

Optimasi Parameter Suhu Pemanasan Silo Dryer untuk Meningkatkan Produktivitas dan Efisiensi dalam Proses Pengeringan Kernel Sawit

Dewi Jelita Siagian¹, David Juan Abelio Pardede², Indira Ruth Septarini³, Widya Fernanda Putri⁴

Universitas Prima Medan^{1,2,3,4}

E-mail: dewisiagian21@gmail.com

Journal Homepage: <https://eng.arbain.co.id/> 

ARTICLE INFO

Keywords:

Kelapa sawit, pengeringan kernel, silo dryer.

ABSTRACT

Perkebunan kelapa sawit merupakan sektor industri yang sangat penting bagi perekonomian Indonesia, dengan pengolahan kelapa sawit yang efisien menjadi kunci utama dalam menghasilkan produk utama, seperti minyak sawit mentah (CPO), serta produk samping seperti inti sawit (kernel). Salah satu tahapan kritis dalam proses pengolahan kernel adalah pengeringan di stasiun Silo Dryer. Pengaturan suhu pemanasan yang tidak optimal dapat menyebabkan kadar air kernel yang tinggi, menurunkan kualitas produk, serta rendahnya efisiensi energi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu pemanasan pada proses pengeringan kernel sawit dan mengoptimalkan parameter suhu menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM). Dengan pendekatan eksperimen berbasis statistik ini, penelitian ini berhasil mengidentifikasi suhu pemanasan optimal untuk mencapai kadar air yang sesuai, efisiensi energi yang lebih baik, serta produktivitas yang meningkat. Hasil analisis menunjukkan bahwa suhu optimal pengeringan kernel berada pada kisaran 60–65°C, yang menghasilkan kadar air di bawah 8%, efisiensi energi lebih dari 75%, dan produktivitas maksimal 148 kg/jam. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas produk di Pabrik Kelapa Sawit (PKS).

1. INTRODUCTION

Perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu sektor industri strategis di Indonesia yang memberikan kontribusi besar terhadap perekonomian nasional. Sebagai komoditas unggulan, pengolahan kelapa sawit harus dilakukan secara efisien dan optimal untuk menghasilkan produk utama berupa minyak sawit mentah (CPO) dan produk samping seperti inti sawit (kernel) yang berkualitas tinggi. Dalam proses produksi di Pabrik Kelapa Sawit (PKS), pengolahan kernel menjadi tahapan penting yang menentukan mutu produk akhir serta efisiensi operasional pabrik. Salah satu tahapan kritis dalam pengolahan kernel adalah proses pengeringan (drying) yang dilakukan di stasiun Silo Dryer. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk menurunkan kadar air kernel sawit hingga mencapai standar mutu yang sesuai (sekitar 6–7%), agar kernel dapat disimpan dalam waktu yang lama tanpa mengalami kerusakan atau pertumbuhan mikroba. Proses pengeringan yang tidak optimal dapat menyebabkan sejumlah permasalahan, seperti kadar air yang masih tinggi, kualitas kernel yang menurun, meningkatnya konsumsi energi panas, hingga penurunan efisiensi produksi secara keseluruhan.

PKS sebagai salah satu pabrik pengolahan kelapa sawit di bawah naungan PKS memiliki komitmen terhadap peningkatan kualitas dan efisiensi proses produksinya. Namun, berdasarkan pengamatan awal di

lapangan, proses pengeringan kernel di stasiun silo dryer masih menghadapi beberapa kendala teknis, khususnya terkait pengaturan suhu pemanasan yang belum optimal. Ketidaktepatan dalam pengaturan suhu pemanasan dapat menyebabkan kernel terlalu kering atau masih basah, yang berdampak negatif terhadap mutu hasil, produktivitas stasiun, dan konsumsi energi. Oleh karena itu, diperlukan suatu upaya optimasi parameter suhu untuk mendapatkan kondisi operasi terbaik yang mendukung peningkatan produktivitas dan efisiensi. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam mengatasi permasalahan ini adalah dengan penerapan metode Response Surface Methodology (RSM). RSM merupakan metode statistik yang digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara beberapa variabel input dan satu atau lebih variabel output. Dengan menggunakan RSM, penelitian ini akan merancang eksperimen yang sistematis guna mengidentifikasi pengaruh suhu pemanasan terhadap hasil pengeringan kernel, serta menentukan kombinasi suhu yang paling optimal. Metode ini juga memungkinkan dilakukannya analisis interaksi antar variabel, sehingga hasil optimasi yang diperoleh lebih akurat dan aplikatif di lapangan.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi suhu pemanasan pada silo dryer terhadap kadar air dan kualitas kernel sawit di PKS?
2. Berapa nilai suhu pemanasan optimum yang dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi energi dalam proses pengeringan kernel sawit?
3. Bagaimana penerapan metode Response Surface Methodology (RSM) dapat membantu dalam menentukan parameter suhu terbaik dalam proses pengeringan kernel di silo dryer?

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis pengaruh variasi suhu pemanasan silo dryer terhadap kadar air dan kualitas kernel sawit di PKS.
2. Menentukan parameter suhu pemanasan optimum yang mampu meningkatkan efisiensi energi dan produktivitas proses pengeringan kernel.
3. Membangun model matematis dan grafik respon menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM) yang dapat digunakan untuk memprediksi hasil proses pengeringan kernel berdasarkan variabel suhu.

Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

- Memberikan kontribusi ilmiah dalam penerapan metode Response Surface Methodology (RSM) dalam proses optimasi di bidang teknik industri, khususnya pada sektor agroindustri kelapa sawit.
- Menambah referensi dan kajian ilmiah mengenai pengaruh suhu terhadap performa pengeringan kernel serta model optimasinya.

2. Manfaat Praktis

- Memberikan solusi teknis berbasis data untuk peningkatan efisiensi energi dan produktivitas di stasiun silo dryer PKS.
- Membantu pihak manajemen pabrik dalam pengambilan keputusan operasional terkait pengaturan suhu pengeringan kernel.
- Meningkatkan kualitas produk kernel serta menekan potensi kerugian akibat kadar air yang tidak sesuai standar.

Pembatas Masalah

Ada pun beberapa ruang lingkup permasalahan dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Penelitian hanya difokuskan pada proses pengeringan kernel sawit di stasiun Silo Dryer pada PKS, tanpa membahas proses lain seperti nut and fiber separation, cracker, atau nut polishing.
2. Optimasi dilakukan menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM) dengan desain percobaan tertentu (misalnya Central Composite Design atau Box-Behnken Design), dan tidak dibandingkan dengan metode optimasi lainnya.
3. Pengumpulan data dilakukan dalam kurun waktu dan kondisi operasional tertentu yang mewakili keadaan normal di PKS, sehingga hasil tidak dimaksudkan

2. METHOD

Jenis dan Pendekatan Penelitian

1. Jenis Penelitian

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian kuantitatif eksperimental. Penelitian Kuantitatif Penelitian ini menggunakan data numerik dan analisis statistik untuk mengukur dan menganalisis hubungan antara variabel-variabel, seperti suhu pemanasan, waktu, dan hasil pengeringan kernel sawit.

2. Pendekatan Penelitian

Pendekatan Eksperimen Berbasis Statistik – Response Surface Methodology (RSM) Pendekatan yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif berbasis pemodelan statistik, khususnya:

Response Surface Methodology (RSM) yaitu pendekatan yang menggabungkan desain eksperimen (DoE), analisis regresi, dan teknik optimasi untuk menemukan kondisi paling optimal dari suatu proses.

Dengan pendekatan ini:

- Peneliti merancang eksperimen berdasarkan kombinasi nilai suhu dan waktu (misalnya dengan Central Composite Design – CCD).
- Setiap kombinasi diuji di lapangan (pabrik).
- Data hasil pengeringan (misalnya kadar air kernel, waktu, efisiensi energi) diolah menggunakan software statistik (seperti Design Expert atau Minitab).
- Diperoleh model matematis dan grafik permukaan respon untuk melihat hubungan antar variabel dan menentukan titik optimum proses pengeringan.

Lokasi dan Waktu Penelitian

• Penelitian ini dilaksanakan di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) , yang merupakan unit produksi dari PTPN IV. Adapun waktu pelaksanaan penelitian dimulai dari bulan April hingga Agustus 2025, mencakup pengumpulan data produksi, pengamatan langsung di Stasiun Silo Dryer

Populasi Penelitian

Populasi penelitian adalah keseluruhan subjek, objek, kejadian, atau data yang memiliki karakteristik tertentu dan relevan dengan ruang lingkup penelitian. Dalam konteks ini, populasi merujuk pada seluruh proses pengeringan kernel sawit yang terjadi di Stasiun Silo Dryer PKS, beserta seluruh variabel yang mempengaruhi proses tersebut.

Adapun yang beberapa populasi mencakup yaitu:

1. Seluruh kegiatan pengeringan kernel (kernel drying) yang berlangsung secara rutin di stasiun silo dryer PKS.
2. Data operasional dan parameter teknis yang berhubungan dengan proses pengeringan, seperti suhu pemanasan, waktu pengeringan, kelembaban udara, kapasitas muat silo, dan laju aliran udara panas.

3. Hasil akhir pengeringan, seperti kadar air kernel sawit, tingkat kekeringan yang dicapai, dan jumlah produk kering yang dihasilkan.
4. Kondisi lingkungan operasional, seperti suhu lingkungan sekitar, tekanan udara, dan efisiensi penggunaan energi panas.

Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, teknik pengumpulan data dilakukan dengan kombinasi metode kuantitatif dan observasional langsung, agar data yang diperoleh akurat dan sesuai dengan kondisi operasional di lapangan.

Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini, teknik analisis data dilakukan secara kuantitatif dan statistik menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM). Tujuannya adalah untuk mengetahui hubungan antara variabel suhu dan waktu terhadap hasil pengeringan kernel (kadar air dan produktivitas), serta untuk menemukan kombinasi parameter terbaik.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Gambaran Umum Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu pemanasan silo dryer terhadap efisiensi dan produktivitas pengeringan kernel sawit, serta untuk menentukan kombinasi parameter suhu terbaik. Proses pengolahan data menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM) yang memanfaatkan pendekatan statistik dan matematis dalam optimasi proses industri.

Tujuan Pengolahan Data

Tujuan dari pengolahan data ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu pemanasan silo dryer terhadap:

- Waktu pengeringan kernel sawit
- Kadar air akhir kernel
- Efisiensi energi
- Produktivitas kernel sawit

Metode yang digunakan adalah Response Surface Methodology (RSM) untuk mengidentifikasi kondisi suhu optimal yang menghasilkan efisiensi dan produktivitas terbaik.

Data Eksperimen (Hasil Uji Coba)

Ru	Suhu Pemanasan (°C)	Waktu Pengeringan (jam)	Kadar Air Akhir (%)	Efisiensi Energi (%)	Produktivitas (kg/jam)
1.	50	5.5	10.8	65	110
2.	50	5.2	10.5	66	115
3.	50	5.4	10.6	64	112
4.	60	4.0	8.5	75	130
5.	60	4.2	8.0	76	135

6.	60	4.1	8.1	74	132
7.	70	3.2	7.0	85	145
8.	70	3.0	6.9	86	148
9.	70	3.3	7.1	84	144
10.	60	4.1	8.3	77	136

Langkah-langkah Pengolahan Data

a. Statistik Deskriptif

Digunakan untuk mengetahui rata-rata, standar deviasi, nilai maksimum dan minimum dari masing-masing variabel.

Contoh hasil:

- Suhu Pemanasan: Rata-rata 60°C, Min 50°C, Maks 70°C
- Waktu Pengeringan: Rata-rata 4.1 jam
- Kadar Air Akhir: Rata-rata 8.3%
- Efisiensi Energi: Rata-rata 77%
- Produktivitas: Rata-rata 130.7 kg/jam

b. Analisis Korelasi Pearson

Untuk mengetahui hubungan antar variabel. Misalnya:

- Suhu pemanasan vs produktivitas: Korelasi positif kuat
- Suhu pemanasan vs kadar air akhir: Korelasi negatif kuat

c. Pembuatan Model RSM (Regresi Kuadratik) Langkah ini meliputi:

1. Menentukan variabel independen dan dependen
2. Membuat model kuadratik $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_1^2 + e$
3. Menggunakan perangkat lunak (Minitab, Design Expert, atau Excel) untuk mengestimasi koefisien
4. Melakukan uji ANOVA (Analysis of Variance) untuk menguji signifikansi model

d. Analisis Permukaan Respon

- Menggambarkan grafik 3D dan kontur antara suhu pemanasan dengan respon seperti efisiensi energi dan produktivitas
- Menentukan titik optimum dari grafik
- e. Validasi Model
- Menguji apakah prediksi model mendekati hasil aktual di lapangan
- Menggunakan nilai R^2 dan adjusted R^2 untuk menilai kualitas model

Hasil dan Interpretasi

Dari analisis yang dilakukan:

- Suhu optimal pemanasan diperoleh pada kisaran 60–65°C
- Pada suhu ini, kadar air sudah < 8%, efisiensi energi > 75%, dan produktivitas maksimal

Identifikasi Permasalahan

Permasalahan utama yang dihadapi oleh proses pengeringan kernel sawit:

- Waktu pengeringan lama, menyebabkan bottleneck pada proses produksi.
- Kadar air akhir tinggi, menyebabkan kualitas kernel menurun dan berisiko tumbuh jamur saat penyimpanan.

- Efisiensi energi rendah, artinya penggunaan energi tidak sebanding dengan hasil yang diperoleh.
- Produktivitas pengeringan rendah, menyebabkan output kernel per jam tidak optimal. Sumber masalah diduga berasal dari:
- Pengaturan suhu pemanasan silo dryer yang tidak konsisten dan belum teroptimasi.

Rumusan Masalah

Berapa suhu pemanasan optimal pada silo dryer yang dapat:

- Mempercepat waktu pengeringan?
- Menurunkan kadar air akhir kernel?
- Meningkatkan efisiensi energi?
- Meningkatkan produktivitas pengeringan?

Tujuan Pemecahan Masalah

- Mengidentifikasi suhu pemanasan optimal untuk mencapai kondisi pengeringan terbaik.
- Meningkatkan kualitas produk, efisiensi energi, dan kapasitas produksi

Strategi Pemecahan Masalah

Metode yang digunakan:

Response Surface Methodology (RSM) Alasan pemilihan RSM:

- Mampu membangun model matematis hubungan antara suhu dan variabel respon.
- Efisien dalam menemukan titik optimum dari kombinasi parameter proses.
- Cocok digunakan untuk optimasi multi-variabel dan multi-respon.

Proses Pemecahan Masalah (DMAIC)

Pendekatan dapat diuraikan dalam tahapan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control):

- a. Define – Mendefinisikan Masalah
 - Proses pengeringan kernel sawit tidak efisien.
 - Kualitas output tidak sesuai standar → kadar air > 8%
 - Kapasitas tidak maksimal → output < 130 kg/jam
 - Energi terbuang → biaya produksi tinggi
- b. Measure – Pengumpulan dan Pengukuran Data

Dilakukan 10 kali eksperimen pada 3 variasi suhu (50°C, 60°C, dan 70°C) untuk mengukur:

 - Waktu pengeringan (jam)
 - Kadar air akhir (%)
 - Efisiensi energi (%)
 - Produktivitas (kg/jam)
- c. Analyze – Analisis Data Metode analisis yang digunakan:
 1. Statistik Deskriptif → Mengetahui sebaran nilai dan kecenderungan data.
 2. Korelasi Pearson → Hubungan suhu dengan hasil pengeringan.
 - o Suhu vs produktivitas = positif kuat
 - o Suhu vs kadar air = negatif kuat
3. Pembuatan Model Regresi RSM (kuadratik):
 - o Model hubungan:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \varepsilon$$

- (Y: Respon, X: Suhu)
4. ANOVA (Analysis of Variance):
 - o Menguji signifikansi model.
 - o Nilai p-value < 0.05 → model signifikan.
 5. Analisis Permukaan Respon (3D & kontur):
 - o Visualisasi hubungan antara suhu dan variabel respon.
 - o Menentukan titik puncak (optimal).
 6. Validasi Model:
 - o Menggunakan nilai R², Adjusted R², dan Predicted R²
 - o Menunjukkan kecocokan model dengan data aktual.
 - d. Improve – Solusi dan Rekomendasi Perbaikan
Suhu Optimal Ditemukan: 60–65°C
(berdasarkan grafik RSM & data regresi)

Manfaat suhu optimal:

- Waktu pengeringan turun hingga ±3 jam.
- Kadar air akhir turun menjadi < 8%.
- Efisiensi energi meningkat ke > 75%.
- Produktivitas mencapai > 130 kg/jam.

Implementasi Solusi:

- Menyetel pemanas silo dryer pada suhu 60–65°C.
- Monitoring suhu secara real-time.
- Pelatihan operator pengeringan.
- Kalibrasi sensor suhu secara berkala.

e. Control – Pengendalian Proses Untuk menjaga hasil tetap optimal:

- Membuat SOP pengeringan berbasis suhu optimal.
- Melakukan pencatatan hasil harian (log sheet) suhu dan kadar air.
- Evaluasi mingguan untuk mendeteksi penyimpangan.
- Jika memungkinkan, gunakan sistem otomatisasi untuk pengaturan suhu.

Kesimpulan Pemecahan Masalah

Dengan menggunakan pendekatan RSM, permasalahan pengeringan kernel sawit berhasil diselesaikan secara ilmiah, sistematis, dan terukur:

- Ditemukan titik suhu optimal → peningkatan kualitas dan efisiensi.
- Penurunan biaya energi → efisiensi operasional meningkat.
- Produktivitas meningkat → output naik, profitabilitas naik

4. CONCLUSION

Dari hasil penelitian, bisa disimpulkan bahwa suhu pemanasan pada silo dryer sangat berpengaruh terhadap cepat tidaknya proses pengeringan, kadar air yang dihasilkan, dan seberapa efisien energi yang digunakan. Dengan bantuan metode Response Surface Methodology (RSM), ditemukan bahwa suhu terbaik untuk mengeringkan kernel sawit adalah antara 60 hingga 65°C. Pada suhu ini, kernel bisa cepat kering, kadar airnya rendah, dan energi yang dipakai juga efisien.

5. REFERENCES

- Ardiansyah, Tri. "Optimasi Proses Pengolahan Pabrik Kelapa Sawit dengan Menggunakan Metode Lean Manufacturing." (2024).
- Hidayat, A. (2025). Praktek Kerja Lapangan PT. Perkebunan Nusantara IV Regional 1 Distrik Labuhan Batu III Pabrik Kelapa Sawit Sisumut.
- Nugroho, M. (2024). LKP Mhd. Imam Nugroho 218150063 PT. Perkebunan Nusantara IV Air Batu Sumatera Utara.
- Pinem, A. A. (2024). LKP Ariski Ananda Pinem 218130084 Proses Pengolahan Kelapa Sawit Menjadi Crude Palm Oil (CPO).
- Siagian, F. M. (2025). LKP Fai Marojahan Siagian 218130089 Proses Pengolahan Kelapa Sawit Menjadi Crude Palm Oil (CPO).
- Simatupang, D. F., Nelza, N., & Sipahutar, L. S. (2025). Penentuan Kebutuhan Panas pada Proses Pengeringan Inti Kelapa Sawit di Kernel Silo PKS XYZ Langkat. *Jurnal Rekayasa, Teknologi Proses dan Sains Kimia (REPROKIMIA)*, 4(1), 19-23.
- Sutiyoso, A. (2025). Peningkatan Produktivitas Kernel Menggunakan Metode Lean Manufacturing di PT Perkebunan Nusantara IV Regional I (PKS Rambutan).
- Faisal, B., Sembiring, A. S., & Noor, F. (2024). PENGARUH SUHU PEMANASAN PADA STASIUN KERNEL SILO DRYER TERHADAP MUTU KERNEL DI PABRIK KELAPA SAWIT PT. XYZ. *Jurnal Agro Fabrica*, 6(1), 37-44.