

**DESAIN DAN PEMBUATAN *ULTRASONIC SPRAY DRYER*
UNTUK PRODUKSI GARAM HALUS SKALA
LABORATORIUM**

R.N. Akhsanu Takwim
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang
Email : akhsanu.takwim@yahoo.com

ABSTRACT

One of the added values of the sea salt is to make it refined salt. The recent manufacture of refined salt , done with a lengthy process . It was started with evaporating of sea water, and then washing to remove impurities. Furthermore, the washed salt was dried again before refining process on the crusher and iodizing. This study aimed to obtain an effective alternative technologies with a relatively low cost , so as to increase the added value for the local salt products.

In this study will be designed and manufactured of an ultrasonic spray dryer prototype by integrate spray dryers technology with ultrasonic technology to product fined salt. Dimensions and capacity of each component is calculated to obtain a production capacity of 5 g/h . Salt product measured by a microscope and compared with conventional salt .

As a result, heating air flow of 12.235 m³ / h , air heater power of 320 watts , atomizer capacity of 250 ml / h and drying tube dimensions Ø400mm x 400mm at the top and cone with a height of 400mm at the bottom of the tube . Performance test results fined salt with 20µm to 25µm size .

Keywords : Salt, ultrasonic, spray dryers, fineness.

1. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai salah satu negara dengan garis pantai terpanjang di dunia memiliki potensi penghasil garam yang melimpah. Potensi yang sangat besar ini belum mampu memberikan andil kemakmuran bagi masyarakat khususnya petani garam. Hal ini disebabkan karena kurangnya perhatian terhadap kualitas garam yang diproduksi tetap dengan cara yang sederhana. Akibatnya harga garam sangat murah dan kalah bersaing dengan produk dari luar negeri. Kurangnya diversifikasi produk garam karena lemahnya teknologi pengolahan yang dimiliki menyebabkan produk garam Indonesia tidak terlalu memiliki nilai tambah yang tinggi.

Garam, seperti diketahui memiliki banyak manfaataan penggunaannya, selain untuk kebutuhan konsumsi masyarakat, garam pun dibutuhkan oleh industri farmasi sebagai bahan baku.

Adapun kebutuhan industri farmasi ini diperkirakan mencapai 1.500 ton pertahun. Sayangnya, hingga kini kebutuhan tersebut masih harus diimpor mengingat belum ada produsen garam farmasetis di dalam negeri.

Untuk menghasilkan garam meja yang halus, dibutuhkan proses yang panjang melalui beberapa peralatan, mulai dari pencucian, *spin drying*, *milling*, *drying*, dan *screening*. Dan tentunya proses ini membutuhkan sumber energi dan waktu yang tidak sedikit. Oleh karena itu dibutuhkan alternative proses lain yang lebih efisien baik dari sisi waktu maupun pemakaian energi.

Ultrasonic Atomizer Spray Dryer merupakan salah satu alternatif teknologi yang patut dicoba untuk menghasilkan garam meja halus yang lebih efisien dengan kualitas yang lebih baik. Dengan teknologi *spray dryer*, yang banyak digunakan untuk memproduksi bubuk kering dari bahan cairan, diharapkan proses pembentukan garam berjalan lebih cepat. Demikian juga teknologi *ultrasonic Atomizer* diharapkan mampu menghasilkan kehalusan butiran garam yang sesuai dengan yang diharapkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Garam

Secara fisik, garam adalah benda padatan berwarna putih berbentuk kristal yang merupakan kumpulan senyawa dengan bagian terbesar Natrium klorida (>80 %) serta senyawa lainnya seperti Magnesium klorida, Magnesium Sulfat, kalsium klorida dan lain-lain. Garam mempunyai karakteristik yang mudah menyerap air, density sebesar 0,8 - 0,9 dan titik lebur pada suhu 801°C [1].

Pengelompokan garam di Indonesia berdasarkan SNI adalah garam konsumsi dan garam industri. Kelompok kebutuhan garam konsumsi antara lain untuk konsumsi rumah tangga, industry makanan, industry minyak goreng, industry pengasinan dan pengawetan ikan, sedangkan kelompok kebutuhan garam industry antara lain untuk industry perminyakan, tekstil dan penyamakan kulit, CAP (Chlor Alkali Plant) industrial salt yang digunakan untuk proses kimia dasar pembuatan soda dan chlor, dan garam farmasi [1].

Menurut penggunaannya, garam dapat digolongkan menjadi garam proanalisis (p.a), garam industri, dan garam konsumsi. Garam proanalisis adalah garam untuk reagent (tester) pengujian dan analisis di laboratorium, juga untuk keperluan garam farmasetis pada industri farmasi. Garam industri yaitu untuk bahan baku industri kimia dan pengeboran minyak, sedangkan garam konsumsi untuk keperluan garam konsumsi dan industry makanan serta garam pengawetan untuk keperluan pengawetan ikan. Untuk garam proanalisis dan garam farmasi, mempunyai kandungan NaCl > 99%, garam konsumsi mempunyai kandungan NaCl > 94% dan garam untuk pengawetan memilikikan dungan NaCl > 90%. Semakin besar kandungan NaClnya, akan semakin kompleks dan rumit proses produksi dan pemurniannya. [1].

B. Proses Pembuatan Garam

Secara umum garam di seluruh dunia ini diperoleh dari hasil tambang (40%) dan sisanya diperoleh dari pemisahan air laut (40%) serta air danau (20%).

Saat ini untuk proses pembuatan dari air laut atau danau dilakukan dengan proses evaporasi, baik yang dilakukan secara tradisional pada tambak garam dengan pemanasan sinar matahari, maupun yang dilakukan dengan proses vakum evaporator. Tiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, terkait dengan pemakaian energy penguapan dan kualitas garam yang dihasilkan.

Pada cara tradisional kebutuhan energi penguapan tercukupi oleh sinar matahari, walaupun tingkat produktivitasnya sangat bergantung pada kondisi cuaca. Demikian pula kualitas produk garam yang dihasilkan sangat sulit untuk mendapatkan mutu premium karena kondisi tambak yang tidak bisa lepas dari unsur pengotor. Sedangkan dengan teknologi vakum evaporator, kelemahannya terletak pada kebutuhan energi yang cukup besar untuk proses penguapan. Namun kelemahan ini tertutupi oleh kualitas produk yang lebih baik dan produktifitas tidak tergantung pada kondisi cuaca setempat.

C. Ultrasonic Atomizer

Atomisasi ultrasonik kini paling sering dilakukan dengan menggetarkan lapisan cairan dengan kristal piezoelektrik pada frekuensi tinggi (yang biasanya pada kisaran 50 kHz sampai 3 MHz). Gelombang kapiler terbentuk pada

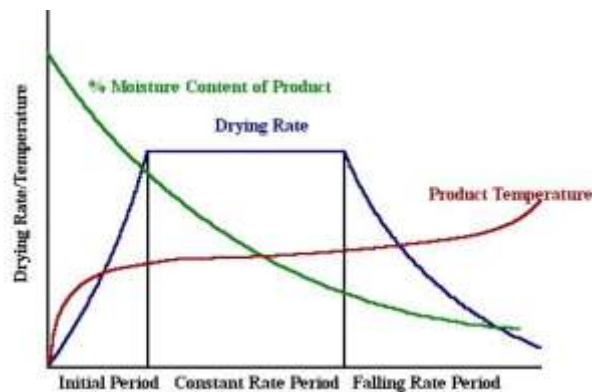
permukaan cairan dengan panjang gelombang tergantung pada frekuensi yang diberikan, densitas cairan, dan tegangan permukaan pada batas cairan-udara. Jika cairan dipaksa untuk beresilasi dengan intensitas yang cukup, ujung gelombang kapiler mulai berubah menjadi tetesan dan atomisasi tercapai. Ukuran tetesan ini tidak tergantung pada amplitude yang diberikan. Fitur ini dapat berguna dalam merancang sebuah sistem di mana sifat kabut dapat disesuaikan secara independen. [3]

Atomizer ultrasonik biasanya digunakan dalam perangkat seperti humidifier rumah tangga, penyemprot industri, dan nebulizers medis untuk pembawa obat ke paru-paru. Peralatan tersebut digunakan secara luas dalam produk-produk komersial berkaitan dengan beberapa keuntungan yang berbeda atas metode lain [5].

D. Dasar Proses Pengeringan

Secara umum, untuk masing-masing produk memiliki kurva pengeringan yang menunjukkan karakteristik produk pada kondisi temperatur, kecepatan dan tekanan tertentu seperti tampak pada gbr. 1. Variasi pada kurva terutama akan terjadi pada tingkat relatif terhadap kecepatan media pembawa dan temperatur.

Pengeringan terjadi karena pengaruh penguapan cairan dengan pemberian panas pada bahan yang akan dikeringkan. Pemberian panas dapat terjadi secara konveksi, konduksi maupun radiasi, tetapi kebanyakan secara konveksi. Dengan kata lain pemberian panas secara konveksi menggunakan udara panas untuk menguapkan cairan dari material dan membuangnya ke lingkungan sekitarnya.



Gambar 1. Kurva Pengeringan [2]

1. Kadar Air

Proses pengeringan dapat dikontrol dengan mengukur kadar air/kelembaban dari produk bukan berdasarkan lama waktu pengeringan. Biasanya kadar air dalam suatu produk dihitung dalam satuan % massa. Jika M kg produk dengan kelembaban X% berarti produk tersebut mengandung kelembaban $X\% \times M$ kg. Sedangkan massa kering dari produk adalah $(100-X)\% \times M$ kg. [2]

2. Energi Pengeringan

Energi yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur 1 kg air sebesar 1 °C disebut panas spesifik. Panas spesifik air pada tekanan atmosfer adalah 4,186 kJkg⁻¹°C⁻¹

Energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air pada tiap temperatur, tergantung pada temperatur tersebut. Jumlah energi yang dibutuhkan untuk menguapkan 1 kg air disebut panas laten penguapan. Panas laten penguapan air pada tekanan 1 atm dan temperatur 100 °C adalah sebesar 2257 kJ kg⁻¹.

3. Waktu Pengeringan

Tingkat pengeringan yang dihasilkan untuk sampel zat dengan menempatkan pada rak atau saluran, dalam aliran udara dari sebuah keseimbangan. Berat sampel pengeringan kemudian diukur sebagai fungsi waktu dari produk basah menjadi produk kering kerontang. Kurva kadar air sebagai fungsi waktu, sebagaimana mirip dengan gbr 1, dapat diplot. Sementara padatan yang berbeda dan kondisi yang berbeda dari pengeringan sering menghasilkan bentuk kurva yang sangat berbeda pada periode tingkat penurunan, kurva yang ditunjukkan di atas sering terjadi.[6]

Selama pengukuran di atas, kondisi berikut ini harus diikuti; 1. Sampel harus dalam kondisi yang serupa dengan perpindahan panas radiasi 2. Udara harus memiliki suhu, kelembaban & kecepatan yang sama.

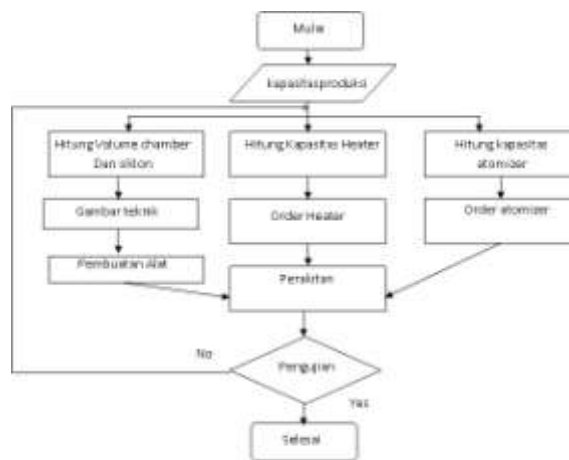
E. Spray Dryer

Semprotan pada spray dryer biasanya dihasilkan oleh tekanan dan nozel berputar, namun, metode ini memiliki beberapa kekurangan seperti: ukuran rata-rata tetesan kurang bisa terkontrol, distribusi droplet yang luas, dan risiko penyumbatan dalam kondisi bahan berupa suspensi [7]. Selain itu, nozel (baik

sentrifugal, tekanan, atau kinetik) hanya menggunakan sejumlah kecil energy operasi untuk menghancurkan cairan menjadi partikel kecil, sebagian besar energi tersebut berubah menjadi energi kinetik dari partikel, sehingga sebagian besar mengarah ke ruang pengendapan. Secara ringkas, biaya meningkat ketika kecepatan partikel yang dikabutkan meningkat. Kerugian ini dapat dikurangi dengan menggunakan sebuah alat penyemprot ultrasonik : energy *ultrasound* ditransmisikan dengan efisiensi tinggi pada cairan dengan *sonotrode*, yang menyebabkan atomisasi.[4]

3. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian digambarkan dalam bentuk diagram alir seperti gbr.2 berikut:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Adapun peralatan yang akan di gunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin *Shearing*: untuk pemotongan bahan pelat
2. Mesin *Roll Pelat* : untuk pembentukan tabung pengering
3. Mesin las GTAW: untuk penyambungan pelat
4. Mikroskop : untuk mengukur dimensi Kristal garam yang terbentuk
5. Termometer: untuk mengukur temperature pengeringan
6. *Ultrasonic atomizer* : untuk proses pengkabutan.

Sedangkan Bahan-bahan yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Pelat stainless Steel SS304 tebal 1 mm
2. Heater listrik
3. Blower /fan kecil
4. Air laut “tua”
5. Glass wool
6. Pipa SS201 \varnothing 1.5”
7. Termokontrol digital
8. Relay
9. Power switch
10. Panel box
11. Kabel
12. Wadah plastik penampung bahan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Awal

Direncanakan kapasitas produksi garam halus sebesar 5 gram perjam dari bahan baku “air tua” yang memiliki kandungan garam 20%. Maka untuk menghasilkan garam halus sebanyak 5 gram dibutuhkan larutan “air tua” sebanyak 250 gram. Dengan kata lain untuk menghasilkan garam 5 gram dibutuhkan penguapan air sebesar $80\% \times 250 \text{ gram} = 200 \text{ gram}$ tiap jam. Temperatur “air tua” sebelum masuk ke dalam tabung pengering adalah 30°C . Sedangkan temperatur udara pemanas diset pada 90°C dengan kelembaban relatif 2%. Udara pemanas keluar pada temperatur 50°C . Temperatur udara masuk heater sebesar 25°C dengan kelembaban relatif 40% dan keluar dari *heater* dengan temperatur 100°C .

B. Kebutuhan Udara Pemanas

Berdasarkan grafik Pscrometri temperatur tinggi pada temperatur udara 90°C diperoleh data sebagai berikut:

Rasio kelembaban: 0.008 kg.kg^{-1} udara.

Volume spesifik : $1.04 \text{ m}^3.\text{kg}^{-1}$ udara

Dengan mengikuti garis *wet bulb* konstan pada sekitar 33°C, sampai pada perpotongan dengan garis temperatur 50°C diperoleh rasio kelembaban 0.025 kg.kg⁻¹ udara. Sehingga jumlah uap air yang dibuang sebesar :

$$\begin{aligned} &= (0.025-0.008) \\ &= 0.017 \text{ kg.kg}^{-1}\text{udara} \end{aligned}$$

Jadi 1.04 m³ udara membawa uap air sebanyak 0.017 kg, sehingga untuk menguapkan air sebanyak 200 gram/jam, dibutuhkan aliran udara sebesar :

$$\begin{aligned} &= (0.2 \text{ kg.jam}^{-1}/0.017 \text{ kg}). 1.04 \text{ m}^3 \\ &= 12.235 \text{ m}^3. \text{jam}^{-1}. \end{aligned}$$

C. Daya Heater

Berdasarkan grafik psycrometri udara dengan temperatur 25°C dengan kelembaban relatif 40%, diperoleh kelembaban 0.008 kg.kg⁻¹ udara, dengan volume spesifik *v* sebesar 0.855 m³.kg⁻¹ udara, dan enthalpy *H*₁ sebesar 45 kJ.kg⁻¹. Dengan mengikuti garis kelembaban konstan pada temperatur 100°C diperoleh enthalpy *H*₂ sebesar 125 kJ.kg⁻¹. Sehingga energi total untuk memanaskan udara sama dengan perubahan enthalpy yang terjadi:

$$\begin{aligned} \Delta H &= H_2 - H_1 \\ &= 125-45 \\ &= 80 \text{ kJ.kg}^{-1} \end{aligned}$$

Debit aliran udara *Q* yang dibutuhkan sebesar 12.235 m³.jam⁻¹, setara dengan laju aliran massa udara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \dot{m} &= Q/ v \\ &= 12.235/ 0.855 \\ &= 14.31 \text{ kg.jam}^{-1} \\ &= 0.004 \text{ kg.s}^{-1} \end{aligned}$$

Sehingga besarnya daya *P* yang dibutuhkan untuk memanaskan udara adalah:

$$\begin{aligned} P &= 80 \text{ kJ.kg}^{-1} \times 0.004 \text{ kg.s}^{-1} \\ &= 0.32 \text{ kW} \\ &= 320 \text{ watt.} \end{aligned}$$

D. Kapasitas Atomizer

Kapasitas atomizer harus mampu memenuhi kapasitas produksi sebesar 5 gram per jam. Untuk menghasilkan garam halus sebanyak 5 gram/jam dibutuhkan larutan “air tua” sebanyak 250 gram/jam. Dengan kata lain atomizer harus mampu mengkabutkan larutan “air tua” sebanyak 250 gram/jam. Atau setara dengan 250 ml/jam.

E. Dimensi Tabung Pengereng

Volume tabung pengeringan harus cukup untuk mencampur udara panas dengan partikel larutan yang akan dikeringkan. Semprotan partikel larutan tidak boleh mengenai dinding tabung untuk menghindari partikel menempel ke dinding. Untuk menentukan diameter tabung, didasarkan pada radius sebaran partikel yang dihasilkan oleh atomizer. Hasil percobaan diameter tabung yang optimal adalah 40 cm dengan tinggi 40 cm.

F. Komponen Utama

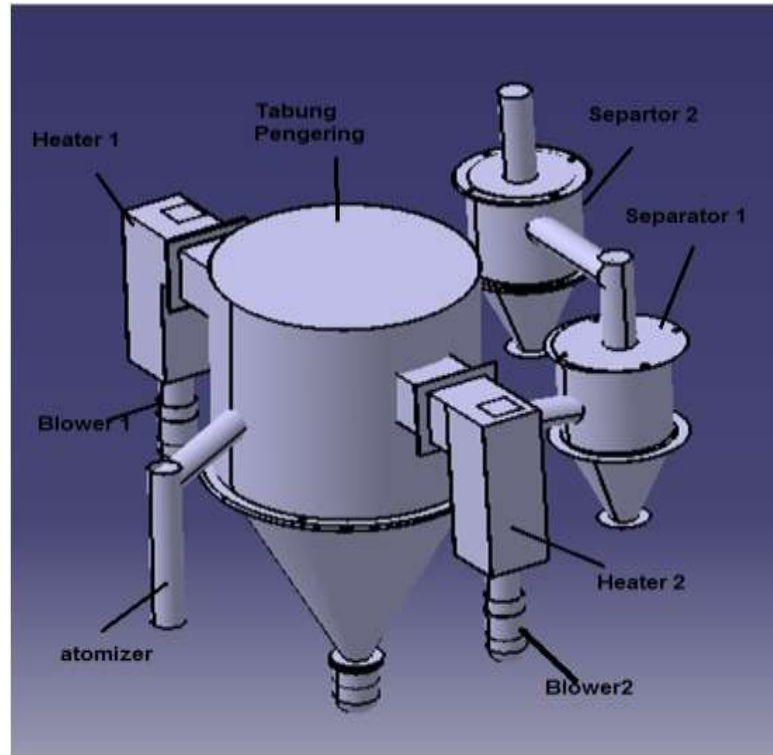
Secara umum cara kerja Spray dryer ini hampir sama dengan spray dryer pada umumnya. Sedangkan komponen utama spray dryer ini sebagaimana tampak gbr. 3 adalah sebagai berikut:

1. Tabung pengering

Pada tabung pengering ini cairan garam yang sudah dikabutkan, dipertemukan dengan aliran udara panas agar terjadi penguapan sehingga partikel padat garam terpisah dari cairan. Tabung pengering dibuat dua lapis dinding yang berisi insulator (glass wool) untuk menjaga temperatur di dalam tabung tetap konstan.

2. Separator

Separtor berfungsi untuk memisahkan partikel padat garam dengan uap air. *Separator* merupakan tabung siklon yang bekerja dengan prinsip gravitasi, dimana partikel padat yang berat akan turun ke bagian bawah sedangkan partikel yang ringan akan keluar pada bagian atas. Separator pada *spray dryer* ini dibuat dua tingkat untuk mengantisipasi adanya partikel garam yang lolos bersama uap air pada pemisahan tahap pertama.



Gambar 3. Komponen Utama

3. Heater udara

Pada bagian ini udara masuk dipanaskan kemudian dialirkan ke dalam tabung pengering. Sumber energi panas berasal dari energy listrik untuk memudahkan dalam mengontrol temperatur. *Heater* udara juga dilapisi dengan dinding insulator untuk mengurangi kehilangan panas ke lingkungan sekitarnya. Pada *spray dryer* ini dilengkapi dengan dua buah *heater* listrik yang dipasang secara terpisah, dan masing-masing terhubung langsung ke tabung pengering melalui saluran pipa. Pemisahan ini ditujukan untuk menghasilkan kontrol temperatur yang lebih stabil, karena pada saat temperatur yang diinginkan tercapai maka tidak semua *heater* off, tetapi masih ada satu *heater* yang masih on yang tetap memberikan energi panas sehingga temperatur ruang pengering tidak cepat *drop*. Sebaliknya pada saat temperatur *drop*, maka kedua *heater* akan bekerja bersamaan sehingga penurunan temperatur tidak terjadi terlalu lama. Berdasarkan perhitungan daya *heater* yang dibutuhkan adalah sebesar 320 watt, karena terdiri dua unit, dengan menyesuaikan dengan ketersediaan di pasaran, maka daya masing-masing *heater* diambil sebesar 150 watt.

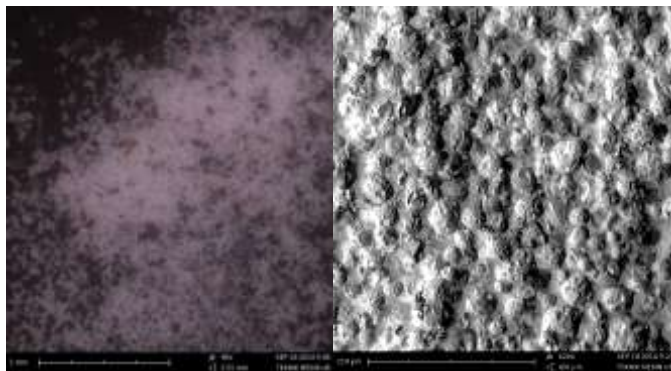
4. Ultrasonic Atomizer

Ultrasonic atomizer yang digunakan pada *spray dryer* ini adalah jenis *donut ultrasonic humidifier*, dimana dalam penggunaannya alat ini langsung mengapung pada cairan yang akan dikabutkan. Alat ini bisa mengkabutkan 250 ml cairan tiap jam dengan kehalusan partikel kabut 25-30 μ m.

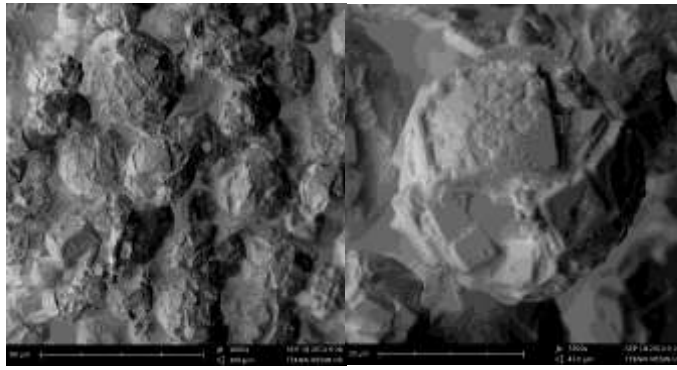
5. Blower atau Fan

Blower atau Fan berfungsi *menyuplai* udara yang akan dipanaskan oleh *heater* kemudian masuk ke dalam tabung pengering. Kapasitas aliran udara yang dibutuhkan berdasarkan perhitungan adalah sebesar 12.235 m³/per jam. Karena jumlah *heater* ada dua maka *blower* juga dipasang dua unit masing-masing dengan kapasitas aliran diambil 7 m³/jam.

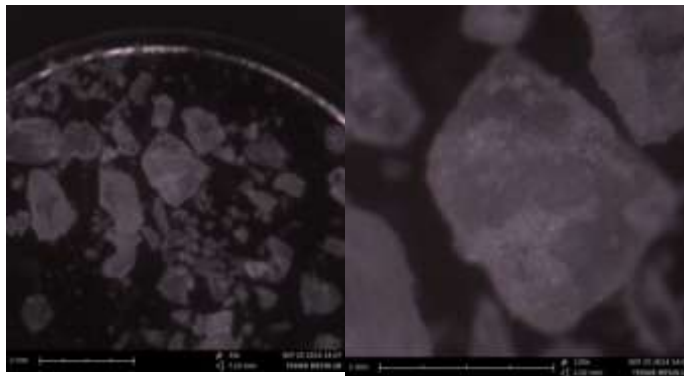
Dari hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa alat *ultrasonic spray dryer* ini bisa bekerja sesuai harapan dan bisa menghasilkan butiran garam halus dengan ukuran antara 20-25 μ m. Hasil foto SEM produk sebagaimana tampak pada gbr.4. dan gbr. 5. menunjukkan butiran produk garam halus yang dihasilkan berada pada rentang ukuran tersebut. Hal ini sangat berbeda jauh dengan ukuran garam halus yang diproduksi secara konvensional, yang bisa dilihat dari hasil foto SEM sebagaimana ditunjukkan oleh gbr.6. dan gbr. 7 yang berkisar antara 250 μ m sampai 1000 μ m.



Gambar 4. Foto SEM garam hasil spray dryer pada pembesaran 96x dan 620x

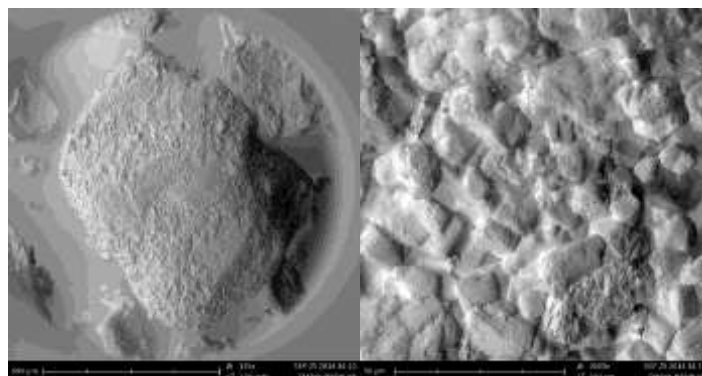


Gambar 5. Foto SEM garam hasil spray dryer pada pembesaran 1600x dan 5700x



Gambar 6. Foto SEM garam halus konvensional pada pembesaran 33x dan 120x

Tampak dari gambar juga bahwa butiran garam hasil *spray dryer* memiliki bentuk dan ukuran yang relatif seragam berupa bola-bola kecil yang tersusun dari beberapa kristal berbentuk balok-balok persegi. Sebaliknya butiran garam produk konvensional memiliki ukuran dan bentuk yang tidak seragam, dengan bentuk kristal penyusun yang tidak beraturan pula.



Gambar 7. Foto SEM garam halus konvensional pada pembesaran 125x dan 2600x

- Benjamin H.2010. High Speed Photography of Ultrasonic Atomization.Thesis, Division of Engineering at Brown University
- Dalmoro A. 2013. Analysis of Size Correlations for Microdroplets Produced by Ultrasonic Atomization, *The Scientific World Journal*, Volume (2013), pp.7
- Mujumdar, Arun S. and Devahastin, S,2012 “Fundamental Principle Of Drying” Industrial Transfer Processes, Chapter One. Departement of Mechanical Engineering National University of Singapore.
- Singh S,2012. A Study On Spray Drying Technology In Food Industry. Poster, COMSOL Conference.Bangalore.
- Widayat,2009. Production Of Industry Salt With Sedimentation – Microfiltration Process: Optimazation Of Temperature And Concetration By Using Surface Response Methodology.*TEKNIK*, volume 30, No.1