



APLIKASI SPRAY DRYER UNTUK PENGERINGAN LARUTAN GARAM AMONIUM PERKHLORAT SEBAGAI BAHAN PROPELAN

Cynthia Anggi Maulina, Ahdayani Rosarrah, Mohammad Djaeni*)

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. Soedarto, SH. Semarang 50239, Telp/Fax : (024) 7460058

Abstrak

Ammonium perklorat (AP) merupakan oksidator anorganik yang paling banyak dipakai sebagai komponen propelan roket. Dalam penelitian ini, spray drying digunakan untuk menghasilkan kristal bulat AP dari larutannya. Cairan kental atau pasta dikeringkan dengan cara mengontakkan butiran-butiran cairan searah dengan udara panas. Cairan yang akan dikeringkan dilewatkan pada suatu nozzle sehingga keluar dalam bentuk butiran (droplet) yang sangat halus. Pada proses pengeringan ini digunakan garam sebagai pengganti Ammonium Perklorat. Metode pengeringan dengan spray dryer dilakukan 40 run dengan 4 variabel berubah, yaitu suhu inlet (80, 90, 100, 110, 120 °C), laju alir udara pengering (9,1 dan 16,3 m/s), Laju alir bahan 5,5 dan 5,8 ml/s serta konsentrasi bahan masuk (5, 10, 15, 20, 25 % garam). Proses pengeringan berlangsung selama 13 menit yang terbagi menjadi 3 menit waktu penyemprotan dan 10 menit waktu tinggal dalam kolom spray dryer. Pada suhu 80 °C, konsentrasi 20%, laju alir bahan 5,5 ml/s dan laju alir pengering 9,1 m/s didapatkan diameter partikel garam sebesar 67,144 µm kemudian dilakukan perhitungan similaritas menggunakan bilangan Weber, didapatkan diameter AP sebesar 42,79 µm. Sedangkan pada suhu 100 °C, konsentrasi 20%, dengan laju alir bahan dan laju alir pengering yang sama didapatkan diameter partikel garam sebesar 23,433 µm, kemudian dilakukan perhitungan similaritas menggunakan bilangan Weber, didapatkan diameter AP sebesar 13,877 µm. Dapat dilihat bahwa diameter AP yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan diameter partikel AP yang terdapat di LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional), berkisar antara 100-170 µm. Sehingga semakin tinggi konsentrasi larutan garam, maka diameter produk yang dihasilkan juga semakin besar. Sebaliknya, semakin tinggi suhu maka diameter produk yang dihasilkan semakin kecil. Perhitungan similaritas antara garam dan ammonium perklorat dengan bilangan weber menghasilkan profil grafik yang sama.

Kata kunci : spray dryer; ammonium perklorat; garam; suhu; laju alir; similaritas

Abstract

Ammonium perchlorate (AP) is an inorganic oxidizer that is widely used as a component of rocket propellants. In this research, spray drying was used to produce crystalline AP from its saturated solution. A method of spray dryer is viscous liquid or paste contacted with hot air co-currently. Fluid is passed at a nozzle and came out into the form of fine granules (droplet). Drying method was conducted to run 4 variables change, such as the inlet temperature (80, 90, 100, 110, 120 °C), flow rate air dryer (9.1 and 16.3 m/s), the material flow rate (5.5 and 5.8 ml/s) and material concentration (5, 10, 15, 20, 25% salt). The drying process lasts for 13 minutes and divided into 3 minutes of time spraying and 10 minutes for residence time in a spray dryer column. At a temperature of 80 °C, the concentration of 20%, material flow rate of 5.5 ml/s and air flow rate of 9.1 m/s obtained salt particle diameter of 67.144 µm then calculate similarity using Weber number, obtained AP diameter of 42.79 µm. While at a temperature of 100 °C, the concentration of 20%, with the same material and air flow rate, obtained dried salt particle diameter of 23.433 µm. Afterwards, similarity calculation using the Weber number obtained AP diameter 13.877 µm. It can be seen that the result of AP diameters smaller than the diameter of the particles in LAPAN (National Aeronautics and Space Institute), ranged between 100-170 µm. We can conclude that the higher concentration of salt solution, then the diameter of products are also getting bigger. The higher temperature then the diameter of products are getting smaller. Calculation of similarity both ammonium perchlorate and salt with the weber number has the same graph trends.

Key words : spray dryer; ammonium perchlorate; salt; temperature; flow rate; similarity

*) Penulis Penanggung Jawab (Email: mzaini98@gmail.com)



1. PENDAHULUAN

Ammonium perklorat (AP) merupakan oksidator anorganik yang paling banyak dipakai sebagai komponen propelan roket (Dotson,1993). Senyawa ini merupakan sumber oksigen yang baik tanpa meninggalkan residu pada saat oksidasi terhadap bahan bakar. (Price,1967).

Saat ini Indonesia belum memiliki kemandirian dalam produksi bahan ammonium perklorat ini, sehingga memperlemah posisi dan kemandirian pertahanan Indonesia. Kendala utama dalam produksi AP adalah belum dikuasanya sistem kristalisasi AP yang menghasilkan partikel yang memenuhi spesifikasi bahan bakar roket. Spesifikasi yang dimaksud adalah kital AP yang berbentuk bola dengan ukuran 100-150 μm . Dengan ukuran kecil dan bentuk bola ini efisiensi AP pada saat digunakan akan sangat tinggi dan resiko ledakan dapat dikurangi.

Metode *spray dryer* mengeringkan cairan kental atau pasta dengan cara mengontakkan butiran-butiran cairan dengan arah yang berlawanan atau searah dengan udara panas. Kecepatan umpan, suhu pengeringan dan kecepatan udara pengering dapat diatur sehingga dapat dioperasikan secara kontinyu untuk mencapai kapasitas tertentu. Pengcilan ukuran akan meningkatkan luas permukaan bahan sehingga akan mempercepat proses pengeluaran air. Metode pengeringan yang telah dikembangkan oleh industri pangan dan biasanya cocok untuk digunakan pada produk pangan tertentu adalah pengeringan semprot (Khotimah,2006). Pengeringan semprot (*spray drying*) cocok digunakan untuk pengeringan bahan cair, cairan yang akan dikeringkan dilewatkan pada suatu nozzle (semacam saringan bertekanan) sehingga keluar dalam bentuk butiran (*droplet*) cairan yang sangat halus. Butiran ini selanjutnya masuk kedalam ruang pengering yang dilewati oleh aliran udara panas (Rahayuningsih,dkk.2006). Evaporasi air akan berlangsung dalam hitungan detik meninggalkan bagian padatan produk dalam bentuk tepung.

Proses pengeringan dengan *spray dryer* mampu menghasilkan hasil berupa serbuk sehingga cukup baik sebagai pilihan untuk menggantikan proses pengeringan garam. *Spray dryer* menggunakan panas udara dengan kelembaban udara yang tinggi sehingga membutuhkan energi yang besar. Dalam penelitian ini akan dikaji mengenai pengaruh laju alir udara terhadap ukuran produk yang dihasilkan, pengaruh suhu dan tekanan udara terhadap ukuran produk yang dihasilkan dan pengaruh kondisi operasi tersebut terhadap kadar air akibat adanya perpindahan massa dan perpindahan panas yang terjadi dalam kolom *spray dryer*

2. MATERIAL DAN METODE

Pada proses pengeringan ini digunakan garam sebagai pengganti Ammonium Perklorat. Pada proses pengeringan garam dengan *spray dryer* dilakukan 20 run dengan 4 variabel berubah, yaitu suhu inlet (80,90,100,110,120 C), laju alir udara pengering (9,1 dan 16,3 m/s), Laju alir bahan (5,5 dan 5,8 ml/s) serta konsentrasi bahan masuk (5, 10, 15, 20, 25 % garam). Proses pengeringan berlangsung selama 13 menit yang terbagi menjadi 3 menit waktu penyemprotan dan 10 menit waktu tinggal dalam kolom *spray dryer*.

Untuk melengkapi data penelitian kami, dilakukan perhitungan densitas, viskositas dan tegangan muka dari garam dan ammonium perklorat. Densitas diukur dengan menggunakan picno meter, viskositas diukur dengan menggunakan viscosimeter Ostwald, dan tegangan muka diukur dengan menggunakan metode pipa kapiler. Perhitungan diameter garam yang dihasilkan menggunakan Scopeman Digital CDS Microscope MS-804 dengan perbesaran 400 kali. Sehingga dari data-data tersebut dapat dilakukan perhitungan diameter ammonium perklorat dengan metode similaritas menggunakan bilangan weber.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Kondisi Operasi Pada Proses Pengeringan Pada Berbagai Laju Alir

a. Pengaruh Kondisi Operasi Pada Proses Pengeringan Pada Berbagai Laju Alir Bahan

Pengeringan dalam *spray dryer* termasuk pengeringan secara langsung (*direct dryer*). Pengeringan terjadi secara konveksi (pengeringan langsung). Pada proses pengeringan air dari bahan basah diuapkan dengan media seperti gas atau

^{*)} Penulis Penanggung Jawab (Email: mzaini98@gmail.com)



udara dengan introduksi panas. Panas yang dibawa udara ini akan memanasi permukaan basah sehingga suhunya menjadi meningkat dan air akan teuapkan.

Semakin tinggi suhu udara pengering maka relative humidity udara akan semakin rendah sehingga menyebabkan transfer panas dan massa antara udara dan larutan garam akan semakin besar yang menyebabkan kadar air garam yang dihasilkan akan semakin berkurang. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar suhu maka kadar air dalam garam yang dihasilkan semakin berkurang. Percobaan ini sejalan dengan percobaan yang dilakukan dengan Luangmalawat (2007).

Semakin tinggi laju aliran bahan, maka jumlah air yang diuapkan akan lebih kecil sehingga produk yang dihasilkan akan memiliki kadar air yang tinggi. Hal ini karena aliran bahan yang berjalan lebih cepat akan menyebabkan kontak bahan dengan udara kering akan berlangsung lebih singkat sementara jumlah total air dalam larutan sama jumlahnya. Akibatnya jumlah air yang diuapkan akan lebih kecil daripada jika laju alir umpan yang digunakan lebih rendah.(Desmawarni, 2007)

Laju alir umpan yang rendah menghasilkan suhu outlet yang tinggi sedangkan laju alir umpan yang tinggi menghasilkan suhu outlet yang rendah. Hal ini berhubungan dengan laju transfer panasselama spray drying, dimana pada laju alir yang tinggi jumlah bahan yang dikeringkan lebih besar sehingga laju transfer panas yang terjadi lebih rendah daripada pada laju alir umpan yang lebih rendah. Pada suhu inlet yang sama, transfer panas yang berjalan lebih lambat mengakibatkan suhu outlet yang lebih rendah. (Yuliani, 2007)

b. Pengaruh Kondisi Operasi Pada Proses Pengeringan Pada Berbagai Laju Alir Pengering

Proses transfer massa pada proses pengeringan dipengaruhi oleh transfer momentum yaitu, laju alir udara pengering. Perubahan laju alir pengering merupakan proses transfer momentum yang berpengaruh terhadap kecepatan difusi panas dari udara kedalam molekul bahan sehingga meningkatkan temperature molekul didalam bahan. Peningkatan temperature didalam molekul air menyebabkan tekanan uap air didalam molekul bertambah sehingga air yang berada dalam bahan semakin mudah keluar dari molekul bahan (Dobry, *et all.* 2009).

Transfer panas antara partikel dan gas yang dikontakkan dapat dijelaaskan pada persamaan transfer panas berikut :

$$q = h_p A_p (T_p - T_g)$$

dimana,

- q = laju transfer panas (W)
- h_p = koefisien transfer panas (W/(m²K))
- A_p = Luas permukaan partikel (m²)
- T_p = Suhu Partikel (K)
- T_g = Suhu gas (K)

Laju transfer panas berbanding lurus dengan suhu, sehingga semakin tinggi suhu maka laju transfer panas akan semakin tinggi yang menyebabkan kadar air pada garam yang dihasilkan akan semakin rendah.

Bertambahnya kecepatan udara pengering akan meningkatkan difusi panas udara kedalam butiran-butiran umpan sehingga meningkatkan jumlah air yang dapat diuapkan. Hal ini dapat dilihat pada kecepatan udara pengering 16,3 m/s memiliki kadar air terendah pada setiap variabel suhu yang sama dibandingkan dengan laju udara pengering sebesar 9,10 m/s.

Drying Rate

Perhitungan laju pengering membutuhkan data hasil pengukur kadar air awal, kadar air akhir dan selang waktu diantaranya. Berdasarkan data-data tersebut laju pengeringan dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$N = \frac{m \times \Delta x}{A \times t}$$

^{*)} Penulis Penanggung Jawab (Email: mzaini98@gmail.com)



dimana

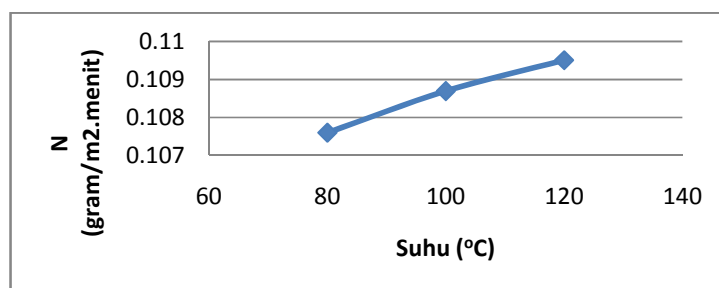
- N = laju penguapan air (gram/m²·menit)
M = massa partikel (gram)
 Δx = selisih kadar air awal dengan kadar air akhir
A = luas permukaan (m²)
T = waktu (menit)

Dari persamaan tersebut didapatkan data dalam table berikut

Table 3.1 Tabel Data Partikel pada Berbagai Suhu dengan Konsentrasi 20 %

Suhu (C)	x ₁	x ₂	Δx	Dp (μm)	volume (cm ³)	massa (gr)	A (m ²)	N
80	4	0.1111	3.88889	67.144	1.5842E-07	1.70931E-07	4.75249E-07	0.107592623
100	4	0.0714	3.9286	55.054	8.7326E-08	9.42251E-08	2.61979E-07	0.108691267
120	4	0.0420	3.95794	38.966	3.0962E-08	3.34085E-08	9.28875E-08	0.109503007

Sehingga didapatkan grafik sebagai berikut



Grafik 3.1 Hubungan antara suhu dengan laju penguapan air pada konsentrasi 20 % Ammonium Perchlorat

Pada percobaan ini dilakukan pada kondisi pengeringan konstan dan N (gram/m²·menit) merupakan laju penguapan air. Dari grafik 3.1 tersebut dapat dilihat bahwa laju pengeringan semakin meningkat dengan semakin tingginya suhu. Semakin tinggi suhu maka penguapan air akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan percobaan yang kami lakukan, yaitu semakin tinggi suhu maka kadar air produk akan semakin berkurang. Sehingga didapat kesimpulan bahwa semakin tinggi suhu maka laju penguapan air juga semakin meningkat yang menyebabkan semakin berkurangnya kadar air dalam produk.

3.2 Pengaruh Konsentrasi Larutan Garam Terhadap Kadar Air Produk

Kadar air yang tinggi pada bahan akan membuat proses pengeringan menjadi kurang maksimal, dimana butiran yang dihasilkan akan mempunyai kadar air yang tinggi. Sebaliknya jika kadar air pada bahan rendah, maka akan dihasilkan butiran produk dengan kadar air yang rendah. Hal ini dikarenakan pada percobaan ini diberikan perlakuan yang sama, yaitu waktu tinggal dalam kolom spray dryer selama 10 menit. Pada konsentrasi bahan yang rendah dibutuhkan waktu tinggal dalam kolom spray dryer lebih lama, agar transfer panas dan transfer momentum berjalan maksimal dan didapatkan kadar air dalam produk yang tidak terlalu tinggi.

3.3 Pengukuran Diameter Produk yang dihasilkan

a. Pengaruh Konsentrasi Larutan Terhadap Diameter Produk yang dihasilkan

Semakin tinggi konsentrasi larutan garam, maka diameter produk yang dihasilkan juga semakin besar. Hal ini dikarenakan adanya tegangan permukaan dalam larutan garam. Tegangan permukaan terjadi karena permukaan zat cair cenderung untuk menegang, sehingga permukaannya tampak seperti selaput tipis. Hal ini dipengaruhi oleh adanya gaya kohesi antara molekul air. Pada dasarnya tegangan permukaan suatu zat cair dipengaruhi oleh beberapa factor

^{*)} Penulis Penanggung Jawab (Email: mzaini98@gmail.com)

diantaranya suhu dan zat terlarut. Dimana keberadaan zat terlarut dalam suatu cairan akan mempengaruhi besarnya tegangan permukaan.(Hidayati, 2009)

Keberadaan zat terlarut dalam suatu cairan akan mempengaruhi tegangan permukaan. Penambahan zat terlarut akan meningkatkan viskositas larutan, sehingga tegangan permukaan akan bertambah besar. Sehingga, semakin besar konsentrasi zat terlarut maka tegangan permukaannya juga semakin besar.

Pada proses pengeringan, tegangan permukaan menyebabkan suatu perbedaan tekanan antara tetesan zat cair bagian dalam dan bagian luar. Tegangan permukaan menyebabkan lapisan cenderung untuk melakukan penyusutan atau mendapatkan luas permukaan terkecil karena bentuk ini dianggap mempunyai energi yang paling rendah (paling stabil). Sifat cenderung untuk memperkecil luas permukaan inilah yang menyebabkan tetesan-tetesan cairan berbentuk bulat. Tegangan permukaan tetesan air yang besar menyebabkan tetesan air tersebut menjadi stabil.

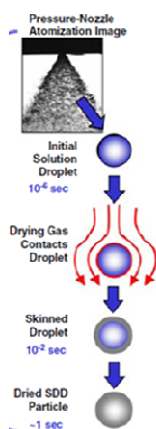
Namun dalam proses pengeringan dibutuhkan luas permukaan yang besar agar dapat mempercepat proses pengeringan karena semakin banyak luas permukaan yang mengalami kontak dengan udara panas (Mayani,dkk.2012). Sehingga, semakin besar konsentrasi larutan maka tegangan permukaannya akan semakin besar yang mengakibatkan proses pengeringan menjadi tidak maksimal maka diameter partikel semakin besar.

b. Pengaruh Suhu Operasi Terhadap diameter Produk yang dihasilkan

Semakin tinggi suhu operasi, maka diameter produk yang dihasilkan akan semakin kecil. Semakin tinggi suhu spray dryer yang digunakan untuk pengeringan larutan garam maka kadar air dari bubuk garam yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini disebabkan karena suhu pengeringan yang tinggi akan menguapkan air dalam Jumlah yang lebih besar sehingga kadar air bubuk garam yang dihasilkan akan lebih kecil.

Hal ini sejalan dengan teori kristalisasi dan evaporasi dimana evaporasi merupakan salah satu metode mencapai titik supersaturasi dalam proses kristalisasi. Panas yang diberikan untuk suatu produk basah dimaksudkan untuk mengubah air menjadi uap. Menurut Hall (1979) besarnya panas yang diberikan pada suatu produk tergantung dari suhu dan tekanan yang ada pada proses tersebut, penguapan air ini dapat terjadi pada kondisi tekanan atmosfer maupun pada kondisi vakum.

Penguapan merupakan proses yang melibatkan transfer panas dan transfer massa secara simultan. Dalam proses ini sebagian air akan diuapkan sehingga diperoleh suatu produk yang konsentrat (kristal). Suhu proses sangat berpengaruh terhadap proses penguapan untuk menghasilkan kristal. Semakin tinggi suhu maka penguapan air dalam bahan akan semakin tinggi. Proses pengurangan kadar air dalam bahan terus berlangsung dalam kurun waktu tertentu sampai didapat produk kristal dengan kadar air yang sangat kecil. Dalam penelitian kali ini dilakukan pengeringan dengan waktu konstan selama 13 menit, sehingga suhu operasi menjadi faktor yang paling berpengaruh dalam proses kristalisasi ini. Semakin tinggi suhu operasi maka penguapan kadar air semakin besar yang menyebabkan produk kristal yang dihasilkan memiliki diameter yang semakin kecil.



Gambar 3.1 Skema Pengeringan Droplet



Pernyataan ini sesuai dengan pendapat Desrosier (1988) yang menyatakan bahwa semakin tinggi suhu udara pengeringan maka semakin besar panas yang dibawa udara sehingga semakin banyak uap air yang diuapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan. Semakin banyak kandungan air yang diuapkan dalam proses pengeringan menyebabkan bubuk garam yang dihasilkan menjadi lebih kering dan cenderung memiliki diameter yang lebih kecil dibandingkan dengan bubuk garam yang masih memiliki kandungan air lebih tinggi yang dikarenakan suhu operasi yang relative lebih rendah.

3.4 Similaritas Ammonium Perkhlorat Terhadap Garam

Pada percobaan ini, digunakan garam sebagai replika Ammonium Perkhlorat. Setelah dilakukan percobaan pada spray dryer menggunakan garam, kami melakukan pengukuran eksperimental ukuran butiran Ammonium Perkhlorat dengan bilangan tak berdimensi Weber (Perry, 1997) :

$$\frac{d_p}{d_o} = \frac{q^2}{\sigma d_o^3}$$

dimana, d_p = diameter partikel (μm)
 d_o = diameter orifice (μm)
 ρ = densitas larutan (gr/cm^3)
 q = laju volumetric (ml/s)
 σ = tegangan permukaan (Nm^{-1})

Berikut data sifat fisis dari Ammonium Perkhlorat dan Garam

a. Garam

Tabel 3.2 Data Sifat Fisis Garam

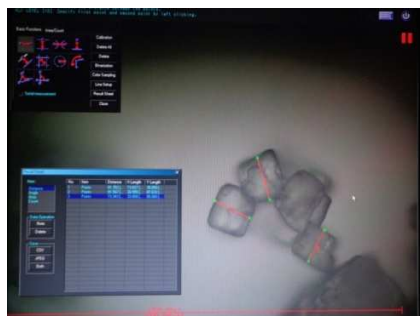
No.	Konsentrasi (%)	Densitas (gr/cm^3)	Viskositas (kg/cm^2)	Tegangan Muka (Nm^{-1})
1.	5	1,0014	1,308	67,70
2.	10	1,02	1,394	67,81
3.	15	1,059	1,618	69,21
4.	20	1,079	1,729	69,3

b. Ammonium Perkhlorat

Tabel 3.3 Data Sifat Fisis Ammonium Perkhlorat

No.	Konsentrasi (%)	Densitas (gr/cm^3)	Viskositas (kg/cm^2)	Tegangan Muka (Nm^{-1})
1.	5	1,025	1,643	120
2.	10	1,051	1,319	118
3.	15	1,078	1,351	116
4.	20	1,108	1,301	112,06

Dengan menggunakan bilangan Weber (Perry, 1997) tersebut, dilakukan perhitungan similaritas antara garam dengan ammonium perkhlorat. Menghitung diameter partikel ammonium perkhlorat dapat dilakukan dengan membandingkan antara diameter partikel garam yang diukur menggunakan Mikroskop CDS dengan diameter partikel ammonium perkhlorat yang disamadengankan dengan densitas, laju alir dan tegangan permukaan yang dimiliki oleh masing-masing komponen. Sehingga diameter artikel ammonium perkhlorat yang tidak diketahui dapat dihitung. Contoh pengukuran diameter partikel menggunakan mikroskop CDS dengan perbesaran 400 kali :

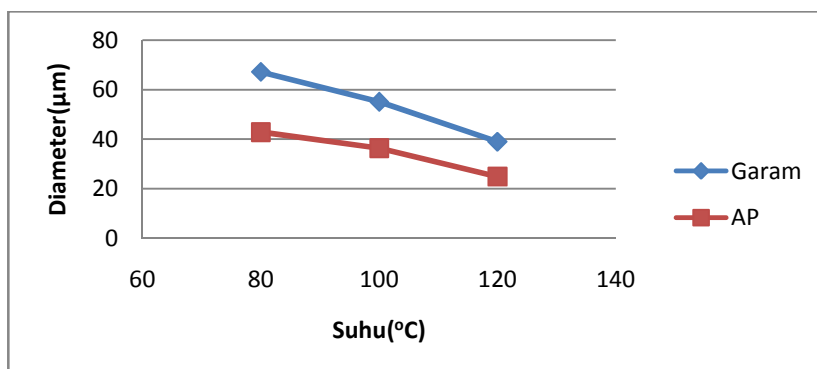


Gambar 3.2 Hasil Pengukuran Diameter Menggunakan Mikroskop CDS

Didapat hasil perhitungan diameter partikel ammonium perklorat pada variasi suhu dan konsentrasi seperti pada tabel dan grafik berikut:

Tabel 3.4 Data Diameter Garam dan Ammonium Perkhlorat pada berbagai Suhu dengan konsentrasi 20 %

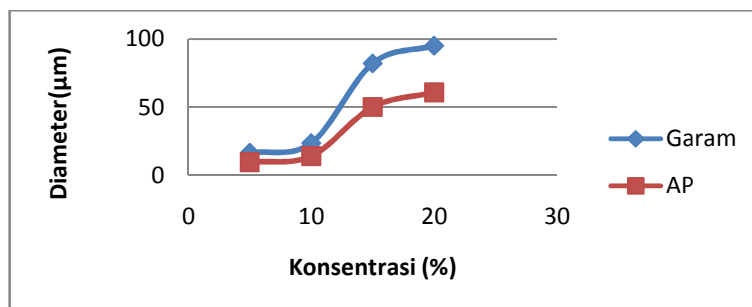
No	Suhu (°C)	Dp Garam (μm)	Dp Ammonium Perkhlorat (μm)
1.	80	67.144	42.79
2.	100	55.054	36.289
3.	120	38.966	24.837



Grafik 3.2 Similaritas diameter Garam dengan Ammonium Perkhlorat pada berbagai variasi suhu dengan konsentrasi 20% Ammonium Perkhlorat

Tabel 3.5 Data Diameter Garam dan Ammonium Perkhlorat pada berbagai variasi konsentrasi pada suhu 100°C

No	Konsentrasi (%)	Dp Garam (μm)	Dp Ammonium Perkhlorat (μm)
1.	5	16.307	9.475
2.	10	23.433	13.877
3.	15	82.087	49.89
4.	20	95.116	60.628



Grafik 3.3 Similaritas diameter Garam dengan Ammonium Perkhlorat pada berbagai variasi konsentrasi dengan Suhu operasi 100 °C

Pada grafik 3.2 dan 3.3 dapat dilihat bahwa diameter Ammonium Perkhlorat mempunyai tren yang sama dengan diameter garam. Hal ini didapat dari hubungan similaritas antara Ammonium Perkhlorat dengan garam menggunakan bilangan tak berdimensi, yaitu bilangan Weber.

4. KESIMPULAN

Suhu operasi sangat berpengaruh terhadap produk yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu operasi maka laju penguapan air juga semakin besar. Besarnya laju penguapan air akan berpengaruh terhadap kadar air dalam produk. Semakin tinggi laju penguapan air maka kadar air yang terdapat dalam produk akan semakin kecil. Suhu yang semakin tinggi juga menghasilkan diameter partikel yang relatif lebih kecil. Laju alir bahan yang semakin besar akan menghasilkan produk dengan kadar air yang semakin tinggi. Laju alir udara pengering yang semakin besar akan menghasilkan produk dengan kadar air yang semakin tinggi. Konsentrasi larutan umpan berpengaruh terhadap hasil produk. Semakin tinggi konsentrasi larutan umpan maka kadar air yang terdapat dalam produk akan semakin kecil dan semakin tinggi konsentrasi larutan umpan maka diameter produk yang dihasilkan akan semakin besar. Dengan menggunakan persamaan bilangan tak berdimensi Weber, untuk variabel operasi suhu dan konsentrasi, garam dan Ammonium Perkhlorat memiliki tren yang sama. Sehingga dapat disimpulkan Ammonium Perkhlorat dapat disimilaritaskan dengan garam.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Dobry, D. E., Dana M., Settell., John M. B., Rod J. R., Lisa J. G., Ron A. B. 2009. *A Model-Based Methodology for Spray-Drying Process Development*. J Pharm Innov (2009) 4:133–142 DOI 10.1007/s12247-009-9064-4
- Desmawarni. 2007. *Pengaruh Komposisi Bahan Penyalut dan Kondisi Spray Drying terhadap Karakteristik Mikrokapsul Oleoresin Jahe*. Departemen Teknologi Industri Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Desrosier, N.W. 1988. *Teknologi Pengawetan Pangan*. UI Press. Jakarta
- Dotson, R., L. 1993. A Novel Electrochemical Process for the Production of Ammonium Perchlorate, J. of Applied Electrochemistry, 23, 897-904.
- Rahayuningsih, E., Suprihastuti S. R., Ester S., Ginanjar P. R., Abriyanto, P. 2006. *Penguapan Pelarut dari Tetapan Ekstrak dalam Pengering Sembur (Spray Dryer)*. MEDIA TEKNIK No.4 Tahun XXVII Edisi 2006. No.ISSN 0216-3012. Hal. 67-73.
- Hall, C. W. 1979. *Dictionary of Drying*. Dekker : New York.
- Hidayati, S. 2009. Pengaruh Rasio Mol, Suhu dan Lama Reaksi terhadap Tegangan Permukaan dan Stabilitas Emulsi Metil Ester Sulfonat dari CPO. *Jurnal Teknologi dan Industri hasil Pertanian Volume 14, No.1, Maret*.
- Khotimah, K. 2006. *Pembuatan Susu Bubuk Dengan Foam-Mat Drying, Kajian Pengaruh Bahan Penstabil Terhadap Kualitas Susu Bubuk*. Fakultas Peternakan. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Luwangmalawat, P. 2007. Effect of Temperature on Drying Characteristics and Quality of Cooked Rice. *Journal of Food Science and Technology*: 716-723.
- Mayani, H., Violleni, Prihadi. 2012. *Metode Pengeringan Menggunakan Metode Spray Dryer (Continuous Drying)*. Universitas Jenderal Soedirman.
- Perry, R. 1997. *Chemical Engineer's Handbook*. New York. Mc Graw Hill Book Company.

^{*)} Penulis Penanggung Jawab (Email: mzaini98@gmail.com)



- Price, D., Clairmont, J., Jaffe, I. 1967. *Explosive Behaviour of Ammonium Perchlorate, Combustion and Flame*, Vol. 11, pp. 415-425.
- Patel, R.P., Patel M. P., Suthar. 2009. *Spray Drying Technology: an overview*. Indian Journal of Science and Technology. Vol.2 No.10 (Oct 2009) ISSN: 0974-6846.
- Yuliani, S. 2007. *Pengaruh Komposisi Bahan Penyalut dan Kondisi Spray Drying terhadap Karakteristik Mikrokapsu Oleoresin Jahe*. Journal of Pascapanen 4(1):18-26.