



**INOVASI DAN HILIRISASI SISTEM PENGERING MELALUI
DEHUMIDIFIKASI UDARA DENGAN ZEOLITE UNTUK
MENINGKATKAN KUALITAS BAHAN PANGAN**

PIDATO PENGUKUHAN

**Disampaikan pada Upacara Penerimaan Jabatan Guru Besar
Dosen Tetap dalam Bidang Ilmu Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro Semarang**

Semarang, 26 Juli 2016

Oleh:

Prof. Dr. Mohamad Djaeni, ST, M.Eng



Diterbitkan oleh :

UNDIP Press

ISBN 978-979-097-413-5

INOVASI DAN HILIRISASI SISTEM PENGERING MELALUI DEHUMIDIFIKASI UDARA DENGAN ZEOLITE UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS BAHAN PANGAN

Oleh:

Prof. Dr. Mohamad Djaeni, ST, M.Eng

PIDATO PENGUKUHAN

**Disampaikan pada Upacara Penerimaan Jabatan Guru Besar
Dosen Tetap dalam Bidang Ilmu Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro Semarang**

Semarang, 26 Juli 2016

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis

Edisi Pertama

Cetakan Pertama 2016



Diterbitkan oleh

UNDIP Press

ISBN 978-979-097-413-5

KATA PENGANTAR

Saya bersyukur kepada Allah, atas nikmat dan karunia-Nya, sehingga Pidato Pengukuhan Guru Besar yang berjudul “ Inovasi dan Hilirisasi Sistem Pengering Melalui Dehumidifikasi Udara Dengan Zeolite Untuk Meningkatkan Kualitas Bahan Pangan” dapat diselesaikan. Topik dalam pidato ini dimotivasi oleh kebutuhan bahan pangan berkualitas tinggi dengan proses produksi yang efisien. Teknologi pengeringan merupakan salah satu tahap proses yang menentukan kualitas bahan pangan dengan kebutuhan energi sangat tinggi. Atas dasar itulah, maka inovasi sistem pengering telah saya lakukan.

Sistem pengering dengan media udara yang didehumidifikasi zeolite, telah mampu mempertahankan kualitas bahan pangan dan meningkatkan efisiensi energinya. Sistem ini bekerja efektif pada suhu yang rendah untuk menghindari kerusakan kandungan nutrisi dan senyawa aktif dalam produk pangan. Dengan mengacu pada kondisi dalam 25 tahun terakhir, dimana peningkatan efisiensi energi sistem pengering masih kurang, saya yakin naskah pidato ini akan memberikan kontribusi yang signifikan.

Akhir kata, saya mengucapkan terimakasih kepada semua pihak atas kerjasamanya baik dalam pelaksanaan penelitian, publikasi, maupun dalam penyusunan naskah ini. Semoga pidato ini memberikan manfaat bagi yang memerlukan.

Semarang, 26 Juli 2016

Prof. Dr. Mohamad Djaeni, ST, M.Eng

DAFTAR ISI

Cover	i
Lembar Pernyataan Hak Cipta	ii
Kata Pengantar	iii
Judul	1
Latar Belakang dan Motivasi	2
Sistem Dehumidifikasi Udara sebagai Solusi	9
Alasan Penggunaan Zeolite sebagai Adsorben	10
Pengembangan Sistem Peningkat dengan Zeolite	12
Potensi Ekonomi dan Hilirisasi Industri	34
Kesimpulan	36
Ucapan Terimakasih	38
Daftar Pustaka	43
Daftar Riwayat Hidup	48

INOVASI DAN HILIRISASI SISTEM PENGERING MELALUI DEHUMIDIFIKASI UDARA DENGAN ZEOLITE UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS BAHAN PANGAN

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuhu

Yang saya hormati:

Menteri Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atau yang mewakili

Gubernur Jawa Tengah atau yang mewakili

Rektor Universitas Diponegoro

Ketua, Wakil Ketua, Sekretaris, dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas Diponegoro

Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat Akademik Universitas Diponegoro

Ketua, Sekretaris, dan Anggota Dewan Profesor Universitas Diponegoro

Para Guru Besar Universitas Diponegoro

Para Pejabat Sipil, Militer dan Polri

Pimpinan Kopertis Wilayah VI Jawa Tengah,

Para pimpinan Perguruan Tinggi Negeri dan Swasta

Wakil Rektor Bidang I, II, III, IV Universitas Diponegoro

Para Dekan, Wakil Dekan, Ketua dan Sekretaris Lembaga, di lingkungan Universitas Diponegoro

Para Direktur, Wakil Direktur, Ketua dan Sekretaris Departemen serta Program Studi di lingkungan Universitas Diponegoro

Para dosen, karyawan, mahasiswa, dan alumni Universitas Diponegoro

Para tamu undangan dan seluruh keluarga yang berbahagia

Dengan penuh ketulusan dan kerendahan hati marilah kita panjatkan puji syukur kepada Allah, karena atas rahmat, nikmat, dan karunia-Nya, maka kita dapat berkumpul untuk mengikuti sidang senat akademik terbuka Universitas Diponegoro dengan agenda pengukuhan Guru Besar Universitas Diponegoro. Alhamdulillah, saya panjatkan syukur kepada Allah, yang telah memberikan karunia, kesempatan, kekuatan lahir dan batin, serta ridho-Nya, sehingga saya dapat mencapai jabatan Akademik tertinggi sebagai Guru Besar.

Saya mengucapkan terimakasih kepada Rektor Universitas Diponegoro, yang telah memberikan kesempatan untuk menyampaikan pidato pengukuhan dalam acara Penerimaan sebagai Guru Besar Universitas Diponegoro pada bidang Teknik Kimia, dihadapan hadirin yang mulia ini.

Rektor, Majelis Wali Amanat, Senat Akademik, Dewan Guru Besar serta para tamu undangan yang saya hormati,

Perkenankanlah, pada kesempatan ini saya menyampaikan pidato pengukuhan dengan judul: "INOVASI DAN HILIRISASI SISTEM PENERING MELALUI DEHUMIDIFIKASI UDARA DENGAN ZEOLITE UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS BAHAN PANGAN"

1. Latar Belakang dan Motivasi

Hadirin yang terhormat

Topik pidato ini saya formulasikan berdasarkan pemantuan perkembangan kebutuhan masyarakat moderen dalam bidang pangan yang sangat dinamis. Pada saat ini, karena alasan kepraktisan dalam penggunaan, kemudahan dalam penanganan dan penyimpanannya, kecenderungan untuk mengonsumsi bahan makanan dalam bentuk instan atau serbuk kering semakin

meningkat. Fenomena tersebut dapat kita lihat dengan menjamurnya produk serbuk ekstrak seperti sari buah, sayuran, dan rempah-rempah. Tentu saja, hal ini menjadi suatu motivasi, tantangan dan peluang bagaimana untuk dapat menyediakan bahan tersebut dengan kualitas yang tinggi.

Tantangan ini dapat terpenuhi, jika dalam proses produksi, tekstur, struktur kandungan nutrisi, vitamin, dan bahan-bahan aktif tidak mengalami degradasi. Kenyataannya selama proses produksi, terjadi perubahan kualitas fisik dan kimia, terutama karena adanya intervensi panas. Perubahan yang berpotensi terjadi selama proses antara lain: browning (berubah warna menjadi coklat), karbonasi (sehingga warna menjadi hitam), de-naturasi (seperti penggumpalan dan destruksi), perubahan kimia dan fisika karena reaksi enzimatis, penguapan (untuk bahan aktif yang volatil), serta karamelisasi (kerusakan gula, glukosa, dan turunannya menjadi karamel).

Tantangan lainnya dalam proses pengolahan bahan pangan adalah efisiensi energi yang rendah. Energi diperlukan mulai dari penanganan pasca panen, pengolahan dan pemurnian, serta finalisasi produk akhir. Salah satu langkah proses penting dalam pengolahan pangan dengan kebutuhan energi besar adalah pengeringan. Pada pasca panen, sekitar 70% dari kebutuhan energi digunakan untuk pengeringan, sedangkan pada proses produksi mencapai persinya mencapai 20%.

Pengeringan sangat menentukan kualitas produk pangan, aditif, bahkan juga herbal dan obat-obatan. Proses ini akan meningkatkan kemurnian produk, memperpanjang keawetannya, dan berguna untuk menghemat biaya transportasi. Sebagai contohnya adalah susu bubuk kering yang dapat disimpan dalam waktu berbulan-bulan, dibandingkan dengan susu cair yang

hanya mampu bertahan 1 hari atau 1-2 minggu jika disimpan dalam keadaan dingin [1,2]. Selain itu ongkos untuk mengangkut susu bubuk kering juga jauh lebih murah daripada susu cair. Pada susu cair 88% komponen yang diangkut adalah air, sedangkan kandungan susunya hanya 12%.

Selain tantangan di atas, aspek lain yang menjadi akar permasalahan dalam pengeringan adalah borosnya energi yang digunakan [3,4]. Jumlah energi yang besar ini, sebenarnya dapat ditekan jika efisiensi energi pada proses pengeringan dapat ditingkatkan. Saat ini, efisiensi energi sistem pengering berkisar 30 - 60%, yang berarti bahwa energi yang harus disediakan 2 - 3 kali dari kebutuhan riilnya. Dengan jumlah sebesar itu, proses pengeringan menyerap 20 - 30% dari biaya operasi pengolahan produk [5].

Hadirin yang terhormat

Pengeringan adalah proses penguapan air dari bahan basah dengan media pengering (udara atau gas) melalui introduksi panas [5,6]. Contoh sederhana adalah pengeringan dengan sinar matahari. Pada proses ini udara luar yang mendapat panas dari matahari kontak dengan bahan basah pada tempat terbuka, sehingga air akan menguap dan bahan menjadi lebih kering. Fenomena yang mirip juga diterapkan dalam industri, namun dalam proses ini udara sebagai media pengering dikontrol laju alir, suhu dan kelembabannya untuk mendapatkan bahan kering dengan kadar air yang diinginkan.

Secara umum, proses pengeringan terdiri dari dua langkah yaitu penyiapan media pengering (udara) dan proses pengeringan bahan. Penyiapan media dilakukan melalui pemanasan udara menggunakan sumber panas baik alam (matahari, panas bumi) atau buatan (listrik, pembakaran kayu, arang,

sekam padi, batubara, gas alam dan bahan bakar minyak). Udara yang telah dipanaskan tersebut, kemudian digunakan untuk menguapkan air dari bahan dengan memanfaatkan panas sensibelnya. Secara mikroskopis, ada dua fenomena dalam proses pengeringan yaitu: perpindahan panas dari media pengering ke bahan, dan perpindahan massa air dari bahan ke media pengering. Dengan kata lain, pengeringan merupakan proses yang melibatkan perpindahan massa dan panas secara simultan.

Hadirin yang terhormat

Saat ini beberapa jenis pengering telah digunakan secara luas dalam masyarakat, industri dan Usaha Kecil Menengah (UKM). Modelnya pun sangat beragam mulai dari pengeringan dengan matahari, sampai moderen seperti oven, fluidisasi, mikrowave dan infra merah, sistem vakum, dan bersuhu rendah (Freeze dryer) [2,4,5]. Pengeringan dengan sinar matahari (Gambar 1) sangat sederhana dan murah (tidak memerlukan bahan bakar), tetapi sistem ini perlu tempat yang luas, waktu yang lama (2 – 7 hari), kualitas kadar air produk, dan kontinuitas prosesnya tergantung cuaca [5]. Terlebih lagi, produk menjadi kurang higienis jika ditempatkan pada ruang terbuka. Perbaikan proses telah dilakukan dengan pengering berbentuk terowongan yang dilengkapi solar collector untuk mengumpulkan panas dan menjaga higienitas produk. Namun, waktu pengeringannya masih cukup lama (1 - 2 hari) [7].



Gambar 1: Contoh proses pengeringan rumput laut dengan matahari

Pengering dengan sumber pemanas baik listrik (Gambar 2) atau pembakaran bahan bakar lebih handal dari pengering dengan sinar matahari. Pada sistem ini, waktu pengeringan lebih cepat, produk lebih bersih, dan kadar air produk dapat dikontrol [8], namun kualitas produk menurun akibat intervensi panas. Disamping itu, sistem pengering ini lebih boros biaya untuk energi.



Gambar 2: Contoh sistem pengering dengan sumber panas buatan (oven)

Pengering vakum dan pengering berhawa dingin (Gambar 3) dapat bekerja pada suhu $-20 - 0^{\circ}\text{C}$ dengan tekanan $0.0006 - 0.006 \text{ atm}$ [9,10]. Konsep dasar alat pengering ini adalah menguapkan air pada suhu dan

tekanan rendah (vakum). Pengering ini sangat berguna untuk mengeringkan bahan pangan, aditif, dan obat berkualitas tinggi, karena dapat meminimalkan terbuangnya aroma, bahan aktif dan volatil, serta menekan rusaknya nutrisi dan reaksi enzimatik [11]. Bagaimanapun, sistem pengering ini memiliki kelemahan yaitu: tingginya investasi dan biaya energi untuk proses vakum dan pendinginan, serta waktu pengeringan yang masih lama.



Gambar 3: Contoh sistem pengering vakum [12]

Hadirin yang terhormat

Rendahnya efisiensi energi proses pengeringan disebabkan oleh tidak efisiennya transfer massa dari bahan ke udara. Apalagi di daerah tropis dimana udara memiliki kelembaban relatif tinggi (70 – 80%), sehingga menjadi cepat jenuh jika digunakan sebagai media pengering. Pada kelembaban relatif yang tinggi, driving force transfer massa air dari bahan basah ke udara (media pengering) menjadi rendah, sehingga proses penguapan air terhambat. Hal itu dapat dilihat dari tingginya temperatur gas buang dari unit pengering yang masih pada kisaran 60 - 70°C [13].

Tingginya temperatur gas buang menunjukkan bahwa kandungan panas sensibelnya tidak dapat digunakan secara optimal untuk menguapkan air. Akibatnya adalah sangat borosnya penggunaan energi, dimana untuk menguapkan 1 kg air dibutuhkan 1.7 – 2.0 kg uap pemanas (efisiensi energi 50 - 60%). Bahkan, untuk sistem pengering berhawa dingin, efisiensinya hanya 25 - 40% [4,5]. Berbagai metode pengeringan modern telah berhasil meningkatkan kualitas produk, namun, perbaikan proses dari sisi efisiensi energi masih jarang. Bahkan selama 25 tahun terakhir inovasi teknologi pengeringan hampir mencapai kejenuhan. Dengan terbatasnya sumber energi terutama bahan bakar fosil, harga bahan bakar dunia yang sulit diprediksi, pesatnya industrialisasi, perubahan iklim dunia, dan kenaikan emisi gas rumah kaca, maka sistem pengering yang efisien menjadi urgen [3 – 5].

Efisiensi energi tergantung karakteristik proses seperti laju penguapan air dalam bahan, dan jumlah energi yang harus disediakan. Definisi yang umum adalah energi yang digunakan untuk menguapkan air dibagi dengan energi yang disediakan [3]. Tabel 1 menunjukkan bahwa efisiensi energi masih menjadi tantangan bagi pengembangan sistem pengering industri dan UKM.

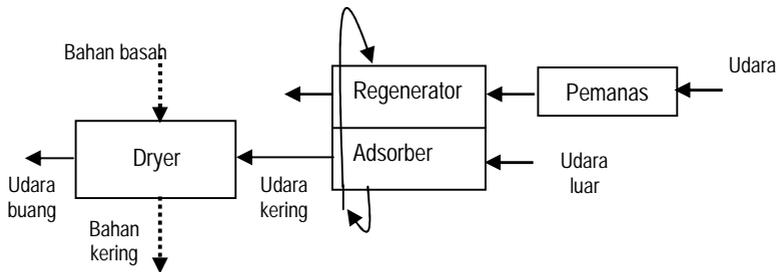
Tabel 1: Efisiensi energi beberapa alat alat pengering [5]

No.	Jenis pengering	Efisiensi energi (γ %)
1	Kabinet/tray	20-30
2	Vakum ^l	35-40
3	Freeze	10-20
4	Spray ^[12]	30-60
6	Screw conveyor	25-60
7	Fluidisasi	30-60

2. Sistem Dehumidifikasi Udara sebagai Solusi

Hadirin yang terhormat

Hasil positif diperoleh melalui sistem pengering dengan media udara yang didehumidifikasi penyerap (adsorben) seperti zeolite [14 - 18]. Prinsip dasar sistem ini adalah, udara sebagai media pengering dikontakkan dengan adsorben pada Adsorber (Gambar 4), sehingga kelembabannya turun. Udara berkelembaban rendah ini berpotensi meningkatkan driving force perpindahan massa air dari bahan basah ke udara. Oleh karena itu, proses pengeringan berlangsung lebih cepat dan efisien, terutama pada suhu rendah. Sementara itu adsorben (zeolite) yang telah jenuh dapat diregenerasi dengan pemanasan (Regenerator), sehingga dapat digunakan kembali. Dengan mempertimbangkan kebutuhan panas pada semua unit, efisiensi energi sistem pengering ini 10 - 30% di atas sistem pengering tanpa zeolite [5,16].



Gambar 4: Skema sistem pengering dengan dehumidifikasi udara [5]

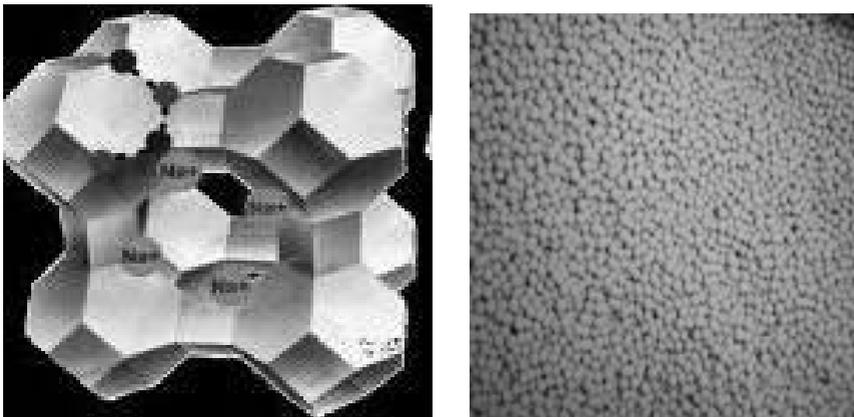
Pidato saya ini berisi tentang hasil-hasil penelitian sistem pengering dengan media udara yang didehumidifikasi zeolite, baik dari pendekatan fundamental maupun aplikasi. Aneka produk telah diujicobakan antara lain jagung, padi, bawang merah, rumput laut, ekstrak rumput laut (karaginan), ekstrak kayu secang dan bunga rosela. Produk tersebut mengandung bahan

nutrisi maupun bahan aktif yang sensitif terhadap panas. Sebagai indikator, telah dievaluasi kecepatan dan waktu pengeringan, kualitas produk, serta efisiensi energi.

3. Alasan Penggunaan Zeolite sebagai Adsorben

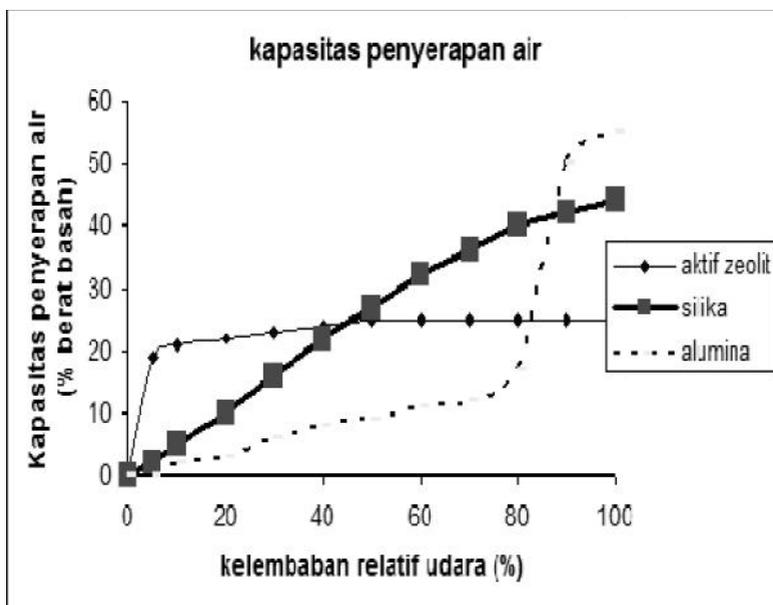
Hadirin yang terhormat

Zeolite adalah bahan berpori yang mengandung alumina dan silika dalam bentuk kristal (Gambar 5) dengan berat jenis antara 0.8 - 1.1 g/mL. Dalam zeolite, rasio antara silika dan alumina selalu lebih dari 1. Karena berpori, luas permukaan zeolite sangat besar yaitu lebih dari 400 m² per gram. Hingga saat ini lebih dari 100 jenis zeolite telah disintesa dan dikembangkan, serta 40 jenis dapat ditemui di alam dalam bentuk bentonit, modernit, clinaptilolite, dan lain-lain [19 - 21].



Gambar 5: Struktur zeolite [21]

Zeolite dapat menurunkan air dari udara sampai kadar 0.1 ppm (dew point -50°C) dengan kapasitas penyerapan 20 - 25% dari total beratnya [21]. Dengan kapasitas ini, untuk suhu udara 30 - 33°C , dan kelembaban relatif 70 - 80%, 1 kg zeolite mampu menurunkan kelembaban relatif 10 m^3 udara mendekati 0%. Dibanding penyerap lainnya seperti silika, pasir, tanah clay, dan karbon aktif, afinitas zeolite terhadap air sangat tinggi, sehingga dapat mengeringkan udara lebih cepat. Dari sisi kapasitas penyerapannya, zeolite menunjukkan konsistensi pada kisaran 20% (Gambar 60), sedangkan penyerap lain, kapasitas penyerapannya turun drastis ketika kelembaban udara yang diserap turun. Dengan demikian, penyerap (adsorben) lain, tidak mampu menyerap uap air sampai humiditas yang sangat rendah.



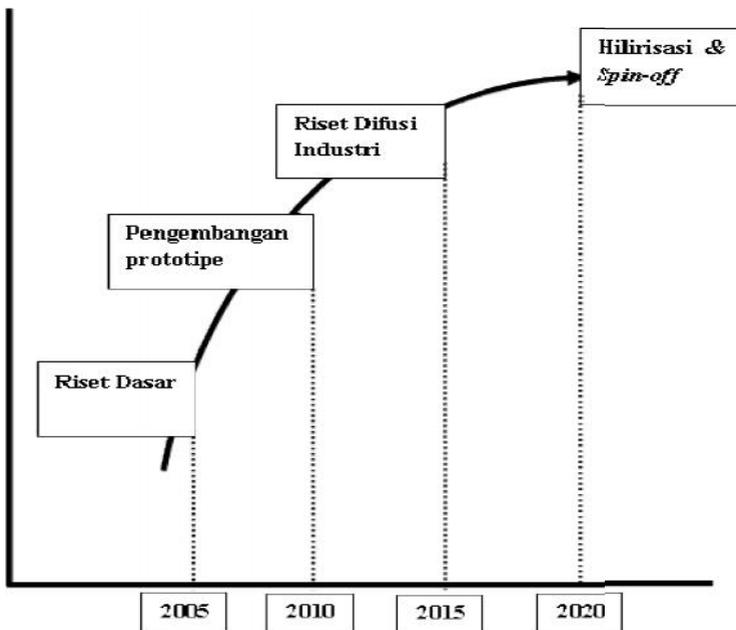
Gambar 6: Kapasitas penyerapan uap air berbagai adsorben [21]

4. Pengembangan Sistem Pengering dengan Zeolite

4.1 Peta Jalan (Roadmap) Penelitian

Hadirin yang terhormat

Ultimate goal pengembangan penelitian ini adalah membuat paket teknologi pengeringan komersial yang fisibel untuk industri atau pun unit usaha kecil dan menengah (UKM). Dalam pidato ini, ada 4 aspek yang dibahas dalam pengembangan sistem pengering ini, yaitu: kecepatan pengeringan, kualitas produk, efisiensi energi, dan potensi ekonomi. Program ini telah dilakukan mulai dari virtual design dan model yang disimulasikan dengan perangkat lunak, proses validasi menggunakan data eksperimen, serta tahap aplikasi/hilirisasi hasil riset di industri dan UKM (Gambar 7).



Gambar 7: Peta jalan pengembangan sistem adsorpsi dengan zeolite

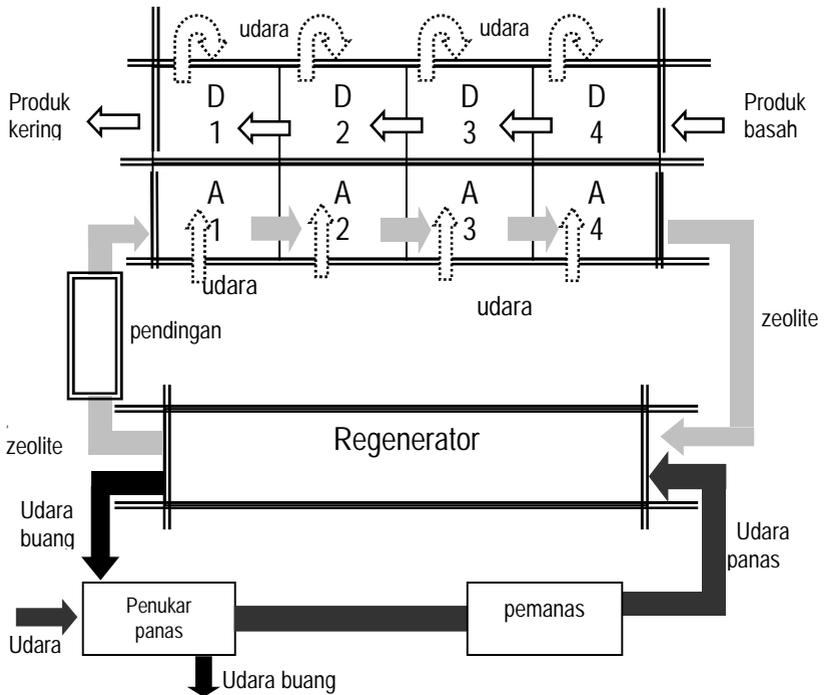
Setiap langkah proses telah menghasilkan beberapa luaran dalam bentuk karya ilmiah yang dipublikasikan dalam jurnal nasional dan internasional bereputasi, buku, serta makalah dalam forum ilmiah nasional dan internasional. Luaran yang aplikatif antara lain prototipe alat pada skala laboratorium, maupun unit demonstrasi sistem pengering skala menengah. Untuk skala industri model desain sudah disusun bekerjasama dengan mitra industri.

4.2 Hasil Yang Dicapai

a. Riset Dasar Pengembangan Sains

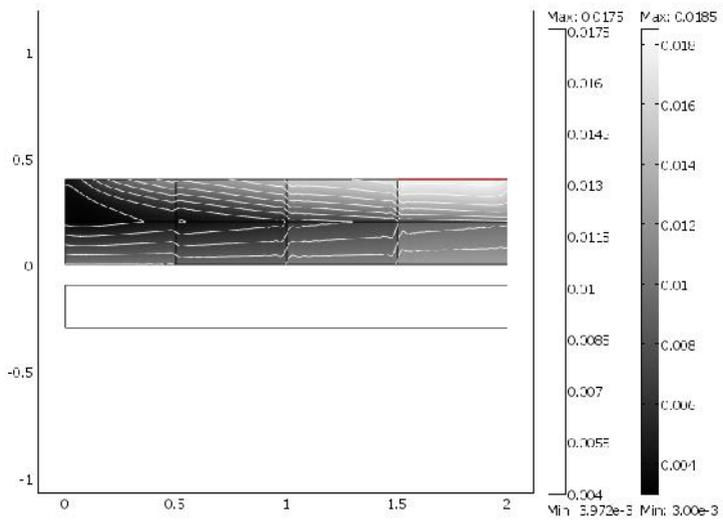
Hadirin yang terhormat

Riset dasar yang pertama dilakukan yaitu perhitungan neraca massa dan energi dari seluruh proses mulai dari adsorpsi, regenerasi, dan pengeringan. Dari neraca tersebut dapat diidentifikasi aliran panas keluar yang dapat dimanfaatkan kembali. Perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi energi yang dicapai adalah 75% [16]. Desain lanjut telah dilakukan dengan merancang pengeringan multi tahap (multistage) seperti pada Gambar 8. Pada sistem ini, udara basah yang keluar dari unit pengering (D) didehumidifikasi lagi pada unit Adsorber (A) untuk dapat digunakan pada proses pengeringan tahap berikutnya [22 - 24]. Sementara itu zeolite yang telah jenuh diregenerasi dalam Regenerator untuk digunakan kembali. Cara ini dilakukan berulang tergantung dari jumlah tahapan yang dirancang, sehingga panas yang terbuang dari pengering sebelumnya dapat dimanfaatkan secara total untuk pengeringan berikutnya. Selain itu panas yang dibebaskan juga semakin besar, dengan meningkatnya kandungan air dalam umpan adsorber. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi energinya dapat mencapai 80 - 90% [23 - 24].

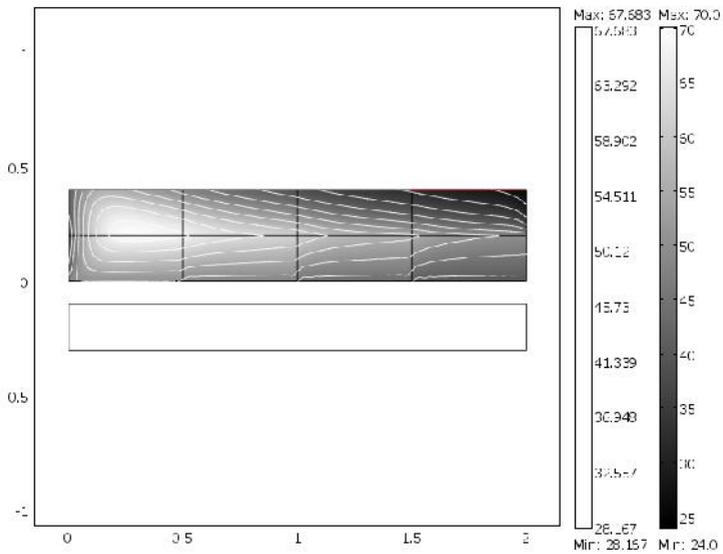


Gambar 8: Model sistem pengering dengan zeolite secara multi tahap [23] (dimana A= adsorber, D = pengering)

Pendekatan yang lebih detail juga telah dilakukan dengan model dinamika dua dimensi [23]. Tujuan dari tahap ini adalah mempelajari distribusi suhu dan konsentrasi air, serta menghitung efisiensi energi. Contoh hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 9 (untuk distribusi air) dan Gambar 10 (distribusi suhu udara). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa efisiensi energi sebanding dengan jumlah tahap. Semakin banyak jumlah tahapnya semakin tinggi efisiensi yang dicapai. Meski demikian, pada jumlah tahap di atas 3, kenaikan efisiensi tidak signifikan, sehingga dapat direkomendasikan 2 – 3 tahap (stage) proses pengeringan dengan efisiensi energi 80 – 90% [23,24].



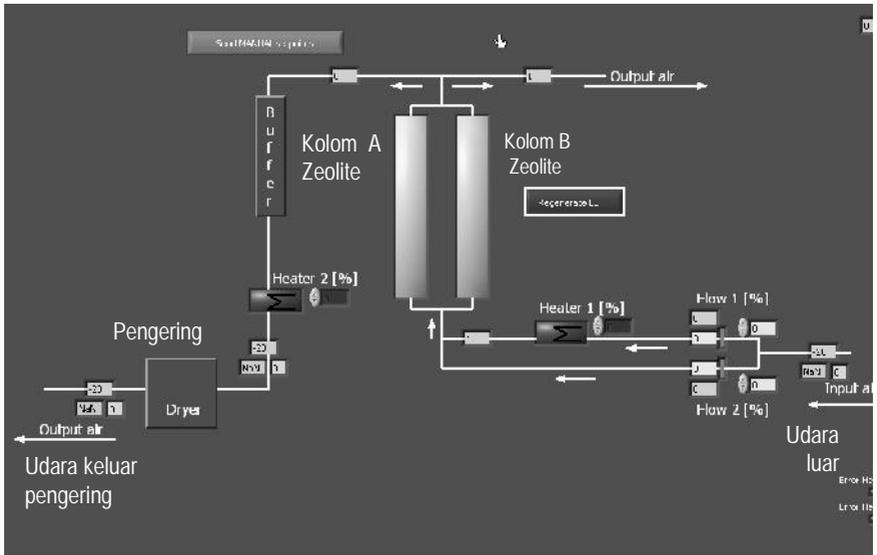
Gambar 9: Distribusi uap air pada pengering dan adsorber [23]



Gambar 10: Distribusi suhu udara di pengering dan adsorber [23]

Sistem pengering pada Gambar 11 dijalankan menggunakan Labview (Gambar 12) dengan konstruksi alat seperti pada Gambar 13. Data-data percobaan ini disimpan untuk menghitung efisiensi energi dan memvalidasi besarnya konstanta proses (adsorpsi, pengeringan dan regenerasi). Contoh hasil validasi model dengan data eksperimen dapat dilihat pada Gambar 14, dimana model cukup valid untuk menggambarkan proses adsorpsi. Pada grafik tersebut nampak bahwa kadar air turun mendekati nol pada rentang waktu tertentu. Apabila zeolite telah jenuh (ditandai dengan naiknya uap air yang keluar adsorber), maka proses dehumidifikasi dipindah ke kolom berikutnya sesuai dengan konsep.

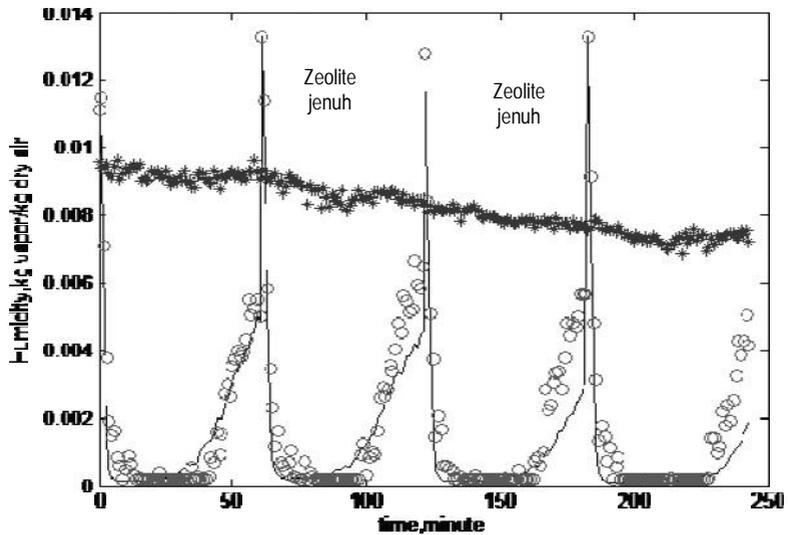
Setelah model valid, semua data dijadikan sebagai input untuk menghitung efisiensi energi. Hasil menunjukkan bahwa efisiensi energi sistem pengering dua tahap (2 stage) mencapai 82 - 84% [25], sedangkan untuk 1 tahap, efisiensi energinya mencapai 72 - 75% yang setara dengan 4 tahap sistem pengering tanpa zeolite (Tabel 2). Semua hasil ini sama dengan perhitungan menggunakan model baik sistem dinamik maupun tunak. Singkatnya baik pendekatan model serta ujicoba, efisiensi sistem pengering dengan zeolite menunjukkan konsistensi yang tinggi [26]. Pada saat ini, sistem pengering 2 tahap dengan zeolite telah dikonstruksi seperti pada Gambar 15.



Gambar 12: Program Labview sistem pengeringan dengan zeolite (dibuat di Wageningen University Belanda 2008)



Gambar 13: Konstruksi sistem pengeringan dengan zeolite (dibuat di Wageningen University Belanda 2008)



Gambar 14: Proses dehumidifikasi udara dengan kolom zeolite yang bekerja secara shif (*udara masuk kolom, ° udara keluar kolom zeolite, — model).

Tabel 2: Efisiensi energi (%), sistem pengering dengan zeolite dan tanpa zeolite

Sistem Pengering	Efisiensi Energi							
	1 stage		2 stage		3 stage		4 stage	
	Model	Eksperimen	Model	Eksperimen	Model	Eksperimen	Model	Eksperimen
Zeolite	74	72-75	82	82-84	90		92	-
Tanpa zeolite	63	60					72	



Gambar 15: Konstruksi sistem pengering 2 tahap dengan zeolite (dibuat di Wageningen University Belanda 2008)

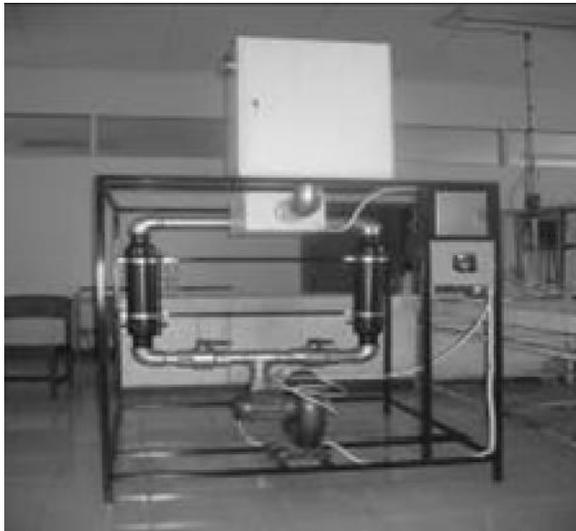
b. Aplikasi untuk Bahan Pangan dan Aditif

Hadirin yang terhormat

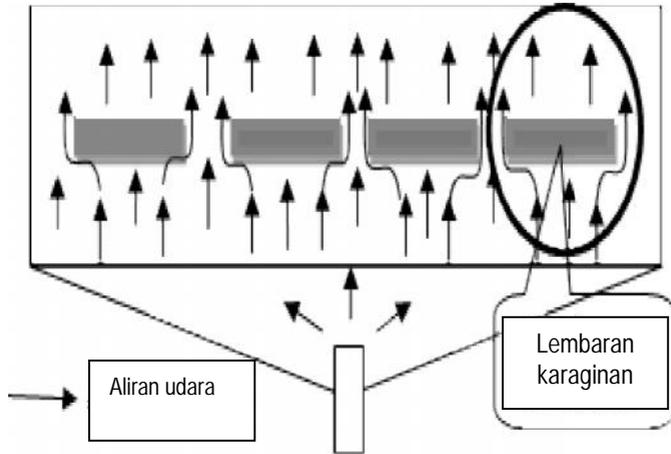
Sistem pengering dengan zeolite juga telah diterapkan untuk bahan pangan dan aditif. Pada aplikasi ini tiga jenis pengering telah dievaluasi yaitu pengering tray (rak/konvektif), unggun terfluidisasi, dan spray (semprot). Pengering rak (tray dryer) digunakan untuk bahan padat, atau pun bahan semi padat yang diletakkan pada rak/penampakan. Pengering unggun terfluidisasi (fluidised bed) digunakan untuk bahan berupa granul, partikel, atau pun butiran (misalnya biji-bijian) yang dihembuskan dengan udara, sedangkan pengering model semprot (spray dryer) digunakan untuk bahan cair, atau cairan pekat. Pada proses ini bahan disemprot keluar lewat lubang nozle dan dikontakkan dengan udara. Hasil yang diperoleh berupa serbuk, seperti susu bubuk, ekstrak bahan pangan atau obat.

b.1 Evaluasi Sistem Pengering Rak (Tray dryer) dengan zeolite

Sistem pengering rak (konvektif) dengan media udara yang didehidratasi zeolite (Gambar 16) telah diujicobakan pada beberapa produk yaitu karaginan, rumput laut, dan bawang merah. Karaginan merupakan aditif bahan pangan hasil ekstraksi rumput laut jenis *Euchema cottoni*. Pada proses pengeringan ini, kecepatan pengeringan dan mutu produk dievaluasi. Selain percobaan, tahap ini juga mengembangkan model matematika untuk melihat fenomena yang terjadi di dalam bahan. Sebagai contohnya adalah mengetahui bagaimana proses distribusi air dari dalam sampai permukaan bahan (Gambar 17). Berdasarkan fenomena dan data percobaan tersebut dilakukan proses simulasi 2 dimensi menggunakan Femlab [27].



Gambar 16: Konstruksi sistem pengering model rak (tray dryer)



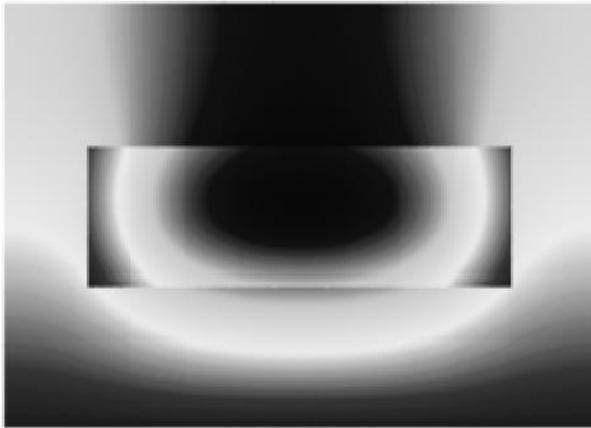
Gambar 17: Visualisasi pengeringan karaginan model tray [27]

Hadirin yang terhormat

Hasil percobaan dan model matematika menunjukkan bahwa adanya zeolite mampu meningkatkan kecepatan proses pengeringan. Apabila dibandingkan pengering konvektif (rak) tanpa zeolite, waktu proses pengeringan karaginan dengan zeolite 1 jam lebih cepat. Selain itu, model dinamika 2 dimensi juga berhasil menggambarkan profile distribusi suhu udara secara valid (Gambar 18). Apabila dievaluasi dari kualitas karaginan kering yang dihasilkan, tingkat keputihan dan kekuatan gel terjaga tetap baik terutama pada suhu $<100^{\circ}\text{C}$ (Tabel 3). Seperti diketahui, komponen penyusun utama karaginan yaitu gugus galaktosa ataupun disakarida, yang sensitif terhadap suhu tinggi terutama di atas 100°C .

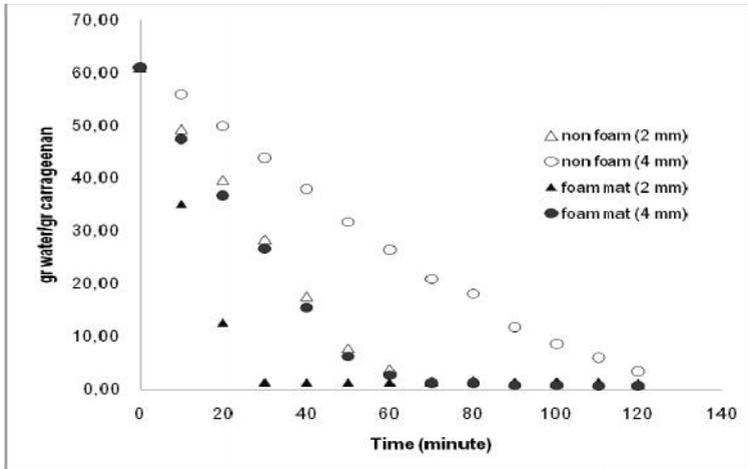
Tabel 3: Kualitas karaginan hasil pengeringan pada berbagai suhu

Suhu, °C	Tingkat keputihan	Kekuatan gel, gr.cm ⁻²
40	53	116.0
60	50	105.1
80	44	98.8
100	40	87.5
120	36	63.0

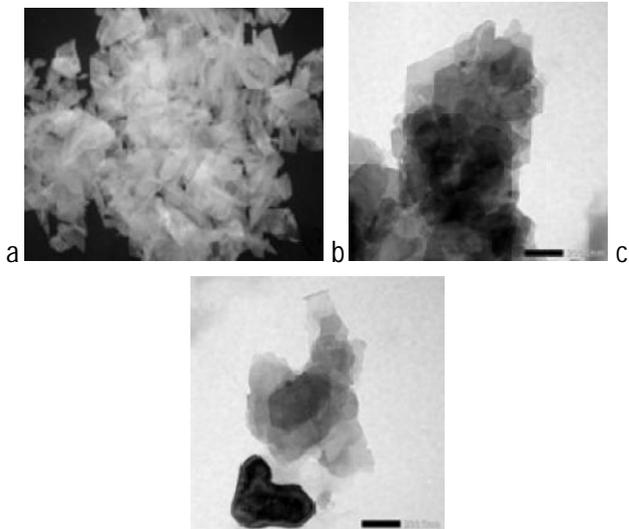


Gambar 18: Distribusi suhu pada udara dan irisan karaginan [27]

Untuk memberikan efek positif yang lebih kuat, karaginan dicampur dengan bahan pembentuk gelembung (foaming agent) seperti putih telur. Tujuannya adalah untuk memperluas area penguapan air, serta mengurangi sifat lengketnya. Kombinasi ini mampu mempercepat proses pengeringan 2 - 3 kali dari sistem pengering konvensional (Gambar 19) [28]. Dari aspek mutu menunjukkan bahwa kombinasi ini menghasilkan tekstur karaginan yang rapuh, berongga, sehingga lebih mudah digiling menjadi serbuk ultrafine (Gambar 20).



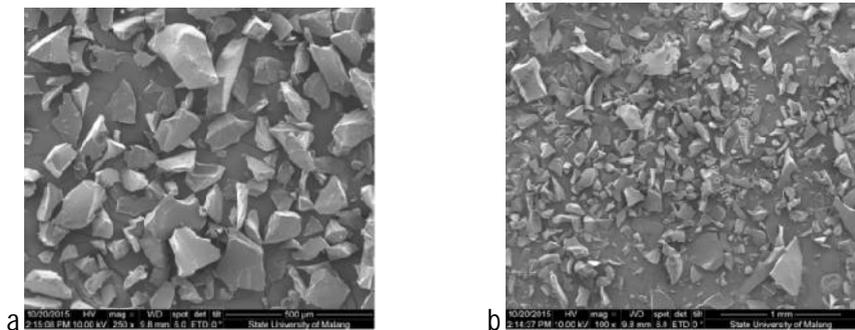
Gambar 19: Penurunan kadar air (water) pada pengeringan karaginan dengan dan tanpa foam (gelembung) [28]



Gambar 20: Lempengan karaginan kering (bagian a), struktur karaginan pengamatan Transmission Electron Microscopy (TEM): tanpa gelembung (bagian b) dan dengan gelembung (bagian c) [28]

Hadiran yang terhormat

Selain karaginan, pengeringan menggunakan media udara yang didehumidifikasi zeolite juga diujicobakan untuk ekstrak pekat bunga rosela. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengeringan yang cepat dengan dehumidifikasi udara menyebabkan struktur ekstrak lebih rapuh dan mampu menghasilkan bubuk yang lebih kecil (Gambar 21). Selain itu, kadar antosianin dan vitamin C dalam bunga rosela dapat dipertahankan tetap tinggi [29]. Hasil menunjukkan bahwa dengan sistem dehumidifikasi udara pada suhu operasi 40 - 70°C, kualitas antosianin tidak berubah, dan kecepatan pengeringan meningkat dengan naiknya suhu. Selain itu, kecepatan linier udara juga sangat berpengaruh terhadap kecepatan pengeringan, dimana dengan meningkatnya kecepatan udara maka kecepatan pengeringan makin tinggi (laju dehidrasi tinggi), sehingga waktu pengeringan lebih cepat [29]. Dengan kadar air yang lebih rendah, partikel rosela yang dihasilkan akan lebih lebih kecil (Gambar 21).



Gambar 21: Pengamatan Scanning Electron Microscope (SEM) ekstrak bunga rosela suhu 60°C (a. Tanpa dehumidifikasi b. Dehumidifikasi)

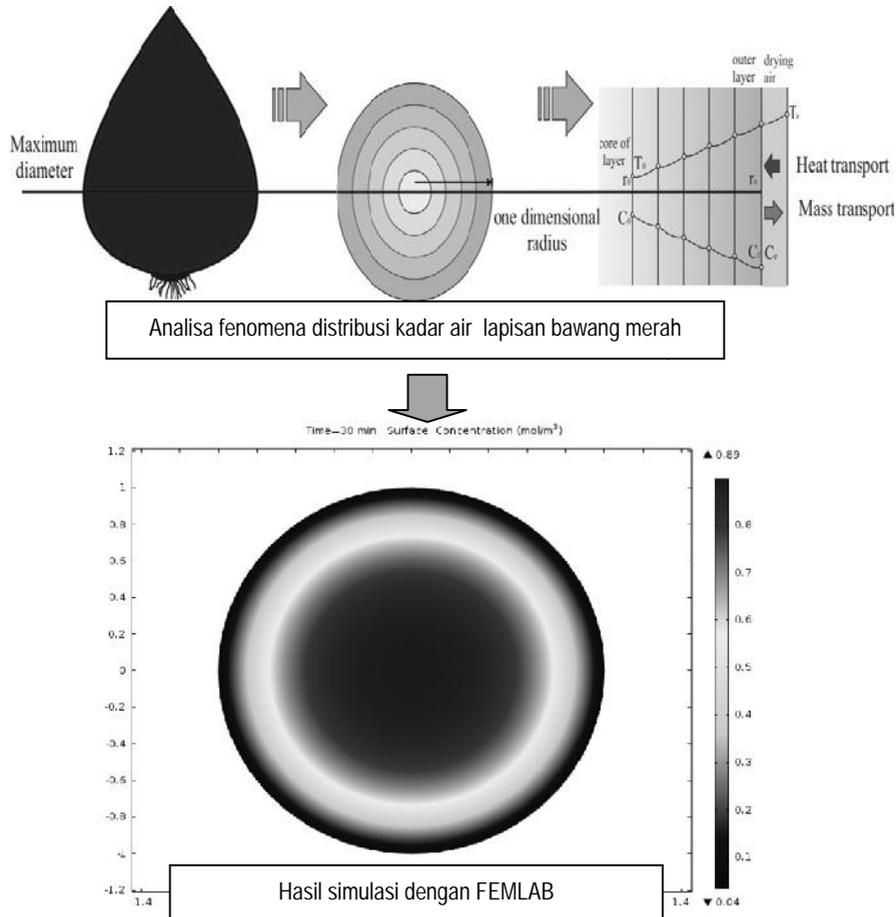
Hadirin yang terhormat

Hasil yang sama juga diperoleh pada pengeringan bawang merah. Pengeringan ini bertujuan untuk mengeringkan kulit bagian luar dari bawang merah pada kadar air 12 – 15%. Dengan kulit luar yang kering, maka bagian dalam akan terlindungi dari proses penjamuran, sehingga kesegaran, warna, dan kandungan bahan aktif seperti quercetin dan vitamin C tetap terjaga. Umumnya bawang merah hasil pertanian mengandung kadar air total kurang lebih 88 - 90% dengan kulit luar basah. Pada kondisi ini bawang merah akan cepat menjamur apabila disimpan. Setelah pengeringan (dengan kadar air kulit terluar 12%), maka kadar air total dalam bawang merah menjadi sekitar 85%. Kondisi ini akan aman disimpan sebelum digunakan atau untuk didistribusikan.

Proses pengeringan bawang merah ini dijalankan 3 tahap yaitu, percobaan pada skala prototipe dengan kapasitas 5 kg/batch, pengembangan model matematika untuk melihat distribusi kandungan bawang merah selama pengeringan dan menghitung waktu pengeringan, serta pengembangan pengering pada skala unit demonstrasi (pilot) berkapasitas 120 kg per batch. Kegiatan ini bekerjasama dengan BPTP Jawa Tengah dan Bali Besar (BB) Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Kementerian Pertanian.

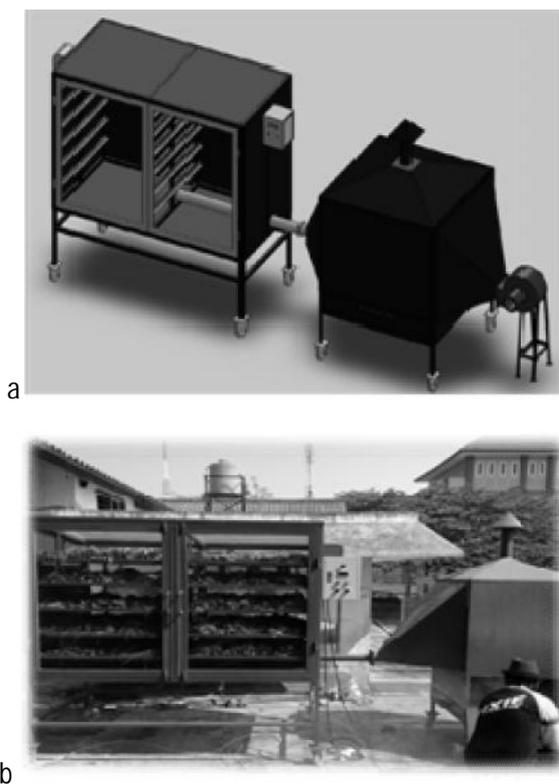
Berdasarkan observasi pada skala laboratorium diperoleh hasil bahwa kadar quercetin dan warna tidak mengalami perubahan terutama pada pengeringan 40 – 50°C, sedangkan dari perhitungan konstanta pengeringan diperoleh kecepatan penguapan air cukup tinggi dengan waktu pengeringan bawang merah 5 jam (2 jam lebih cepat dari pengeringan konvektif (model rak) tanpa zeolite) [30].

Disamping untuk menghitung waktu pengeringan, konstanta pengeringan dan difusifitas air, juga digunakan untuk memprediksi distribusi air dalam setiap lapisan bawang merah. Hasil menunjukkan bahwa kadar air kulit terluar bawang merah dapat dijaga 12%, dengan kadar air pada lapisan bagian dalam tetap tinggi, sehingga kadar air totalnya sekitar 85% (Gambar 22).



Gambar 22: Distribusi air pada lapisan bawang merah (M Djaeni - CL Hii)

Hasil perhitungan telah diujicoba pada pengeringan bawang merah berkapasitas 120 kg per batch. Sebagai sumber pemanasnya adalah pembakaran sekam (Gambar 23). Udara sebagai media pengering dipanaskan pada tungku pembakaran sekam. Udara ini kemudian masuk ruangan pengering yang dilengkapi dengan zeolite, sehingga kelembaban udara selama proses penguapan air dari bawang merah dapat dijaga rendah [31].



Gambar 23: Sistem pengeringan bawang kapasitas 120 kg per batch kerjasama dengan BPTP Jawa Tengah dan B. B. Pengembangan Mekanisasi Pertanian: a. Desain b. Konstruksi [31]

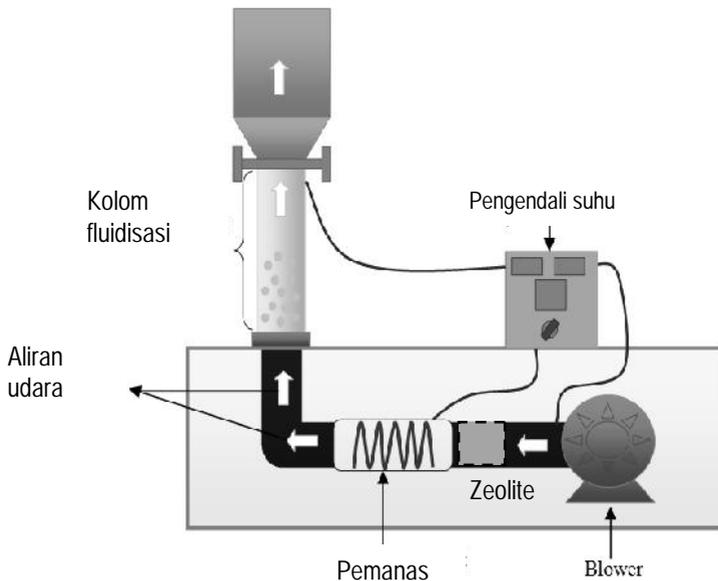
Dari aspek, kandungan bahan aktif (quercetin), nutrisi, dan sifat fisik produk dapat terbukti bahwa sistem pengering dengan zeolite mampu mempertahankan kualitas bawang merah. Untuk suhu operasi 40 – 50°C, kadar quercetin dapat dipertahankan pada kisaran 1.5 - 1.6 gr per 100 gr bawang kering, dan efisiensi energi yang dicapai adalah 72 – 75% [30, 31].

Disamping untuk bawang merah, sistem pengering ini juga telah diujicoba untuk rumput laut jenis *Euchema cottonii* yang merupakan bahan baku karaginan. Percobaan pengeringan rumput laut telah dilakukan pada skala laboratorium dengan kapasitas 2 kg per batch, maupun skala pilot berkapasitas 50 kg per batch. Hasil diperoleh bahwa proses pengeringan dengan zeolite mampu mempertahankan kualitas rumput dengan nilai swelling power 12.0 – 13.0 pada suhu operasi 50 – 60°C [32]. Dari sisi waktu, diperoleh hasil bahwa untuk mengeringkan rumput laut dari kadar air 95% menjadi 15%, diperlukan waktu 4 jam. Pengeringan ini lebih cepat 1 jam dari pengeringan konvektif tanpa zeolite, sedangkan dengan sinar matahari diperlukan waktu efektif 4 – 5 hari.

b.2. Sistem Pengeringan pada Unggun Terfluidisasi

Hadirin yang terhormat

Sistem pengering ungun terfluidisasi menggunakan media udara yang didehumidifikasi zeolite telah dikembangkan (Gambar 24). Bahan yang dikeringkan adalah jagung dan padi. Pada proses ini, udara luar dengan kecepatan linier tertentu didehumidifikasi dengan zeolite. Udara berkelembaban rendah ini, digunakan untuk proses pengeringan pada kolom fluidisasi.



Gambar 24: Skema sistem pengeringan unggun terfluidisasi dengan zeolite

Hasil menunjukkan bahwa pengeringan padi dari kadar air 25% menjadi 12% memerlukan waktu efektif 2.0 jam (suhu operasi 50°C dan kelembaban udara 40%) [33]. Waktu pengeringan dapat dipercepat dengan kelembaban udara yang lebih rendah. Fenomena yang sama juga terjadi pada pengeringan jagung [34]. Disamping itu, hasil analisa proksimat juga menunjukkan tidak ada perubahan yang signifikan sebelum dan sesudah proses pengeringan [33, 34]. Artinya kualitas nutrisi dalam bahan baku dapat dipertahankan. Pada pengeringan padi, gabah yang dihasilkan diujicoba dengan penggilingan. Hasil menunjukkan bahwa kualitas fisik beras yang dihasilkan jauh lebih tinggi dari sistem pengering unggun terfluidisasi tanpa zeolite dan sebanding dengan pengeringan selama 2 hari dengan sinar matahari (Tabel 4).

Tabel 4: Sifat fisik beras dari gabah hasil pengeringan berbagai metode [33]

Suhu °C	Sifat fisik beras						
	Whiteness (keputihan)	Kadar air	Beras Kepala	Beras pecah	Menir	Rusak	Swelling power
40	45.3	12.60	80.40	18.87	0.73	1.41	4.20
60	45.9	12.30	78.70	19.01	2.29	1.33	3.86
matahari	45.2	13.20	79.62	19.03	1.36	1.44	4.20
60 tanpa zeolite	45.2	12.10	65.57	29.87	64.47	1.74	3.62

Sementara itu, ujicoba pengeringan padi dengan bahan bakar sekam juga telah dilakukan. Hasil menunjukkan bahwa efisiensi panas sistem pengering mencapai 78% (18% di atas sistem pengering tanpa zeolite) [33]. Hal ini berarti sistem pengering unggul terfluidisasi berbahan bakar sekam positif untuk dikembangkan. Dengan potensi kandungan panas sebesar 14 – 15 MJ/kg, maka setiap 1 kg sekam mampu menguapkan 5 - 6 kg air.

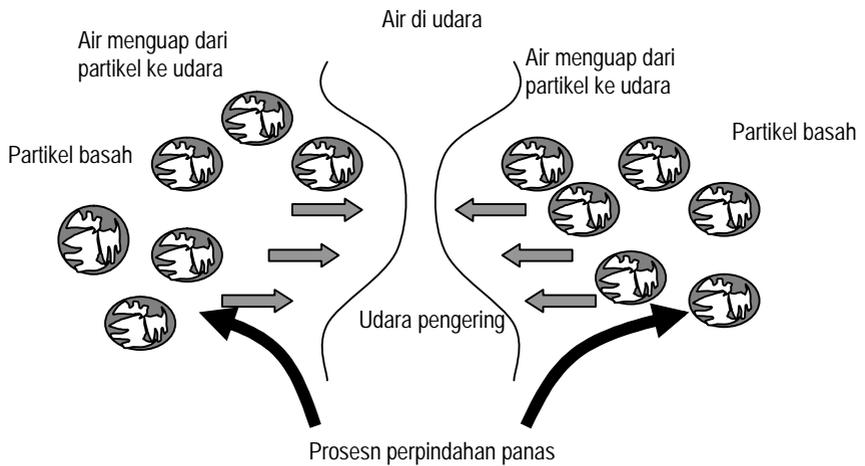
b.3. Sistem Pengering Semprot (Spray Dryer)

Hadirin yang terhormat

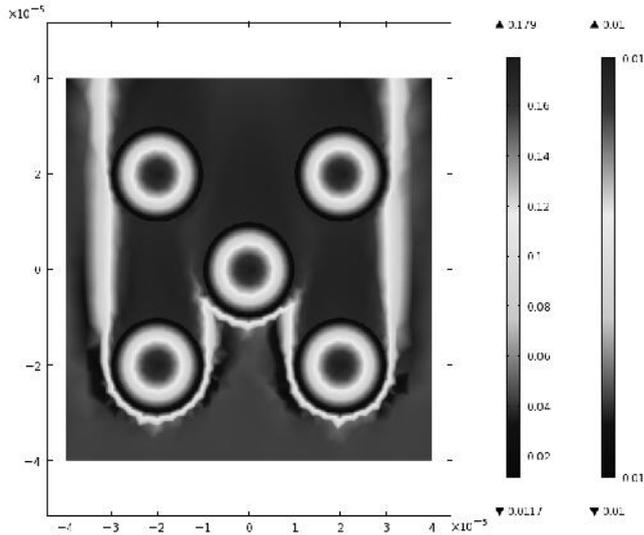
Sistem pengeringan model semprot dengan media udara yang didehumidifikasi zeolite juga telah dikembangkan (Gambar 25). Pada pengeringan ini bahan basah berupa larutan disemprot melalui nozzle membentuk butiran halus. Pada saat yang sama, udara dialirkan ke kolom pengering. Pada proses ini, air dari bahan menguap ke udara, sehingga butiran mengkristal atau memadat (Gambar 26). Pengering model semprot telah disimulasikan untuk menghitung laju pengeringan, mengetahui distribusi air dan suhu udara (Gambar 27), serta menghitung waktu pengeringan efektif.



Gambar 25: Alat pengering model semprot (spray dryer)



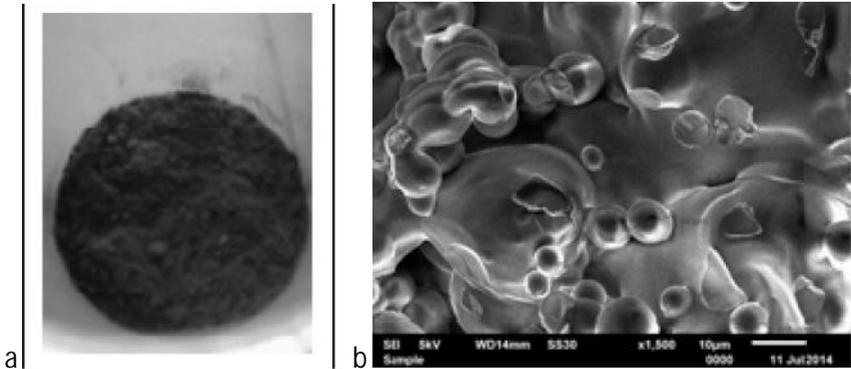
Gambar 26: Fenomena pada sistem pengeringan semprot



Gambar 27: Distribusi air di udara dan partikel pada pengeringan semprot

Pengeringan model semprot ini telah diujicoba untuk karaginan, ekstrak kayu secang, dan ekstrak bunga rosela. Karaginan merupakan bahan aditif yang diperoleh dari rumput laut, sedangkan kayu secang merupakan tanaman polong-polongan yang dapat digunakan sebagai minuman, atau pewarna alami dengan kandungan aktif brazilin. Adapun ekstrak rosela kaya antosianin dan vitamin C yang berguna sebagai antioksidan.

Hasil menunjukkan bahwa pengering semprot dapat mempertahankan kualitas produk. Kendala yang dihadapi adalah adanya aglomerasi produk, sehingga perlu bahan penyalut untuk menghindarinya. Pada pengeringan kayu secang, ekstrak ditambahkan maltodekstrin untuk mengurangi lengketan. Hasil menunjukkan bahwa partikel ekstrak dapat terbentuk dan aglomerasi dapat dihindari (Gambar 28 bagian a dan bagian b) [35].



Gambar 28: Contoh hasil pengeringan semprot: serbuk ekstrak kayu secang (a), dan hasil analisa Scanning Electron Microscope (SEM) produk (b)

4. Potensi Ekonomi dan Hilirisasi Industri

Hadirin yang terhormat

Ujicoba pada skala kecil dan menengah telah dilakukan untuk sistem pengering bawang merah, rumput laut, dan padi. Hasil menunjukkan bahwa pada pengeringan padi maupun bawang merah dengan bahan bakar sekam efisiensi panasnya berkisar 75 - 80%. Perhitungan evaluasi ekonomi juga telah dilakukan dengan mempertimbangkan nilai investasi, keunggulan inovatif produk, dan penghematan biaya bahan bakar. Untuk pengeringan rumput laut, diperoleh hasil bahwa waktu pengembalian investasi kurang lebih 2 tahun, sedangkan untuk pengeringan padi dan bawang merah waktu pengembalian investasinya lebih lama yaitu sekitar 3 tahun.

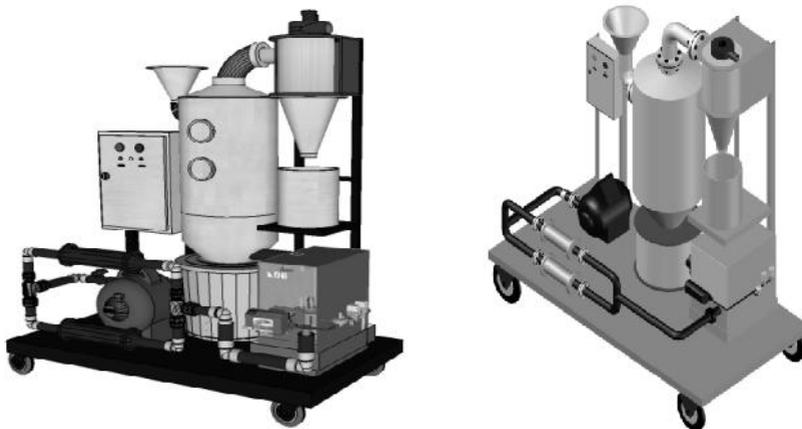
Dengan tingkat efisiensi yang tinggi ini, maka sistem pengering dengan zeolite telah diterapkan untuk rumput laut pada industri kecil menengah di Jepara dan Karimunjawa. Disamping itu, sistem pengering telah diterapkan pada UKM empon – empon dan makanan ringan di Semarang dan sekitarnya.

Kegiatan tersebut difasilitasi oleh Universitas Diponegoro maupun Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi dengan program kompetitif nasional.

Pengembangan kearah hilirisasi industri, juga telah dilakukan melalui kerjasama dengan BPPT Kemenristek tahun 2009 - 2010, untuk pengeringan spesimen pada industri jamu di Semarang. Sementara untuk pengeringan padi, inisiasi kerjasama mulai dibangun dengan Unit Penggilingan Gabah Beras milik swasta dan Perum Bulog, sedangkan untuk penguatan risetnya bekerjasama dengan Balai Besar Penelitian Tanaman Padi Kementrian Pertanian melalui program KKP3N (Tahun 2013). Untuk proses pengeringan bawang merah dengan zeolite, kerjasama telah dilakukan dengan melibatkan Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian dan BPTP Jawa Tengah. Untuk kebutuhan pasokan zeolite, diperoleh dengan dua cara yaitu aktivasi zeolite alam Indonesia (dengan pemanasan maupun kimia), serta kerjasama dengan industri (Zeochem dari Swiss, tahun 2010).

Fabrikasi mesin pengering dengan zeolite berkapasitas besar (>250 kg/batch) juga sudah diupayakan dengan industri dalam negeri, yaitu PT Mutiara Global, Bogor (Gambar 29). Untuk pengering berkapasitas menengah dikembangkan oleh Laboratorium Bengkel Teknik Kimia Universitas Diponegoro, bekerjasama dengan manufaktur lokal (salah satunya adalah CV Wijaya). Kerjasama fabrikasi ini penting sebagai titik awal hilirisasi hasil riset pada skala yang lebih meluas. Kerjasama untuk penguatan aspek sains dan pendidikan juga telah dilakukan dengan University of Nottingham Malaysia-Campus (UNMC), Malaysia, Wageningen University, Belanda, dan National Taiwan University of Science and Technology, Taiwan. Kerjasama ini telah menghasilkan makalah seminar, publikasi pada jurnal internasional bereputasi,

teknologi terapan, serta pertukaran dosen-mahasiswa. Salah satu contohnya adalah teknologi sistem pengering dan pengolahan buah coklat yang telah mampu mempertahankan kandungan bahan antioksidannya [36,37].



Gambar 29: Desain sistem pengering unggas terfluidisasi (Teknik Kimia Universitas Diponegoro & PT Mutiara Global, Bogor)

5. Kesimpulan

Hadirin yang terhormat

Uraian di atas menunjukkan bahwa sistem pengering dengan media udara yang didehumidifikasi zeolite memiliki keunggulan inovatif yaitu: dapat beroperasi pada suhu rendah atau moderat dengan kecepatan pengeringan tetap tinggi, kualitas produk dapat dipertahankan, serta mampu meningkatkan efisiensi energi sampai 75%. Bahkan untuk proses multistage, efisiensi energinya mencapai 90% (30% di atas sistem pengering tanpa zeolite).

Dengan keunggulan inovatif yang dimiliki, maka sistem pengering dengan zeolite memiliki keuntungan komparatif yaitu: berpotensi menghemat biaya operasi khususnya dari sisi penyediaan bahan bakar. Adanya penghematan bahan bakar ini, maka berpotensi menurunkan emisi gas rumah kaca (ramah lingkungan). Dari sisi investasi, dibanding sistem pengering modern lainnya (vakum, mikrowave, dan freeze dryer (pengering berhawa dingin)), sistem pengering zeolite membutuhkan investasi paling rendah, efisiensi energi lebih tinggi, serta potensi pengembalian investasi lebih cepat.

Pesan untuk para dosen dan mahasiswa

Hadirin yang terhormat

Perkenanlah saya menyampaikan sekapur sirih pesan kepada para dosen, teman sejawat, dan para kolega untuk terus meningkatkan kapabilitas keilmuan melalui riset, pendidikan formal, maupun learning by doing. Ada banyak hal yang dapat kita pelajari dan kita manfaatkan dalam kehidupan ini. Hasilkan penelitian yang mampu membuat perubahan atau perbedaan yang signifikan bagi perbaikan kualitas kehidupan manusia.

Bagi para mahasiswa teruslah belajar pada semua aspek kehidupan, agar menjadi insan sempurna. Tekunilah apa yang anda sukai dari lautan ilmu yang bermanfaat untuk masyarakat, bangsa, dan negara. Junjunglah tinggi nilai kejujuran, etika, dan moral. Tanamkanlah nilai-nilai luhur dan budi pekerti, belajar dan bekerja keraslah untuk mencapai cita-cita dan kejayaan bangsa. Tumbuhkan rasa percaya diri, kembangkanlah kemampuan berkomunikasi, agar anda semua menjadi seorang petarung sejati dalam era globalisasi yang kompetitif ini.

Ucapan Terimakasih

Hadirin yang terhormat

Pada majelis yang mulia ini, perkenankanlah saya mengucapkan syukur kehadiran Allah, yang telah banyak memberikan rahmat, hidayah, serta karunia-Nya, sehingga saya diberikan amanah menjadi Guru Besar. Semoga kita semua termasuk hamba-Nya yang bersyukur. Amin

Pada kesempatan ini saya mengucapkan terimakasih kepada:

- Pemerintah Republik Indonesia melalui Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, yang terhormat Bapak Prof. Drs. Mohamad Nasir, M.Si, Akt, PhD, yang telah mengangkat saya menjadi Guru Besar Teknik Kimia Universitas Diponegoro terhitung mulai tanggal 1 April 2016
- Rektor Universitas Diponegoro, Prof. Dr. Yos Johan Utama, SH, M.Hum atas bimbingan dan kepercayaannya kepada saya untuk menjadi Guru Besar pada kampus tercinta ini
- Ketua Senat Akademik Prof. Dr. Ir. Sunarso, MS, dan Sekretaris Prof. Dra. Indah Susilowati, M.Sc, PhD, serta seluruh Anggota Senat Akademik Universitas Diponegoro
- Ketua Dewan Profesor (Guru Besar) Prof. Dr. Ir. Umiyati Atmomarsono, dan Sekretaris Prof. Dr.rer.nat. Heru Susanto, ST, MM, MT, serta seluruh anggota Dewan Profesor Universitas Diponegoro
- Prof. Dr.Ir. Muhammad Zainuri, DEA, Prof. Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Si, Prof. Dr. Ir. Bambang Pramudono, MS, Prof. Dr. Ir. Bakti Jos, DEA, dan Prof. Dr.rer.nat. Heru Susanto, ST, MM, MT, yang telah membimbing, mendorong, memfasilitasi, dan mempromosikan usulan Guru Besar saya

- Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Kemenristek dan Dikti, institusi pemerintah, dan swasta yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan riset maupun kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi
- Prof. Dr. Ir. Bambang Pramudono, MS, Prof. Dr. Ir. Bakti Jos, DEA, dan Prof. Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Si, serta Tim PAK Departemen, Fakultas, dan Universitas, yang telah berkenan mereview karya ilmiah, maupun karya Tri Dharma Perguruan Tinggi lainnya, untuk kenaikan Guru Besar
- Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA (Guru Besar Institut Teknologi Sepuluh November), Prof. Dr. Ir. Mohammad Nasikin, M.Eng (Guru Besar Universitas Indonesia), Prof. Ir. Arief Budiman, MS, D.Eng, (Guru Besar Universitas Gadjah Mada), Prof. Dr. Ir. Bambang Pramudono, MS, dan Prof. Dr. Ir. Bakti Jos, DEA, yang telah berkenan memberikan rekomendasi bagi promosi Guru Besar ini
- Peer Group Reviewer yang dipimpin oleh Ketua Prof. Dr. Ir. Bambang Pramudono, MS, dan Sekretaris Prof. Dr. Ir. Sunarso, MS, dengan anggota Prof. Dra. Indah Susilowati, M.Sc, PhD, Prof. Dr. Ir. Muhammad Zainuri, DEA, Prof. Dr. Ir. Bakti Jos, DEA, Prof. Dr.rer.nat. Heru Susanto, ST, MM, MT, Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si dan Prof. Dr. Dewi Yuliati, MA, yang telah bekerja mengoreksi dan mempertajam naskah pidato pengukuhan ini
- Dekan Fakultas Teknik Ir. M. Agung Wibowo, MM, MSc, PhD, serta mantan Dekan Fakultas Teknik Ir. Hj. Sri Eko Wahyuni, MS dan Ir. H. Bambang Pudjianto, MS, yang telah memberikan motivasi dan dukungan, sehingga saya mampu mencapai Guru Besar
- Ketua, Sekretaris, serta Anggota Senat Fakultas Teknik, atas persetujuan dan kepercayaannya

- Komisi Pertimbangan Departemen Teknik Kimia yang dipimpin oleh Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA, Ketua Departemen Dr. Siswo Sumardiono, ST, MT, Sekretaris Departemen Dr. Ing. Suherman, ST, MT, dan mantan Ketua Jurusan Teknik Kimia Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.S, atas segala sarannya
- Sekretaris Program Studi S2 Teknik Kimia Dr. Ir. Didi Dwi Anggoro, M.Eng, dan segenap tim peneliti Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA, Ir. Gunawan Widi Santoso, M.Sc (FPIK UNDIP), Lukman Buchori, ST, MT, Ir. Hargono, MT, Aji Prasetyaningrum, ST, M.Si., Dr. Ir. Ratnawati, MT, Dr. Andri Cahyo Kumoro, ST, MT, Dr. Suherman, ST, MT, Ir. Nur Rokhati, MT, serta Nurul Asiah, ST, MT (Universitas Bakri, Jakarta), dan Desi Agustina Sari, ST, MT (UNSIKA Karawang), atas segala kerjasamanya
- Para Dosen Pembimbing saya selama menempuh pendidikan tinggi (Program S1 Teknik Kimia UNDIP: Ir. Herry Santosa, MT, Program S2 Universiti Teknologi Malaysia: Prof. Dr. Arshad Ahmad dan Prof. Dr. Kamarul Asri Ibrahim, serta Program S3 Wageningen University: Prof. Dr. Ir. G. van Straten, Prof. Dr. Ir. JPM Sanders, Dr. Ir. AJB van Boxtel, dan Dr. Ir. PV Bartels) atas bimbingan teknis, sains, etika, dan moral

Pada kesempatan yang mulia ini, perkenallah saya mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya dari lubuk hati yang paling dalam kepada:

- Kedua orang tua saya yaitu Bapak Saeri Tjokro Soewignjo (alm) dan Ibu Hj. Juhriyah, yang telah membesarkan, mengasuh, dan mendidik dengan penuh kasih sayang dan ketulusan, sehingga saya dapat mencapai Jabatan Akademik tertinggi ini. Ibu dan Ayah senantiasa membimbing saya dan keluarga hingga pada suatu masa yang telah ditentukan batasnya. Segala amal mulia ini, akan selalu saya dan keluarga kenang sepanjang masa

- Kedua mertua saya (Bapak Zaenumi (alm) dan Ibu Sutinah (alm)) yang telah memberikan nasihat, dorongan, serta bimbingan lahir dan batin
- Istri saya tercinta Okta Fitriana, S.ST, atas semangat juang yang tinggi dalam membantu mencapai prestasi ini dengan curahan kasih sayang dan iringan doa tengah malam, serta selalu hadir dalam suka dan duka. Perjuangan besar telah dilakukannya terutama dalam mendidik dan membesarkan permata hati kami, mendampingi saya saat belajar di Malaysia, serta dalam kondisi sakit terus berjuang mendidik dan membesarkan anak-anak, saat saya tugas belajar ke negeri Belanda. Kini perjuangan ikhlas itu telah mendapatkan hasil terbaik atas ridlo-Nya
- Kelima permata hati, Fatimah Al Zahra, Musa Abdussalam, Syifa Salsabila Zein, Anisa Hanin Sajida, dan Fitri Ramadhani Zaini, yang telah memberikan kasih sayang, doa dan semangat. Semoga perjuangan dan tempaan-tempaan hidup ini membuat mereka lebih tabah, sabar, dan kuat, dalam mengarungi lembar demi lembar perjalanan hidup ini
- Para kakak, adik, keluarga dan handaitaulan, baik dari Kebumen, Boyolali, Semarang, Demak, Magelang, dan Lampung, atas dukungan dan doanya
- Keluarga Dr. Hadiyanto, ST, M.Sc dan Ibu Adian Khairani, ST, M.Si, yang telah memberikan bantuan, dan dorongan saat meraih S3 di Belanda
- Keluarga Prof. Dr. Ir. Budiyo, M.Si, Prof. Dr. Ir. Abdullah, MS, dan Ir. Agus Hadiyanto, MT yang telah banyak membantu saya dan keluarga

Ucapan terimakasih dan penghargaan saya sampaikan kepada:

- Segenap Dosen, Karyawan, Mahasiswa dan alumni Teknik Kimia Fakultas Teknik, yang telah memberikan bantuan dan perhatiannya

- Para dosen Departemen Teknik Kimia UNDIP yang telah membimbing saya, Prof. Ir. Marwoto Kusumopradono (alm), Ir. Soesworo (alm), Ir. Nishamhuri (alm), Ir. Udiyono, M.S (alm), Ir. Emi Sumarni (alm), Ir. Bambang Triono Basuki, M.Eng (alm), Ir. Dwi Rahadi, Ir. H. Marimin Soemardjo, Ir. Soedarmadji, Ir. RP. Djoko Murwono, SU, Ir. Diyono Ihsan, SU, Prof. Dr. Ir. Bambang Pramudono, MS, Ir. C. Sri Budiyati, MT, Ir. Sumarno, MS, Ir. Danny Soetrisnanto, M.Eng, Ir. Herry Santosa, MT, Prof. Dr. Ir. Abdullah, M.S, Ir. Agus Hadiyanto, MT, Ir. Hantoro Satriadi, MS, Ir. Slamet Priyanto, M.S, Ir. Hargono, MT, Dr. Ir. Ratnawati, MT, Ir. Amin Nugroho, MS, Ir. Diah Susetyo Retnowati, MS, Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA, Prof. Dr. Ir. Bakti Jos, DEA, Dr. Ir. Setia Budi Sasongko, DEA, Ir. Indro Sumantri, M.Eng, Ir. Nur Rokati, MT, Ir. Kristinah Haryani, MT, Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si, serta Dr. Ir. Didi Dwi Anggoro, M.Eng
- Para ustadz, kyai, dan guru yang telah membimbing saya mulai dari Mushola Muhtadul 'Ulum Dukuh Serut, SD Negeri Kebulusan 1, SMPN 1 Pejagoan, dan SMAN 1 Kebumen
- Para sahabat pada SD Negeri Kebulusan 1, SMPN 1 Pejagoan, SMAN 1 Kebumen, dan Teknik Kimia UNDIP, atas perhatian dan doanya
- Semua pihak yang telah memberikan sumbangsih dan kontribusi atas capaian prestasi ini

Akhir kata, saya mengucapkan terimakasih atas perhatian hadirin, dalam mengikuti pidato pengukuhan ini. Tak lupa saya memohon maaf yang sebesar-besarnya apabila ada hal-hal yang kurang berkenan. Semoga Allah memberikan kebaikan kepada kita semua. Amin

Wassalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuhu

Daftar Pustaka

- [1] Birchal, V.S. ; Passos, M.L.; Wildhagen, G.R.S.; Mujumdar, A.S. (2005). Effect of spray-dryer operating variables on the whole milk powder quality. *Drying Technology* 23(3); 611 - 636
- [2] Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering* vol. 49; 311 - 319
- [3] Kudra ,T. (2004). Energy aspects in drying. *Drying Technology* 22(5), 917-932
- [4] Kudra, T.; Mujumdar, A.S. (2002). *Advanced Drying Technology*. Marcel Dekker Inc., New York, USA
- [5] Djaeni, M.; Suherman; Sumardiono, S. (2014). *Advance Drying Technology for Heat Sensitive Products*. Monograph. UNDIP Press, ISBN: 978-979-704-832-7
- [6] Perry, R.H.; Green D.W. (2007). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 8th edition.; McGraw-Hill Co, International edition, Singapore
- [7] Mastekbayeva, G.A; Leon M.A; Kumar, S. (1998). Performance evaluation of a solar tunnel dryer for chilli drying. *ASEAN Seminar and Workshop on Drying Technology*, Bangkok, Thailand; 3 - 5 June
- [8] Kiranoudis, C.T.; Maroulis, Z.B.; Marinou-Kouris, D. (1996). Drying of solids: Selection of some continuous operation dryer types. *Computer & Chem. Eng.* 20, Supplement 1; S177 - 182
- [9] Hu, X.; Zhang Y.; Hu, C.; Tao, M.; Chen, S. (1988). A comparison of methods for drying seeds: vacuum freeze-drier versus silica gel. *Seed Science Research* 8, paper 7

- [10] Ocansey, O.B. (1988). Freeze-drying in a fluidized-bed atmospheric dryer and in a vacuum dryer: Evaluation of external transfer coefficients. *Journal of Food Engineering* 7(2); 127 – 146
- [11] Boss, E.A.; Costa, N.A.; Rubens, M.F.; Eduardo, C.V.D. (2004). Freeze drying process: Mathematical model and simulation. Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004), Sao Paulo, Brazil, 22 - 25th August; volume A; 477- 484
- [12] Anonymous. (2009). Vacuum Drying. www.bucherguyer.ch/foodtech (accessed, August, 2009)
- [13] Andrade I.; Flores, H. (2004) Optimization of spray drying roselle extract (*Hibiscus sabdariffa* L.). Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004), Sao Paulo Brazil, 22 - 25th August; volume. A; 597 – 604
- [14] Revilla, G.O.; Velázquez, T.G.; Cortés, S.L.; Cárdenas, S.A. (2006). Immersion drying of wheat using Al-PILC, zeolite, clay, and sand as particulate media. *Drying Technology* 24(8); 1033 – 1038
- [15] Alikhan, Z.; Raghavan, G.S.V.; Mujumdar, A.S. (1992). Adsorption drying of corn in zeolite granules using a rotary drum. *Drying Technology* 10(3); 783 – 797
- [16] Djaeni, M.; Bartels, P.; Sanders, J.; van Straten, G.; van Boxtel, A.J.B. (2007). Process integration for food drying with air dehumidified by zeolites. *Drying Technology* 25(1); 225 – 239
- [17] Ertas, A.; Azizul, H.A.K.M.; Kiris, I.; Gandhidasan, P. (1997). Low temperature peanut drying using liquid desiccant system climatic conditions. *Drying Technology* 15(3 - 4); 1045 - 1060

- [18] Bussmann, P.J.T. (2007). Energy and product benefits with sorption drying. NWGD-symposium, 15th November; Utrecht, The Netherlands
- [19] Gorbach, A.; Stegmaier, M.; Eigenberger, G. (2004). Measurement and modeling of water vapor adsorption on zeolite 4A—Equilibria and kinetics. *Adsorption* 10; 29 - 46
- [20] Jenkins, S.A.; Waszkiewicz, S.; Quarini, G.L.; Tierney, M.J. (2002). Drying saturated zeolite pellets to assess fluidised bed performance. *Applied Thermal Engineering* 22 (7); 861 - 871
- [21] Anonymous. (2008). Siliporite data. CECA and ATO. <http://www.cecachemicals.com/sites/ceca/en/home.page> (accessed September, 2008)
- [22] Djaeni, M.; Bartels P.V.; Sanders J.P.M.; van Straten, G.; van Boxtel, A.J.B. (2009). Energy efficiency of multistage adsorption drying for low temperature drying. *Drying Technology* 27(4); 555 - 564
- [23] Djaeni, M.; Bartels P.V.; Sanders J.P.M.; van Straten, G.; van Boxtel, A.J.B. (2008). Computational fluid dynamic for multistage adsorption dryer design. *Drying Technology* 26 (4); 487 - 502
- [24] Djaeni, M.; Bartels, P.; Sanders, J.; Straten, G. van; van Boxtel, A.J.B. (2007). Multistage Zeolite Drying for Energy-Efficient Drying. *Drying Technology* 25 (6); 1063 - 1077
- [25] Djaeni, M.; Bartels P.V.; van Asselt, C.J.; Sanders J.P.M.; van Straten, G.; van Boxtel, A.J.B. (2009). Assessment of a Two-Stage Zeolite Dryer for Energy Efficient Drying. *Drying Technology* 27(11); 1205 – 1216
- [26] Djaeni, M.; Bartels P.V.; van Asselt, C.J.; Sanders J.P.M.; van Straten, G.; van Boxtel, A.J.B. (2011). Low temperature drying with air dehumidified

- by zeolite for food product: Energy efficiency aspect analysis. International Journal of Food Engineering 7(6); article 4
- [27] Djaeni, M.; Sasongko, S.B.; Prasetyaningrum, A.; Jin, X.; van Boxtel, A.J. (2012). Carrageenan drying with dehumidified air: Drying characteristics and product quality. International Journal of Food Engineering 8(3); article 32
- [28] Djaeni, M.; Prasetyaningrum, A.; Sasongko, S.B.; Widayat, W.; Hii, C.L. (2015). Application of foam-mat drying with egg white for carrageenan: drying rate and product quality aspects. Journal of Food Science and Technology 52(2); 1170 – 1175 (in Press 2013)
- [29] Djaeni, M.; Anggoro, D.; Santosa, G.W.; Agustina, D.; Asiah, N.; Hii, C.L. (2014). Enhancing the food product drying with air dehumidified by zeolite. Advance Journal of Food Science and Technology 6(7); 833 – 838
- [30] Asiah, N.; Djaeni, M. (2015). Multi-layer onion drying: Study of mass and heat transfer mechanism and quality evaluation. International Conference of Chemical and Material Engineering Diponegoro University. AIP Conf. Proc. 1699; 060005
- [31] Djaeni, M.; Asiah, N.; Suherman, S.; Sutanto, A.; Nurhasanah, A. (2015). Energy efficient dryer with rice husk fuel for agriculture drying. International Journal of Renewable Energy Development 4; 20 – 24
- [32] Djaeni, M.; Sari, D.A. (2015). Low temperature seaweed drying using dehumidified air. Procedia Environmental Sciences 23; 2 – 10

- [33] Djaeni, M.; Ayuningtyas, D.; Asiah, N.; Hargono, H.;Ratnawati; Jumali; Wiratno. (2013). Paddy drying in mixed adsorption dryer with zeolite : drying rate and time estimation. *Reaktor* 14(3); 173 - 178
- [34] Djaeni, M.; Asiah, N.; Nissaulfasha, H.; Buchori, L. (2013). Corn drying with zeolite in the fluidized bed dryer under medium temperature. *IPTEK The Journal for Technology and Science* 24(2); 1 – 6
- [35] Djaeni, M; Triyastuti, M.S.; Asiah, N.; Annisa, A.N.; Novita, D.A. (2015). The effect of air temperature on the sappan wood extract drying. International Conference of Chemical and Material Engineering Diponegoro University, AIP Conf. Proc. 1699, 060006
- [36] Menon, A.S.; Hii,C.L; Law, C.L.; Suzannah, S.; Djaeni, M. (2015). Effects of water blanching on polyphenol reaction kinetics and quality of cocoa beans. AIP Conf. Proc. 1699, 030006
- [37] Menon, A.S.; Hii,C.L; Law, C.L.; Suzannah, S.; Djaeni, M. (2016). Effect of hot-air drying temperature on the polyphenol content and the sensory properties of cocoa beans. *International Food Research Journal* 23(4), 1479 – 1484

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



I. Data Pribadi

1	Nama Lengkap	:	Prof. Dr. Mohamad Djaeni, ST, M.Eng
2	Tempat & Tanggal Lahir	:	Kebumen, 7 Pebruari 1971
3	Jenis Kelamin	:	Laki – laki
4	NIP/NIDN	:	197102071995121001/0007027104
5	Pangkat/Golongan	:	Pembina/IVa
6	Jabatan Fungsional	:	Guru Besar
7	Unit Kerja	:	Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
8	Jabatan Struktural	:	Ketua Program Studi S2 Teknik Kimia
9	Istri	:	Bidan Okta Fitriana, S.ST
10	Anak	:	Fatimah Al Zahra Musa Abdussalam Syifa Salsabila Zein Anisa Hanin Sajida Fitri Ramadhani Zaini
11	Alamat Kantor	:	Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro JI Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, 50275; Telp. 024 7460058; email: moh.djaeni@live.undip.ac.id

II. Mata Kuliah Yang diampu

No	Mata kuliah	Tahun
1	Proses Industri Kimia I	2000 - 2004
2	Komputasi Proses	2000 - 2004
3	Dinamika dan Pengendalian Proses	2009 - sekarang
4	Azas Teknik Kimia I	
5	Teknologi Pinch	
6	Unit Operasi Pemisahan dengan Panas	
7	Advance Drying Technology	
8	Adsorptive Process	
9	Praktikum Proses	

III. Riwayat Pendidikan Formal

No.	Jenjang Pendidikan	Tempat	Tahun Lulus
1	SD	SD Negeri Kebulusan 1, Kebumen	1984
2	SMP	SMP Negeri 1 Pejagoan, Kebumen	1987
3	SMA	SMA Negeri 1 Kebumen	1990
4	S1	Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro	1995
5	S2	Process Control Universiti Teknologi Malaysia	2000
6	S3	System & Control Group, Wageningen University, Belanda	2008

IV. Kursus dan Training

No.	Nama Pendidikan/Pelatihan	Lembaga/Instansi	Bulan/Tahun
1	Pelatihan Pra-Jabatan	DIKLAT Jawa Tengah	1999
2	Sustainable process design	OSPT, TU Delft Belanda	2005
3	Advanced process integration &	OSPT, TU Delft	2005

	plant-wide control	Belanda	
4	Physical modelling	SENSE, Belanda	2005
5	Writing research proposal	VLAG, Belanda	2005
6	Signal & systems modelling	SCO/WU, Belanda	2005
7	Time planning & project management	PE & RC, Belanda	2005
8	Particle based modelling	JMBC, TU Delft Belanda	2006
9	Reaction kinetics in food products	Wageningen University Belanda	2006
10	Systems and control theory	Wageningen University Belanda	2006
11	Presentation skills	Wageningen University Belanda	2006
12	Scientific writing	Wageningen University Belanda	2007
13	Business Challenge	WBS, Wagenigen, Belanda	2007
14	Adsorptive processes	OSPT, TU Delft Belanda	2007
15	Renewable resources for the bulk-chemical industry	VPP, Wageningan University, Belanda	2007
16	Penelitian Kerjasama Internasional	LPPM UNDIP	2008
17	Capacity Building on Renewable Energy	Universitas Diponegoro	2009
18	Renewable Energy	TU Eindhoven Belanda	2010
19	Peningkatan Kemampuan Riset Dosen	DP2M DIKTI	2011
20	Peningkatan Kemampuan Rekayasa Teknologi Pangan	Wageningen University	2011
21	TOT Penulisan Artikel Ilmiah	DP2M DIKTI	2012
22	Energy Environment Partnership Finlandia	EEP Finladia-ISEC Riau	2012

V. Pengalaman Tugas Tambahan

No.	Jabatan	Tahun
1	Sekretaris International Office UNDIP	2010
2	Sekretaris Puslitbangtek LPPM	2011 - 2012
3	Tim Reviewer DIKTI bidang Penelitian dan Pengabdian Masyarakat	2010 - sekarang
4	Tim Reviewer UNDIP bidang Penelitian dan Pengabdian Masyarakat	2010 - sekarang
5	Anggota Senat Fakultas Teknik	2012 - sekarang
6	Ketua Program Studi S2 Teknik Kimia	2012 - sekarang
7	Anggota Senat Universitas Diponegoro	2016 - sekarang

VI. Pengalaman Organisasi

No.	Organisasi	Jabatan	Tahun
1	PPI Wageningen	Wakil Ketua	2007
2		Ketua Penasehat	2008
3	Reaktor	Tim Reviewer	2010- sekarang
4	Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalyst	Editorial Board	2011 - sekarang
5	Balitbang PW Muhammadiyah Jateng	Anggota	2012 - 2016

VII. Riwayat Kepangkatan

No.	Pangkat	Golongan Ruang	Terhitung mulai tanggal
1	Calon Pegawai Negeri Sipil	IIIa	1 Desember 1995
2	Penata Muda	IIIa	1 Agustus 2000
3	Penata Muda Tk 1	IIIb	1 April 2003
4	Penata	IIIc	1 Oktober 2005
5	Penata Tk 1	IIId	1 Oktober 2011
6	Pembina	IVa	1 April 2015

VIII. Riwayat Jabatan Fungsional

No	Jabatan Fungsional	Golongan	Terhitung mulai tanggal
1	Asisten Ahli Madya	IIIa	1 Januari 2001
2	Asisten Ahli (Impassing 20-3-2001)	IIIa	1 Januari 2001
3	Lektor	IIIa	1 Januari 2003
4	Lektor Kepala	IIIc	1 Juni 2011
5	Guru Besar	IVa	1 April 2016

IX. Pengalaman Penelitian

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Posisi
1	2010-2012	Development of a novel energy-efficient adsorption dryer using zeolite for carrageenan	KLN DP2M DIKTI	Ketua
2	2011-2012	Production fine carrageenan powder with spray dryer using air dehumidified by zeolite	KLN DP2M DIKTI	Ketua
3	2010	Rancang bangun sistem pengering industri jamu tradisional	BPPT	Anggota
4	2011	Produksi ultrafine amonium perklorat untuk peluncur roket	LAPAN	Anggota
5	2011	Pengeringan jagung pada Mixed Adsorption Dryer dengan zeolite	Riset Dasar DIKTI	Ketua
6	2012-2013	Application of foam mat drying using egg-white for carrageenan	LPPM UNDIP	Ketua
7	2013	Rancang bangun sistem pengeringan padi dengan zeolite	KKP3N Kementan	Ketua
8	2012-2014	Peningkatan mutu rumput laut Karimunjawa untuk bahan makanan dan minuman khas lokal	MP3EI DP2M DIKTI	Ketua
9	2015-2016	Rancang bangun sistem pengeringan bawang merah dengan media udara yang didehumidifikasi zeolite	PUPT DRPM DIKTI	Ketua
10	2015-2017	Produksi ultrafine ekstrak rosela dengan spray dryer menggunakan udara yang didehumidifikasi zeolite	HIKOM DRPM DIKTI	Ketua

X. Pengalaman Pengabdian Masyarakat

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber	Posisi
1	2010	Pengembangan Wrausaha Rumput Laut di Kepulauan Karimunjawa Melalui Diversifikasi Produk	Hi-Link DP2M DIKTI	Ketua
2	2011	Pelatihan Proses Pengeringan dan Pengolahan Hasil Pertanian di Desa Rowosari, Tembalang, Semarang	DIPA Fakultas Teknik UNDIP	Ketua
3	2012	Pemberdayaan Usaha Garam Rakyat Kecamatan Kedung Kabupaten Jepara Melalui Perbaikan Proses Produksi Dan Manajemen:Upaya Menyokong Swasembada Garam Nasional	KKN PPM DP2M DIKTI	Ketua
4		Desain dan Konstruksi 4 Unit Digester Biogas Kapasitas 5 M ³ /Unit Dilengkapi Dehumidifikasi Udara dengan Zeolite, Teluk Mranti, RIAU	EEP Finlandia- ISEC Riau	Ketua
5	2013	Peningkatan Mutu Produk Kerajinan Kuningan Melalui Aplikasi Model Eco-Electroplating Sebagai Upaya Menembus Pasar Ekspor	IPTEKDA LIPI	Ketua
6		Technical Assistant bidang Food Processing and Drying di The University of Nottingham, Malaysia Campus (UNMC)	UNMC Malaysia	Ketua
7	2014	Ipteks bagi Masyarakat (IbM) UKM Kerupuk di Kec. Tuntang, Kab. Semarang: Peningkatan Homogenitas Adonan dengan "Blade Mixer"	DP2M DIKTI	Anggota
8		Evaluasi Unjuk Kerja Dan Model Desain Sistem Pengering Gabah Yang Effisien : Aplikasi Pada UPGB Perum Bulog DIVRE Jawa Tengah	DIPA Fakultas Teknik UNDIP	Anggota
9	2015	Training of Trainer (TOT) Reviewer dan Pemonev Penelitian dan	LPPM UNDIP	Narasumber

		Pengabdian Kepada Masyarakat		
10		Pelatihan Teknologi Produksi Pengolahan Serbuk Kayu Bagi Masyarakat di Lingkungan IHT Semarang	Disperindagkop Jateng	Narasumber
11		Intensive Training On E-Journal Management using Open Journal System	BCREC UNDIP	Narasumber
12	2016	Pelatihan Teknik Penulisan Proposal Pengabdian Kepada Masyarakat	DP2M DIKTI	Narasumber
13		Pelatihan Teknik Penulisan Proposal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat	ITK Kaltim	Narasumber
14		Pelatihan Teknik Penulisan Proposal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat	ITM Medan	Narasumber
15		Tim penyusun panduan Program Pengabdian Masyarakat DRPM DIKTI	DRPM DIKTI	Narasumber

XI. Publikasi Ilmiah

Jurnal Internasional & Prosiding (Scopus, Thomson Reuters/Sederajat)

1. Djaeni, M.; Bartels, P.; Sanders, J.; van Straten, G.; van Boxtel, A.J.B. (2007). Process integration for food drying with air dehumidified by zeolites. *Drying Technology* 25(1); 225 – 239
2. Djaeni, M.; Bartels, P.; Sanders, J.; Straten, G. van; Boxtel, A.J.B. van. (2007). Multistage Zeolite Drying for Energy-Efficient Drying. *Drying Technology* 25 (6); 1063 - 1077
3. Djaeni, M.; Bartels P.V.; Sanders J.P.M.; van Straten, G.; van Boxtel, A.J.B. (2008). Computational fluid dynamic for multistage adsorption dryer design. *Drying Technology* 26 (4); 487 - 502
4. Djaeni, M.; Bartels P.V.; Sanders J.P.M.; van Straten, G.; van Boxtel, A.J.B. (2009). Energy efficiency of multistage adsorption drying for low temperature drying. *Drying Technology* 27(4); 555 – 564

5. Djaeni, M.; van Boxtel, A.J.B. (2009). PhD Thesis Summary: Energy efficient multistage zeolite drying for heat-sensitive products. *Drying Technology* 27 (5), 721 - 722
6. Djaeni, M.; Bartels P.V.; van Asselt, C.J.; Sanders J.P.M.; van Straten, G.; van Boxtel, A.J.B. (2009). Assessment of a Two-Stage Zeolite Dryer for Energy Efficient Drying. *Drying Technology* 27(11); 1205 – 1216
7. Djaeni, M.; Bartels P.V.; van Asselt, C.J.; Sanders J.P.M.; van Straten, G.; van Boxtel, A.J.B. (2011). Low temperature drying with air dehumidified by zeolite for food product: Energy efficiency aspect analysis. *Intern. Journal of Food Engineering* 7(6); article 4
8. Djaeni, M.; Sasongko, S.B.; Prasetyaningrum, A.; Jin, X.; van Boxtel, A.J. (2012). Carrageenan drying with dehumidified air: Drying characteristics and product quality. *Intern. Journal of Food Engineering* 8(3); article 32
9. Djaeni, M.; Prasetyaningrum, A.; Sasongko, S.B.; Widayat, W.; Hii, C.L. (2015). Application of foam-mat drying with egg white for carrageenan: drying rate and product quality aspects. *Journal of Food Science and Technology* 52(2); 1170 – 1175 (in press 2013)
10. Djaeni, M.; Sasongko, S.B.; van Boxtel, A.J.B. (2013). Enhancement of energy efficiency and food product quality using adsorption dryer with zeolite. *International Journal of Renewable Energy Development* 2(2); 81 - 86
11. Djaeni, M.; Anggoro, D.; Santosa, G.W.; Agustina, D.; Asiah, N.; Hii, C.L. (2014). Enhancing the food product drying with air dehumidified by zeolite. *Advance Journal of Food Science and Technology* 6(7); 833 – 838
12. Djaeni, M.; Asiah, N.; Suherman, S.; Sutanto, A.; Nurhasanah, A. (2015). Energy efficient dryer with rice husk fuel for agriculture drying. *International Journal of Renewable Energy Development* 4(1); 20 – 24
13. Asiah, N.; Djaeni, M. (2015). Multi-layer onion drying: Study of mass and heat transfer mechanism and quality evaluation. *International*

Conference of Chemical and Material Engineering Diponegoro University. AIP Conf. Proc. 1699; 060005

14. Djaeni, M; Triyastuti, M.S.; Asiah, N.; Annisa, A.N.; Novita, D.A. (2015). The effect of air temperature on the sappan wood extract drying. International Conference of Chemical and Material Engineering Diponegoro University, AIP Conf. Proc. 1699, 060006
15. Menon, A.S.; Hii, C.L; Law, C.L.; Suzannah, S.; Djaeni, M. (2015). Effects of water blanching on polyphenol reaction kinetics and quality of cocoa beans. AIP Conf. Proc. 1699, 030006
16. Djaeni, M.; Asiah, N.; Wibowo, Y.P.; Yusron, D.A.A. (2016). Quality evaluation of onion bulbs during low temperature drying. AIP Conf. Proc. 1737, 060010
17. Menon, A.S.; Hii, C.L; Law, C.L.; Suzannah, S.; Djaeni, M. (2016). Effect of hot-air drying temperature on the polyphenol content and the sensory properties of cocoa beans. International Food Research Journal 23(4), 1479 - 1484

Jurnal Internasional (terindeks DOAJ) & Prosiding

1. Prasetyaningrum, A.; Djaeni, M. (2012). Drying spirulina with foam mat drying at medium temperature. International Journal of Science and Engineering 3(2); 1 - 3
2. Djaeni, M.; Asiah, N.; Nissaulfasha, H.; Buchori, L. (2013). Corn drying with zeolite in the fluidized bed dryer under medium temperature. IPTEK The Journal for Technology and Science 24(2); 1 – 6
3. Djaeni, M.; Prasetyaningrum, A.; Asiah, N.; Hartono, R. (2014). Drying time estimation of carrageenan-egg white mixture at tray dryer. International Journal of Science and Engineering 6(2); 122 – 125
4. Djaeni, M.; Sari, D.A. (2015). Low temperature seaweed drying using dehumidified air. Procedia Environmental Sciences 23; 2 – 10

5. Djaeni, M.; Kurniasari, L.; Sasongko, S.B. (2015). Preparation of natural zeolite for air dehumidification in food drying. *International Journal of Science and Engineering* 8(2); 80 - 83
6. Djaeni, M.; Triyastuti, M.S.; Utari, F.; Annisa, A.N.; Novita, D.A. (2016). The sappanwood extract drying with carrier agent under air dehumidification. *IPTeK The Journal for Technology and Science* 26(1); 15 – 18

Jurnal Terakreditasi Nasional

1. Kurniasari, L.; Djaeni, M.; Purbasari, P. (2011). Aktivasi zeolit alam sebagai adsorben pada alat pengering bersuhu rendah. *Reaktor* 13(3); 178 - 184
2. Hargono; Djaeni, M.; Buchori, L. (2012). Karakterisasi proses pengeringan jagung dengan metode Mixed-adsorption drying menggunakan zeolite pada unggun terfluidisasi". *Reaktor* 14(1); 33 - 38
3. Djaeni, M.; Ayuningtyas, D.; Asiah, N.; Hargono, H.;Ratnawati; Jumali; Wiratno. (2013). Paddy drying in mixed adsorption dryer with zeolite : drying rate and time estimation. *Reaktor* 14(3); 173 - 178
4. Lestari, A.Y.D; Djaeni, M. Fuadi, A.M. (2016). Modified Starch of *Amorphophallus companulatus* as a novel adsorbent for watern adsopion. *Reaktor* 16(1); 9 - 16

Seminar Internasional

1. Djaeni, M.; Bartels P.V.; Sanders J.P.M.; van Straten, G.; van Boxtel, A.J.B. (2007). Heat efficiency of multi-stage zeolite systems for low temperature drying. *Proceeding of The 5th Asia-Pacific Drying Conference*. HKUST, Hongkong 13-15th Augustus
2. Djaeni, M.; Bartels P.V.; Sanders J.P.M.; van Straten, G.; van Boxtel, A.J.B. (2008). Zeolite for efficient drying. *Proceeding of ISSM08, Delft, The Netherlands, 13 – 15th May*, ISBN 10-978-277-194-0.
3. Djaeni, M.; Hargono; Buchori, L. (2011). The effect of zeolite on drying rate of corn in mixed adsorption dryer. *The 7th Asia-Pacific Drying Coference*, Tianjing University of Science & Technology; China, September 2011,

4. Djaeni, M.; Buchori, L. (2012). The process transport of drying corn with mixed-adsorption drying. Proceeding of Intern. Conf. On Chemical and Material Engineering, Department of Chemical Engineering, Diponegoro University, September 2012, ISBN 978-602-097-281-7,
5. Djaeni, M.; Prasetyaningrum, A.; Asiah, N. (2012). The drying kinetic of foam mat drying combined with air dehumidified by zeolite for carrageenan drying . The 1ST Internat. , 2TH Nat. Student Conference, Soegijapranata Catholic University, December 2012,
6. Djaeni, M.; Aishah, N.; Tamtomo, B.F.; van Boxtel, A.J.B. (2013). A novel energy efficient adsorption drying with zeolite for food quality product: A case study in paddy and corn drying. Intern. Symp. on Advance Engineering, Pukyong National University Korea, November 2013,
7. Djaeni, M.; Sasongko, S.B.; Kumoro, A.C. (2015). The development of an innovative dryer with air dehumidification system for sustainable food drying. The 8th Asia-Pacific Drying Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 10-12th August, 2015 (Keynote Speaker)

Seminar Nasional

1. . Djaeni, M.; Agusniar, A.; Setiyani, D.; Hargono. (2011). Pengeringan jagung dengan metode mixed-adsorption drying menggunakan zeolite pada unggun terfluidisasi. Prosiding Seminar Nasional Sais dan Teknologi Ke-2, Universitas Wahid Hasyim ,ISBN : 978-602-99334-0-6, Juni 2011
2. Djaeni, M.; Buchori, L.; Ratnawati, Arto, F.G.; Galfani, S.L. (2012). Peningkatan kecepatan pengeringan gabah dengan metode mixed adsorption drying menggunakan zeolite pada unggun terfluidisasi. Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia 2012, Fakultas Teknik Universitas Indonesia Depok, Jawa Barat, Indonesia , ISBN 978-979-98300-2-9, September 2012

3. Djaeni, M.; Ratnawati, Jumali (2013). Sistem pengering dengan media udara yang didehumidifikasi zeolite sebagai upaya peningkatan mutu produk bahan pangan. Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses 2013. Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro, Agustus 2013, Semarang ISSN 1411-4216 (Pembicara Undangan)
4. Djaeni, M.; Maulina, C.A.; Rosarrah, A.; Asiah, N.; Ratnawati (2013). Produksi ultrafine ammonium perklorat menggunakan spray dryer : Pendekatan similaritas. Prosiding Seminar Nasional TEKNOIN 2013, Jurusan Teknik Kimia dan Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. ISBN 978-602-1427200, November 2013
5. Djaeni, M. ; Asiah, N. (2014). Tinjauan efisiensi Panas pada pengeringan padi dengan menggunakan pengering fluidisasi berbahan bakar sekam. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan 2014, Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN Veteran Yogyakarta. ISSN 1693-4393, Maret 2014
6. Djaeni, M. ; Asiah, N. (2015). Time estimation of onion leaf drying. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan 2015, Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN Veteran Yogyakarta. ISSN 1693-4393, Maret 2015,

Buku, Monograf, & Book Chapter

1. Djaeni, M. (2008). Energy Efficient Multistage Zeolite Drying for Heat Sensitive Products. PhD Thesis. Wageningen University, ISBN:978-90-8585-209-4
2. Djaeni, M.; van Boxtel, A.J.B. (2013). Development of a novel energy-efficient adsorption dryer with zeolite in: Processing and Drying of Foods, Vegetables and Fruits, e-Book, Singapore ISBN : 978-981-07-7312-0; page 57 - 68 (Book Chapter)

3. Djaeni, M.; Suherman; Sumardiono, S. (2014). Advance Drying Technology for Heat Sensitive Products. Monograph. UNDIP Press, ISBN: 978-979-704-832-7
4. Djaeni, M.; Asiah, N.; Sasongko, S.B. (2015). Aplikasi Sistem Pengering Adsorpsi Untuk Bahan Pangan dan Aditif. UNNES PRESS Semarang, ISBN : 978-602-285-046-5

XII. Memperoleh HKI/Paten

1. Van Boxtel, A.J.B.; Bartels, P.V.; Djaeni, M., Sanders, J.P.M.; Van Straten, G. (2008). Assembly and Method for Drying a Product. Internationale octrooiaanvraag PCT/NL2007/ 050578, International number WO 2008/063059, 29 May 2008 (International)
2. Djaeni, M.; Asiah, N.; Sari, D.A. (2014). Sistem Pengering Bahan Pangan Yang Efisien Dengan Media Udara yang Didehumifikasi Zeolite. Paten Indonesia no. ES09201400035 (Nasional)
3. Djaeni, M.; Hadiyono, S.; Triyastuti, M.S. (2016). Proses Pengeringan Ekstrak Bunga Rosela Yang Efektif Dengan Metode Gelembung Menggunakan Formulasi Putih Telur-Gliserol Mono Stearat.. Paten Indonesia No. ES09201600086 (Nasional)

XIII. Penghargaan dan Tanda Jasa

Tahun	Nama Penghargaan	Instansi	Kategori
2003	Finalis Inovasi Bisnis Pemuda Tingkat Nasional	Kemendiknas-WIPO	Nasional
2008	Best Oral Presentation Indonesia Student Scientific Meeting	PPI Belanda	Nasional
2009	Juara I Dosen Teladan Universitas Diponegoro	Universitas Diponegoro	Local
2009	Finalis Dosen Teladan Nasional	Kemendiknas	Nasional

2012	Award of Merrit: Innovative Drying Technology	Drying Technology	Internasional
2014	Best Poster: Seminar Hasil Penelitian Kompetitif Nasional	DP2M DIKTI Kemendikbud	Nasional
2013	Satya Lencana 20 Tahun	Presiden RI	Nasional
2014	Silver Medal Perintis Malaysia	PERINTIS Malaysia	Nasional
2015	Silver Medal: Invention Innovation, & Design Exhibition	RIBU, Malaysia	Internasional



Keluarga Prof. Dr. Mohamad Djaeni, ST, M.Eng

