Hariyanto Triwibowo,ST 55819110004

by Hariyanto Triwibowo,st 55819110004 Hariyanto Triwibowo,st 55819110004

Submission date: 11-Aug-2022 09:52AM (UTC+0700)
Submission ID: 1881210745
File name: paper_hariyanto_T_fix-1.pdf (821.23K)
Word count: 5369
Character count: 26604

Ekstraksi Magnesium Hidroksida dari Air Sisa Pembuatan Garam Menggunakan Teknologi Pengeringan Semprot (*spray dryer*)

Hariyanto Triwibowo[1], N. Ruhyat[2], Dwiyoga Nugroho[3], Fajar Yudi Prabowo[4]

[1,2] Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta
[3,4] Badan Riset dan Inovasi Nasional

E-mail: hariyanto76@gmail.com
E-mail: nanang.ruhyat@mercubuana.ac.id

Abstrak

Indonesia memiliki potensi besar dalam pemanfaatan sumberdaya non hayati laut. Salah satu potensi tersebut ialah garam laut. Kepulauan Indonesia dipengaruhi oleh iklim basah akibat curah hujan yang menyebabkan kegiatan penambangan garam dari laut untuk kebutuhan konsumsi memiliki kandungan kemurnian NaCl di bawah kebutuhan standar untuk industri. Namun, terdapat kandungan Magnesium Hidroksida (MgOH2) yang dapat diekstrasi sebagai nilai tambah produksi garam indonesia.

Metode umum yang digunakan untuk mendapatkan MgOH2 ialah dengan membentuk gel dengan menambahkan soda api (NaOH)pada proses penguapan berulang dari air limbah garam (air tua) di tambak garam. Lebih lanjut, gel yang terbentuk perlu dilakukan pencucian menggunakan air tawar untuk menghilangkan NaCl. Metode umum yang digunakan membutuhkan waktu pengeringan yang lama dan kebutuhan lahan yang luas.

Penelitian ini bertujuan menggunakan teknologi spray dryer untuk mendapatkan proses ekstraksi yang lebih cepat pada lahan yang kecil dan kualitas MgOH2 lebih baik. Dari hasil percobaan spray dryer, didapatkan hasil waktu rata rata untuk proses penguapan droplet ialah 2 detik. Sedangkan dari hasil perhitungan waktu tinggal bahan di dalam tabung pengering spray dryer berkisar 2,5 detik. Seluruh penguapan droplet untuk melepaskan H_2O semua terjadi di dalam tabung pengering.

Kata kunci: ***Magnesium hidroksida [Mg(OH)$_2$], Spray dryer***

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan tropis terbesar di dunia yang memiliki 16771 pulau dan 81290 km panjang garis pantai (KKP, 2017). Dari posisi geografis sebagai negara kepulauan, Indonesia juga memiliki kekayaan sumberdaya laut non hayati berupa kandungan mineral laut. Salah satu sumber daya tersebut ialah garam laut yang melimpah (Kadarwati, U. R., Ratnawati, H. I., Prabawa, F. Y., Hidayat, W., Hendrajana, B., Dewi, 2011; Kadarwati, U. R., Ratnawati, H. I., Puspita, C. D., Hidayat, 2010). Potensi garam laut yang sangat besar dapat dimanfaatkan secara maksimal untuk memberikan andil kemakmuran bagi masyarakat Indonesia, khususnya bagi para petani garam dan masyarakat pesisir. Salah satu hal yang menjadi tantangan ialah kualitas garam yang diproduksi dengan dengan cara tradisional. Proses pembuatan garam secara tradisional membutuhkan waktu yang lama, luasa tambak yang besar dan tergantung dari kondisi cuaca (Bramawanto & Abida, 2017; Saepuloh et al., 2019). Hal tersebut yang menyebabkan harga garam dari proses pembuatan tradisional menjadi sangat murah dan kalah bersaing dengan kualitas garam dari luar negeri.

Garam merupakan bahan mineral dan memiliki banyak manfaat dalam penggunaannya. Selain untuk kebutuhan konsumsi masyarakat, garam juga dibutuhkan oleh industri farmasi maupun industri kimia sebagai bahan baku (legel et al., 2012; Kashcheev et al., 2020; Machado et al., 2021; Qoyyima & Jumaeri, 2021). Terdapat dua jenis garam yang diperdagangkan yaitu garam untuk konsumsi dan garam untuk industri. Data dari Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) menunjukkan kebutuhan garam nasional pada tahun 2015 sebanyak 4,019 juta ton yang terdiri atas 2,504 juta ton garam industri dan 1,965 juta ton garam konsumsi. Sedangkan produksi garam dalam negeri sebanyak 2,553 juta ton garam rakyat dan 350 ribu ton garam dari PT Garam Persero (ref). Perbedaan garam industri dengan garam konsumsi terletak pada kandungan NaCl. Garam industri memiliki kandungan NaCl >97% dan garam

konsumsi memiliki kandungan NaCl <95%. Sedangkan produksi garam dalam negeri memiliki kandungan NaCl <95%. Hal tersebut berkaitan dengan iklim indonesia yang tropis sehingga curah hujan dan masukan air tawar dari sungai dapat mengurangi kemurnian NaCl di laut. Hal yang menarik untuk dieksplorasi dari kandungan mineral garam dan proses ekstraksinya ialah unsur magnesium yang ada pada kandungan air limbah garam/air tua. Salah satunya adalah pembuatan magnesium hidroksida [$Mg(OH)_2$] atau yang dikenal dengan garam magnesium (Iegel et al., 2012; Perry, R. H., and Chilton, 1984).

Garam magnesium memiliki potensi ekonomis dan pasar komersial di sektor farmasi. Namun, untuk menekan biaya produksi dan meningkatkan nilai jual, dibutuhkan teknologi baru yang efisien dan optimal dalam hasil. Metode yang umum digunakan ialah dengan menambahkan soda api (NaOH) kedalam air tua untuk membentuk gel MgOH2. Proses selanjutnya ialah mencuci gel tersebut dengan air tawar untuk menghilangkan kandungan Nacl (Suprihatin, 2010). Selain proses tradisional tersebut juga di gunakan proses elektrokimia yang membutukan peralatan pada skala laboratorium (Amrulloh et al., 2020) Salah satu teknologi yang dapat digunakan ialah spray dryer (A. Mujamdar, 2011; Pilarska et al., 2011; Romita, 2011) dan sebagai terobosan dalam peningkatan harga garam magnesium dan biaya produksi yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan, manfaat, dan proses pembuatan garam magnesium dalam kapasitas produksi yang besar, serta hasil produk garam magnesium dari proses spray dryer itu sendiri. Penelitian disajikan pada bab sebagai berikut. Bab metodologi menjelaskan metode eksperimen, alat dan bahan. Hasil dari eksperimen dan analisanya disajikan pada bab hasil dan bab terakhir menjelaskan hasil dari eksperimen dan penjelasan terkait dengan tujuan penelitian. .

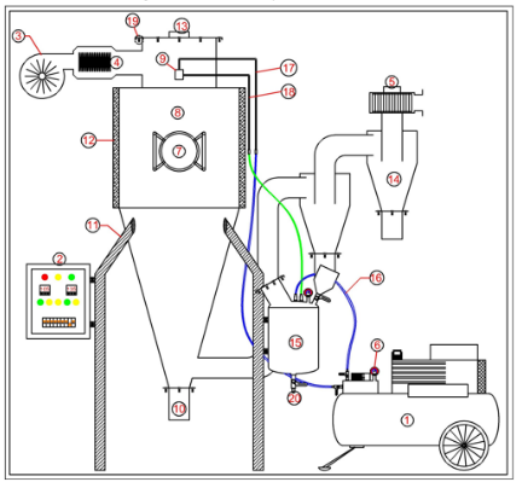
2. METODOLOGI

Metodologi penelitian merupakan sebuah kerangka dasar yang digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian. Kerangka ini berisi tahapan-tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini. Penelitian dimulai dengan mendesain alat spray dryer.

2.1 Perencanaan awal sistem spray dryer

2.1.1 Desain alat spray dryer

Alat spray dryer terdiri atas komponen mekanik blower, peralatan pemanas (heater dan peralatan untuk reaksi kimia. Peralatan ini didesain mengikuti peralatan proses kimia (chemical plant) yang efektif. (A. Mujamdar, 2011; A. S. Mujamdar, 2011).



Gambar 1. Desain alat spray dryer

Keterangan :

1. Kompressor 375 W/220 V
2. Kontrol panel
3. Blower hembus
4. Heater
5. Blower hisap
6. Pressure gauge
7. Jendela intai atas
8. Tabung spray dryer
9. Atomizer
10. Wadah tampung produk
11. Rangka bahan
12. Double wall
13. Jendela intai depan
14. Cyclone
15. Tangki bahan
16. Selang udara menuju tangki bahan baku
17. Selang udara menuju atomizer
18. Selang tangki bahan menuju atomizer
19. Mur – baut
20. Kran

2.1.2 Data awal

Direncanakan sebuah alat spray dryer dengan dimensi tabung pengering : tinggi 60 cm dan diameter 60 cm. Dan dimensi konis : tinggi 90 cm dan diameter 60 cm, dengan diameter pipa exhaust 4 inch. Sistem pengeringan menggunakan blower hembus 410 m^3/jam dengan efisiensi 80%. Temperatur udara pemanas diset sebesar 135^0C dan temperatur udara keluar sebesar 90^0C pada tekanan 1 atm. Kandungan garam dalam 1 liter air tua sebesar 30% dengan efisiensi spray dryer sebesar 98%. Selanjutnya menghitung kapasitas maksimal produksi air

tua atau laju volumetrik air tua pada desain spray dryer yang sudah direncanakan.

2.1.3 Perhitungan laju maksimal aliran massa air tua

Dengan diketahui perhitungan volume spesifik sebesar 4,3673 m^3/kg dan entalpi kelembapan 0,027718 kg H_2O/kg udara, berarti 4,3673 m^3 udara membawa uap air sebanyak 0,027718 kg, sehingga didapatkan laju maksimal aliran massa air tua sebesar :

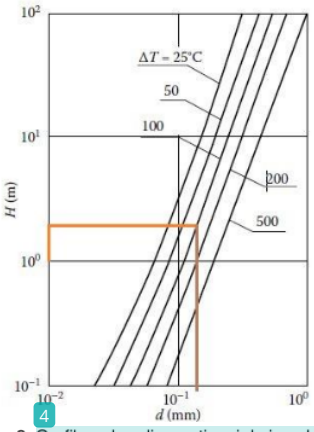
Q_f = (80% x $\dot{M}_b$: Y) x v
$\dot{M}_b$ = 80% x 410 m^3/jam : (4,3673 m^3 udara : 0,027718 kg H_2O)
= 2,082 kg/jam
= 0,578 gram/detik
Qb = $\dot{M}_b : \rho$
= 2,082 kg/jam : 1025 kg/m^3
= 2,03 L/jam
= 0,564 mL/detik

2.1.4 Perhitungan hasil produksi garam dari spray dryer

Jika diketahui kandungan garam 30% dalam 1 liter air tua, dengan efisiensi spray dryer sebesar 98%. Maka dapat dihitung hasil produksi garam dengan menggunakan spray dryer. Diketahui laju volumetrik air tua sebesar 2,03 Liter dalam 1 jam. Sehingga didapatkan laju aliran massa garam dari 2,03 L air tua melalui proses spray dryer dengan efisiensi 98% adalah sebagai berikut :

M_{garam} = $V_b \times \rho \times 30\% \times 98\%$
= 2,03 dm^3 x 1025 kg/m^3 x 30% x 98%
= 0,6117 kg

2.1.5 Perhitungan ukuran droplet



Gambar 2. Grafik perbandingan tinggi drying chamber dengan diameter droplet.

Diketahui dimensi tabung pengering :

H_{tabung} = 1,5 m
$Ø_{tabung}$ = 0,6 m
H = H_{tabung} : $Ø_{tabung}$
= 2,5 m
$T_{udara\ panas}$ = 135^0C
$T_{air\ tua}$ = 28^0C
ΔT = 135 – 28
= 107^0C

Sehingga didapatkan diameter droplet yang diijinkan untuk masuk ke dalam tabung pengering berdasarkan pada grafik di atas adalah 0,235 mm atau 235 µm.

2.1.6 Perhitungan waktu tinggal droplet di dalam tabung pengering

Dengan menggunakan perhitungan di atas, maka didapatkan :

V_{tabung} = (Q_f + Q_b) x t
$t_{tinggal}$ = 0,28121m^3 : (0,113889 m^3/s + 3,417 x 10^{-6} m^3/s)
= 2,469 detik
= 2,5 detik

2.2 Pembuatan Bahan Baku Magnesium Hidroksida

Berdasarkan hasil uji laboratorium di Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, menunjukkan bahwa kandungan air tua pada 35^0Be dalam jumlah 1 Liter adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Konsentrasi mineral makro di dalam air tua 35^0Be

No	Parameter	Satuan	Hasil Analisa	Metode Analisa
1.	Natrium	mg/L Na	113.526,64	AAS
2.	Kalium	mg/L K	55,58	AAS
3.	Kalsium	mg/L Ca	1.428,56	Kompleksometri
4.	Magnesium	mg/L Mg	83.142,86	Kompleksometri
5.	Sulfat	mg/L SO_4	93.473,70	Spektrofotometri
6.	Klorida	mg/L Cl	175.000,00	Argentometri

Setelah diketahui kandungan mineral air tua dari hasil laboratorium, maka dapat dihitung konsentrasi senyawa di dalam air tua tersebut dengan menggunakan hukum Dalton. Maka didapatkan nilai massa yang terbentuk dengan perhitungan dan ditampilkan ke dalam tabel 2. Di bawah ini.

Tabel 2. Konsentrasi senyawa makro di dalam air tua 35^0Be

No	Senyawa	Konsentrasi (mg/L)
1	$MgSO_4$	112.351,70
2	NaCl	182.392,44
3	$MgCl_2$	112.120,96
4	KCl	82,01
5	$CaCl_2$	2.341,20
6	Cl murni	57.339,10

Berdasarkan tabel hasil perhitungan di atas, air tua mengandung senyawa $MgSO_4$ sebesar 112,352 gram, dan $MgCl_2$ sebesar

112,121 gram. Proses pembuatan magnesium hidroksida dengan cara penambahan campuran larutan NaOH ke dalam air tua. Dimana jumlah kadar NaOH berdasarkan hasil persamaan reaksi sebagai berikut :

$MgCl_2 + 2NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 + 2NaCl$ ...

.....(1)

$MgSO_4 + 2NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 + Na_2(SO)_4$ ...

.....(2)

$NaCl + 2NaOH \rightarrow NaCl + 2NaOH$ ...

.....(3)

$KCl + 2NaOH \rightarrow KCl + 2NaOH$ ...

.....(4)

Untuk pemberian jumlah campuran soda api atau NaOH ke dalam air tua, didasarkan dari jumlah konsentrasi senyawa terbesar antara $MgCl_2$ dan $MgSO_4$, serta dilihat dari persamaan reaksi kimia sebagai berikut :

$MgCl_2$ (112,12 gr) + 2NaOH (112,352 gr) $\rightarrow Mg(OH)_2$ + 2NaCl.....(1)

$MgSO_4$ (112,352gr) + 2NaOH (112,352gr) $\rightarrow$ $Mg(OH)_2$ + $Na_2(SO)$.....(2)

Sehingga hasil reaksi persamaan 1 dapat ditentukan dari perhitungan di bawah ini :

m ($MgCl_2$) = 112,12 gram
Mr ($MgCl_2$) = (N x Ar Mg) + (N x Ar Cl)
= (1 x 24,31) + (2 x 35,45)
= 95,21 g/mol
n ($MgCl_2$) = m : Mr
= 112,12 : 95,21
= 1,1776 mol
Molaritas = n : V
= 1,1776 mol : 1 Liter
= 1,1776 M
m (2NaOH) kadar 98% = 2 x (98% x 112,352 gram)
= 220,209 gram
Mr (NaOH) = (N x Ar Na) + (N x Ar O) + (N x Ar H)
= (2 x 22,99) + (2 x 16) + (2 x 1,008)
= 79,996 g/mol
n (NaOH) = m : Mr
= 220,209 : 79,996
= 2,753 mol
Molaritas = n : V
= 2,753 : 1 Liter
= 2,753 M

Kemudian memeriksa pereaksi sebagai pembatas reaksi :

1. Jika ($MgCl_2$) sebanyak 1,1776 mol habis bereaksi, maka dibutuhkan NaOH sebanyak = (2/1) x 1,1776 mol = 2,3552 mol. Karena jumlah mol NaOH yang ada sebanyak 2,753 mol, maka reaksi yang menyebabkan ($MgCl_2$) habis bereaksi dapat berlangsung.
2. Jika NaOH sebanyak 2,753 mol habis bereaksi, maka dibutuhkan ($MgCl_2$) sebanyak = (1/2) x 2,753 mol = 1,3765 mol. Karena jumlah mol ($MgCl_2$) yang ada sebanyak 1,1776 mol, maka reaksi yang menyebabkan NaOH habis bereaksi tidak dapat berlangsung.

Karena NaOH yang ada mencukupi kebutuhan untuk menghabiskan ($MgCl_2$), maka reaksi tersebut lebih mungkin berlangsung. Jadi ($MgCl_2$) sebagai zat pembatas reaksi, sehingga :

n ($MgCl_2$) = n ($Mg(OH)_2$) + n (NaCl)
1 x 1,1776 = 1 ($Mg(OH)_2$) + 2 (NaCl)
$Mg(OH)_2$ = (1/3) x 1,1776
= 0,39253 mol
2NaCl = 1,1776 – 0,39253
= 0,78507 mol

Sehingga didapatkan persamaan massa $Mg(OH)_2$+2NaCl sebagai berikut :

Mr ($Mg(OH)_2$) = (N x Ar Mg) + (N x Ar O) +(N x Ar H)
= (1 x 24,31) + (2 x 16) + (2 x 1,008)
= 57,318 g/mol
m ($Mg(OH)_2$) = n x Mr
= 0,39253 mol x 57,318 g/mol
= 22,499 gram
Mr (NaCl) = (N x Ar Na) + (N x Ar Cl)
= (2 x 22,99) + (2 x 35,45)
= 116,88 g/mol
m (NaCl) = n x Mr
= 0,78507 mol x 116,88 g/mol
= 91,759 gram

Hasil reaksi persamaan 2 dapat ditentukan dari perhitungan di bawah ini :

m ($MgSO_4$) = 112,352 gram
Mr ($MgSO_4$) = (N x Ar Mg) + (N x Ar S) + (N x Ar O)
= (1 x 24,31) + (1 x 32,06) + (4 x 16)
= 120,37 g/mol
n ($MgSO_4$) = m : Mr
= 112,352 : 120,37
= 0,93339 mol
Molaritas = n : V
= 0,93339 mol : 1 Liter
= 0,93339 M
m (2NaOH) kadar 98% = 2 x (98% x 112,352 gram)
= 220,209 gram
Mr (NaOH) = (N x Ar Na) + (N x Ar O) + (N x Ar H)
= (2 x 22,99) + (2 x 16) + (2 x 1,008)
= 79,996 g/mol
n (NaOH) = m : Mr

= 220,209 : 79,996
= 2,753 mol

Molaritas = n : V
= 2,753 : 1 Liter
= 2,753 M

Kemudian memeriksa pereaksi sebagai pembatas reaksi :

1. Jika ($MgSO_4$) sebanyak 0,93339 mol habis bereaksi, maka dibutuhkan NaOH sebanyak = (2/1) x 0,93339 mol = 1,86678 mol. Karena jumlah mol NaOH yang ada sebanyak 2,753 mol, maka reaksi yang menyebabkan ($MgSO_4$) habis bereaksi dapat berlangsung.
2. Jika NaOH sebanyak 2,753 mol habis bereaksi, maka dibutuhkan ($MgSO_4$) sebanyak = (1/2) x 2,753 mol = 1,3765 mol. Karena jumlah mol ($MgSO_4$) yang ada sebanyak 0,93339 mol, maka reaksi yang menyebabkan NaOH habis bereaksi tidak dapat berlangsung.

Karena NaOH yang ada mencukupi kebutuhan untuk menghabiskan ($MgSO_4$), maka reaksi tersebut lebih mungkin berlangsung. Jadi ($MgSO_4$) sebagai zat pembatas reaksi, sehingga :

n ($MgSO_4$) = n ($Mg(OH)_2$) + n ($Na_2(SO)_4$)
1 x 0,93339 = 1 ($Mg(OH)_2$) + 1 ($Na_2(SO)_4$)
$Mg(OH)_2$ = (1/2) x 0,93339
= 0,466695 mol
$Na_2(SO)_4$ = $Mg(OH)_2$
= 0,466695 mol

Sehingga didapatkan persamaan massa $Mg(OH)_2$ + $Na_2(SO)_4$ sebagai berikut:

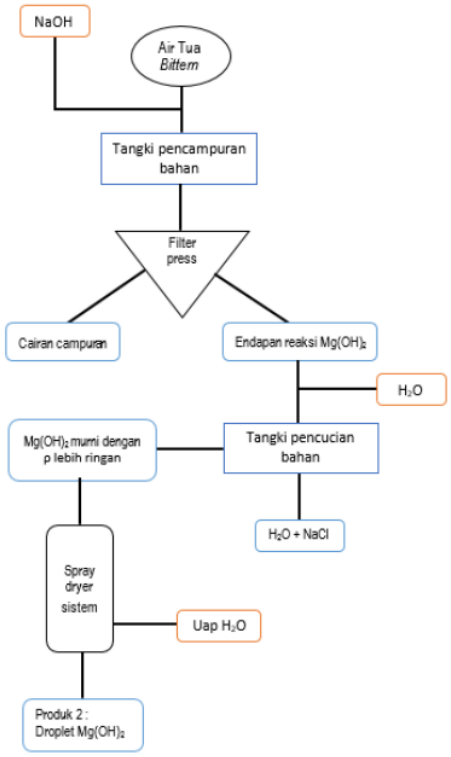
Mr ($Mg(OH)_2$) = (N x Ar Mg) + (N x Ar O) +(N x Ar H)
= (1 x 24,31) + (2 x 16) + (2 x 1,008)
= 57,318 g/mol
m ($Mg(OH)_2$) = n x Mr
= 0,466695 mol x 57,318 g/mol
= 26,75 gram
Mr $Na_2(SO)_4$ = (N x Ar Na) + (N x Ar S) + (N x Ar O)
= (2 x 22,99) + (1 x 32,06) + (4 x 16)
= 142,04 g/mol
m (NaCl) = n x Mr
= 0,466695 mol x 142,04 g/mol
= 66,289 gram

Tabel 3. Konsentrasi senyawa makro hasil Perhitungan

Senyawa	Jumlah mol	Konsentrasi (mg/L)	Total (mg/L)
$Mg(OH)_2$	0,8592	49.249	
2NaCl	0,785	91.759	207.297
$Na_2(SO)_4$	0,4667	66.289	

Pencampuran air tua dan soda api (NaOH) dilakukan dengan cara mengaduk larutan tersebut sampai soda api (NaOH) benar-benar terlarut. Proses pengadukan larutan dapat dilakukan selama kurun waktu 30 menit atau lebih, tergantung jumlah campuran yang akan dilarutkan di dalam air tua. Kemudian larutan diendapkan selama satu jam lebih agar menghasilkan endapan magnesium hidroksida. Hasil reaksi yang dihasilkan adalah endapan $Mg(OH)_2$, H_2O, NaCl, Na_2SO_4, dan KCl.

2.3 Diagram alir pembuatan magnesium hidroksida [$Mg(OH)_2$]



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah didapatkan bahan baku magnesium hidroksida, langkah selanjutnya adalah persiapan uji coba spray dryer. Hal yang perlu diperhatikan adalah pengecekan fungsi kerja bagian-bagian alat agar pada saat running, spray dryer dapat bekerja secara maksimal. Uji percobaan spray dryer juga dilakukan pengamatan dan pengambilan data berdasarkan waktu. Data yang telah didapatkan dibutuhkan untuk menganalisa kerja spray dryer dalam menghasilkan produk garam magnesium hidroksida. Data yang diambil adalah Temperatur udara masuk, Temperatur dalam tabung, Temperatur udara keluar, Tekanan tangki bahan, dan Tekanan udara atomizer.

3.1 Pengambilan data uji percobaan pada spray dryer

Percobaan ini ditujukan untuk mengetahui laju penguapan yang dihasilkan dalam perpaduan

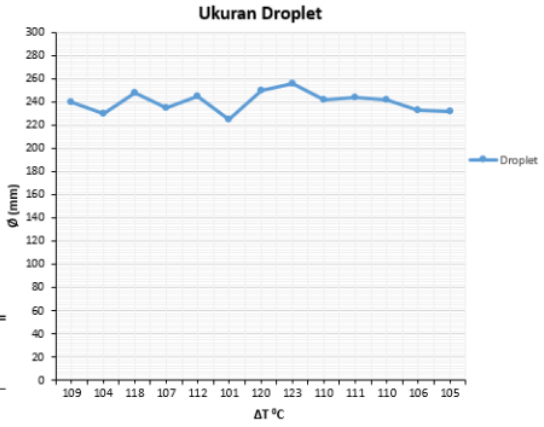
antara besaran suhu tabung dengan penyetelan pengkabutan atomizer. Sehingga dapat diketahui pengaruh ukuran droplet yang dikabutkan dengan perbedaan suhu antara suhu udara pemanas dengan suhu air tua dan perbandingan antara tinggi dengan diameter tabung pengering. Dalam percobaan menggunakan tiga termometer untuk mengetahui suhu udara pemanas yang dihasilkan oleh blower, suhu udara di dalam tabung, dan suhu udara keluar dari cyclone.

Tabel 4. Temperatur dan tekanan spray dryer terhadap pengkabutan atomizer.

No	T_{Inlet} ^0C	T_{Tabung} ^0C	$T_{Exhaust}$ ^0C	$P_{Tangki\ bahan}$ (psi)	$P_{Sprayer}$ (psi)	Waktu (menit)
1	57	137	90	43	80	00:05
2	64	132	93	42	90	00:10
3	70	146	94	60	90	00:20
4	53	135	91	64	90	00:30
5	51	140	89	70	80	00:40
6	71	129	81	54	90	00:50
7	75	148	87	50	90	00:60
8	60	151	87	48	110	00:70
9	49	138	85	42	85	00:80
10	70	139	90	50	90	00:90
11	82	138	90	66	80	00:100
12	77	134	86	68	80	00:110
13	83	133	98	66	75	00:120

Tabel 5. Ukuran droplet terhadap perbedaan temperatur pada $H = 2,5\ m$

No.	T_{inlet} ^0C	$T_{air\ tua}$ ^0C	ΔT	Ø (mm)	Ø ($1x10^{-3}$ mm)
1	137	28	109	0.240	240
2	132	28	104	0.230	230
3	146	28	118	0.248	248
4	135	28	107	0.235	235
5	140	28	112	0.245	245
6	129	28	101	0.225	225
7	148	28	120	0.250	250
8	151	28	123	0.256	256
9	138	28	110	0.242	242
10	139	28	111	0.244	244
11	138	28	110	0.242	242
12	134	28	106	0.233	233
13	133	28	105	0.232	232



Gambar 4. Diameter droplet terhadap perbedaan temperatur pada $H = 2,5$ m

Dari data yang didapatkan dari hasil percobaan dan digambarkan pada grafik, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi perbedaan suhu udara pemanas yang diberikan ke dalam sistem terhadap suhu awal droplet sangat berpengaruh terhadap ukuran diameter pengkabutan droplet yang diijinkan masuk ke dalam tabung pengering. Hal ini disesuaikan dengan laju penguapan droplet untuk melepas H_2O dimana sebanding dengan kalor yang diserap dari dalam tabung pengering. Besaran kalor yang ada di dalam tabung pengering tergantung dari besar kecilnya perbedaan suhu antara udara pemanas dengan suhu awal droplet dan sebanding dengan volumenya. Jika diameter droplet yang dikabutkan lebih besar daripada ukuran diameter droplet pada grafik di atas, maka ada kemungkinan penguapan pada droplet tidak sempurna seperti hasil penguapan masih mengandung air. Hal ini disebabkan H_{tabung} spray dryer tetap sehingga jarak yang dibutuhkan droplet untuk melepas H_2O tidak cukup.

Langkah selanjutnya adalah menganalisa kerja atomizer dalam menghasilkan droplet yang direncanakan. Pada percobaan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa laju aliran massa bahan air tua adalah 1,5 L/jam, sehingga dapat dihitung kalor yang dibutuhkan dalam proses penguapan atau pelepasan H_2O pada droplet. Perhitungan ini menunjukkan kalor, perbedaan suhu, dan massa bahan yang dibutuhkan dalam sistem spray dryer sesuai dengan perencanaan awal.

Diketahui :

Q_b = 1,5 L/jam
= 0,000417 L/detik
ρ = 0,000767 kg/L
c_p = 1867 J/kg.K
V = 4,3673 m^3/kg
ΔT = 135^0 - 28^0C

= 107^0C

Sehingga didapatkan laju aliran massa bahan sebesar :

$\dot{M}_b$ = Q_b : V

= 0,000417 L/detik : 4,3673 m^3/kg

= 9,548 x 10^{-8} kg/s

Maka dapat dihitung daya yang dibutuhkan untuk proses penguapan droplet sebesar :

$\dot{q}_b$ = ΔT x $\dot{M}_b$ x c_p

= 107^0C x 9,548 x 10^{-8} kg/s x 1867 J/kg.K

= 0,0190592 Watt (Joule/second)

Kemudian mencari massa droplet dalam 1 detik :

m_b = Q_b x ρ x t

= 0,000417 L/detik x 0,000767 kg/L x 1 detik

= 0,0003196 gram

Setelah didapatkan massa bahan selama 1 detik, maka dapat diketahui kebutuhan kalor dalam proses penguapan selama 1 detik :

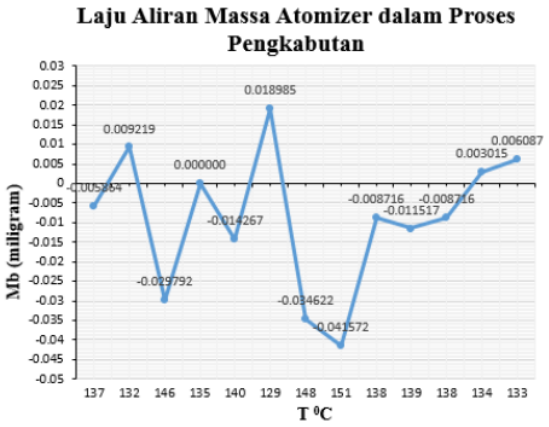
q_b = ΔT x m_b x c_p

= 107^0C x 3,196 x 10^{-7} kg/s x 1867 J/kg.K

= 0,06384 Joule

Tabel 6. Laju aliran massa pada atomizer

No	ΔT	c_p (J/kg.K)	q (Joule)	m_b (g) spray	m_b (g) normal	Δm_b (mg)
1	109	1867	0.0638	0.000314	0.000320	-0.005864
2	104	1867	0.0638	0.000329	0.000320	0.009219
3	118	1867	0.0638	0.000290	0.000320	-0.029792
4	107	1867	0.0638	0.000320	0.000320	0.000000
5	112	1867	0.0638	0.000305	0.000320	-0.014267
6	101	1867	0.0638	0.000339	0.000320	0.018985
7	120	1867	0.0638	0.000285	0.000320	-0.034622
8	123	1867	0.0638	0.000278	0.000320	-0.041572
9	110	1867	0.0638	0.000311	0.000320	-0.008716
10	111	1867	0.0638	0.000308	0.000320	-0.011517
11	110	1867	0.0638	0.000311	0.000320	-0.008716
12	106	1867	0.0638	0.000323	0.000320	0.003015
13	105	1867	0.0638	0.000326	0.000320	0.006087



Gambar 5. Grafik laju aliran massa atomizer dalam proses pengkabutan

Dari data yang didapatkan dari hasil percobaan dan digambarkan pada grafik, dapat disimpulkan bahwa pengkabutan atomizer tidak stabil, sedangkan kalor dan laju aliran massa udara yang diberikan ke dalam sistem di atur stabil / konstan. Pengkabutan yang tidak stabil dapat berpengaruh terhadap hasil droplet yang dikeringkan. Jika pengkabutan air tua terlalu besar, maka kebutuhan kalor untuk proses penguapan H_2O meningkat dan melebihi kalor yang diberikan ke dalam sistem, sehingga pelepasan H_2O pada droplet tidak sempurna. Hasil produk akan terlihat basah. Sedangkan jika pengkabutan air tua masih dalam range kapasitas yang direncaranakan dan kebutuhan kalor untuk proses penguapan H_2O masih dapat ditoleransi dari kalor yang diberikan ke dalam sistem, maka pelepasan H_2O pada droplet dapat berjalan sempurna. Sehingga hasil produk terlihat kering. Setelah diketahui diameter droplet dari "Grafik perbandingan tinggi drying chamber dengan diameter droplet" yakni sebesar 0,256 mm, maka dapat diketahui volume dari droplet tersebut sebesar :

$Ø_{droplet}$ = 0,256 mm

$V_{droplet}$ = 4/3 x π x r^3

= 0,00878 mm^3

Sehingga didapatkan jumlah droplet sebanyak :

n droplet = Q_b : $V_{droplet}$

= 0,000417 L/detik : 0,00878 mm^3

= 47456 butir/detik

$m_{droplet}$ = $V_{droplet}$ x ρ

= 0,00878 mm^3 x 0,000767 kg/L

= 6,734 x 10^{-6} mg

Jika diasumsikan massa H_2O adalah 60% dari total volume droplet maka didapatkan :

$V_{H2O\ droplet}$ = 60% x $V_{droplet}$

= 60% x 0,00878 mm^3

$= 0{,}005268\ mm^3$

$m_{H2O\ droplet} = V_{H2O\ droplet} \times \rho$

$= 0{,}005268\ mm^3 \times 0{,}000767\ kg/L$

$= 4{,}041 \times 10^{-6}\ mg$

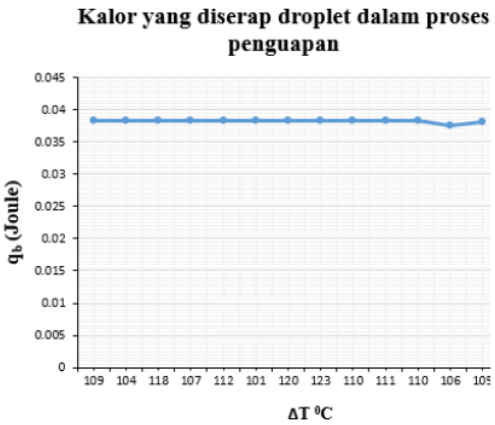
Sehingga didapatkan kebutuhan kalor selama 1 detik sebesar:

$q_{droplet} = \Delta T \times m \times c_p$

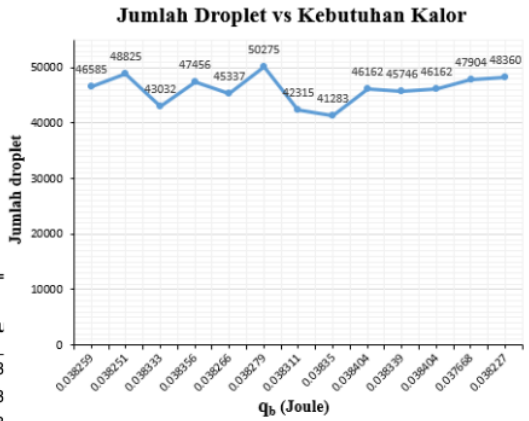
$= 8{,}072 \times 10^{-7}$ Joule

Tabel 7. Kalor yang diserap pada proses penguapan droplet

No	ΔT	m_b (mg) spray	Jumlah droplet	$V_{droplet}$ (mL)	V 60% H_2O (mL)	m H_2O (mg)	q (Jou
1	109	0.314	46585	0.4090	0.2454	0.188	0.03
2	104	0.329	48825	0.4286	0.2572	0.197	0.03
3	118	0.290	43032	0.3778	0.2266	0.174	0.03
4	107	0.320	47456	0.4166	0.2500	0.192	0.03835
5	112	0.305	45337	0.3980	0.2388	0.183	0.03826
6	101	0.339	50275	0.4414	0.2648	0.203	0.03827
7	120	0.285	42315	0.3715	0.2229	0.171	0.03831
8	123	0.278	41283	0.3624	0.2174	0.167	0.03835
9	110	0.311	46162	0.4053	0.2431	0.187	0.03840
10	111	0.308	45746	0.4016	0.2409	0.185	0.03833
11	110	0.311	46162	0.4053	0.2431	0.187	0.03840
12	106	0.323	47904	0.4206	0.2523	0.194	0.03766
13	105	0.326	48360	0.4246	0.2547	0.195	0.03822



Gambar 6.Grafik kebutuhan kalor pada proses pengkabutan atomizer



Gambar 7. Grafik jumlah droplet vs kebutuhan kalor

Dari data yang didapatkan dari hasil percobaan dan digambarkan pada grafik, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan kalor yang dibutuhkan untuk proses penguapan H_2O masih dapat dipenuhi oleh sistem. Dilihat pada gambar 6. Menunjukkan kestabilan energi panas yang diserap oleh H_2O untuk berubah fase menjadi uap air. Walaupun terdapat kenaikan dan penurunan energi panas yang tidak begitu signifikan, tetapi masih dapat ditoleransi dalam perencanaan sistem spray dryer.

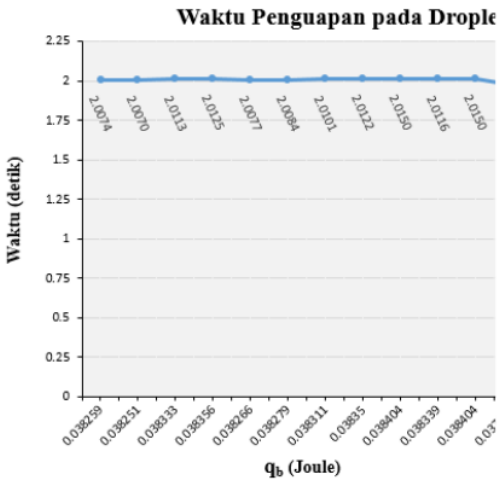
Kemudian pada gambar 7. Dapat diketahui bahwa adanya ketidakstabilan dalam pengkabutan air tua oleh atomizer. Gambar grafik tersebut menunjukkan bahwa jumlah droplet yang dikabutkan oleh atomizer menghasilkan perbedaan yang signifikan. Akan tetapi jika dibandingkan antara gambar 6 dengan gambar 7. Dapat disimpulkan bahwa ketidakstabilan pengkabutan atomizer dalam menghasilkan jumlah droplet masih dapat ditoleransi oleh sistem karena dengan melihat kebutuhan kalor yang diserap oleh H_2O dalam proses penguapan masih terlihat stabil.

Selain itu faktor penting lainnya adalah ukuran droplet dari hasil pengkabutan atomizer. Jika ukuran droplet dari hasil pengkabutan atomizer melebihi gambar 2. "Grafik perbandingan tinggi drying chamber dengan diameter droplet" maka proses pengeringan droplet tidak berjalan sempurna walaupun jumlah droplet yang dikabutkan lebih sedikit dari perencanaan desain spray dryer. Hal ini dikarenakan semakin besar ukuran droplet yang dikabutkan maka waktu yang dibutuhkan untuk proses penguapan akan berjalan semakin lama dan begitu juga sebaliknya.

Tabel 8. Waktu penguapan droplet

No	ΔT	Jumlah droplet	m H_2O (mg)	q (Joule)	q̇ (Watt)	t (detik)

1	109	46585	0.188	0.038259	0.01905	2.0074
2	104	48825	0.197	0.038251	0.01905	2.0070
3	118	43032	0.174	0.038333	0.01905	2.0113
4	107	47456	0.192	0.038356	0.01905	2.0125
5	112	45337	0.183	0.038266	0.01905	2.0077
6	101	50275	0.203	0.038279	0.01905	2.0084
7	120	42315	0.171	0.038311	0.01905	2.0101
8	151	41283	0.167	0.038350	0.01905	2.0122
9	138	46162	0.187	0.038404	0.01905	2.0150
10	139	45746	0.185	0.038339	0.01905	2.0116
11	138	46162	0.187	0.038404	0.01905	2.0150
12	134	47904	0.194	0.037668	0.01905	1.9764
13	133	48360	0.195	0.038227	0.01905	2.0057



Gambar 8. Grafik waktu penguapan pada droplet

Dari data yang didapatkan dari hasil percobaan dan digambarkan pada grafik, dapat dilihat bahwa waktu yang dibutuhkan untuk proses penguapan oleh droplet dalam sistem spray dryer adalah rata-rata 2 detik. Sedangkan dari hasil perhitungan waktu tinggal bahan di dalam tabung pengering spray dryer berkisar 2,5 detik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penguapan droplet untuk melepaskan H_2O semua terjadi di dalam tabung pengering, walaupun diketahui pada gambar 7. "Grafik jumlah droplet vs kebutuhan kalor" menunjukkan jumlah droplet yang dikabutkan tidak stabil. Besar kecilnya waktu yang dibutuhkan dalam proses penguapan dipengaruhi oleh kandungan H_2O dari droplet, jumlah droplet yang dikabutkan, dan ukuran droplet yang dihasilkan oleh atomizer.

4. KESIMPULAN

1. Ketidakstabilan suhu antara suhu udara pemanas dan suhu udara di dalam tabung terhadap suhu keluarannya, disebabkan karena ketidakstabilan atomizer dalam mengkabutkan bahan baku magnesium hidroksida. Sehingga sangat penting dalam hal pemilihan atomizer yang cocok dalam menghasilkan pengkabutan air tua yang stabil dan fleksibel dapat dikontrol.
2. Perbedaan suhu antara suhu udara pemanas dengan suhu awal droplet berpengaruh terhadap diameter pengkabutan droplet yang diijinkan untuk masuk ke dalam tabung pengering. Dimana H_{tabung} spray dryer adalah tetap sehingga kalor yang dibutuhkan untuk laju penguapan tergantung dari besar kecilnya suhu udara pemanas yang dihasilkan.
3. Grafik laju aliran massa atomizer menunjukkan tidak stabilnya pengkabutan air tua, dimana juga mempengaruhi jumlah droplet yang dihasilkan. Akan tetapi pada grafik kalor yang diserap droplet dalam proses penguapan menunjukkan tidak adanya perubahan yang signifikan. Artinya kalor yang diberikan ke dalam tabung pengering memenuhi kebutuhan kalor untuk penguapan pada droplet.
4. Waktu yang dibutuhkan untuk proses penguapan droplet dalam sistem spray dryer adalah rata-rata 2 detik. Sedangkan dari hasil perhitungan waktu tinggal bahan di dalam tabung pengering spray dryer berkisar 2,5 detik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penguapan dari droplet untuk melepaskan H_2O semua terjadi di dalam tabung pengering. Walaupun diketahui pada gambar 7. "Grafik jumlah droplet vs kebutuhan kalor" menunjukkan jumlah droplet yang dikabutkan tidak stabil. Besar kecilnya waktu yang dibutuhkan dalam proses penguapan dipengaruhi oleh kandungan H_2O dari droplet, jumlah droplet yang dikabutkan, dan ukuran droplet yang dihasilkan oleh atomizer.
5. Teknologi spray dryer sangat cocok digunakan untuk pembuatan magnesium hidroksida. Dimana memiliki keunggulan seperti kecepatan dalam proses penguapan, kapasitas produksi dapat disesuaikan, dan kualitas produk yang dihasilkan sangat baik. Sedangkan kelemahannya adalah biaya pembuatan dan operasional yang tinggi. Tetapi biaya pembuatan dan operasional yang tinggi

tersebut masih dapat ditoleransi dengan harga jual magnesium hidroksida yang mahal.

Saran

Perlu dilakukan percobaan spray dryer kembali dengan penggantian atomizer yang lebih stabil dan fleksibel dapat dikontrol laju aliran massanya sehingga kualitas produk hasil pengeringan magnesium hidroksida diharapkan lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

Amrulloh, H., Simanjuntak, W., Situmeang, R. T. M., Sagala, S. L., Bramawanto, R., Fatiqin, A., Nahrowi, R., & Zuniati, M. (2020). Preparation of nano-magnesium oxide from Indonesia local seawater bittern using the electrochemical method. *Inorganic and Nano-Metal Chemistry*, *50*(8), 693–698. https://doi.org/10.1080/24701556.2020.1724146

Bramawanto, R., & Abida, R. F. (2017). Tinjauan Aspek Klimatologi (Enso Dan Iod) Dan Dampaknya Terhadap Produksi Garam Indonesia. *Jurnal Kelautan Nasional*, *12*(2), 91. https://doi.org/10.15578/jkn.v12i2.6061

Iegel, H. A. S., Aktiengesellschaft, B., & Republic, S. (2012). Magnesium Compunds. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.Weinheim: Wiley-VCH*. https://doi.org/10.1002/14356007.a15

Kadarwati, U. R., Ratnawati, H. I., Prabawa, F. Y., Hidayat, W., Hendrajana, B., Dewi, L. C. (2011). *Kajian Pengolahan Limbah Garam (Bittern) untuk Senyawa Magnesium*.

Kadarwati, U. R., Ratnawati, H. I., Puspita, C. D., Hidayat, W. (2010). Studi Potensi Bittern pada Tambak Garam Rakyat. Laporan Akhir Tahun 2010. In *Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir. Badan Litbang Kelautan dan Perikanan. Jakarta*.

Kashcheev, I. D., Zemlyanoy, K. G., Doronin, A. V., & Valieva, L. B. (2020). Development of Magnesian Cement Producing Technology on the Ural Region Raw Materials Basis. *KnE Materials Science*, *2020*, 96–100. https://doi.org/10.18502/kms.v6i1.8050

Machado, A. P., Arcaro, S., Raupp-Pereira, F., Bergmann, C. P., & Montedo, O. R. K. (2021). Chemically-bonded magnesium phosphate ceramics from magnesium oxide-graphite refractory brick waste. *Materials Research*, *24*(5). https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2021-0162

Mujamdar, A. (2011). *Industrial Drying Principles and Practice*. Transport Process Research. Singapore.

Mujamdar, A. S. (2011). *Handbook of Industrial Drying Fourth Edition* (4th ed.). CRC Press by Taylor & Francis Group. New York.

Perikanan, K. kelautan dan. (2017). *Data Jumlah Pulau Di Indonesia*. https://kkp.go.id/djprl/p4k/page/4270-jumlah-pulau

Perry, R. H., and Chilton, C. H. (1984). *Chemical Engineer's Handbook*. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd, Tokyo.

Pilarska, A., Markiewicz, E., Ciesielczyk, F., & Jesionowski, T. (2011). The influence of Spray Drying on the dispersive and physicochemical properties of Magnesium Oxide. *Drying Technology*, *29*(10), 1210–1218. https://doi.org/10.1080/07373937.2011.579698

Qoyyima, D., & Jumaeri, J. (2021). Modification of Magnesium Oxide from Bittern Waste with Strontium Oxide for Palm Oil Transesterification Process. *Indonesian Journal of Chemical Science*, *10*(2). https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs/article/view/50033

Romita, D. (2011). *Spray Drying Based Technologies for the Double Fortification of Salt with Iron and Iodine by Spray Drying Based Technologies for the Double Fortification of Salt with Iron and Iodine*. 24–25. https://tspace.library.utoronto.ca/handle/1807/29607

Saepuloh, D., Ramdhan, M., Bramawanto, R., & Suryo Sukoraharjo, S. (2019). Metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System Pada Aplikasi Sistem Cerdas Pendugaan Produksi Garam. *Jurnal Kelautan Nasional*, *14*(2). https://doi.org/10.15578/jkn.v14i2.7910

Suprihatin. (2010). PEMANFAATAN AIR LAUT PADA PEMBUATAN Mg (OH) 2 DENGAN PENAMBAHAN Ca (OH) 2 DARI DOLOMIT Suprihatin. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, *10*, 19–23.

Hariyanto Triwibowo,ST 55819110004

ORIGINALITY REPORT

17%	16%	7%	4%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	pusriskel.litbang.kkp.go.id Internet Source	5%
2	repository.its.ac.id Internet Source	1%
3	Dipankar Chakrabarti, Asit K. De, A. Harindranath. "Fermions in light front transverse lattice quantum chromodynamics", Pramana, 2003 Publication	1%
4	docplayer.info Internet Source	1%
5	link.springer.com Internet Source	1%
6	journal.unismuh.ac.id Internet Source	1%
7	elar.urfu.ru Internet Source	1%
8	www.ajol.info Internet Source	1%

9	proceeding.unindra.ac.id Internet Source	1 %
10	media.neliti.com Internet Source	1 %
11	journal.unnes.ac.id Internet Source	1 %
12	123dok.com Internet Source	<1 %
13	www.researchgate.net Internet Source	<1 %
14	www.scielo.br Internet Source	<1 %
15	ejurnal.bppt.go.id Internet Source	<1 %
16	mafiadoc.com Internet Source	<1 %
17	tspace.library.utoronto.ca Internet Source	<1 %
18	e-journal.uajy.ac.id Internet Source	<1 %
19	acid-base-titrations.blogspot.com Internet Source	<1 %
20	jurnal.untad.ac.id Internet Source	<1 %

21	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
22	garuda.ristekdikti.go.id Internet Source	<1 %
23	id.scribd.com Internet Source	<1 %
24	repository.penerbitwidina.com Internet Source	<1 %
25	www.jstage.jst.go.jp Internet Source	<1 %
26	es.scribd.com Internet Source	<1 %
27	idoc.pub Internet Source	<1 %
28	udin-reskiwahyudi.blogspot.com Internet Source	<1 %
29	Kamisah D. Pandiangan, Wasinton Simanjuntak, R. Supriyanto, Ilim Ilim, Ponco Prasetyo, Sutopo Hadi. "Production of Magnesium Oxides from Raw Salt Solution Using Electrochemical Precipitation Method as a Heterogeneous Catalyst for Transesterification of Coconut Oil", Revista de Chimie, 2020 Publication	<1 %

30 Rikha Bramawanto, Sophia L Sagala, Ifan R Suhelmi, Hari Prihatno. "Struktur dan Komposisi Tambak Teknologi Ulir Filter untuk Peningkatan Produksi Garam Rakyat", Jurnal Segara, 2015 <1%
Publication

Exclude quotes	Off	Exclude matches	Off
Exclude bibliography	Off		