



PEMBUATAN UREA PELEPASAN LEPAS LAMBAT MELALUI PELAPISAN DENGAN AMILUM-ACRYLIC MENGGUNAKAN TEKNOLOGI *FLUIDIZED BED SPRAY*

Margie Agami Haq, Septiana Triwiningsih, Suherman *)

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

Abstrak

Pembuatan *Slow Release Fertilizer (SRF)* bertujuan untuk mengontrol pelepasan nutrient dalam pupuk dan meminimalisasi pengaruh polusi di lingkungan. Dalam studi ini dilakukan pembuatan SRF dengan menggunakan campuran amilum-acrylic yang ditambah Polietilen Glikol (PEG) dengan menggunakan metoda *Fluidized Bed Spraying Coating (FBSC)*. Pengaruh suhu unggun dan konsentrasi polimer akan dianalisa. Analisa struktur mikroskopis dengan menggunakan SEM menunjukkan bahwa terjadi pembentukan lapisan tipis pada permukaan produk urea terlapis yang tampak berbeda dengan struktur morfologi urea tanpa pelapisan, terlihat bahwa lapisan luar lebih kompak. *Dissolution rate* akan meningkat seiring dengan kenaikan suhu unggun, tetapi akan mengalami penurunan pada kenaikan konsentrasi amilum-acrylic. Efisiensi pelapisan meningkat dengan meningkatnya konsentrasi pelapis dan berkurang jika terjadi peningkatan suhu unggun. *Dustiness* akan meningkat seiring dengan kenaikan suhu unggun dan konsentrasi pelapis.

Kata kunci : acrylic, amilum, fluid bed, pelapisan, urea

Abstract

The controlled release technology by coating for increasing the efficiency of fertilizer can reduce fertilizer's losses and minimize environmental pollution. Starch mixed with acrylic acid, PEG and water were used as coating solution. The coating process of granular urea was conducted in fluid bed spray coater. The influence of bed temperature, and concentration of starch on properties of coated urea product was investigated. Microscopic analysis by SEM shows the formation of a thin layer on the surface of coated urea product that has a different morphology, more compact, and any irregularities of the crystal. The dissolution rate of the product decreased with increasing concentration of starch and decreasing bed temperature. The percent coating of the product increased with increasing concentration of starch and decreasing bed temperature. The dustiness of the product increased with increasing starch concentration and bed temperature.

Keywords : acrylic, coating, fluid bed, starch, urea

1. Pendahuluan

Slow Release Fertilizer (SRF) merupakan pembuatan pupuk lepas lambat yang mampu mengendalikan kecepatan pelepasan nutrient pupuk yang mudah hilang akibat larut dalam air, mudah menguap maupun terjadinya proses denitrifikasi (Trenkel, 1997). Penggunaan SRF menjadi populer untuk menghemat konsumsi pupuk dan meminimalkan pencemaran lingkungan. Secara fisika, pelapis pupuk disiapkan dari berbagai jenis bahan yang dapat mengurangi laju pelarutan (*dissolution rate*). Salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi laju pelarutan adalah *Slow Release Fertilizer*.

Teknologi ini telah banyak dikembangkan oleh peneliti sebelumnya dengan berbeda metode (rotating drum, fluidized bed, spouted bed, microwave) dan berbagai material pelapis yang digunakan seperti resin, polimer dan sulfur. Penelitian terdahulu antara lain pembuatan komposit *wheat straw-g-poly(acrylic acid) (WS/PAA) superabsorban*. Pelepasan urea dengan WS/PAA sangat cepat dalam air dengan koefisien difusi $6,2 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{s}$, tetapi pelepasan nutrisi urea bisa berlangsung lama 50 hari (Liang, dkk., 2009). Selain itu, ada pelapisan urea dengan menggunakan suspensi polimer dalam spouted bed dua dimensi, menghasilkan pelapisan urea dengan menggunakan polimer suspensi eudragit yang mampu meningkatkan empat kali

*) Penulis Penanggung Jawab (Email: hermancrb@yahoo.com)

holding capacity dari urea terlapis terhadap urea konvensional. (Donida, Marta W dan Rocha, Sandra C.S., 2002).

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Urea granular (PT. Petrokimia Gresik, Indonesia) diameter 2 mm, Acrylic Acid (chemical grade) (CV. Multi Kimia Raya), amilum (Cas no. 9005-25-8) (Laboratorium Kimia Proses Teknik Kimia) dan Polyethylene Glikol (PEG)-6000 (chemical grade) (Laboratorium Kimia Proses Teknik Kimia).

2.2. Persiapan Larutan Pelapis

Sejumlah amilum (0-2% wt urae total), acrylic (16-20% wt urae total), 1 gram PEG dan air 30 ml dicampur dengan pengadukan pada suhu kamar.

2.3. Alat

Fluidized bed dibuat dari gelas fleksi. Alat spraying berada di bagian tengah fluidized bed. Urea granular ditimbang 80 gram ditempatkan pada bagian dalam fluidized bed. Suhu bed divariasikan 35-55°C. 30 ml larutan pelapis yang telah disiapkan, pada temperatur kamar dan kecepatan alir 0,5 ml/menit disemprotkan ke dalam fluidized bed untuk proses pelapisan. Material yang telah terlapis di ambil untuk dilakukan analisa.

2.4. Struktur Mikroskopis

Struktur mikroskopis diketahui dengan melakukan uji SEM pada urea terlapis dan urea tak terlapis dengan perbesaran 50x dan 500x.

2.5. Dissolution rate

5 gram sampel dimasukkan kedalam beaker yang mengandung 50 ml aquadest. Waktu yang diperlukan sampel untuk larut sempurna di catat (Vashishtha, 2010).

2.6. Dustiness

10 gram urea terlapis dimasukkan kedalam bunker funnel, udara tekan dimasukkan dari bagian bawah funnel dengan tekanan 10 psi. Setelah 5 menit sampel dikeluarkan dari bunker funnel dan di timbang. Berat yang hilang di hitung sebagai debu (Vashishtha, 2010).

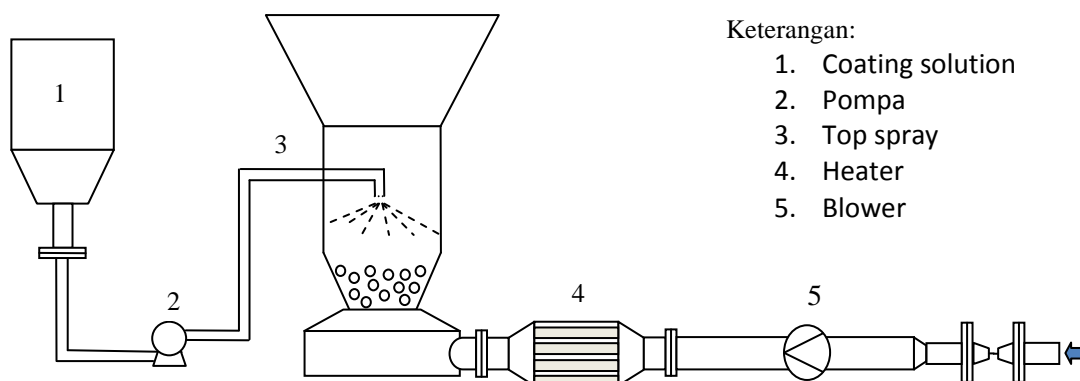
2.7. Efisiensi Pelapisan (%Pelapisan)

10 gram sampel urea yang dilapisi dicampurkan kedalam 100 ml air. Setelah di aduk pelapis yang ada akan terlepas dari urea. Pelapis yang dihasilkan disaring setelah disaring diuapkan dan di timbang (Mulder,dkk., 2011)

$$\eta = \frac{M_i}{M_i + M_o} \times 100\% \quad (1)$$

dimana : M_i = berat pelapis (gram)

M_o = berat urea (gram).



Gambar 1. Schematic Diagram Fluidized Bed Spray

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Perbandingan Urea Tanpa Lapisan dengan Urea Terlapis

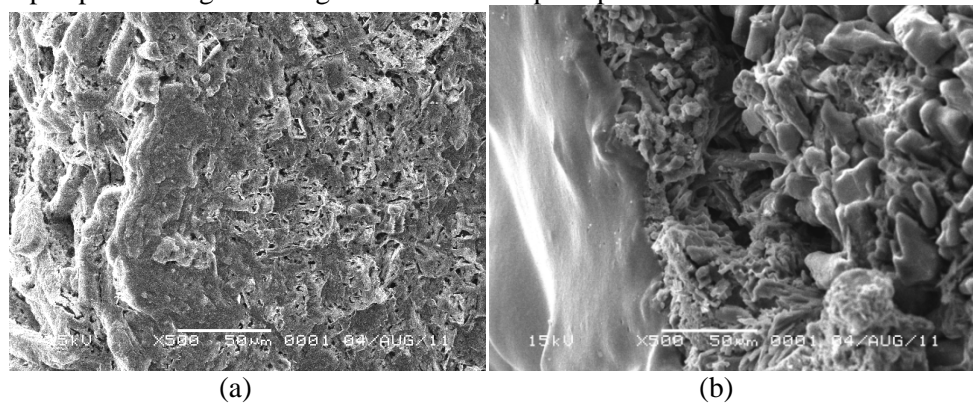


Gambar 2. Tampilan (a) Urea Tanpa Lapisan (b) Urea Terlapis Amilum-Acrylic

Gambar 2(a) menunjukkan tampilan urea asli yang sering beredar di pasaran, tanpa adanya pelapisan. Pada gambar 2(b) menunjukkan urea yang telah terlapis amilum-acrylic. Tujuan penggunaan warna untuk membedakan urea yang tidak terlapis dengan urea yang terlapis. Kemudian, produk pelapisan ini akan diuji SEM, *dissolution rate*, *dustiness*, dan efisiensi pelapisannya.

3.2. Struktur Mikroskopis

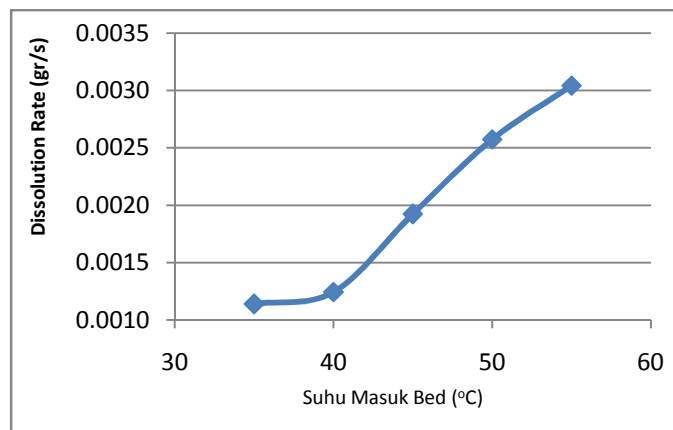
Tujuan dari pengujian SEM adalah untuk mengetahui gambar mikroskopis dari permukaan produk yang didapat. Pelapisan yang merata pada permukaan urea sangat diharapkan dalam proses. Pengamatan tampilan dan bentuk permukaan dilakukan sebelum dan sesudah pelapisan. Pengambilan gambar dilakukan pada pembesaran 500X.



Gambar 3. Urea dengan Perbesaran 500X (a) Tanpa Pelapisan (b) Terlapis

Gambar 3(a) menunjukkan bahwa urea hanya terdiri dari satu lapisan saja, sedangkan pada gambar 3(b) terlihat bahwa ada 2 lapisan pada urea yaitu urea itu sendiri dan pelapis. Kontur lapisan luar terlihat lebih halus dan tebal dibandingkan dengan gambar 3(a).

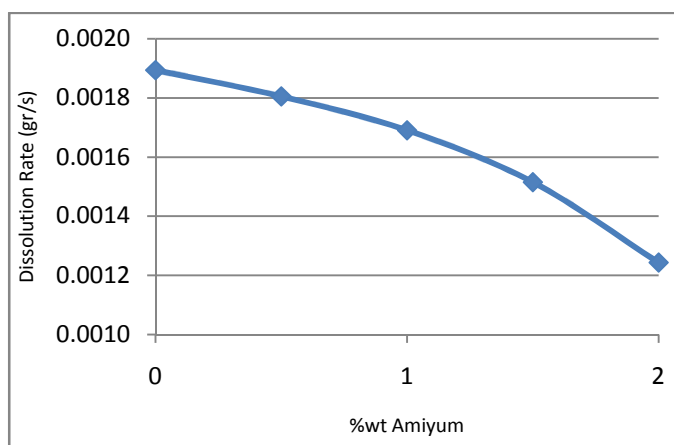
3.3. Dissolution Rate



Gambar 4. Pengaruh Temperatur Udara Pengering Terhadap *Dissolution Rate* Produk SRF

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka semakin besar pula *dissolution ratenya* karena semakin besar temperatue unggun, semakin cepat pula laju pengeringannya. Kenaikan laju pengeringan ini akan menurunkan pembentukan *liquid bridges* antarpartikel (Jackson&Jonke, 1954).

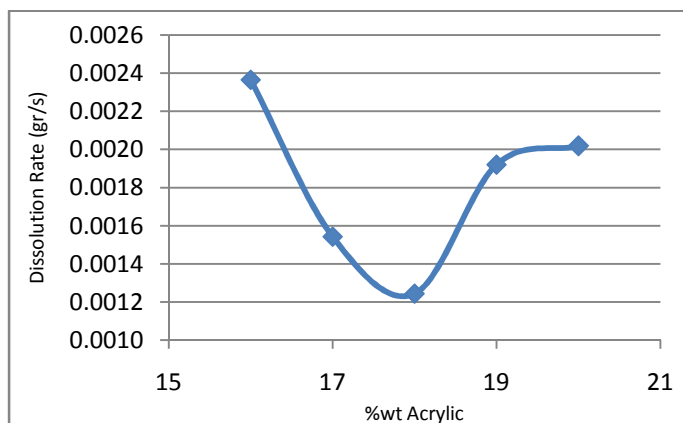
Pada urea tanpa lapisan mempunyai *dissolution rate* sebesar 0,02874 gram/detik. *Dissolution rate* ini jauh lebih besar dibandingkan dengan urea terlapis. Sebanyak 5 gram urea tanpa lapisan larut selama 2 menit 54 detik dalam 50 ml air, sedangkan pada urea terlapis mampu memakan waktu pelarutan selama 1 jam 13 menit 23 detik. Hal tersebut menunjukkan bahwa kelarutan urea tanpa lapisan dalam air sangat besar dengan *dissolution time* yang kecil sehingga banyak unsur hara yang terbuang sia-sia ke lingkungan yang memberikan dampak buruk.



Gambar 5. Pengaruh % wt Amilum Terhadap Dissolution Rate Produk SRF

Pada gambar 5 menjelaskan bahwa semakin besar konsentrasi amilum, *dissolution rate* semakin menurun. Hal tersebut digambarkan dengan penurunan *dissolution rate* yang terjadi selama 0,00189 gram/detik pada 0%wt amilum (tanpa amilum) menjadi 0,00124 gram/detik pada 2%wt amilum. Polimer di sini berfungsi sebagai penghalang fisik pelepasan urea ke lingkungan. Sehingga semakin banyak amilum maka semakin banyak penghalang fisik di permukaan urea yang mengakibatkan waktu pelepasan semakin lama dan *dissolution rate* (laju pelepasan) semakin kecil.

Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil yang didapat Vashishtha, dkk yang memberi penjelasan bahwa semakin besar konsentrasi pelapis maka *dissolution rate* menurun, karena pelepasan terjadi secara perlahan-lahan. Fenomena yang sama ditemukan pada penelitian yang dilakukan Choi dan Meisen (1997) mengenai pelapisan urea menggunakan sulfur serta penelitian dari Ozturk pada tahun 1990 mengenai mekanisme pelepasan pada butiran terlapis menggunakan Ethylcellulose.

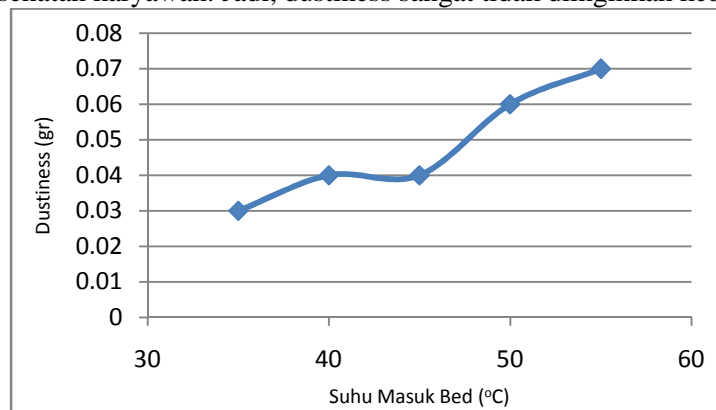


Gambar 6. Pengaruh % wt Acrylic Terhadap Dissolution Rate Produk SRF

Bakass, Mokhlisse, & Lallemand menyatakan bahwa penggunaan polimer superabsorbent di bidang pertanian dapat meningkatkan kapasitas menahan air dan menjaga retensi air tanah. Acrylic di sini berfungsi sebagai penyerap (superabsorbent). Pada gambar 6 menunjukkan hubungan antara %wt acrylic dengan *dissolution rate*. Suatu polimer mempunyai kemampuan maksimal untuk menahan air. Pada acrylic, kemampuan maksimalnya berada pada 18%wt. Lebih dari 18%wt akan mengalami penurunan kapasitas. Hal tersebut terjadi karena crosslink point yang lebih besar di dalam jaringan polimer yang akan meningkatkan densitas komposit crooslink, sehingga terbentuk jaringan tambahan yang akan mengurangi ruang tahanan air (Flory, 1953). Urea superabsorbent cocok digunakan untuk tanaman yang berada di lingkungan yang kandungan airnya terbatas, seperti di daerah gurun ataupun tanaman-tanaman dalam pot.

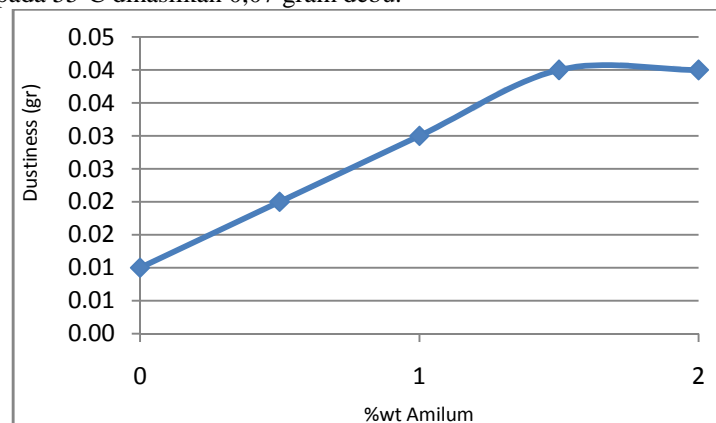
3.4. Dustiness

Pupuk diproduksi dalam skala besar sehingga dustiness harus mendapat perhatian khusus karena dapat menyebabkan beberapa masalah, diantaranya adalah banyaknya bahan yang hilang secara signifikan selama proses berlangsung serta polusi udara yang akan mengganggu kesehatan karyawan. Jadi, dustiness sangat tidak diinginkan keberadaannya.

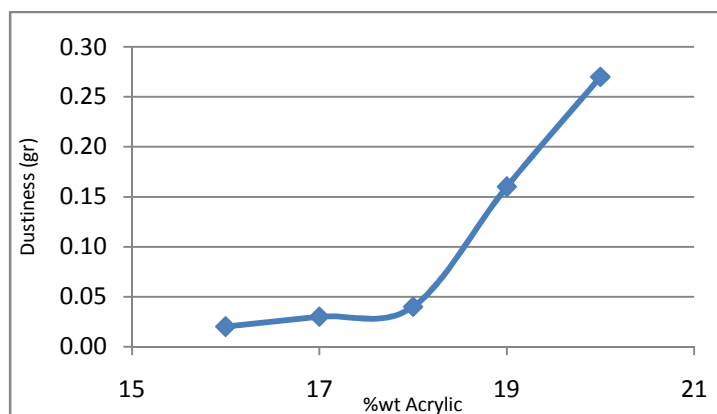


Gambar 7. Pengaruh Temperatur Udara Pengering Terhadap Dustiness Produk SRF

Vashishtha menyatakan bahwa jumlah debu akan lebih banyak pada urea terlapis yang lebih kering karena bahan pelapis tidak melekat secara kuat pada permukaan urea. Pada gambar 7 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu semakin banyak menghasilkan debu karena semakin tinggi suhu maka lapisan pada urea yang dihasilkan semakin kering sehingga lapisan mudah terlepas. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Vashishtha. Pada suhu 35°C hanya dihasilkan 0,03 gram debu, sedangkan pada 55°C dihasilkan 0,07 gram debu.



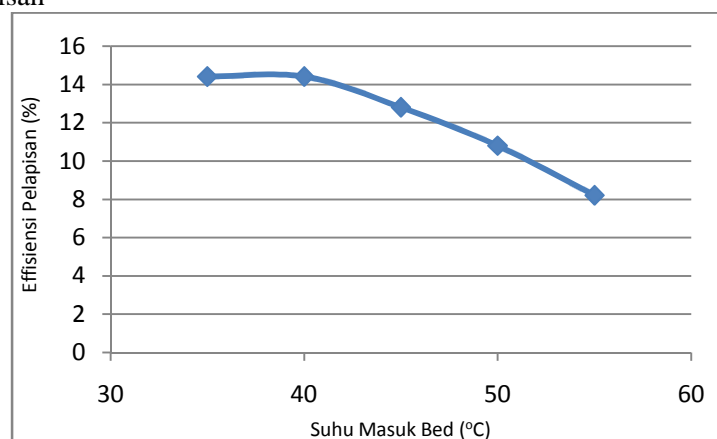
Gambar 8. Pengaruh %wt Amilum Terhadap Dustiness Produk SRF



Gambar 9. Pengaruh %wt Acrylic Terhadap Distiness Produk SRF

Pada gambar 8 dan 9 memperlihatkan bahwa semakin besar konsentrasi maka semakin besar dustiness yang dihasilkan. Hal ini karena semakin besar konsentrasi berarti semakin banyak partikel pelapis. Oleh karena itu, ikatan pelapis pada permukaan urea kurang kuat sehingga debu yang dihasilkan pun semakin banyak dibandingkan dengan konsentrasi rendah. Seperti halnya pada hasil penelitian Vashishtha yang menampilkan bahwa debu urea yang dilapisi dengan 5% pelapis lebih sedikit dari pada debu pada 15% pelapis.

3.5. Effisiensi Pelapisan

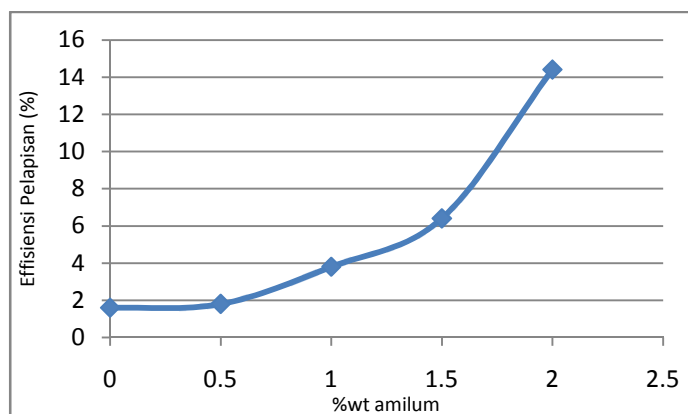


Gambar 10. Pengaruh Temperatur Udara Pengering Terhadap Effisiensi Pelapisan Produk SRF

Gambar 10 menunjukkan bahwa pertumbuhan partikel menurun seiring dengan meningkatnya temperatur udara pengering. Hal ini ditandai dengan penurunan persentase efisiensi pelapisan yang terbentuk dari 12,8% pada suhu 40°C menjadi 8,2% pada suhu 55°C.

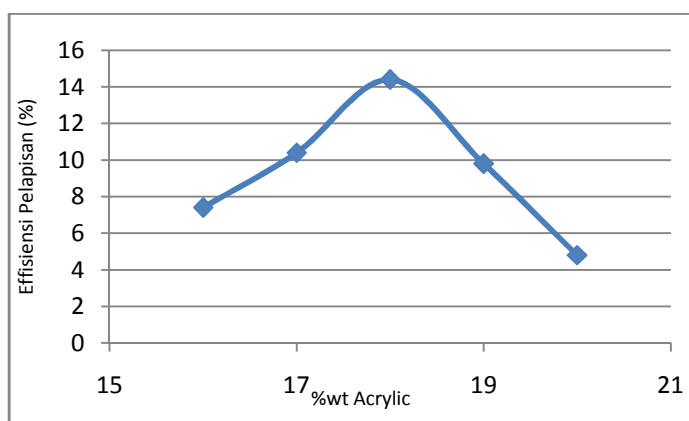
Studi analisis yang terkait dengan pengaruh temperatur terhadap mekanisme pertumbuhan menghasilkan dua jenis perubahan ukuran sesuai dengan rentang temperatur yang digunakan. Untuk temperatur lebih rendah dari 100°C, ukuran partikel menurun dengan menurunnya temperatur (Davies dan Crooks, 1978). Penurunan ini karena terjadi pengeringan lebih cepat yang akan mengurangi pembentukan liquid bridges antarpartikel, sedangkan untuk suhu yang lebih tinggi dari 300°C (kisaran suhu yang digunakan untuk pengolahan limbah radioaktif dan kalsinasi) ukuran rata-rata partikel meningkat dengan meningkatnya suhu (Jackson dan Jonke, 1954).

Pengeringan pada suhu tinggi dalam sistem, menyebabkan tetesan menjadi jenuh (atau lebih jenuh) ketika mencapai permukaan partikel. Hal ini mengurangi keterbasahan dan penyebaran cairan pada permukaan partikel. Selain itu, peningkatan suhu bed memiliki efek negatif terhadap efisiensi lapisan karena hilangnya zat terlarut akibat kenaikan pengeringan (Saleh dan Hemati, 1998).



Gambar 11. Pengaruh % wt Amilum Terhadap Efisiensi Pelapisan Produk SRF

Amilum berfungsi sebagai polimer untuk pelapis urea. Pada gambar 11 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan efisiensi pelapisan dari 0%wt amilum (tanpa amilum) sebesar 1,6% menjadi 14,4% pada konsentrasi 2%wt amilum. Konsentrasi larutan adalah parameter yang mempengaruhi durasi operasi serta mekanisme pertumbuhan. Ketika operasi berlangsung pada konsentrasi yang tinggi, maka derajat kejenuhan selama pengeringan dapat mencapai maksimal. Hal ini menyebabkan adanya peningkatan laju kristalisasi pada permukaan partikel. Semakin besar konsentrasai mencerminkan bahwa kandungan amilum pada larutan semakin banyak, sehingga kemungkinan menempelnya amilum pada permukaan patikel urea semakin besar pula (Saleh dan Guigon, 2005).



Gambar 12. Pengaruh % wt Acrylic Terhadap Efisiensi Pelapisan Produk SRF

Penelitian sebelumnya (Hua dan Wang, 2009), sodium humat dapat direaksikan dengan acrylic untuk meningkatkan kerja polimer. Mekanisme serupa dapat diajukan dengan reaksi antara kelompok $-COO-$ dengan kelompok $-OH$ pada amilum. Acrylic di sini berfungsi sebagai penyerap (superabsorbent). Pada gambar 12 menunjukkan hubungan antara % wt acrylic dengan efisiensi pelapisan. Efisiensi pelapisan mengalami kenaikan pada 16-18%wt, sedangkan mengalami penurunan pada 18%wt menuju 20%wt. Hal tersebut disebabkan karena kecenderungan penurunan ekuilibrium penyerapan air dengan meningkatnya konten acrylic, sehingga terjadi crosslink point yang lebih besar di dalam jaringan polimer yang akan meningkatkan densitas komposit crooslink yang akan membentuk jaringan tambahan dan mengurangi ruang untuk menahan air. Oleh karena itu, terjadilah penurunan elastisitas dari polimer yang mengakibatkan penurunan efisiensi pelapisan.

4. Kesimpulan

Controlled Release Urea (CRU) dengan pelapis amilum telah berhasil diproduksi dengan metode FBSC. Adapun beberapa kesimpulan yang dapat diambil antara lain adalah analisa mikroskopis dengan SEM menunjukkan pembentukan lapisan tipis pada permukaan urea terlapis dengan tampilan morfologi yang berbeda, lebih kompak. Semakin besar suhu bed yang digunakan, maka laju dissolution rate akan meningkat.

Akan tetapi, laju dissolution ratenya akan turun ketika konsentrasi amilum naik. Dustiness/debu yang dihasilkan akan meningkat dengan meningkatnya suhu bed yang digunakan serta konsentrasi amilum yang digunakan. Dan, efisiensi pelapisan mengalami penurunan dengan adanya kenaikan suhu bed, tetapi senantiasa naik dengan bertambahnya konsentrasi amilum yang digunakan.

5. Saran

Karena penelitian ini jauh dari sempurna, maka perlu dilakukan analisa *water absorbcy* dalam berbagai pH agar kondisi lingkungan maksimal dapat diketahui, uji spektrofometri untuk mengetahui *dissolution time* per % wt urea yang larut, serta *dissolution rate* dalam tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Dr. Ing. Suherman, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kami, Bapak Sungkowo selaku Laboran Laboratorium Proses Teknik Kimia Universitas Diponegoro, Laboratorium Teknik Kimia ITB, serta pihak-pihak yang membantu terselesainya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- A.G. Oztruck, S.S. Oztruck, B.O. Palson, T.A. Wheatley, and J.B. Dressman, *Mechanism of Release From Pellets Coated With An Ethylcellulose-Based Film*. Departement of Chemical Engineering and college of Pharmacy, (USA: The University of Michigan, 1990), MI 48109-1065.
- Abraham, J.; Pillai, V.N.R., *Membrane-Encapsulated Controlled Release Urea Fertilizers Based on Acrylamide Copolymers*. *Journal of Applied Polymer Science* 60, (1996) hh. 2347–2351.
- Bakass, M., Mokhlisse, A., & Lallemand, M., *Absorption and Desorption of Liquid Water By A Superabsorbent Polymer: Effect of Polymer In The Drying of The Soil And The Quality Of Certain Plants*. (*Journal of Applied Polymer Science*, 2002), 83, 234–243.
- Choi, M.M.S., A. Meisen (1997), *Sulfur Coating of Urea In Shallow Spouted Beds*, (*Chemical Engineering Science* 52 (7), 1997), hh. 1073–1086.
- F. Hamelmann and E. Schmidt, *Methods of Estimating the Dustiness of Industrial Powders – A Review*, *Division of Safety Engineering/Environmental Protection*, (Germany: University of Wuppertal, 2003)
- Hua, S., & Wang, A. Q. (2009). *Synthesis, Characterization and Swelling Behaviors of Sodium Alginate-g-Poly(Acrylic Acid)/Sodium Humate Superabsorbent*. *Carbohydrate Polymers*, (2009), hh. 79–84.
- Jacob, M., Granulation, in Salman, A.D., M.J. Hounslow, J-P-K. Seville, *Handbook of Powder Technology Vol. 11*, (UK: Granulation, Elsevier, 2007)
- K. Saleh, R. Cherif, and M. Hemati (1999), *Adv. Powder Technol.* 10 (3) 255-277.
- M.E. Trenkel, *Slow and Controlled Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture*, (France: International Fertilizer Industry Association (IFA), 1997)
- Saleh, K, P. Guigon (2007), *Coating and encapsulation process in powder technology*, in Salman, A.D., M.J. Hounslow, J-P-K. Seville, *Handbook of Powder Technology Vol. 11, Granulation*, (UK: Elsevier, 2007)
- Salman, O.A. (1988), *Polymer Coating on Urea Prills to Reduce Dissolution Rate*, (*Journal Agricultural Food Chemistry*, 1988), hh.616–621.
- Shaviv, A.; Mikkelsen, R.L., *Controlled-Release Fertilizers to Increase Efficiency of Nutrient Use and Minimize Environmental Degradation—A Review*, *Fertilizer Research*, (1993), hh.1–12.
- Suherman, (2007), *Drying Kinetics of Granular and Powdery Polymers*, (Germany: Docupoint Verlag, Magdeburg, 2007), ISBN: 978-3-939665-63-2,
- Vashishtha, M., P. Dongara , D. Singh, *Improvement In Properties of Urea by Phosphogypsum Coating*, (*Int. J. of ChemTech Research*, 2010) Vol.2, No.1, pp 36-44,