kunci: bubuk santan kelapa, *exhaust fan*, kadar air, laju penguapan air, *spray dryer*, tekanan atomisasi.

ABSTRACT

Coconut milk has a relatively short shelf life; therefore, a drying process is required to convert it into a more stable powdered product. This study aimed to evaluate the thermofluid performance of an exhaust-fan-integrated spray dryer in terms of the moisture content of coconut milk powder and the water evaporation rate under different atomization pressures and exhaust air velocities. The study was conducted experimentally using a laboratory-scale spray dryer. The feed consisted of coconut milk skim supplemented with 10% maltodextrin and had a total solids content of 13.05%, with 200 g of feed processed in each experimental run. A full factorial design was employed using atomization pressures of 1.5, 2.5, and 3.5 bar and exhaust air velocities of 2, 4, and 6 m/s. Each treatment combination was performed in triplicate, resulting in 27 experimental observations. Moisture content was determined using the oven-drying method, while the water evaporation rate was calculated based on a water mass balance and drying time. The experimental data were analyzed using two-way ANOVA at a significance level of 5%. The results showed that increasing the atomization pressure and exhaust air velocity tended to reduce the moisture content and increase the water evaporation rate. The best operating condition was obtained at an atomization pressure of 3.5 bar and an exhaust air velocity of 6 m/s, resulting in an average moisture content of 4.75%, a water evaporation rate of 791.61 g/h, and a product yield of 31.99%. The resulting moisture content met the maximum limit of 5% specified for coconut milk powder in SNI 3816:2020. In comparison, the test conducted without exhaust assistance at an atomization pressure of 3.5 bar produced an average moisture content of 7.42%. The ANOVA results indicated that atomization pressure and exhaust air velocity significantly affected both response variables, whereas their interaction had no significant effect. Atomization pressure was the most dominant factor, contributing 74.88% to the variation in moisture content and 98.32% to the variation in water evaporation rate. Therefore, integrating an exhaust fan and increasing the atomization pressure improved the effectiveness of the drying process and produced coconut milk powder with better characteristics.

Keywords: atomization pressure, coconut milk powder, exhaust fan, moisture content, spray dryer, water evaporation rate.

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Disiplin Ilmu Pendukung	7
2.1.1 Perpindahan Panas	7
2.1.2 Termodinamika.....	7
2.1.3 Mekanika Fluida	8
2.1.4 Kimia	8
2.1.5 Mesin Konversi Energi	8
2.2 Teori Dasar	9
2.2.1 Santan Kelapa	9
2.2.2 Sifat Fisik Santan Cair	10
2.2.3 Bubuk Santan Kelapa	11
2.2.4 <i>Spray Dryer</i>	15
2.2.5 <i>Co-current Spray Dryer</i>	16
2.2.6 Sistem <i>Open Cycle Co-current Spray Dryer</i>	17

2.2.7 Cyclone Separator	17
2.2.8 Cara Kerja Cyclone Separator	19
2.2.9 Mekanisme Perpindahan Panas Spray Dryer	20
2.2.10 Teori Mekanika Fluida pada Spray Dryer	21
2.2.11 Kinerja Spray Dryer	23
2.2.12 Rancangan Percobaan (<i>Design of Experiment/DOE</i>)	27
2.2.13 <i>Analysis Of Variance</i> (ANOVA)	27
2.3 Penelitian Terdahulu	30
2.4 Posisi Penelitian	40
BAB III METODE PENELITIAN	41
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	41
3.2 Jenis Penelitian	41
3.3 Variabel Penelitian	42
3.3.1 Variabel Bebas	42
3.3.2 Variabel Terikat	42
3.3.3 Variabel Terkontrol	42
3.4 Tahapan Penelitian	43
3.4.1 Tahap Persiapan	45
3.4.2 Tahap Pengambilan Data	45
3.4.3 Tahap Pengolahan Data	46
3.4.4 Tahap Kesimpulan dan Saran	46
3.5 Diagram dan Prinsip Kerja Alat	47
3.5.1 Skema Spray Dryer Integrasi Sistem Pembuangan Udara (<i>Exhaust Fan</i>)	47
3.5.2 Cara Kerja Spray Dryer Integrasi Sistem Pembuangan Udara (<i>Exhaust Fan</i>)	50
3.6 Deskripsi Unit Spray Dryer	51
3.6.1 Unit Spray Dryer Penelitian Sebelumnya	51
3.6.2 Modifikasi Sistem <i>Exhaust Fan</i>	52
3.7 Alat dan Bahan	53
3.7.1 Alat	53
3.7.2 Bahan	57
3.8 Metode Pengambilan Data	58
3.8.1 Desain Percobaan	59

3.9	Prosedur Pengambilan Data.....	61
3.9.1	Prosedur Pembuatan Santan	61
3.9.2	Persiapan Larutan Umpan <i>Spray Dryer</i>	61
3.9.3	Persiapan Alat <i>Spray Dryer</i>	62
3.9.4	Prosedur Pengeringan dengan <i>Spray Dryer</i>	62
3.9.5	Prosedur Pengambilan Produk.....	63
3.10	Lokasi dan Waktu Penelitian	63
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	65
4.1	Data Hasil Penelitian	65
4.1.1	Hasil Pembuatan Santan Cair	65
4.1.2	Data Proses <i>Preheating Spray Dryer</i>	67
4.1.3	Data Proses Pengeringan	68
4.2	Analisis Data dan Pembahasan Nilai Kadar Air.....	71
4.2.1	Analisis Data Nilai Kadar Air	71
4.2.2	Pembahasan Nilai Kadar Air	79
4.3	Analisis Data dan Pembahasan Nilai Laju Penguapan Air.....	80
4.3.1	Analisis Data Nilai Laju Penguapan Air	80
4.3.2	Pembahasan Nilai Laju Penguapan Air	89
4.3.3	Efisiensi Rendemen	90
4.3.4	Pembahasan Akhir Kinerja <i>Spray Dryer</i>	91
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	94
5.1	Kesimpulan.....	94
5.2	Saran	95
	DAFTAR PUSTAKA	96
	LAMPIRAN	99

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Alat <i>spray dryer</i> (Putri, 2025).....	2
Gambar 2.1 Santan kelapa cair	9
Gambar 2.2 Tabel sifat fisik dan komposisi kimia santan (Dewi dkk., 2015).....	11
Gambar 2.3 <i>Flowchart</i> tahapan pengolahan bubuk santan (Dewi dkk., 2015).....	14
Gambar 2.4 Pola aliran <i>spray dryer</i> : (a) <i>co-current</i> , (b) <i>counter-current</i> , dan (c) <i>mixed-flow</i> (BETE Fog Nozzle, 2020)	16
Gambar 2.5 Skema sistem <i>open cycle co-current spray dryer</i> (Anandharamakrishnan & Ishwarya, 2015)	17
Gambar 2.6 <i>Cyclone separator</i>	18
Gambar 2.7 Skema geometri Stairmand (<i>high-efficiency</i>) (Elsayed & Lacor, 2010)	18
Gambar 2.8 Nilai geometri desain Stairmand ($D = 0,205 \text{ m}$) (Elsayed & Lacor, 2010) ...	19
Gambar 2.9 Mekanisme perpindahan panas pada <i>spray dryer</i>	20
Gambar 2.10 Karakteristik aliran udara (Saldana dkk., 2024).....	22
Gambar 2.11 Tabel data (ANOVA dua arah)	28
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> tahapan penelitian.....	44
Gambar 3.2 Skema <i>spray dryer</i> integrasi sistem pembuangan udara (<i>exhaust fan</i>).....	47
Gambar 3.3 Alat <i>spray dryer</i> sebelumnya oleh (Putri, 2025).....	51
Gambar 3.4 Alat <i>spray dryer</i> integrasi sistem pembuangan udara (<i>exhaust fan</i>).....	52
Gambar 4.1 Hasil pembuatan santan cair.....	65
Gambar 4.2 Grafik perubahan temperatur selama proses <i>preheating spray dryer</i>	68
Gambar 4.3 Grafik rata-rata kadar air pada setiap perlakuan	73
Gambar 4.4 Uji normalitas residual nilai kadar air	74
Gambar 4.5 Uji kesamaan varian nilai kadar air.....	75
Gambar 4.6 <i>Main effects plot</i> respon nilai kadar air	77
Gambar 4.7 <i>Interaction plot</i> respon nilai kadar air	78
Gambar 4.8 Grafik rata-rata kadar air berdasarkan setiap perlakuan	79
Gambar 4.9 Grafik rata-rata laju penguapan air pada setiap perlakuan.....	83
Gambar 4.10 Uji normalitas residual nilai laju penguapan air	84
Gambar 4.11 Uji kesamaan varian nilai laju penguapan air	85
Gambar 4.12 <i>Main effects plot</i> respon laju penguapan air.....	87
Gambar 4.13 <i>Interaction plot</i> respon laju penguapan air.....	88
Gambar 4.14 Grafik rata-rata laju penguapan air berdasarkan setiap perlakuan	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Syarat mutu produk santan (BSN, 2020).....	13
Tabel 2.2 ANOVA Dua Arah	29
Tabel 2.3 Penelitian terdahulu	30
Tabel 3.1 Variabel penelitian.....	43
Tabel 3.2 Alat yang digunakan dalam penelitian.....	53
Tabel 3.3 bahan yang digunakan	57
Tabel 3.4 Nilai faktor dan level yang digunakan dalam penelitian	58
Tabel 3.5 <i>Design of Experiment</i> (DOE) (dua faktor) dengan 3 perulangan	59
Tabel 3.6 Randomisasi urutan percobaan (<i>randomized run order</i>)	60
Tabel 4.1 Karakteristik santan cair	67
Tabel 4.2 Proses <i>preheating spray dryer</i>	67
Tabel 4.3 Data proses pengeringan pada setiap kombinasi perlakuan.....	69
Tabel 4.4 Data nilai kadar air bubuk santan kelapa	71
Tabel 4.5 <i>Analysis of Variance</i> Nilai Kadar Air	76
Tabel 4.6 Data nilai laju penguapan air bubuk santan kelapa.....	81
Tabel 4.7 <i>Analysis of Variance</i> nilai laju penguapan air	86

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data pengujian	99
Lampiran 2. <i>Datasheet</i> spesifikasi alat yang digunakan	100
Lampiran 3. Proses pengujian kadar air bubuk santan kelapa.....	104
Lampiran 4. Hasil massa bubuk santan	108
Lampiran 5. Proses pengambilan data	111
Lampiran 6. perhitungan nilai kadar air	117
Lampiran 7. Perhitungan manual nilai laju penguapan air	127