

ARTIKEL ILMIAH

**APLIKASI MODEL *WEN & YU* DAN *KUNII* UNTUK MEMPELAJARI KECEPATAN
MINIMUM FLUIDISASI DAN PERUBAHAN TEKANAN PADA PENGERINGAN JAGUNG
DENGAN *FLUIDIZED BED DRYER***



**OLEH
YUNI ASTUTI
C1J 011 088**

**FAKULTAS TEKNOLOGI PANGAN DAN AGROINDUSTRI
UNIVERSITAS MATARAM
2015**

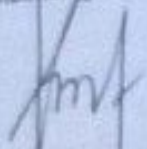
HALAMAN PENGESAHAN

Dengan ini kami menyatakan bahwa artikel yang berjudul Aplikasi Model Wen and Yu Dan Kuni Untuk Mempelajari Kecepatan Minimum Fluidisasi dan Perubahan Tekanan Pada Pengeringan Jagung dengan *Fluidized Bed Dryer* disetujui untuk dipublikasi.

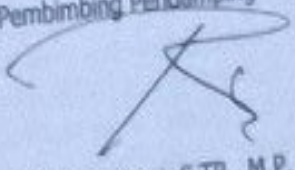
Nama : Yuni Astuti
Nomor Mahasiswa : CLJ 011 088
Program Studi : TEKNIK PERTANIAN

Menyetujui :

Pembimbing Utama


Dr. Eng. Sukirwanaty, S.TP., M.Si.
NIP. 19681214 199702 2 001

Pembimbing Pendamping


Rahmat Sabani, S.TP., M.P.
NIP. 19671127 200212 1 001

APLIKASI MODEL WEN & YU DAN KUNII UNTUK KECEPATAN MINIMUM FLUIDISASI DAN PERUBAHAN TEKANAN PADA PENGERINGAN JAGUNG DENGAN FLUIDIZED BED DRYER

Application Of *Wen & Yu* and *Kunii* Model to Determine Minimum Fluidization Velocity And Pressure Drop On Drying Corn *Fluidized Bed Dryer*

Yuni Astuti¹, Sukmawaty², Rahmat Sabani²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram

²Staf Pengajar Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari model kecepatan minimum fluidisasi (*Umf*) dan mengetahui perubahan tekanan pengeringan jagung dengan sistem *Fluidized Bed Dryer*. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimental dengan parameter penelitian terdiri dari bilangan Reynold, massa bahan, massa jenis bahan, massa jenis fluida, tinggi bed, kecepatan udara, suhu, porositas, dan tekanan. Instrumen utama yang digunakan dalam pengumpulan data yaitu anemometer, light meter, termometer, dan timbangan analitik. Adapun bahan penelitian yang digunakan adalah jagung dengan kadar air antara 28-29%. Analisis data dilakukan menggunakan model *Wen dan Yu* dan *Kunii*, perubahan tekanan juga ditetapkan dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Bilangan Reynold untuk pengeringan jagung dengan sistem Fluidized Bed Dryer didapatkan sebesar $Re=35244,42$ pada bagian bawah saringan dan $Re=36307,39$ pada bagian atas saringan, yang menunjukkan terjadi aliran turbulen. Didapatkan *Umf* secara berurut sebesar 0,156 m/detik dan 2,93 m/detik di bawah saringan dengan tekanan 61,1081572 kg/m². Sedangkan untuk *Umf* di atas saringan didapatkan sebesar 0,158 m/detik dan 2,94 m/detik dengan tekanan 61,0628583 kg/m². Selain itu, didapatkan pula nilai *Umf* aktual sebesar 2,7 m/detik.

Kata Kunci: *Fluidized Bed Dryer, Kecepatan Minimum Fluidisasi, Pengeringan Jagung.*
ABSTRACT

Aims of this research were to study model of minimum fluidization velocity and to study pressure change on drying corn process using Fluidized Bed Dryer system. Method of this research was experimental method using parameters consist of Reynold number, corn density, fluid density, height of bed, air velocity, temperature, porosity, and pressure. Instrument used to collect data were anemometer, light meter, thermometer, analytic scale. Material used in this research was corn with water density approximately 28%-29%. Data were analyzed using *Wen & Yu* and *Kunii* Method and pressure change was also determined. Results showed that Reynold number below and above the filter on Fluidized Bed Dryer system respectively were $Re=35442.42$ and $Re=36307.39$, that showed turbulent flow. Moreover obtained *Umf* below the filter sequentially were 0.156 m/sec and 0.2.93 m/sec at pressure 61.1081572 kg/m² were as *Umf* above the filter sequentially were 0.158 m/sec and 2.4 m/sec at pressure 61.0628583 kg/m². Furthermore, actua; *Umf* value determined as 2.7 m/sec.

Keywords : *Fluidized Bed Dryer, Minimum Fluidization Velocity, Corn Drying.*

PENDAHULUAN

Pengeringan merupakan proses awal dalam penanganan pasca panen hasil pertanian dengan tujuan untuk mengurangi kadar air bahan hingga pada kadar air tertentu, supaya dapat memutus daur hidup mikroorganisme yang dapat merusak bahan sehingga umur simpan lebih lama.

Beberapa alat dan mesin pertanian telah dikembangkan untuk mencapai tujuan tersebut, salah satunya *Fluidized Bed Dryer*. Dimana fluida berupa udara bergerak sebagai media pengering bahan. Dalam proses pengeringan tersebut terdapat istilah fluidisasi.

Fluidisasi didefinisikan sebagai suatu operasi dimana hamparan zat padat diperlakukan seperti fluida yang ada dalam keadaan berhubungan dengan gas atau cairan. Di dalam kondisi ini, gaya gravitasi pada butiran-butiran zat padat diimbangi oleh gaya seret dari fluida yang bekerja padanya. Bila zat cair atau gas dilewatkan melalui lapisan hamparan partikel pada kecepatan rendah, partikel itu tidak bergerak. Jika kecepatan fluida berangsur-angsur naik, partikel itu akhirnya akan mulai bergerak dan melayang di dalam fluida, serta berperilaku seakan-akan seperti fluida rapat (Winaya, I.N.S., 2010).

Fluidisasi adalah metode pengkontak butiran-butiran padat dengan fluida, baik cair maupun gas dalam suatu kolom yang berisi sejumlah partikel padat dengan mengalirkan fluida dari bawah ke atas. Menurut Geldart (1973) klasifikasi partikel didefinisikan dalam empat macam partikel atas dasar sifatnya terhadap fluidisasi yaitu partikel grup A antara lain *cracking catalyst*, partikel grup B yaitu pasir kuarsa, partikel grup C contohnya semen dan terigu dan partikel besar atau partikel grup D antara lain beras, biji jagung dan biji kopi (Widayati, 2010).

Pemahaman tentang sistem merupakan kebutuhan mendasar jika ingin melakukan pemodelan simulasi ataupun pengaplikasian metode analitis, karena

pendekatan yang dipakai untuk memecahkan masalah adalah pendekatan sistem yaitu suatu pendekatan holistik terhadap suatu persoalan. Melakukan pemodelan adalah suatu cara untuk mempelajari sistem dan model itu sendiri dan juga bermacam-macam perbedaan perilakunya (Ekoanindiyono, 2011).

Model matematis yang menggambarkan sistem sebagai hubungan yang logis dan kuantitatif yang kemudian dapat dimanipulasi dan diubah untuk mengetahui bagaimana model bereaksi. Dalam sistem fluidized bed dryer, beberapa model matematik yang sudah umum digunakan untuk melihat perilaku alat. Alat dengan udara panas yang dihembuskan dari bawah ke atas untuk memfluidisasi bahan yang akan dikeringkan. Akan tetapi belum diketahui kecepatan terkecil yang digunakan untuk dapat memfluidisasi bahan dengan batasan tertentu. Berapa besar tekanan yang dibutuhkan untuk dapat memfluidisasi bahan dengan fluidized bed dryer. Untuk itu penting dilakukan pengujian atau aplikasi beberapa model untuk melihat perilaku dari alat

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yaitu eksperimen di laboratorium. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu persiapan sampel, pemasangan *luffmeter*, penelitian pendahuluan, dan penelitian.

Tahapan awal yaitu persiapan sampel, dimana sampel yang disiapkan yaitu jagung yang sudah dipipil dengan kadar air antara 28-29%.

Tahapan kedua penelitian ini yaitu pemasangan alat *Luffmeter*, supaya dapat digunakan untuk mengetahui besarnya tekanan pada proses pengeringan jagung.

Tahapan ketiga pada penelitian ini dengan melakukan penelitian pendahuluan untuk mengetahui kondisi alat fluidized bed dryer dan alat *luffmeter* sebagai pengukur tekanan dalam kondisi baik. Pada penelitian pendahuluan juga

ditujukan untuk mengetahui bilangan reynold pada sistem fluidized bed dryer sehingga dapat diketahui jenis aliran pada sistem tersebut beserta model yang akan digunakan.

$$Re_{mf} = \frac{d_p \cdot \rho_f \cdot U_{mf}}{\mu_f}$$

Tahapan terakhir yaitu penelitian, ada 2 model yang digunakan untuk mengetahui besarnya U_{mf} yaitu model Wen and Yu yang sudah umum digunakan untuk memprediksi U_{mf} pada partikel yang ukuran besar dengan $Re > 1000$, dan model Ergun yang diturunkan Kunii.

Model yang diturunkan Kunii :

$$U_{mf}^2 = \frac{\phi d_p^2 (\rho_s - \rho_f)}{1,75 \rho_f} g \cdot \epsilon_{mf}^3$$

Model Wen and Yu :

$$U_{mf}^2 = \frac{d_p (\rho_s - \rho_f)}{24,5 \rho_f} g$$

Untuk menentukan perubahan tekanan dengan menggunakan :

$$\Delta P_{mf} = L_{mf} (1 - \epsilon_{mf}) (\rho_s - \rho_f)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecepatan Minimum Fluidisasi (U_{mf}) di Ruang Pengeri dan Ruang Di Bawah Saringan Pada Sistem *Fluidized Bed Dryer*

Fluidisasi terjadi ketika partikel-partikel padat mulai terombang dalam aliran fluida ke atas. Akan tetapi tidak sampai terbawa keluar dari tabung. Dalam kondisi fluida mengalir ke atas, ada kecepatan yang dibutuhkan untuk mengalir dan memfluidisasi partikel padat yang disebut kecepatan minimum fluidisasi (U_{mf}) yaitu saat kecepatan aliran fluida diperbesar sehingga tercapai kecepatan minimum dimana gaya seret fluida lebih besar atau sama dengan gaya berat partikel-partikel padatan (jagung). U_{mf} ditentukan oleh bilangan reynold.

Berdasarkan hasil eksperimen besarnya bilangan reynold dalam sistem *Fluidized Bed Dryer* ini untuk pengeringan jagung yaitu Re sebesar 35244,42 saat di bawah saringan dan Re sebesar 36307,39 saat di ruang pengering. Bilangan Reynold tersebut sudah lebih dari $Re > 1000$ sehingga dalam sistem *Fluidized Bed Dyer* merupakan fluidisasi turbulen.

Kecepatan minimum fluidisasi (U_{mf}) merupakan kecepatan minimum yang dibutuhkan untuk memfluidisasi partikel padat dalam hal ini jagung. Berdasarkan bilangan reynold pada sistem tersebut, sehingga U_{mf} dapat ditentukan secara teoritis dengan menggunakan persamaan Wen and Yu dan persamaan Ergun yang diturunkan Kunii.

Besarnya U_{mf} secara teoritis dengan model Wen and Yu. Menurut Senadeera(2006) bahwa untuk berbagai sistem itu ditemukan bahwa nilai

$$\frac{1}{\phi \epsilon_{mf}^3} \equiv 14 \quad \text{pada persamaan (Wen}$$

and Yu, 1966) dan secara umum persamaan Wen and Yu dapat digunakan untuk memprediksi U_{mf} untuk partikel yang lebih besar ketika $Re > 1000$. Diketahui bahwa kecepatan minimum fluidisasi (U_{mf}) secara teoritis dengan menggunakan persamaan Wen and Yu ketika di bawah saringan sebesar 2,93 m/detik kemudian mengalir di atas saringan (ruang pengering) dengan kecepatan 2,94 m/detik. Dengan kecepatan 2,94 m/detik sudah dapat memfluidisasikan jagung dalam ruang pengering. Jadi berdasarkan persamaan Wen and Yu kecepatan tersebut yang digunakan untuk dapat memfluidisasi jagung sebesar 2,93 m/detik di bawah saringan dan 2,94 m/detik di atas saringan. Sedangkan U_{mf} teoritis berdasarkan persamaan yang diturunkan kunii, besarnya kecepatan di bawah saringan sebesar 0,156 m/detik dan 0,158 m/detik di atas saringan yang artinya bahwa

kecepatan terkecil yang digunakan dan dibutuhkan untuk dapat memfluidisasi jagung dengan sistem *Fluidized Bed Dryer* adalah sebesar 0,156 m/detik dari bawah saringan dan 0,158 m/detik di dalam ruang pengering.

Perubahan Tekanan(*Pressure Drop*) di Ruang Pengering dan Di bawah Saringan pada Sistem *Fluidized Bed Dryer*

Menurut Christian (2008), bila gas dilewatkan melalui hamparan partikel group A, B, atau D, gesekan (*friction*) menyebabkan terjadinya penurunan tekanan (*pressure drop*). Ketika kecepatan gas dinaikkan penurunan tekanan meningkat sampai besar penurunan tekanan tersebut sama dengan berat hamparan(*bed*) dibagi dengan luas penampangnya. Ketika kecepatan gas dinaikkan lagi maka turbulensi aliran juga meningkat.

Berdasarkan hasil eksperimen bahwa besarnya perubahan tekanan pada saat terjadi minimum fluidisasi dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1. Perubahan Tekanan(*Pressure Drop*) secara Teoritis

Kondisi	Tekanan (Pa)			
	<i>Umf</i>	1 jam	2 jam	3 jam
Di bawah saringan	61,1081572	59,53704371	61,06358220	61,05873241
Di atas saringan	61,0628583	61,06363334	61,06350687	61,05805122

Berdasarkan Tabel 1 bahwa perubahan tekanan saat terjadi minimum fluidisasi sebesar 61,1081572 Pa di bawah saringan, sedangkan di atas saringan sebesar 61,0628583 Pa yang berarti bahwa tekanan tersebut adalah tekanan minimum yang dibutuhkan untuk dapat memfluidisasikan jagung pada ruang pengering.

Adapun berdasarkan eksperimen yang dilakukan dengan memfluidisasi jagung selama 1 jam, 2 jam, dan 3 jam besarnya perubahan tekanan berdasarkan Tabel 1 di atas dapat diketahui ketika di bawah saringan saat terjadi minimum ketika terfluidisasi 1 jam sebesar 59,53704371 Pa, terfluidisasi selama 2 jam sebesar 61,06358220 Pa dan terfluidisasi selama 3 jam sebesar 61,05873241 Pa. Sementara perubahan tekanan saat di atas saringan(ruang pengering) ketika terfluidisasi selama 1 jam sebesar 61,06363334 Pa, kemudian saat terfluidisasi selama 2 jam sebesar 61,06350687 Pa, dan ketika terfluidisasi selama 3 jam sebesar 61,05805122 Pa.

Perbandingan Kondisi Teoritis dengan Kondisi Aktual

a. Kondisi Aktual pada Saat Minimum Fluidisasi

Untuk fluidisasi partikel basah, penurunan tekanan pada bed setelah titik fluidisasi minimum tidak konstan, namun secara bertahap meningkat dengan meningkatnya kecepatan gas.

Tabel 2. Kondisi Aktual Kecepatan dan Perubahan Tekanan saat

	Diam		Terfluidisasi	
	U (m/detik.)	P (kg/m ²)	<i>Umf</i> (m/detik.)	P (kg/m ²)
Di bawah saringan	1,48	34,882	2,58	38,352
Di atas saringan	1,6	33,456	2,64	36,924

Pada awal fluidisasi, tidak semua partikel terfluida karena adanya kecenderungan bahan untuk saling mengikat. Biasanya, lapisan atas dari bed mulai fluidisasi ketika lapisan bawah masih stasioner. Dengan demikian, penurunan tekanan bed adalah lebih besar dari tekanan bahan atau setara dengan berat bahan dibagi dengan luas penampang (Shahrul, 2002).

Kondisi aktual untuk perubahan tekanan, kecepatan minimum fluidisasi (*Umf*) serta kondisi tekanan dan kecepatan sesaat sebelum terfluidisasi (diam) dapat dilihat pada tabel 2. Diketahui bahwa sesaat sebelum terfluidisasi kecepatannya (*U*) sebesar 1,48 m/detik dengan tekanan 34,882 kg/m² di bawah saringan sedangkan kecepatan saat terjadi fluidisasi (*Umf*) sebesar 2,58 m/detik dengan tekanan 38,352 kg/m².

Sementara ketika di ruang pengering (di atas saringan), sesaat sebelum terfluidisasi kecepatannya (*U*) sebesar 1,6 m/detik dengan tekanan sebesar 33,456 kg/m². Pada saat terfluidisasi kecepatan (*Umf*) di ruang pengering sebesar 2,64 m/detik dengan tekanan 36,924 kg/m².

b. Kondisi Aktual Selama Terfluidisasi

Tabel 3. Kondisi Aktual Selama Terfluidisasi

	Tekanan (kg/m ²)		
	1 jam	2 jam	3 jam
Di Bawah saringan	35,19	29,7075	35,117
Di atas saringan	24,78	15,555	4,864

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui besarnya perubahan tekanan secara berurut dari 1 jam, 2 jam dan 3 jam pada percobaan di bawah saringan yaitu 35,19 kg/m², 29,7075 kg/m² dan 35,117 kg/m². Sedangkan perubahan tekanan di atas saringan secara berurut juga sebesar

24,786 kg/m², 15,555 kg/m², dan 4,864 kg/m². Dari hasil eksperimen diketahui bahwa di bawah saringan perubahan tekanannya tidak konstan, sementara di ruang pengering (di atas saringan) tekanan terus menurun. Hal ini dapat didukung dengan pernyataan Christian (2008) bahwa apabila gas dilewatkan melalui hamparan partikel group A, B, atau D, gesekan (*friction*) menyebabkan terjadinya penurunan tekanan (*pressure drop*). Ketika kecepatan gas dinaikkan penurunan tekanan meningkat sampai besar penurunan tekanan tersebut sama dengan berat hamparan (*bed*) dibagi dengan luas penampangnya.

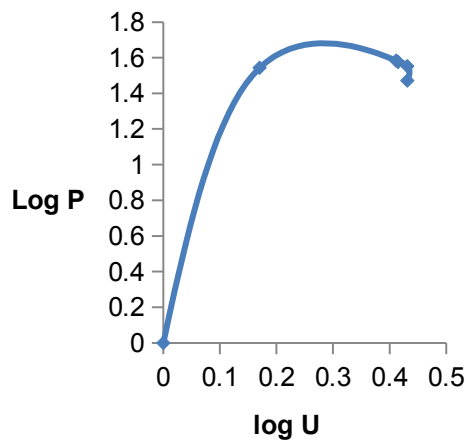
c. Karakteristik Fluidisasi pada Sistem Fluidized Bed Dryer

Karakteristik Unggun terfluidisasi biasanya dinyatakan dalam bentuk grafik antara penurunan tekanan (*Pressure Drop*) dan kecepatan (*U*). Untuk melihat hal tersebut digunakan eksperimen dengan memfluidisasikan jagung selama 1 jam dan 2 jam, hubungan tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. Hubungan Kecepatan Dengan Tekanan Aktual Selama Terfluidisasi 1 Jam Di Bawah Saringan.

	Kecepatan (m/detik.)	Tekanan (kg/m ²)
Diam	1,48	34,884
<i>Umf</i>	2,58	38,352
Terfluidisasi	2,6	37,74
	2,6	37,74
	2,7	35,7
	2,7	29,58

Berdasarkan Tabel 4 tersebut dapat dilihat karakteristik fluidisasi dengan adanya hubungan antara kecepatan dengan tekanan pada gambar Grafik 1.



Gambar 1. Kurva Karakteristik Fluidisasi 1 jam di bawah saringan

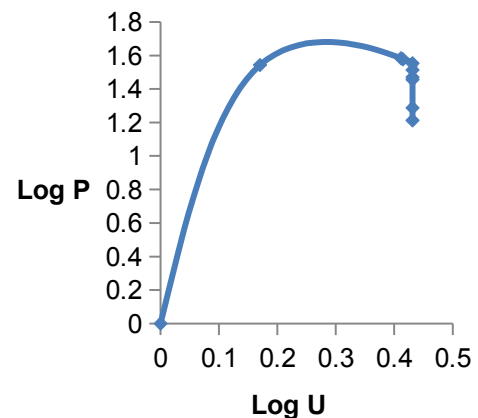
Berdasarkan grafik pada Gambar 1, dapat dilihat hubungan kecepatan dengan tekanan. Kecepatan aliran sebelum tercapai tekanan minimum fluidisasi sebesar 1,48 m/detik dengan tekanan 34,884 kg/m², kemudian kecepatan meningkat menjadi 2,58 m/detik ketika terjadi tekanan minimum fluidisasi sebesar 37,74 kg/m². Ini artinya bahwa kecepatan 2,58 m/detik merupakan kecepatan terkecil yang digunakan untuk terjadinya fluidisasi jagung dengan tekanan saat *Umf* sebesar 37,74 kg/m². Selama fluidisasi, kecepatan meningkat hingga 2,7 m/detik namun tekanan mengalami penurunan selama fluidisasi. Selanjutnya hubungan antara kecepatan dan tekanan di bawah saringan yang terfluidisasi selama 2 jam, dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hubungan kecepatan dengan tekanan aktual selama terfluidisasi selama 2 jam di bawah saringan.

Kondisi	Kecepatan (m/detik)	Tekanan (kg/m ²)
Diam	1,48	34,884
<i>Umf</i>	2,58	38,352
Terfluidisasi	2,6	37,74
	2,6	37,74
	2,7	35,7

2,7	32,64
2,7	29,58
2,7	28,56
2,7	19,38
2,7	16,32

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat hubungan antara kecepatan dengan tekanan pada gambar 2.



Gambar 2. Kurva Karakteristik Fluidisasi 2 jam di bawah saringan.

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat hubungan kecepatan dengan tekanan. Kecepatan sesaat sebelum terjadi tekanan minimum fluidisasi sama dengan ketika fluidisasi selama 1 jam yaitu sebesar 1,48 m/detik, dengan tekanan 34,884 kg/m², kemudian kecepatan meningkat menjadi 2,58 m/detik ketika terjadi tekanan minimum fluidisasi sebesar 37,74 kg/m². Ini artinya bahwa kecepatan 2,58 m/detik merupakan kecepatan terkecil yang digunakan untuk memfluidisasi jagung dengan tekanan saat *Umf* sebesar 37,74 kg/m². Selanjutnya selama terfluidisasi kecepatan meningkat hingga 2,7 m/detik namun tekanan mengalami penurunan selama fluidisasi hingga mencapai 16,32 kg/m².

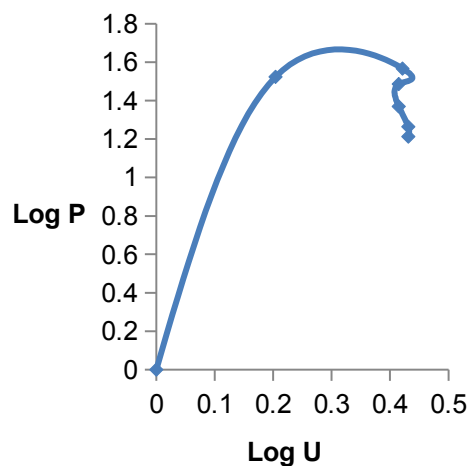
Hubungan kecepatan dan tekanan di atas saringan baik yang

fluidisasi selama 1 jam maupun 2 jam dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hubungan Kecepatan Dengan Tekanan Aktual selama terfluidisasi 1 jam di atas saringan

Kondisi	Kecepatan (m/detik)	Tekanan (kg/m ²)
Diam	1,6	33,456
<i>Umf</i>	2,64	36,924
Terfluidisasi	2,6	30,6
	2,6	23,46
	2,7	18,36
	2,7	16,32

Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat hubungan antara kecepatan dengan tekanan pada grafik 3.



Gambar 3. Kurva Karakteristik Fluidisasi 1 jam di atas saringan.

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa selama 1 jam fluidisasi, tekanan di dalam ruang pengering (di atas saringan) cenderung menurun. Kecepatan sesaat sebelum terjadi tekanan minimum fluidisasi yaitu sebesar 1,6 m/detik dengan tekanan 33, 456 kg/m², kemudian kecepatan meningkat menjadi 2,64

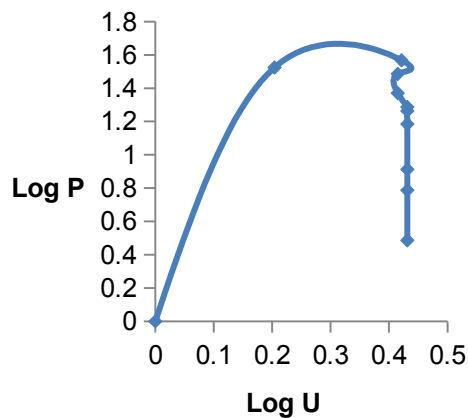
m/detik ketika terjadi tekanan minimum fluidisasi dengan tekanan 36,924 kg/m². Ini artinya bahwa kecepatan 2,64 m/detik merupakan kecepatan terkecil yang digunakan untuk terjadinya fluidisasi jagung di dalam ruang pengering dengan tekanan saat *Umf* sebesar 36,924 kg/m². Selama terfluidisasi kecepatan meningkat hingga 2,7 m/detik namun tekanan mengalami penurunan selama fluidisasi hingga mencapai 16,32 kg/m².

Kemudian karakteristik fluidisasi dapat dilihat juga dengan mengamati hubungan antara kecepatan dengan tekanan selama terfluidisasi 2 jam pada Tabel 7.

Tabel 7. Hubungan Kecepatan Dengan Tekanan Aktual selama terfluidisasi 2 jam di atas saringan

Kondisi	Kecepatan (m/detik)	Tekanan (kg/m ²)
Diam	1,6	33,456
<i>Umf</i>	2,64	36,924
Terfluidisasi	2,6	30,6
	2,6	23,46
	2,7	19,38
	2,7	18,36
	2,7	15,3
	2,7	8,16
	2,7	6,12
	2,7	3,06

Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat hubungan antara kecepatan dengan tekanan pada Grafik 4.



Gambar 4. Kurva Karakteristik Fluidisasi 2 Jam Di Atas Saringan

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa selama 2 jam terfluidisasi Kecepatan sesaat sebelum terjadi tekanan minimum fluidisasi sama dengan ketika terjadi fluidisasi selama 1 jam, yaitu sebesar 1,6 m/detik dengan tekanan 33,456 kg/m². Kecepatan meningkat menjadi 2,64 m/detik, ketika terjadi minimum fluidisasi dengan tekanan 36,924 kg/m². Ini artinya bahwa kecepatan 1,6 m/detik merupakan kecepatan terkecil yang digunakan untuk terjadinya fluidisasi jagung di dalam ruang pengering dengan tekanan saat *Umf* sebesar 36,924 kg/m². Selama fluidisasi kecepatan meningkat hingga 2,7 m/detik namun tekanan mengalami penurunan selama fluidisasi hingga mencapai 3,06 kg/m².

Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan Satrio (2008) tentang karakteristik *Fluidized Bed*. Selain itu, Gambar 1, 2, 3 dan 4 juga dapat dikatakan sesuai dengan karakteristik fluidisasi berdasarkan pernyataan dari Christian (2008) bahwa bila gas dilewatkan melalui hamparan partikel group A, B, atau D (salah satunya jagung), gesekan (*friction*) menyebabkan terjadinya penurunan tekanan (*pressure drop*).

Tabel 8. Persentase Kesalahan Model Untuk *Umf*

	Wen and Yu		Kunii	
	Selisih	% Kesalahan	Selisih	% Kesalahan
Di Bawah Saringan	0,348	11,88	2,424	93,95
Di Atas Saringan	0,30	10,14	2,482	94,003

Ketika kecepatan gas dinaikkan penurunan tekanan meningkat sampai besar penurunan tekanan tersebut samadengan berat hamparan (*bed*) dibagi dengan luas penampangnya.

Untuk fluidisasi partikel basah, penurunan tekanan bed setelah titik fluidisasi minimum tidak konstan, namun secara bertahap meningkat dengan meningkatnya kecepatan gas. Pada awal fluidisasi, tidak semua partikel terfluida karena adanya kecenderungan bahan untuk saling mengikat. Biasanya, lapisan atas bed mulai fluidisasi ketika lapisan bawah masih stasioner. Gas dengan kecepatan rendah melalui bed pada saat partikel diam. Ketika kecepatan gas meningkat, penurunan tekanan di lapisan partikel meningkat sebanding dengan kecepatan gas sampai penurunan tekanan mencapai setara dengan berat bed dibagi dengan luas permukaan bed (Shahrul, 2002).

d. Perbandingan Kondisi Teoritis Dengan Aktual

Untuk mengetahui kesesuaian antara teori atau model yang digunakan dengan kondisi aktual maka perlu dibandingkan hasil secara teoritis dengan hasil aktual. Berdasarkan hasil eksperimen, perbedaan antara kondisi teoritis dengan aktual untuk kecepatan minimum fluidisasi dapat dilihat pada lampiran 14. Untuk persentase kesalahan model dapat dilihat pada tabel 8:

Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui persentase kesalahan untuk model Wen and Yu sebesar 11,88% di bawah saringan dan 10,14% di atas saringan.

Sedangkan untuk model Kunii persentase kesalahannya sebesar 93,95% dan 94,003% digunakan

untuk memprediksi U_{mf} pengeringan jagung dengan sistem *Fluidized Bed Dryer* dengan model Wen and Yu, yang memiliki pengaruh terhadap besarnya U_{mf} yaitu diameter partikel, gravitasi, massa jenis fluida, massa jenis bahan, dan faktor

rata-rata persentase di atas saringan. Besarnya persentase kesalahan tersebut disebabkan karena cara aplikasi model yang kurang tepat.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan, maka dapat ditarik

		Teoritis (kg/m ²)	Aktual (kg/m ²)	Selisih P (kg/m ²)	% kesalahan
U_{mf}	Di bawah saringan	61,10815722	38,352	22,76	37,24
	Di atas saringan	61,06285833	36,924	24,14	39,53
1 jam	Di bawah saringan	59,53704371	35,19	24,35	40,89
	Di atas saringan	61,06363334	24,786	36,28	59,41
2 jam	Di bawah saringan	61,06358220	29,7075	31,14	51,00
	Di atas saringan	61,06350687	15,555	45,51	74,53
3 jam	Di bawah saringan	61,05873241	35,117	25,94	42,49
	Di atas saringan	61,05805122	4,864	56,19	92,03

pengali $\frac{1}{\phi \varepsilon_{mf}^3} \cong 14$, sebagai

pengganti dari porositas dan bentuk partikel. Sedangkan Model persamaan yang diturunkan Kunii yang memberikan pengaruh terhadap besarnya U_{mf} yaitu gravitasi, massa jenis fluida, massa jenis bahan, dan porositas unggun.

Selanjutnya berdasarkan hasil eksperimen untuk tekanan, perbedaan antara kondisi teoritis dengan aktual dapat dilihat pada Tabel 9 sebagai berikut:

Tabel 9. Perbandingan perubahan Tekanan antara Teoritis dengan Tekanan Aktual

Berdasarkan Tabel 10 diketahui bahwa persentase kesalahan di bawah saringan ketika terjadi minimum fluidisasi sebesar 37,24 %, dan saat terfluidisasi selama 1 jam, 2 jam, dan 3 jam secara berurut sebesar 40,89 %, 51 %, dan 42,49%, sementara persentase kesalahan di atas saringan ketika terjadi minimum fluidisasi sebesar 39,53% dan saat terfluidisasi selama 1 jam, 2 jam dan 3 jam secara berurut sebesar 59,41%, 74,53% dan 92,03%. Jadi rata-rata persentase kesalahan yang di bawah saringan lebih kecil dibandingkan dengan

beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Bilangan Reynold untuk pengeringan jagung dengan sistem *Fluidized Bed Dryer* sebesar $Re = 35244,42$ di bawah saringan dan $Re = 36307,39$ di atas saringan, sehingga aliran dalam sistem merupakan aliran turbulen karena $Re > 1000$.
2. U_{mf} di bawah saringan dengan model Wen and Yu sebesar 2,93 m/detik, model Kunii sebesar 0,156 m/detik dengan tekanan sebesar 61,1081572 kg/m².
3. U_{mf} di atas saringan dengan model Wen and Yu sebesar 2,94 m/detik, model Kunii sebesar 0,158 m/detik dengan tekanan sebesar 61,0628583 kg/m².
4. U_{mf} berdasarkan model Wen and Yu mendekati nilai U_{mf} aktual, rata-rata U_{mf} aktual sebesar 2,7 m/detik
5. Perubahan tekanan pada kondisi aktual sudah sesuai dengan karakteristik fluidisasi.

SARAN

Berdasarkan model yang sudah ada, ada beberapa saran untuk peneliti selanjutnya antara lain :

1. Untuk mengoptimalkan operasi alat sistem *Fluidized Bed Dryer* pada pengeringan jagung maka kecepatan udara dioperasikan di atas *Umf*.
2. Kecepatan Minimum Fluidisasi (*Umf*) untuk setiap partikel (bahan) berbeda-beda, sehingga disarankan untuk dapat menentukan besarnya *Umf* jenis biji-bijian untuk tiap hasil pertanian dengan alat *Fluidized Bed Dryer* ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Christian, H., 2008. *Modifikasi Sistem Burner*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Diakses 2 April 2015 pukul 21.03 WITA
- Djoko, L.D., 2003. *Model Matematik*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Ekoanindiyo, A. F., 2011. *Pemodelan Antrian Dengan Menggunakan Simulasi*. Fakultas Teknik Universitas Stikubank Semarang. Jurnal Dinamika Teknik Vol. V. No. 1 Januari 2011. Hal 72-85. Diakses 2 September 2015 pukul 09.00 WITA
- Firmansyah, I.U., S. Saenong, B. Abidin, Suarni, dan Y. Sinuseng. 2006. *Proses Pascapanen Untuk Menunjang Perbaikan Produk Biji Jagung Berskala Industri Dan Ekspor*. Laporan Hasil Penelitian, Balai Penelitian Tanaman Serealia. Maros. p. 1-15. Diakses 5 April 2015 pukul 22.23 WITA
- Harriot, P., Smith, J.C., Warren L.M., 1999. *Operasi Teknik Kimia jilid 2 edisi 4*. Penerbit Erlangga
- Novandy, Arluky, 2015. *Penentuan Pressure Drop dan Kecepatan Minimum Proses Fluidisasi pada Reaktor Fixed Bed dan Regenerator*. Forum IPTEK. Vol 13 nomor 03. Lembaran Publikasi Ilmiah Pusdiklat Migas. Diakses 19 April 2015 pukul 15.43 WITA
- Nurtono, T., Ardani, K. R., Pradana, N. R., Winardi, S., 2013. *Review Pengaruh Hidrodinamika pada Fluidized Bed Dryer*. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Sepuluh November. Surabaya. Jurnal Teknik POMITS Vol.2, No.1, (2013) ISSN : 2337-3539 (2301-9271 Print). Diakses 19 April 2015 pukul 15.55 WITA
- Panggabean, T. 2008. *Desain dan Kinerja Mesin Pemindah Bahan Pada Sistem Pengering Efek Rumah Kaca (Erk). Hybrid dan In-store Dryer (Isd) Terintegrasi Untuk Biji Jagung*. IPB. Bogor. Diakses 19 April 15.09 WITA
- Satrio, A., M., 2008. *Modul-1.05. Fluidisasi*. Teknik Kimia Universitas Sultan Agung Tirtayasa. Cilegon. Banten. Diakses 29 September 2015 pukul 13.27 WITA
- Sembiring, N., Ambarita, H., 2013. *Simulasi Kolektor Surya Tipe Plat Datar dengan Sudut 60o dan Boks Pengering pada Mesin Pengering Hasil Pertanian*. Departemen Teknik Mesin. Universitas Sumatra Utara. Jurnal e-Dinamis, Volume 6 No. 2 September 2013. ISSN 1338-1035. Diakses 23 Mei 2015 pukul 09.17 WITA
- Senadeera, W., 2006. *Fluidization Characteristics of Moist Food Particles*. Internasional Journal of Food Engineering. Vol.2, issue 1.

Diakses 15 Maret 2015 pukul 23.04 WITA

Cakram vol. 4 No. 2, oktober 2010 (180-188). Diakses 22 Maret 2015 pukul 22.37 WITA

Shahrul, S., Hamdullahpur, F., Dincer, I., 2002. *Energy Analysis In Fluidized-Bed Drying of Large Wet Particles*. International Journal Of Research 2002;26:5075 25 (DOI: 10.1002/er.799). Diakses 23 September 2015 pukul 13.46 WITA

Suyitno, 2011. *Model Dinamika dan Kajian Eksperimental Pengeringan Batu bara Pengering Rendah Indonesia dalam Fluidized bed menggunakan uap Super panas*. Thesis Megister. Institute Teknologi Bandung. Diakses 3 Juli 2015 pukul 21.33 WITA

Tanggasari, D., 2014. *Sifat Teknik dan Karakteristik Pengeringan Biji Jagung (Zea Mays L.) pada Alat Pengering Fluidized Bed*. Skripsi. Unram. NTB.

Widayati, 2010. *Fenomena dan Kecepatan Minimum(Umf) Fluidisasi*. Jurnal Ilmiah Teknik Kimia. Yogyakarta. Volume X nomor 2. Diakses 4 Maret 2015 pukul 22.34 WITA

Wirakartakusumah, A., Subarna, Arpah, M., Syah, D., Budiwati, S.I., 1992. *Peralatan dan Unit Proses Industri Pangan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Institute pertanian Bogor. Bogor.

Winaya, I. N. S., Susila, D.A.B.I., 2010. *Co-Faring Sistem Fluidized Bed Berbahan Bakar Batubara dan Ampas Tebu*. Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana. Bukit Jimbaran Bali. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin