

Turnitin JRM UB

by Lia Cundari

Submission date: 10-Jun-2023 06:56AM (UTC+0700)

Submission ID: 2112800478

File name: Artikel_JRM-UB-Publish.pdf (715.12K)

Word count: 5687

Character count: 32468

PROSES PENGERINGAN NPK BERDASARKAN EVALUASI ROTARY DRYER DAN KADAR AIR NPK DI PT. PETROKIMIA GRESIK

Guluh Fauziah Marintika¹⁾ ✉, Lia Cundari¹⁾, Farid Hayu Kurniawan²⁾

¹⁾ **Jurusan Teknik Kimia**
Universitas Sriwijaya
03031381823097@student.unsri.ac.id
liacundari@ft.unsri.ac.id

²⁾ **Process Engineer**
Departemen Produksi IIB
PT. Petrokimia Gresik
faridhayukurniawan@gmail.com

Abstract

1
Drying is an important process in the production of NPK fertilizers. The average NPK water content in August 2021 – January 2022 was 1.64%, still exceeding a good NPK water content of < 1.5%. The high NPK moisture content resulted that review are needed in drying process through rotary dryer evaluation and observation by creating multiple linear regression math. The average thermal efficiency is calculated based on the actual data, which is 73%, do not decrease significantly and still close to the value of the design data of 90%. The mathematical equation obtained is $Y1 = 114.9292 + 0.000338X1 + 0.0439062X2 - 1.711792X3 - 0.3749378X4$ with a regression coefficient of 0.8657472. Factors that affect the NPK fertilizer water content are the air temperature of dryer, the flow rate of incoming NPK water mass, the flow rate of NPK mass and the flow rate of air dryer mass.

Keywords: NPK Fertilizers, Rotary Dryer, Efficiency, Multiple Linear Regression, Polymath.

1 PENDAHULUAN

5
PT. Petrokimia Gresik merupakan salah satu produsen pupuk di Indonesia yang merupakan anak perusahaan BUMN yaitu PT. Pupuk Indonesia. PT. Petrokimia Gresik memiliki tiga buah pabrik yaitu Produksi I, II, dan III. Pada produksi II terbagi menjadi dua **5** yaitu Departemen Produksi IIA dan Departemen Produksi IIB. Departemen Produksi IIB terdiri dari unit produksi Phonska IV, NPK Granulasi, serta **1** produksi ZK. Permasalahan yang diangkat pada tulisan ini ialah peninjauan terhadap proses pengeringan pupuk NPK berdasarkan evaluasi kinerja rotary dryer dan kadar air pupuk NPK yang masih tinggi di Dep⁵temen Produksi IIB Unit NPK I Granulasi.

Secara garis besar proses pembuatan pupuk NPK Granulasi terdiri dari pengumpanan bahan baku *solid*, penyiapan *slurry*, proses granulasi, proses pengeringan dan pengayakan (*drying* dan *sc⁵ning*), pendinginan dan pengayakan (*cooling* dan *screening*), dan pelapisan (*coating*) [2]. Bahan baku pembuat pupuk NPK Granulasi berupa padatan. Pupuk NPK memiliki sifat higroskopis yang akan mempengaruhi daya penyimpanannya [2]. Sifat higroskopis dapat dikurangi dengan pemanasan.

Kadar air yang terdapat di dalam pupuk NPK tidak boleh melebihi ambang batas karena dapat mempengaruhi unsur hara berupa N, P, dan K yang mampu meningkatkan

Corresponding Author:
✉ **Guluh Fauziah Marintika**
Received on: 2022-06-29
Revised on: 2022-08-01
Accepted on: 2022-08-30

2
<https://rekayasamesin.ub.ac.id/>
DOI: [10.21776/jrm.v14i1.1279](https://doi.org/10.21776/jrm.v14i1.1279)

pertumbuhan vegetatif tanaman.^[10] Dalam mengolah pupuk, terdapat beberapa tahap salah satunya, yaitu pengeringan. Pengeringan akan mengurangi kandungan air dalam suatu bahan akibat adanya proses pemberian panas baik secara langsung maupun tidak langsung^[9]. Tahap pengeringan merupakan salah satu tahapan yang cukup penting pada pabrik NPK I Granulasi. Alat pengering yang digunakan pada pengeringan ini menggunakan *rotary dryer* berbentuk seperti drum yang berputar secara kontinyu dan dipanaskan dengan tungku atau gasifier yang dilengkapi dengan sudu-sudu pada *shell dryer* yang membantu proses pengeringan dengan membentuk tirai.

Untuk meningkatkan temperatur pengeringan, maka alat pengering ditambahkan penukar kalor guna mengimplementasikan pertukaran panas antara dua fluida yang berada pada perbedaan *temperature* dan dipisahkan oleh dinding^[11]. Udara panas dalam pengeringan pupuk NPK di-supply dari *combustion chamber* menggunakan bahan bakar berupa gas alam. Proses pembakaran gas alam terjadi di *furnace*. Udara panas disebut media pengering yang menyediakan panas untuk penguapan air sekaligus membawa uap air keluar. Berbeda dengan evaporasi dimana pada proses ini air yang teruapkan dari bahan memiliki jumlah yang relatif besar¹³.

Faktor yang mempengaruhi pengeringan dibagi menjadi dua yakni faktor yang berhubungan dengan udara pengering dan faktor yang berhubungan dengan sifat bahan^[13]. Contoh faktor yang berhubungan dengan udara kering adalah suhu udara pengering, kecepatan aliran udara pengering, kelembapan udara, dan arah aliran udara sedangkan faktor yang berhubungan dengan sifat bahan yaitu ukuran bahan dan kadar air. Untuk menghasilkan produk kering yang baik, ada beberapa faktor kendali yang harus dipertimbangkan yaitu suhu yang digunakan, kelembapan relatif udara, kecepatan dan arah aliran udara, dan waktu pengeringan.

Permasalahan yang sering terjadi pada proses pengeringan pupuk NPK pada Pabrik NPK I Granulasi ialah kadar air pupuk NPK yang masih tinggi. Proses pengeringan merupakan salah satu proses yang cukup penting karena kadar air yang tinggi dapat menurunkan kandungan unsur hara pupuk sehingga dapat menurunkan kualitas pupuk NPK. Uji kinerja *rotary dryer* menunjukkan efisiensi *rotary dryer* dapat mempengaruhi optimalisasi pengeringan sehingga perlu dilakukannya evaluasi alat secara berkala.

2. METODE DAN BAHAN

Rotary dryer merupakan jenis alat pengering yang digunakan di Departemen Produksi IIB Pabrik NPK Granulasi terdiri atas silinder cekung yang berputar dan dalam posisi sedikit miring pada arah keluarannya. Bahan basah berbentuk granul/butiran diumpukan dari sisi yang lebih tinggi dan akan bergerak sepanjang alat pengering ini saat keadaan berputar. Bahan padat yang dimasukkan dari salah satu ujung silinder akan keluar dari salah satu ujung lainnya karena adanya rotasi, pengaruh ketinggian, dan kemiringan.

Rotary dryer pada pabrik NPK Granulasi bekerja dengan cara melewatkan material didalam drum yang berputar dengan kecepatan 2,2 rpm. Material dibawa oleh *shovel* untuk ditaburkan didalam *shell* sehingga membentuk tirai. Udara panas dengan temperatur 80-150°C dihembuskan dari *furnace* dengan aliran *co-current* sehingga kandungan air produk turun. Proses ini mengakibatkan produk menjadi panas sehingga perlu didinginkan diproses selanjutnya.

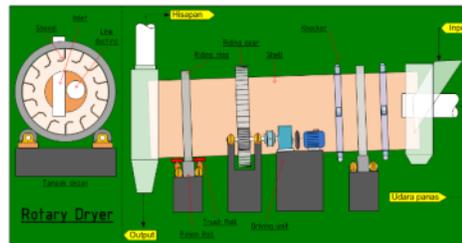
Tinjauan terhadap pengeringan pupuk NPK dilakukan dengan menghitung efisiensi *rotary dryer* dan penentuan faktor yang paling mempengaruhi proses pengeringan dengan metode multiple linear regression menggunakan polymath. Perhitungan efisiensi *rotary dryer* diawali dengan studi literatur, pengumpulan dan pengolahan data *rotary dryer*,

4

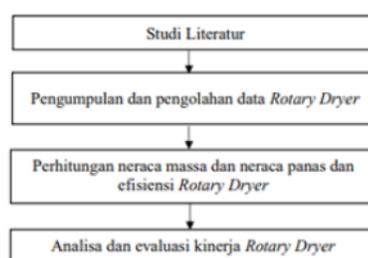
perhitungan neraca massa, neraca panas, dan efisiensi termal *rotary dryer*, serta analisa evaluasi kinerja *rotary dryer*.



Gambar 1. Area *Rotary Dryer* Departemen Produksi IIB

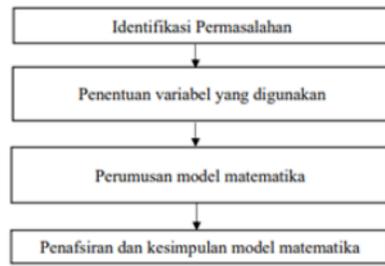


Gambar 2. Sketsa *Rotary Dryer* Departemen Produksi IIB.



Gambar 3. Diagram Alir Evaluasi Kinerja *Rotary Dryer*.

Penentuan faktor yang paling mempengaruhi kadar air pupuk NPK diawali dengan identifikasi permasalahan dan penentuan variabel-variabel yang memungkinkan dapat mempengaruhi kadar air pupuk NPK. Variabel ditentukan berdasarkan variabel yang bisa diatur di lapangan meliputi laju alir udara kering, laju alir umpan, suhu udara masuk pengering, dan laju alir air umpan. Selanjutnya, dilakukan perumusan model matematika dengan metode multiple linear regression menggunakan polymath. Hasil analisis persamaan matematika selanjutnya dilakukan penafsiran dan kesimpulan.



Gambar 4. Diagram Alir Perumusan Model Matematika

2.1. Analisa Perhitungan

Metode perhitungan evaluasi *rotary dryer* menggunakan efisiensi termal melalui perhitungan neraca massa dan neraca panas. Titik pengamatan untuk penelitian tidak hanya ditinjau dari sistem pengeringan, melainkan ditinjau juga pada sistem granulasi karena tidak semua data terdapat langsung pada sistem pengeringan. Adapun formula yang digunakan disajikan di bawah ini. Berdasarkan data yang terkumpul, dilakukan pengolahan data untuk mengetahui efisiensi *rotary dryer* dan analisis terhadap faktor yang paling mempengaruhi proses pengeringan. Perhitungan terhadap evaluasi *rotary dryer* meliputi persamaan berikut.

1. Perhitungan rate entalpi udara panas (kj/jam)

$$H''_{ul} = m_{ul} \times H'_{ul} \quad (1)$$

2. Perhitungan entalpi udara masuk (H'_{ul}) dapat digunakan rumus

$$H'_{ul} = (1,005 + 1,88H) (T - T_0) + 2501,4H \quad (2)$$

3. Perhitungan kelembaban udara

$$H = 0,622 \times P_v / (P - P_v) \quad (3)$$

4. Perhitungan rate entalpi yang dibawa oleh NPK masuk (kg/jam)

$$H''_{a1} = m_{a1} \times H'_{a1} \quad (4)$$

5. Perhitungan entalpi NPK masuk (kj/jam)

$$H'_{a1} = C_{pNPK} (T_{si} - T_0) + X \cdot C_{pair} (T_{si} - T_0) \quad (5)$$

6. Perhitungan rate entalpi keluar yang dibawa oleh udara keluar *rotary dryer* (kj/jam)

$$H''_{u2} = m_{u2} \times H'_{u2} \quad (6)$$

7. Perhitungan entalpi udara keluar (kj/jam)

$$H'_{u2} = (1,005 + 1,88H) (T - T_0) + 2501,4H \quad (7)$$

8. Perhitungan efisiensi termal *rotary dryer*

$$E = ((Q_{in} - Q_{loss}) / (Q_{in})) \times 100\% \quad (8)$$

2.2. Analisis Evaluasi Kinerja Rotary Dryer

Analisis terhadap evaluasi *rotary dryer* diawali dengan pengumpulan data yang didapatkan dari *Centre Control Room* (CCR). Data yang diperlukan berupa data desain dan data aktual yang disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Data Spesifikasi *Rotary Dryer*

SPEKIFIKASI ALAT	NILAI
Kapasitas	13-18 ton/jam
Panjang <i>Dryer</i>	24 m
Diameter <i>Dryer</i>	2,4 m
Kecepatan Putar	3,2 rpm

Tabel 2. Data Desain *Rotary Dryer*.

SUHU UDARA PANAS MASUK	SUHU UDARA PANAS KELUAR	SUHU NPK MASUK	SUHU NPK KELUAR	%AIR NPK MASUK	%AIR NPK KELUAR
160 °C	60 °C	60 °C	60 °C	5%	1,5%

Tabel 3. Data Aktual Kadar Air Pupuk NPK Tanggal 1 Januari – 14 Januari 2022

TANGGAL	%KADAR AIR
1 Januari 2022	1,32
2 Januari 2022	1,32
3 Januari 2022	1,24
4 Januari 2022	1,48
5 Januari 2022	1,58
6 Januari 2022	1,68
7 Januari 2022	1,28
8 Januari 2022	1,55
9 Januari 2022	1,62
10 Januari 2022	1,54
11 Januari 2022	1,63
12 Januari 2022	1,57
13 Januari 2022	1,85
14 Januari 2022	1,52

Tabel 4. Data Aktual Kadar Air Pupuk NPK Rata-Rata Agustus 2021-Januari 2022

BULAN	%KADAR AIR
Agustus 2021	1,71

September 2021	1,64
Oktober 2021	1,72
November 2021	1,59
Desember 2021	1,57
Januari 2022	1,6
Agustus 2021	1,71

Tabel 5. Data Aktual Bahan Pengering

TANGGAL	SUHU		LAJU ALIR BAHAN MASUK (TON/DAY)						STEAM
	INPUT	OUTPUT	DAP	UREA	ZA	KCL	DOLOMIT	CLAY	
01-Jan	60	60	80,4	39,6	92,7	86,5	29,1	37,2	16,2
02-Jan	60	60	95,4	53,3	107,6	88,3	28,1	57,3	16,9
03-Jan	59	59	64,3	33,8	79,7	59,7	17,5	36,1	14,9
04-Jan	61	61	75,8	37,4	98,2	70,5	20,5	41,1	12,2
05-Jan	62	62	90,4	48	109,7	83,9	25,8	51,7	14,8
06-Jan	63	63	79,5	38,7	102	73,7	20,6	43,1	12
07-Jan	60	60	77	37,8	98,5	70,9	20,2	41,5	12,8
08-Jan	64	64	93,2	49,6	114,3	87	26,6	53,4	13,7
09-Jan	59	59	100,5	48,9	128,6	93,9	27,7	55,2	15,5
10-Jan	61	61	50,1	23,8	68,2	47,1	13,7	26,4	9,9
11-Jan	63	63	71,2	34,5	93,5	66,7	19,2	38,4	13
12-Jan	63	63	70,4	35,1	92,4	65,6	18,8	38,6	13,7
13-Jan	64	64	70,8	32,5	97,2	65,9	18,2	36,5	13,8
14-Jan	62	62	54,6	25,1	76,3	50,8	13,7	28,5	10,8

Tabel 6. Data Aktual Gas Pengering

TANGGAL	TEMPERATUR FLUE GAS INLET DRYER	TEMPERATUR FLUE GAS OUTLET DRYER	NATURAL GAS (M ³ /DAY)
1 Januari 2022	178	64	25,76
2 Januari 2022	165	65	24,01
3 Januari 2022	172	65	20,58
4 Januari 2022	178	65	18,04
5 Januari 2022	173	65	62,84
6 Januari 2022	176	67	124,87
7 Januari 2022	173	64	19,25

8 Januari 2022	179	62	127,32
9 Januari 2022	165	64	268,08
10 Januari 2022	160	67	54,19
11 Januari 2022	160	64	8,96
12 Januari 2022	172	65	22,07
13 Januari 2022	161	64	9,32
14 Januari 2022	174	64	34,81

Tabel 7. Data Aktual Temperatur Bahan Masuk Pengering

TANGGAL	TEMPERATUR FLUE GRANUL INLET DRYER	TEMPERATUR FLUE GRANUL OUTLET DRYER
1 Januari 2022	60	60
2 Januari 2022	60	60
3 Januari 2022	59	59
4 Januari 2022	61	61
5 Januari 2022	62	62
6 Januari 2022	63	63
7 Januari 2022	60	60
8 Januari 2022	64	64
9 Januari 2022	59	59
10 Januari 2022	61	61
11 Januari 2022	63	63
12 Januari 2022	63	63
13 Januari 2022	64	64
14 Januari 2022	62	62

2.3. Analisis Evaluasi Persamaan Matematika

Kadar air pupuk NPK yang masih tinggi dapat ditinjau melalui evaluasi alat pengering apakah masih layak untuk dioperasikan atau tidak karena hal ini berpengaruh terhadap kadar air pupuk NPK. Kadar air pupuk NPK yang masih tinggi juga dapat diketahui penyebabnya melalui pembuatan model matematika dengan menetapkan variabel-variabel yang mempengaruhi proses pengeringan sehingga melalui analisis tersebut dapat disimpulkan faktor yang paling mempengaruhi proses pengeringan agar didapatkan kadar air NPK yang optimal. Formula persamaan matematika yang didapat adalah sebagai berikut.

$$Y1 = A0 + A1X1 + A2X2 + A3X3 + A4X4 \dots\dots$$

Keterangan:

Y1 = Variabel terikat

Xn = Variabel bebas

An = Parameter

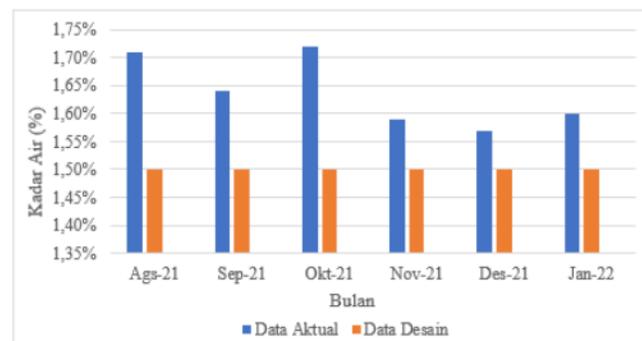
3. HASIL DAN DISKUSI

Rotary dryer bekerja dengan cara melewati material atau granula NPK output granulator di dalam drum yang berputar dengan kecepatan 2,2 rpm. Material dibawa oleh *shovel* untuk ditaburkan didalam *shell* sehingga membentuk tirai. Udara panas di hembuskan dari furnace dengan aliran *co-current* sehingga kandungan air didalam produk dapat diturunkan. Efek dari pengeringan ini adalah produk menjadi panas sehingga perlu didinginkan diproses selanjutnya.

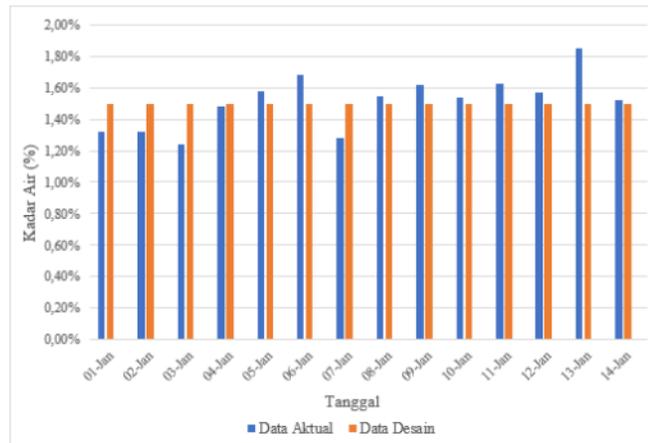
Udara panas disebut media pengering yang menyediakan panas untuk penguapan air sekaligus membawa uap air keluar. Berbeda dengan evaporasi dimana pada proses ini air yang teruapkan dari bahan memiliki jumlah yang relatif besar. Dalam evaporasi air teruapkan pada titik didihnya, sementara dalam operasi pengeringan air terambil berada dalam keadaan uap.

3.1. Analisa Terhadap Kadar Air Pupuk NPK

Permasalahan utama proses pada Pabrik NPK I ialah kadar air pupuk NPK yang masih tinggi. Hal ini dapat dilihat dari data aktual yang didapatkan di lapangan dimana kadar air rata-rata pupuk NPK pada tanggal 1 Januari 2022 – 14 Januari 2022 masih di atas 1,5%. Kadar air pada pupuk NPK merupakan salah faktor yang sangat mempengaruhi kualitas pupuk NPK. Kadar air pupuk NPK yang baik sesuai dengan mutu baku NPK ialah <1,5% sehingga kualitas pupuk tersebut dapat dikatakan baik.



Gambar 5. Perbandingan Kadar Air Pupuk NPK Berdasarkan Data Desain dan Data Aktual pada Agustus 2021 – Januari 2022.

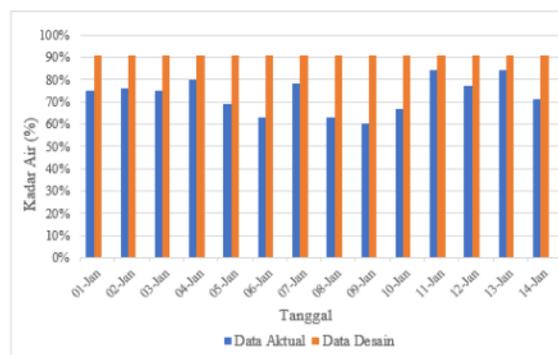


Gambar 6. Perbandingan Kadar Air Pupuk NPK Berdasarkan Data Desain dan Data Aktual pada 1 Januari – 14 Januari 2022.

Gambar 5 menyajikan kadar air pupuk NPK selama enam bulan terakhir masih di atas data desain. Peninjauan kadar air pupuk NPK juga dilakukan pada dua minggu pertama di Bulan Januari sebagai data dalam perhitungan efisiensi termal sehingga disajikan juga data kadar air pupuk NPK pada dua minggu pertama di Bulan Januari. Gambar 6 menyajikan kadar air pupuk NPK rata-rata pada dua minggu pertama di Bulan Januari sebesar 1,6% mengakibatkan perlu adanya peninjauan terhadap alat pengering salah satunya ialah melalui peninjauan efisiensi termal pada *rotary dryer*. Data aktual yang diambil merupakan data pada dua minggu pertama Bulan Januari yang selanjutnya dari data tersebut dihitung efisiensinya.

3.2. Analisa Efisiensi Termal *Rotary Dryer*

Peninjauan terhadap efisiensi termal dilakukan selama dua minggu karena pada Pabrik NPK I Granulasi suhu masuk serta keluar bahan dan udara pengering pada *rotary dryer* tidak diukur setiap waktu sehingga peninjauan tidak bisa dilakukan jika menggunakan data bulanan. Pengukuran suhu bahan dan udara kering hanya dilakukan jika diperlukan.



Gambar 7. Efisiensi Termal Berdasarkan Data Desain dan Data Aktual *Rotary Dryer* pada 1 Januari – 14 Januari 2022.

Data aktual bahan baku masuk pengering didapat dari CCR. Operator pada shift tertentu akan mengukur suhu bahan masuk dan keluar secara langsung menggunakan *Thermo Gun*. Data aktual laju alir bahan baku masuk pada pabrik NPK I Granulasi berbeda-beda dengan rentang yang cukup jauh. Hal tersebut karena di dalam CCR tidak ada nilai set point yang pasti untuk mengendalikan laju alir.

Hasil perhitungan efisiensi termal rata-rata terhadap *rotary dryer* berdasarkan data aktual dua minggu pertama pada Bulan Januari berada pada 73% sedangkan efisiensi desain *rotary dryer* pabrik NPK I berada pada 90%. Hal ini menunjukkan tidak terjadinya penurunan efisiensi termal secara signifikan sehingga *rotary dryer* pada Pabrik NPK I Granulasi masih dikatakan baik.

Kelebihan dari pengeringan menggunakan *rotary dryer* adalah produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang lebih baik dari pengeringan dengan metode penjemuran^[15]. Nilai efisiensi termal yang kecil menunjukkan bahwa sebagian besar panas yang terakumulasi dalam pengeringan digunakan untuk menguapkan air dari bahan, sedangkan sebagian lagi hilang^[14]. Hasil grafik yang terbilang fluktuatif dapat disebabkan oleh *feed* yang masuk ke *rotary dryer* setiap waktu tidaklah konsisten, sehingga *feed* yang masuk pada setiap harinya berbeda. Suhu udara kering yang digunakan juga berbeda setiap harinya menyesuaikan dengan kondisi di lapangan sehingga efisiensi termal *rotary dryer* setiap harinya berbeda.

Efisiensi termal *rotary dryer* dikatakan baik minimal 55% sehingga jika dilihat dari hasil perhitungan, *rotary dryer* ini masih layak digunakan. Nilai efisiensi termal *rotary dryer* pada Pabrik NPK I mengalami penurunan dari data desain namun tetap dikatakan masih layak beroperasi karena tidak terjadi penurunan yang signifikan. Dalam upaya meminimalkan risiko kegagalan, disarankan untuk dilakukannya *preventive cleaning* mingguan secara rutin dan *preventive maintenance* terhadap peralatan.

Perpindahan panas pada pengeringan NPK terjadi secara konveksi dimana terjadi gerakan aliran fluida karena adanya perbedaan temperatur pada fluida tersebut^[5]. Proses pengeringan terjadi melalui penguapan air karena perbedaan tekanan dan potensial uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Penguapan kandungan air yang terdapat dalam bahan juga terjadi karena adanya panas yang dibawa oleh media pengering yaitu udara. Uap air tersebut akan dilepaskan dari permukaan bahan ke udara pengering. Penguapan air dari bahan meliputi empat tahap yaitu pelepasan ikatan dari bahan, difusi air dan uap air ke permukaan bahan, perubahan tahap menjadi uap air serta perpindahan uap air hasil pengeringan ke udara.

Pengeringan dengan suhu yang lebih tinggi, perubahan kadar air lebih cepat, hal ini disebabkan karena air permukaan lebih cepat menguap dibandingkan dengan pengeringan pada suhu yang lebih rendah. Energi panas dalam udara pengering mampu menguapkan molekul-molekul air yang ada pada permukaan bahan sehingga meningkatkan tekanan uap air bahan karena kelembaban udara menurun. Peningkatan tekanan uap air bahan menyebabkan terjadinya aliran uap air dari bahan ke udara sehingga meningkatkan kecepatan penguapan bahan. Semakin banyak uap air yang dipindahkan dari bahan ke udara akan semakin banyak jumlah air yang teruapkan bersamaan dengan udara.

3.3. Analisis Persamaan Matematika

Penentuan faktor yang paling berpengaruh pada proses pengeringan pupuk NPK dapat dilakukan dengan membuat persamaan matematika. Pembuatan model matematika dilakukan menggunakan aplikasi *polymath*. Metode yang digunakan dalam *polymath* adalah *multiple linear regression*. Model analisis regresi ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui hubungan antara dua atau lebih variabel yang memiliki hubungan sebab-akibat, dan membuat prediksi dengan menggunakan analisis hubungan tersebut. Model regresi dengan

12
satu variabel terikat dan lebih dari satu variabel bebas disebut regresi berganda atau disebut juga dengan *multiple linear regression*.

Laju pengeringan suatu bahan dapat diketahui berdasarkan jumlah kadar air pada bahan saat proses pengeringan^[12]. Di dalam analisis ini, data untuk analisis regresi berganda ialah berupa kadar air pupuk NPK yang masih tinggi sehingga dihubungkan sebab akibatnya dengan empat variabel bebas yang dapat mempengaruhi hal tersebut yakni laju alir udara kering, laju alir umpan, suhu udara masuk pengering, dan laju alir umpan. Variabel terikat dilambangkan dengan simbol Y sedangkan variabel bebas dilambangkan dengan variabel X dimana variabel Y dan X ialah sebagai berikut.

Y1 = kadar air produk (kg air/kg padatan kering)

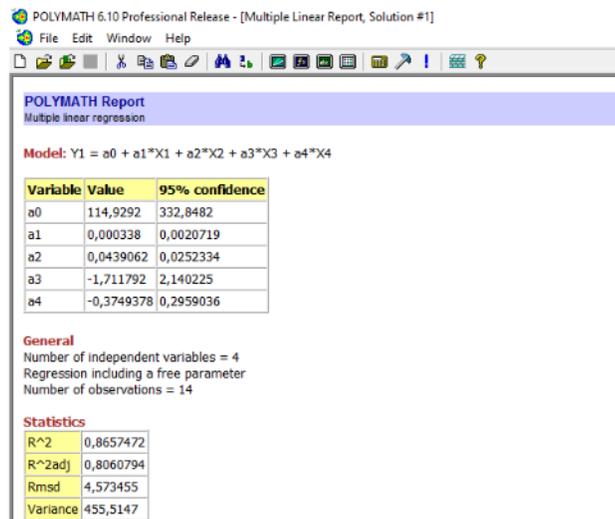
X1 = laju alir udara kering (kg/jam)

X2 = laju alir umpan (kg/jam)

X3 = suhu udara masuk pengering (°C)

X4 = laju alir air umpan (kg/jam)

Metode *multiple linear regression* dapat dijadikan rekomendasi kepada industri dalam menganalisis suatu permasalahan tertentu, salah satunya dilakukan oleh dalam menganalisis dosis *optimum soda ash* pada unit Pra Reservoir PDAM dan menganalisis pengaruh karakter katalis hydrocracking asphaltene terhadap hasil konversinya^[17]. Variabel-variabel bebas (X) dipilih karena memengaruhi nilai pada variabel terikat (Y). Cara menilai kesesuaian model yang telah terbentuk, dapat dilihat pada nilai koefisien determinasi (R^2). Namun penambahan variabel bebas yang lebih banyak ke dalam model akan selalu menaikkan nilai R^2 . Untuk mengoreksi pengaruh jumlah variabel bebas dikendalikan nilai R^2 *Adjusted*.



Gambar 4. Hasil Regresi Linier Ganda Kadar Air Produk Pupuk NPK.

Dengan dibuatnya persamaan matematika, dapat diketahui faktor yang paling berpengaruh terhadap proses pengeringan melalui besar koefisien tiap variabel bebas. Faktor tersebut dapat ditemukan mulai dari nilai koefisien regresi A1 hingga koefisien regresi A4. Nilai koefisien regresi yang paling besar itulah variabel bebas yang paling berpengaruh dalam nilai variabel terikat yaitu kadar air pupuk NPK. Gambar 4 menunjukkan hasil regresi linier ganda kadar air produk dengan menggunakan polymath. Model persamaan matematika

kadar air produk pupuk NPK yang didapat ialah $(Y_1 = 114,9292 + 0,000338X_1 + 0,0439062X_2 - 1,711792X_3 - 0,3749378X_4)$. Nilai koefisien regresi tertinggi milik variabel X_3 . Dapat diketahui bahwa variabel X_3 tersebut merupakan suhu udara masuk pengering putar. Nilai regresi yang didapatkan pada persamaan ini sebesar 0,8657472 disajikan pada Gambar 4. Nilai regresi yang didapat mendekati 1 menunjukkan kuatnya hubungan korelasi.

Nilai negatif pada persamaan tersebut menunjukkan hubungan keterbalikan antara variabel bebas terhadap variabel terikat. Nilai negatif menunjukkan penurunan terhadap variabel Y_1 (kadar air pupuk NPK) dimana jika suhu udara pengering ditingkatkan maka kadar air pupuk NPK akan berkurang. Persamaan matematika yang didapat menunjukkan faktor yang paling mempengaruhi kadar air pupuk NPK pada proses pengeringan berdasarkan data 1 Januari – 14 Januari 2022 adalah suhu udara masuk pengering.

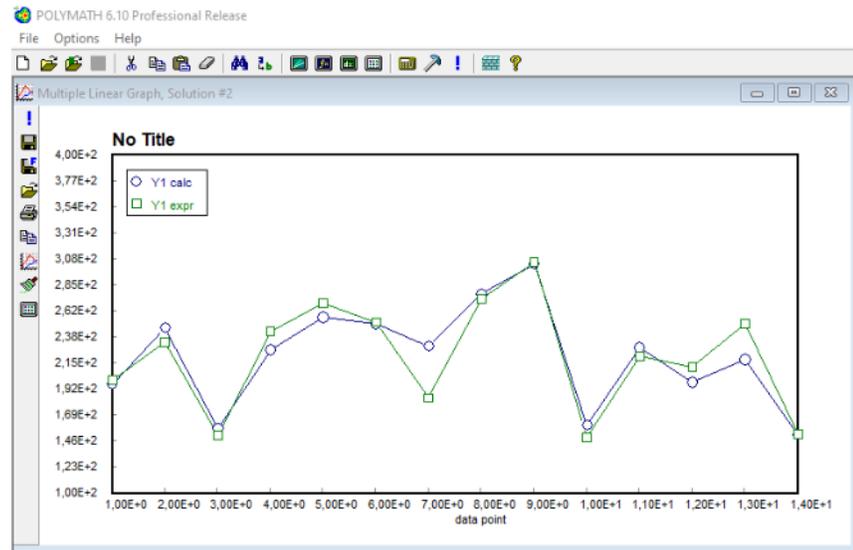
Proses pengeringan jika ditinjau berdasarkan besar suhu udara pengering menunjukkan semakin tinggi suhu udara pengering yang masuk maka semakin banyak air yang teruapkan sehingga kadar air bahan semakin berkurang^[11]. Kenaikan suhu pengering akan menaikkan suhu bahan dan menyebabkan tekanan uap air di dalam bahan lebih tinggi dibandingkan tekanan uap air di udara, sehingga terjadi perpindahan uap air dari bahan ke udara.

Suhu udara pengering dan suhu bahan yang masuk berdasarkan data desain sebesar 160°C dan 60°C menghasilkan kadar air 1,5%. Suhu udara pengering berdasarkan data aktual berkisar antara 160-179°C dan suhu bahan yang masuk sebesar 59-64°C dimana rentang suhu tersebut tidak terlalu jauh jika dibandingkan dengan nilai suhu udara pengering berdasarkan data desain. Perbedaan suhu antara media pemanas dan suhu bahan yang makin besar menyebabkan makin cepatnya perpindahan panas ke dalam bahan sehingga makin cepat pula perpindahan uap air dari bahan ke lingkungan.

Hal ini dapat dikaitkan dengan analisis terhadap selisih suhu udara pengering yang masuk dengan suhu bahan yang masuk. Berdasarkan data desain, selisih suhu antara udara pengering dengan bahan sebesar 100°C. Hal ini menunjukkan selisih minimum suhu antara udara pengering dengan suhu bahan yang masuk adalah sebesar 100°C. Namun, penurunan efisiensi termal yang salah satunya dapat disebabkan karena tidak terjadinya distribusi panas secara merata juga dapat mempengaruhi kadar air pupuk NPK yang dihasilkan. Laju alir udara pengering, laju alir bahan yang masuk serta kadar air mula-mula pupuk NPK juga dapat mempengaruhi kadar air NPK keluaran *dryer*.

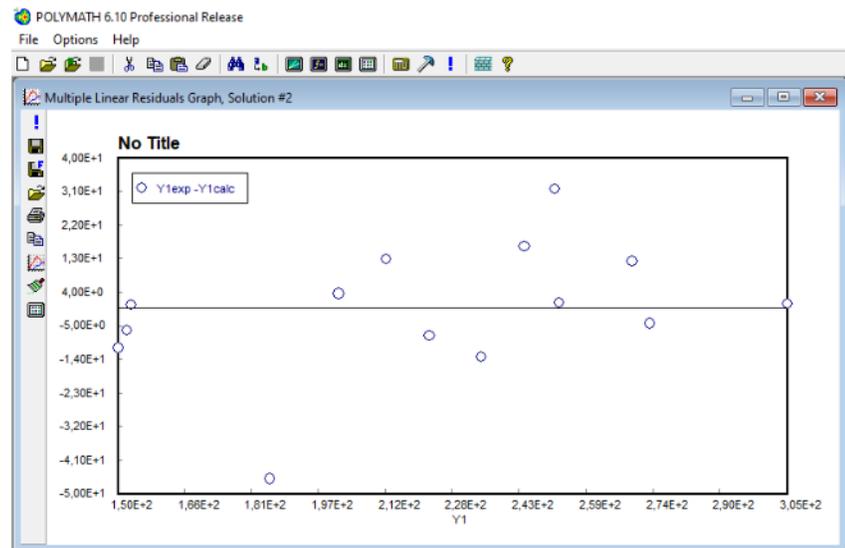
Untuk mengukur seberapa jauh kemampuan model dalam menerangkan variasi variabel independen dapat menggunakan koefisien determinasi (r^2). Koefisien determinasi adalah keragaman Y yang mampu dijelaskan oleh X dalam %. Sifat r^2 adalah $0 \leq r^2 \leq 1$. Jika semua data yang diamati terletak pada garis regresi maka $r^2 = 1$ mengakibatkan peubah bebas X berhasil menjelaskan semua keragaman di amatan Y . Jika $r^2 = 0$ maka tidak ada hubungan linier antara X dan Y .

Koefisien determinasi (r^2) pada persamaan ini sebesar 0,8657472 menunjukkan nilai koefisien determinasi cukup baik yaitu mendekati 1 sehingga kemampuan model matematika dalam menerangkan variasi variabel bebas dapat dikatakan cukup baik juga. Semakin dekat nilai r^2 pada 1 maka akan semakin tinggi tingkat hubungan linier antara Y dan X . R^2 adalah koefisien determinasi ganda. Koefisien ini mengukur proporsi pengurangan keragaman total Y karena banyak peubah bebas yang digunakan. Sifat dari koefisien ini adalah $0 \leq R^2 \leq 1$. R^2 akan sama dengan 1 jika semua amatan Y berada tepat pada permukaan respon dugaannya.



Gambar 8. Grafik Perbandingan Nilai Kadar Air Pupuk NPK Berdasarkan Data Aktual dan Data Hasil Perhitungan.

Analisa peninjauan proses pengeringan terhadap faktor yang paling mempengaruhi proses pengeringan menggunakan polymath juga menyajikan data terkait nilai variabel terikat berdasarkan eksperimental ($Y_1 \text{ exp}$) dan hasil perhitungan variabel terikat berdasarkan perhitungan ($Y_1 \text{ calc}$). Gambar 8 menunjukkan grafik perbandingan kedua plot data hasil kadar air berdasarkan data aktual dengan perhitungan kadar air berdasarkan persamaan *multiple linear regression*. Perbedaan perhitungan antara nilai Y_1 eksperimental dan $Y_1 \text{ calculation}$ selanjutnya dianalisa persentase *error*nya.

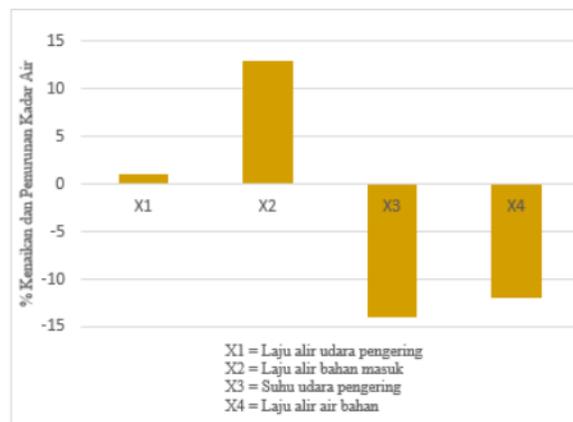


Gambar 9. Multiple Linear Residuals Graph

Gambar 9 menunjukkan grafik residual pada *multiple linear regression*. *Plot residual* menunjukkan distribusi kesalahan yang disajikan melalui plot variabel terikat Y_1 terhadap persentase *error*-nya. Plot data yang berada di bawah garis horizontal menunjukkan persentase *error* berada di bawah kurva regresi. Plot data yang mendekati kurva regresi menunjukkan semakin linear hubungan antara variabel bebas terhadap variabel terikat. Gambar 9 menunjukkan plot data dapat dikatakan masih berada disekitar garis regresi sehingga terjadi hubungan linearitas antara variabel bebas dengan variabel terikat. Berdasarkan Gambar 9, selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap persentase *error* yang dimana rata-rata persentase *error* data tersebut sebesar 5,68%.

Berdasarkan persamaan matematika yang didapat, dapat dianalisa faktor yang paling mempengaruhi proses pengeringan. Peninjauan terhadap faktor yang paling berpengaruh dapat dianalisa melalui koefisien variabel bebas yang paling tinggi. Berdasarkan persamaan matematika yang didapatkan, koefisien paling tinggi ialah suhu udara pengering sehingga faktor yang paling mempengaruhi proses pengeringan pupuk NPK pada Pabrik NPK I Granulasi ialah suhu udara pengering.

Selain penentuan faktor yang paling berpengaruh dari model matematika, dilakukan juga analisis sensitivitas untuk membuktikan secara kuantitatif faktor yang paling berpengaruh dalam proses pengeringan ^[4]. Analisis sensitivitas ini dilakukan dengan menaikkan masing-masing nilai variabel bebas sebesar 10%. Hasil analisis sensitivitas disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Analisis Sensitivitas terhadap % Kenaikan dan Penurunan Kadar Air Pupuk NPK.

Hasil analisis sensitivitas seperti yang disajikan pada Gambar 10 menunjukkan terjadinya penurunan dan kenaikan terhadap kadar air pupuk NPK. Persentase bernilai negatif pada grafik merujuk pada penurunan dan persentase bernilai positif merujuk pada kenaikan terhadap kadar air pupuk NPK. Berdasarkan uji sensitivitas, faktor yang paling mempengaruhi proses pengeringan terhadap pupuk NPK ialah suhu udara pengering karena memiliki persentase paling tinggi yaitu sebesar 14%.

Peninjauan terhadap proses pengeringan dengan variasi temperatur udara pengering menunjukkan adanya kaitan antara temperatur udara kering yang masuk ke *dryer* dengan penurunan nilai kadar air ^[3]. Pada suhu tinggi, perpindahan panas dan massa juga meningkat dan kadar air bahan akan lebih cepat berkurang. Hasil analisis persamaan matematika terhadap peninjauan terhadap kadar air produk setelah pengeringan pada artikel ini relevan dengan penelitian sebelumnya ^[3]. Pembuktian besarnya pengaruh temperatur udara kering terhadap kadar air pupuk NPK dapat dilihat dari analisis sensitivitas dengan meningkatkan

nilai temperatur udara kering sebesar 10%. Kenaikan temperatur menunjukkan adanya penurunan rata-rata kadar air NPK sebesar 14%.

Peninjauan terhadap pengeringan tidak bisa jika ditinjau hanya dari temperatur udara kering. Peninjauan faktor yang mempengaruhi pada proses pengeringan juga perlu ditinjau dari laju alir udara kering, laju alir umpan dan laju alir air umpan karena nilai variable tersebut tidak sama setiap harinya. Semakin sedikit massa bahan yang diumpankan ke dalam ruang pengering maka akan semakin singkat waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan bahan tersebut sehingga dalam waktu pengeringan yang sama, jika massa bahan yang dimasukkan ke dalam pengering sedikit maka kadar air yang teruapkan akan semakin besar^[16]. Hal ini relevan dengan persamaan matematika yang didapat pada kadar air pupuk NPK terhadap laju pupuk NPK dan terhadap analisis sensitivitasnya dimana jika laju alir pupuk NPK ditingkatkan sebesar 10%, maka akan terjadi kenaikan rata-rata kadar air NPK.

Dalam peningkatan laju pengeringan, terjadi perpindahan momentum dengan kecepatan difusi panas dari udara ke dalam molekul bahan yang mengakibatkan peningkatan suhu molekul. Hal ini menyebabkan kenaikan tekanan uap dalam molekul, oleh karena itu air dalam bahan akan mudah terlepas dari molekul bahan^[6]. Pengaruh massa umpan terhadap profil kandungan uap air produk yaitu semakin sedikit massa bahan yang dikeringkan, maka semakin cepat bahan kering dan waktu yang dibutuhkan untuk pengeringan produk semakin singkat. Transfer panas, massa antara udara dan bahan akan semakin besar cepat bila semakin tinggi suhu udara pengering.

Faktor yang paling mempengaruhi proses pengeringan pada setiap kondisi umumnya berbeda-beda tergantung dengan data yang ada di lapangan. Melalui analisa permodelan matematika dan analisa sensitivitas, langkah paling efisien dalam mengurangi kadar air produk pupuk NPK melalui penambahan suhu udara pengering dengan menyesuaikan kondisi yang ada di lapangan. Selain temperatur udara pengering, proses pengeringan juga dapat disebabkan oleh tekanan dimana semakin kecil tekanan masuk ruang pengeringan, semakin cepat pula kenaikan temperatur yang terjadi pada produk yang dikeringkan sehingga penguapan air pada bahan semakin cepat terjadi^[7].

Selain data aktual proses pengeringan, kondisi alat juga dapat mempengaruhi efisiensi termal *rotary dryer*. Hal yang dapat dievaluasi salah satunya adalah kondisi *lifter* pada *rotary dryer*. Banyak faktor yang perlu dipertimbangkan, seperti kondisi *lifter* yang harus dijaga tingkat korosifitasnya, karena dalam pengeringan mekanisme dari *lifter* sendiri meliputi *lifting* (mengangkat), *cascade action* (mencurah), *sliding* (meluncur) dan *bouncing* (melambung) sangat mempengaruhi efisiensi.

Pembersihan kerak dalam alat harus selalu dilakukan, agar tidak menghambat panas yang terdistribusi dalam *rotary dryer* yang menyebabkan *heatloss* berlebih. Pembersihan kerak dalam alat harus selalu dilakukan, agar tidak menghambat panas yang terdistribusi dalam *rotary dryer* yang menyebabkan *heatloss* berlebih^[8]. Faktor waktu tinggal dari bahan di dalam *rotary dryer* juga mempengaruhi efisiensi dari pemanasan, semakin lama waktu tinggal maka semakin lama waktu pengeringan berlangsung dalam satu kali lewat dan semakin banyak terjadi proses pindah panas dan pindah massa.

Panas yang hilang cukup tinggi, dapat disebabkan terhalang material yang menumpuk akibat tidak meratanya distribusi dari granul-granul NPK. Kuantitas *lifter* yang tidak sesuai spesifikasi akibat korosi menyebabkan banyak *lifter* terlepas sehingga distribusi tidak merata. Untuk menambah nilai efisiensi maka diperlukan kondisi perawatan yang rutin dari alat, seperti pengecekan sambungan pada *lifter*, untuk memastikan bahwa panas yang dihasilkan konstan pada suhu yang optimal sehingga kadar air yang mampu dikeringkan juga optimal.

4. KESIMPULAN

Efisiensi termal rata-rata *rotary dryer* pada Pabrik NPK I Granulasi dihitung berdasarkan data aktual pada 1 Januari – 14 Januari 2022 sebesar 73% tidak mengalami penurunan secara signifikan dan masih mendekati nilai dari data desain sebesar 90% sehingga *rotary dryer* ini masih dapat dikatakan layak untuk beroperasi. Faktor yang paling mempengaruhi kadar air pupuk NPK⁸ Pabrik NPK I Granulasi berdasarkan persamaan matematika ialah suhu udara pengering, laju alir massa air NPK yang masuk, laju alir massa NPK yang masuk, dan laju alir massa udara pengering. Hasil analisis sensitivitas dengan menaikkan masing-masing variabel bebas sebesar 10% menunjukkan penurunan kadar air NPK sebesar 14% jika suhu udara pengering dinaikkan. Diperlukan adanya preventive cleaning mingguan secara rutin dan preventive maintenance terhadap peralatan untuk menaikkan efisiensi *termal rotary dryer*. Model matematika yang didapatkan dapat digunakan bagi industri dalam mengatur variabel bebas demi kualitas produk lebih baik sesuai yang diinginkan.

PERNYATAAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada pihak Diklat dan penanggung jawab kerja praktek di PT. Petrokimia Gresik atas kesempatan kepada penulis untuk dapat melaksanakan kerja praktek sehingga penulisan artikel ini dapat selesai. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada para dosen Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya atas saran dan juga arahan dalam penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ALIT, I.B., SUASANA, I.G.B., “Pengaruh Kecepatan Udara pada Alar Pengering Jagung dengan Mekanisme Penukar Kalor”, *J. Rekayasa Mesin*, v. 11, n.1, pp. 77-8, 2020.
- [2] FANANI, A., Pabrik Pupuk NPK dari Campuran Amoniak, Asam Sulfat, Asam Fosfat, dan Kalium Klorida dengan *Process Mixed Acid Route*, Skripsi, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, 2020.
- [3] HARAHAHAP, A.S., Pengaruh Suhu Pengering, Kecepatan Udara, dan Ukuran Bahan terhadap Laju Pengeringan Jahe Menggunakan Pengering Baki, Skripsi, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara, 2020.
- [4] APRILIA, E.D., FAUZIAH, M.S., Evaluasi Kinerja Pengering Putar (*Rotary Dryer*) Pabrik NPK III Granulasi PT. Petrokimia Gresik, Skripsi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, 2020.
- [5] HAKIM, E.Z.R., HASAN, H., SYUKRIYADIN, “Perancangan Mesin Pengering Hasil Pertanian Secara Konveksi dengan Elemen Pemanas *Infrared* Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dengan Sensor DS18B20”, *J. Online Teknik Elektro*, v. 2, n.3, pp. 16-20, 2017.
- [6] SARI, D.K., LESTARI, R.S.D. , “*The Production of Breadfruit Flour: Effect of Heater Temperature to the Drying rate and time of the Breadfruit*”, *J. Bahan Alam Terbarukan*”, v. 6, n.1, pp. 20-24, 2017.
- [7] PRAYITNO, H., PRABOWO, A.D., SALSABILLAH, A.E., KHAIRUDIN, R. , “Investigasi Awal Karakteristik Perpindahan Panas *Rotary Dryer* dengan Sistem Ruang Vakum Bersirip”, *J. Open Science and Technology*, v. 01, n.01, pp. 121-129, 2021.

- [8] SEPTIAJI, I.A., DEWAJANI, H., “Evaluasi Kinerja *Rotary Dryer* pada Industri Pupuk NPK dengan Kapasitas 800 Ton/Hari”, *J. Teknologi Separasi*, v.6, n.2, pp.82-88, 2020.
- [9] BINTANG, I., Optimasi Perancangan Coal Dryer dengan Memanfaatkan *Steam* dari Keluaran Turbin pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Paiton, Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [10] FIRMANSYAH, I., SYAKIR, M., LUKMAN, L., “Pengaruh Kombinasi Dosis Pupuk N, P, dan K Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Terung (*Solanum melongena* L.)”, *J. Hort*, v. 27 n. 1, pp. 69-78, Jun 2017.
- [11] MANFAATI, R., BASKORO, H., RIFAI, M.M., “Pengaruh Waktu dan Suhu terhadap Proses Pengeringan Bawang Merah Menggunakan *Tray Dyer*”, *J. Fluida*, v.12, n.2, pp. 43-49, 2019.
- [12] ALHABSY, M.F., LENGKEY, L.C.C.E dan LUDONG, M.M., , “Perbandingan Mutu Biji Kopi Robusta (*coffea canephora*) Hasil Pengeringan Secara Pengasapan dan Penjemuran Di Perkebunan Kopi Desa Purworejo Kabupaten Bolaang Mongondow Timur”, *Cocos* , v. 4, n. 4 , pp. 1–10, 2021.
- [13] IMAMI, Y.N.A., Desain dan Pembuatan Alat Pengering Bibit Kacang Panjang Tipe *Tray Dryer* yang Ergonomis dengan Mobilitas Tinggi, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [14] ROMADHON, R., MUTTAQIN, A.Z., SUTJAHJONO, H., “Pengaruh Putaran Rotary Dryer dan Waktu Proses terhadap Laju Pengeringan Daun Teh Hijau”, *J. Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, v. 4, n.2, pp. 12-18, 2020.
- [15] PANKAJ, S.K., MEENER, K.M., “A Review and Research Trends in Alternate Frying Technologies”, *Current Opinion in Food Science*, vol. 16, pp. 74-79, Aug. 2017.
- [16] FITRA, W., Pengaruh Temperatur Udara terhadap Waktu Pengeringan Biji Jagung dengan Menggunakan Alat Fluidized Bed, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin Universitas Mataram. 2015.
- [17] PUTRI, Y.N., UTOMO, K.P., DESMAIANI, H., “Analisis Dosis Optimum Soda Ash pada Unit Pra *Reservoir* PDAM Gunung Poteng Singkawang dengan Regresi Linier Berganda”, *Jurlis*, v.2, n.2, pp. 1 – 10, 2021.

Turnitin JRM UB

ORIGINALITY REPORT

20%

SIMILARITY INDEX

17%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

5%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	doaj.org Internet Source	4%
2	Submitted to Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Student Paper	3%
3	eprints.unram.ac.id Internet Source	3%
4	es.scribd.com Internet Source	2%
5	pdfcoffee.com Internet Source	2%
6	adoc.pub Internet Source	2%
7	fr.scribd.com Internet Source	2%
8	eprints.upnyk.ac.id Internet Source	1%
9	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	1%

10	repository.lppm.unila.ac.id Internet Source	1 %
11	eprints.unm.ac.id Internet Source	1 %
12	openjournal.unpam.ac.id Internet Source	1 %
13	repository.ipb.ac.id:8080 Internet Source	1 %

Exclude quotes On

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On