



## Kecepatan Pelepasan Urea dari *Controlled Release Fertilizer (CRF)*: Pengaruh Rasio *Carboxymethylcellulose (CMC)* – Karagenan

Sperisa Distantina\*, Rara Ayu Lestary, dan Laili Nurin Jazlina

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir. Sutami 36A Kingtonan, Jebres, Surakarta 57126

\*E-mail: [sperisa\\_distantina@staff.uns.ac.id](mailto:sperisa_distantina@staff.uns.ac.id)

### Abstract

*Beads of carboxymethylcellulose (CMC)-carrageenan for controlled release fertilizer matrix (CRF) are prepared based on different blend with CMC:carrageenan weight ratio of 1:0, 1:0.5, and 1:1. CMC-carrageenan beads gel was chemically modified using glutaraldehyde solution (4%) as the crosslinker and applied to control the urea release rate. This research proposed mathematical model describing the mass transfer rate of urea release and determined the effect of ratio CMC-carrageenan blend on the parameters of urea release rate from the beads gel in water. The beads gel were crosslinked by beads gel immersion method and thermal curing at 110°C for 25 minutes. Urea was loaded in the beads gel. The rate release of urea from crosslinked beads gel in water was determined by measuring the concentration of urea in various time of immersion. Result showed that the mathematical model arranged could be describe the mass transfer rate of urea release. The release rate of urea was decreased with the increasing of carrageenan amount in ratio blend. The range constant mass transfer rate was around 0.0444/minute until 0.0528/minute, while the range equilibrium constant was around 0.000524 until 0.000897 gram of solid/mL. The optimum weight ratio CMC:carrageenan of 1:1 might be potential for urea controlled release.*

**Keywords:** *Carboxymethylcellulose/Carrageenan, Beads gel, Crosslinking, Glutaraldehyde*

### Pendahuluan

Indonesia dikenal sebagai negara agraris dengan hasil pertanian yang melimpah sehingga sektor pertanian memiliki peranan penting dalam mendukung perekonomian nasional. Terkait hal tersebut salah satu faktor produksi yang penting bagi pertanian adalah pupuk. Penggunaan pupuk dengan dosis tinggi karena penyerapan sangat rendah (20-30%) pada tanaman menyebabkan sebagian besar urea terbuang ke lingkungan (Tong dkk., 2009). Sistem pengendali pelepasan pupuk atau *controlled release fertilizer (CRF)* dapat menjadi solusi dalam meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk. CRF dirancang untuk mengontrol pelepasan nutrisi yang terkandung pada pupuk, mengurangi frekuensi pemupukan dengan memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman secara bertahap. CRF dapat diperoleh dengan memasukkan nutrisi ke dalam hidrogel secara *in situ* maupun proses pelapisan secara *ex situ* (Shavit dkk., 2003). Beberapa bahan yang telah dipelajari untuk membuat CRF yaitu kitosan (Jannah, 2013), polivinil alkohol (Yenni dkk., 2009), poliakrilat (Zhou dkk., 2015), akrilamida (Kurnia, 2014) dan *polyurethane* (Xiangdong, 2008). CRF yang telah dikomersilkan terbuat dari bahan yang sulit terdegradasi seperti polimer dan resin, sehingga beberapa tahun terakhir banyak penelitian mengenai pembuatan CRF berbahan dasar yang ramah lingkungan, melimpah dan bernilai ekonomis.

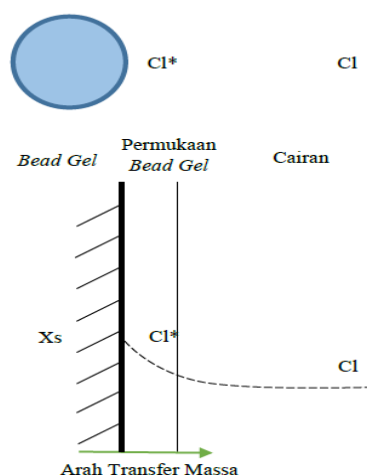
Studi pembuatan CRF pada penelitian ini dilakukan dengan mencampurkan *carboxymethyl cellulose (CMC)* dan kappa karagenan sehingga membentuk *bead gel*. CMC memiliki sifat biokompatibel, *biodegradable*, dan non-toksisitas. Struktur CMC merupakan rantai polimer yang terdiri dari unit molekul selulosa. CMC telah dipelajari sebagai pengendali pelepasan obat, hidrogel yang dihasilkan memiliki morfologi *macroporous* dengan derajat *swelling* hampir 6000% (Buhus dkk., 2009). Karagenan memiliki kemampuan untuk membentuk gel secara *thermo-reversible* sehingga banyak dimanfaatkan sebagai pembentuk gel, pengental, dan bahan penstabil di berbagai industri seperti pangan, farmasi, kosmetik, percetakan, dan tekstil (Knutsen dkk., 2013). Kappa karagenan memiliki struktur *D-galaktose* dan beberapa gugus *2-sulfate ester* pada *3,6 anhydro-D-galaktose*. Struktur hidrogel dari CMC dan karagenan dibentuk melalui *crosslinking* secara fisis menggunakan  $\text{CaCl}_2$ , untuk memperkuat struktur gel agar stabil di media berair dan lebih rigid dilakukan melalui *crosslinking* secara kimiawi menggunakan *crosslinker* berupa glutaraldehid. Rasio berat CMC dan karagenan yang digunakan divariasikan sehingga dapat diketahui pengaruhnya terhadap kecepatan pelepasan urea dari CRF ke air. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari model matematis yang dapat digunakan untuk mendeskripsikan peristiwa pelepasan urea dari CRF berbasis CMC – karagenan di media air dan mengevaluasi pengaruh rasio CMC - karagenan pada CRF terhadap parameter-parameter dalam kecepatan pelepasan urea.



## Dasar Teori

Pada penelitian ini, peristiwa *release* urea dari CRF dilakukan dengan cara memasukan urea ke dalam *bead gel*, kemudian *bead gel* tersebut direndam dalam air sebagai media *release*. Selanjutnya disusun model matematis peristiwa *release* urea dari CRF secara *batch*. Peristiwa pelepasan urea dari CRF merupakan rangkaian peristiwa transfer massa yaitu difusi urea dari dalam *bead gel* ke permukaan *bead gel*, dan transfer massa antar fase dari permukaan padatan ke cairan. Model matematis peristiwa pelepasan urea pada penelitian ini mengambil beberapa asumsi sebagai berikut:

1. *Bead gel* memiliki ukuran yang kecil (diameter kurang dari 0,4 cm) sehingga difusi urea dalam padatan sangat cepat dibandingkan transfer massa antar fase.
2. Volume larutan konstan.
3. Ukuran dan berat padatan konstan.



**Gambar 1.** Proses Transfer Massa Urea dari *Bead gel* ke Air

Persamaan kecepatan transfer massa urea dari permukaan *bead gel* ke cairan yaitu mengikuti persamaan (1).

$$N_A = kCa(C1^* - C1) \quad (1)$$

Hubungan keseimbangan antara konsentrasi urea dicairan dengan konsentrasi urea di permukaan *bead gel* dapat dianggap mengikuti Hukum Henry (2).

$$C1^* = H Xs^* \quad (2)$$

Kadar urea dalam *bead gel* ditentukan menggunakan neraca massa urea dalam wadah setiap waktunya dan diperoleh persamaan (3).

$$Xs = \frac{Xo m_1 - C1 V}{m_1} \quad (3)$$

Berdasarkan neraca massa urea dalam larutan di dalam wadah setiap waktunya diperoleh persamaan :

$$C1 = \frac{b}{a} - \frac{b}{a} \exp(-a.t) \quad (4)$$

dengan,

$$a = kCa.H.(V/m_1) + kCa$$

$$b = kCa.H.Xo$$

$N_A$  = Kecepatan transfer massa (gr padatan/mL.menit)

$kCa$  = Koefisien transfer massa volumetris (1/menit)

$C1$  = Konsentrasi urea dicairan (gr urea/mL)

$C1^*$  = Konsentrasi urea dicairan yang berkesetimbangan dengan konsentrasi urea dipermukaan padatan (gr urea/mL)

$H$  = Konstanta Henry (gr padatan/mL larutan)

$Xs$  = Kadar urea dalam padatan setelah direndam dalam air selama  $t$  tertentu (gr urea/gr padatan)

$Xs^*$  = Kadar urea dalam padatan saat kondisi setimbang (gr urea/gr padatan)

$Xo$  = Kadar urea mula-mula dalam padatan (gr urea/gr padatan)

$m_1$  = Massa padatan (gr)

$V$  = Volume air (mL)

## Metode Penelitian



Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *carboxymethylcellulose* (CMC), kappa karagenan yang diekstraksi dari rumput laut merah, glutaraldehid 25% w, etanol,  $\text{CaCl}_2$ , akuades dan air. Proses pembuatan CRF dilakukan melalui tahap-tahap sebagai berikut.

a. Tahap Ekstraksi Rumput Laut

10 gr rumput laut kering direndam dalam KOH 0,3 N semalam, kemudian dipanaskan pada suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 30 menit. Rumput laut dicuci dengan air sampai pH netral. Akuades 500 mL dipanaskan dalam gelas beaker sebagai pelarut. Setelah suhu mencapai  $80^\circ\text{C}$ , rumput laut ditambahkan ke dalam pelarut, dan waktu ekstraksi mulai dihitung. Rasio berat rumput laut dan volume pelarut dijaga konstan (1/50 g/mL) dengan menambahkan air panas. Setelah 1 jam ekstraksi, filtrat dipisahkan dari residu dan segera dituangkan ke dalam gelas beaker yang berisi etanol teknis 1500 mL dengan suhu  $\pm 5^\circ\text{C}$  yang menyebabkan pengendapan polisakarida. Karagenan yang mengendap dikumpulkan dan dikeringkan dalam oven dengan suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 24 jam (berat konstan).

b. Tahap pembuatan *bead gel* CMC-karagenan

*Bead Gel* CMC-Karagenan dibuat dengan mencampurkan CMC dan karagenan dengan berat total *bead gel* 2 gram. Variasi rasio berat CMC:Karagenan disajikan dalam Tabel 1.

**Tabel 1.** Variasi Rasio Berat CMC-Karagenan

Kode Sampel	Rasio berat CMC-Karagenan	Berat CMC (gr)	Berat Karagenan (gr)
<i>Bead Gel A</i>	1 : 0	2	0
<i>Bead Gel B</i>	1 : 0,5	1,66	0,33
<i>Bead Gel C</i>	1 : 1	1	1

Campuran CMC - karagenan dimasukkan ke 100 mL akuades  $85^\circ\text{C}$ . Setelah homogen larutan diteteskan ke dalam larutan  $\text{CaCl}_2$  0,2 M dengan pelarut etanol (70%). Butiran yang terbentuk didiamkan selama 15 menit setelah itu disaring. *Bead gel* direndam dalam larutan etanol teknis 100 mL selama 4 jam, kemudian ditiriskan dan dikeringkan pada suhu kamar sampai berat konstan.

c. Tahap *crosslinking bead gel* CMC-karagenan

*Bead Gel* CMC - karagenan dilakukan *crosslinking* dengan *crosslinker* berupa glutaraldehid. *Bead gel* CMC - Karagenan direndam ke dalam larutan GA 4% selama 2 menit, kemudian dipanaskan menggunakan oven pada suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 30 menit. *Bead gel* dicuci dengan akuades dan direndam dalam etanol selama 4 jam. Setelah itu ditiriskan dan dikeringkan sampai berat konstan.

d. Tahap *Loading Urea* ke dalam *Bead gel* CMC-karagenan

Proses ini dilakukan untuk menentukan kadar urea yang terkandung dalam *bead gel* mula-mula. *Bead gel* ditimbang dan dicatat beratnya (berat kering) lalu direndam dalam larutan urea 0,74 gr/mL. *Bead gel* diambil dan ditimbang beratnya (berat basah) setelah 30 menit.

e. Uji Pelepasan urea

*Bead gel* yang telah melalui tahap *loading* direndam dalam air sebanyak 100 mL. Setiap 15 menit sekali, sampel larutan diambil sebanyak 4 mL dan ditambahkan *reagen ehrlich* sebanyak 1 mL. Nilai absorbansinya diperiksa menggunakan *spektrofotometri UV VIS* dengan panjang gelombang 420 nm. Sebelumnya, disusun kurva standar hubungan absorbansi dengan konsentrasi larutan urea. Langkah pengambilan sampel dilakukan sampai menit ke-60, kemudian sampel diambil lagi pada saat 24 jam (1440 menit). *Reagen ehrlich* digunakan dalam metode untuk menentukan urea. *Reagen ehrlich* dibuat dengan cara 5 gr *P-Dimethylamino benzaldehyde* dilarutkan dalam 20 ml asam klorida pekat lalu diencerkan sampai 100 mL (Yatzidis dkk.,1964)

f. Penentuan Konstanta Henry(H) dan kCa

Konstanta Henry ditentukan berdasarkan pada saat kadar urea dalam air mencapai kondisi keseimbangan. Nilai Cl sebagai fungsi waktu yang mendekati konstan diambil sebagai nilai Cl\*. Nilai Xs dapat ditentukan dengan persamaan (3) dan nilai H ditentukan dengan persamaan (2). Nilai kCa pada persamaan (4) dicari dengan menebak nilai kCa yang memberikan nilai *Sum of Square of Error* (SSE) minimum menggunakan program *Solver* pada Ms.Excel. Persamaan nilai SSE mengikuti persamaan (5).

$$\text{SSE} = \sum (\text{Cl data} - \text{Cl hitung})^2 \quad (5)$$

dengan Cl data adalah nilai Cl data percobaan dan Cl hitung dievaluasi berdasarkan persamaan (4) dengan nilai kCa tertentu.

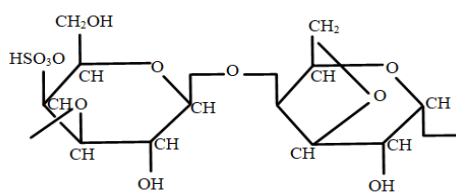
## Hasil dan Pembahasan



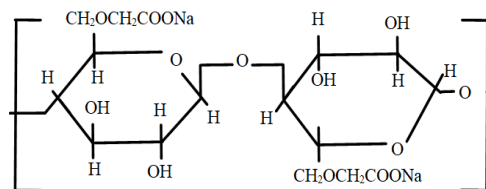
### Struktur *Bead Gel*

Struktur molekul bahan baku pembuatan *bead gel* akan mempengaruhi sifat *bead gel* yang terbentuk. Pada penelitian ini digunakan CMC dan karagenan sebagai bahan baku pembuatan *bead gel*. Struktur CMC memiliki gugus hidrofilik COONa yang lebih kuat dibanding gugus OH pada karagenan, sehingga kemampuan menarik air lebih tinggi, terbukti *bead gel* CMC murni (*bead gel* A) memiliki nilai  $X_0$  dan  $Cl^*$  yang paling tinggi dibanding *bead gel* lainnya. Pada Tabel II ditunjukkan nilai  $X_0$  sebesar 6,519 gr urea/gr padatan dan urea yang terlepas di cairan ( $Cl^*$ ) sebesar 0,0017 gr/mL. Pada *bead gel* B dan C nilai  $X_0$  dan  $Cl^*$  tidak berbeda jauh. Struktur molekul karagenan dan CMC ditunjukkan pada Gambar I dan II.

Saat tahap *loading* terjadi peristiwa *swelling*, yaitu pengikatan air oleh gugus hidroksil, sehingga urea yang larut dalam air ikut mendifusi ke matrik. Saat uji *release* dalam air, matrik mengalami *swelling* sehingga air melarutkan urea dan menyebabkan urea mendifusi keluar dari matrik. *Bead gel* CMC murni (*bead gel* A) mengalami *swelling* paling tinggi dibanding *bead gel* lainnya karena struktur CMC memiliki gugus hidrofilik yang lebih kuat dibanding pada karagenan. *Crosslinking bead gel* dengan GA akan mengurangi gugus hidrofilik, karena gugus aktif pada GA akan menggabungkan rantai polimer pada *bead gel*, menjadikan *swelling bead gel* semakin berkurang.



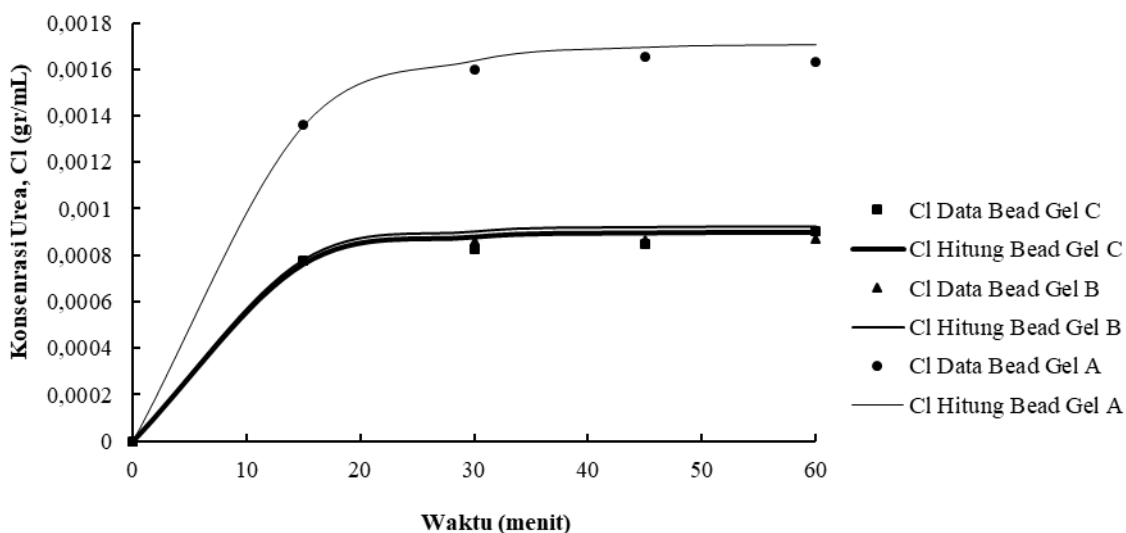
Gambar 1. Struktur Molekul Kappa Karagenan



Gambar 2. Struktur Kimia CMC

### Hubungan $Cl$ data dan $Cl$ hitung

Hubungan Hasil percobaan  $Cl$  data dan  $Cl$  hitung menggunakan model matematis diperoleh hasil yang disajikan pada Gambar III. Parameter dalam model matematis untuk berbagai rasio disajikan di Tabel II.



Gambar 3. Grafik Hubungan  $Cl$  data dan  $Cl$  hitung pada Berbagai Variasi *Bead gel*

Gambar 3 merupakan grafik hubungan konsentrasi urea dalam air sebagai fungsi waktu pada berbagai rasio berat CMC-karagenan. Berdasarkan Gambar III, tampak bahwa  $Cl$  hitung mendekati  $Cl$  data. Oleh karena itu, model matematis yang diusulkan pada penelitian ini dapat digunakan untuk menghitung kecepatan pelepasan urea dari *bead gel* ke air.

Berdasarkan Gambar III dapat dilihat bahwa konsentrasi urea yang mendifusi ke air paling tinggi ditunjukkan pada *bead gel* CMC murni (*bead gel* A). Konsentrasi urea yang mendifusi ke air paling sedikit ditunjukkan oleh *bead gel* C. Seiring penambahan karagenan pada *bead gel* CMC, akan menurunkan konsentrasi urea yang mendifusi ke air. Hal tersebut dikarenakan struktur dari CMC yang lebih hidrofilik dibandingkan dengan karagenan, sehingga *bead gel* CMC lebih banyak menyerap air dan mudah melepas urea. Hal ini didukung oleh penelitian Muhammad dkk. (2011) dalam risetnya menggunakan genipin sebagai crosslinker untuk meminimasi pelepasan  $\beta$ -caroten dari



*bead gel* karagenan-CMC, menyatakan bahwa pelepasan  $\beta$ -caroten dikontrol oleh modifikasi polimer karagenan-CMC.

### Pengaruh Rasio CMC-Karagenan terhadap Parameter Kecepatan Pelepasan Urea (H, dan kCa)

Data CI terhadap waktu yang diperoleh dari hasil percobaan disajikan dalam Gambar II. Berdasarkan data percobaan, saat menit ke 0 hingga 60 konsentrasi urea di air sebagai media *release* mengalami peningkatan dan saat menit ke 60 hingga 1440 konsentrasi urea yang *release* ke air dapat dianggap konstan. Maka, untuk perhitungan parameter kecepatan *release* urea yaitu H digunakan data saat  $t=1440$  menit.

H (konstanta Henry) merupakan parameter yang menunjukkan perbandingan konsentrasi urea pada air sebagai media *release* dengan urea yang masih terdapat dalam *bead gel* saat kondisi seimbang. Parameter H ditentukan saat sistem telah mencapai kondisi seimbang yang ditandai saat kecepatan pelepasan urea dari *bead gel* ke air menjadi sangat lambat, sehingga dianggap konstan. Hasil perhitungan H *bead gel* pada berbagai variasi rasio berat CMC: karagenan disajikan dalam Tabel II.

**Tabel 2.** Parameter Kecepatan Pelepasan Urea pada Berbagai Variasi *Bead gel* CMC-Karagenan

Kode <i>Bead gel</i>	A	B	C
Xo (gr urea/gr padatan)	6,518717	3,217132	3,345464
CI* (gr/mL)	0,001710	0,000923	0,0008968
Xs* (gr urea/gr padatan)	3,261193	1,232831	1,184501
H (gr padatan/mL)	0,000524	0,000748	0,000897
kCa (1/menit)	0,052844	0,047480	0,044402
Ralat Relatif (%)	10	17,265	14,811

Tabel II menunjukkan hasil perhitungan parameter kecepatan pelepasan urea pada berbagai variasi *bead gel*. Berdasarkan tabel II, *bead gel* yang telah terbentuk dan diberi perlakuan *crosslinking* dapat menyimpan urea sebanyak 3,2-6,5 gr urea/gr padatan. *Bead gel* CMC murni (*bead gel* A) mempunyai nilai Xo yang paling tinggi dibandingkan dengan *bead gel* kombinasi CMC-karagenan sedangkan *bead gel* dengan Xo yang paling rendah adalah *bead gel* kombinasi CMC-karagenan dengan rasio berat 1:0.5. Nilai Xo menunjukkan jumlah urea yang tersimpan dalam *bead gel*. Pada berbagai variasi *bead gel* CMC-Karagenan, *bead gel* CMC murni lebih banyak menyerap urea. Hal ini dikarenakan daya *swelling bead gel* CMC murni lebih besar dari pada *bead gel* kombinasi CMC-karagenan, sehingga jumlah urea yang terserap ke dalam *bead gel* menjadi lebih banyak.

Berdasarkan Tabel II, *bead gel* CMC murni (*bead gel* A) mempunyai nilai konstanta Henry (H) yang lebih rendah dibandingkan *bead gel* kombinasi CMC-karagenan. *Bead gel* yang mempunyai nilai konstanta Henry (H) yang paling tinggi adalah *bead gel* dengan penambahan karagenan terbanyak, yaitu *bead gel* C. Maka, dapat disimpulkan bahwa penambahan karagenan pada *bead gel* CMC akan menaikkan nilai H pada *bead gel*.

Data CI fungsi t hingga 60 menit yang diperoleh dari hasil percobaan disajikan dalam Gambar 3. Data CI fungsi t hingga 60 menit digunakan untuk menghitung nilai CI hitung dan kCa. Hasil perhitungan parameter kCa dan ralat relatif pada berbagai variasi *bead gel* CMC-karagenan disajikan dalam Tabel 3.

Berdasarkan Tabel II dapat dilihat bahwa *bead gel* CMC murni (*bead gel* A) mempunyai nilai koefisien transfer massa volumetris (kCa) yang lebih tinggi dibandingkan *bead gel* kombinasi CMC-karagenan. *Bead gel* yang mempunyai nilai koefisien transfer massa volumetris (kCa) yang paling rendah adalah *bead gel* dengan penambahan karagenan terbanyak, yaitu *bead gel* C. Maka, dapat disimpulkan bahwa penambahan karagenan pada *bead gel* CMC akan menurunkan nilai kCa pada *bead gel*. Nilai kCa dapat digunakan untuk mengetahui kecepatan *release* urea pada media *release*. Kecepatan *release* urea berbanding lurus dengan nilai kCa. *Bead gel* dengan nilai kCa yang rendah menghasilkan kecepatan *release* urea yang lambat sehingga dapat digunakan sebagai pelepas pupuk terkendali (*controlled release fertilizer*), dalam penelitian ini yaitu *bead gel* C dengan rasio berat CMC-karagenan 1:1.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Model matematis yang disusun dapat digunakan untuk mendeskripsikan peristiwa pelepasan urea dari *bead gel* ke air sebagai media *release*.
2. Perbedaan komposisi *bead gel* CMC - karagenan menyebabkan perbedaan parameter dalam peristiwa pelepasan urea dari *bead gel* ke air. Penambahan karagenan ke dalam *bead gel* CMC akan menurunkan nilai koefisien transfer massa volumetris (kCa) pada *bead gel*, sebaliknya akan meningkatkan nilai konstanta keseimbangannya (H).

### Daftar Pustaka





- Buhus, G., Popa, M., & Desbrieres, J. Hydrogels based on Carboxymethylcellulose and Gelatin for Inclusion and Release of Chloramphenicol. *Bioactive and Compatible Polymers* 2009; 24:525-545.
- Jannah, S. N. Pembuatan CRF Berbasis Kitosan untuk Mengatur Pelepasan Urea. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember, Laporan Thesis, 2013.
- Knutsen, S. H., Usov, A. I., Rollema, H. S. and Cerezo, A. S. H And <sup>13</sup>C High Resolution NMR Spectroscopy of Carrageenans : Application in Research and Industry'. *Food Science and Technologi* 2013; 13:73-92.
- Kurnia, A. T. Sintesis Dan Karakterisasi Hidrogel CRF Berbasis Akrilamida Dan Crosslinker N,N'-Metilenbisakrilamida Dengan Penambahan Ekstrak SDT. Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Laporan thesis, 2014.
- Muhamad, I. I., Fen, L. S., Hui, N. H. and Mustapha, N. A. Genipin-cross-linked kappa-carrageenan/carboxymethyl cellulose beads and effects on beta-carotene release. *Carbohydrate Polymers* 2014; 83(3):1207-1212.
- Tong Z, Yuhai L, Shihuo Y, Zhongyi H. Superabsorbent hydrogels as carriers for the controlled release of urea: experiments and a mathematical model describing the release rate. *Bio. Engineering* 2009;2 44-50.
- Shavit, U., Reiss, M. and Shaviv, A. Wetting mechanisms of gel-based controlled-release fertilizers. *Journal of Controlled Release* 2003; 88(1): 71-83.
- Xiangdong, Y. Method For Producing Controlled-Release Fertilizer Coated. US Patent 20150040630 A1,2008.
- Yatzidis, H., Garidi, M., Vassilikos, C., Mayopoulou, D., and Akilas, A. An improved method for the simple and accurate colorimetric determination of urea with Ehrlich's reagent. *Journal of Clinical Pathology* 1964; 2:163-164.
- Yenni, A., Purbasari, A., and Sandra, C. S. Pembuatan Slow Release Fertilizer Dengan Menggunakan Polimer Amilum Dan Asam Akrilat Serta Polivinil Alkohol Sebagai Pelapis Dengan Menggunakan Metoda Fluidized bed', *Prosiding SNST ke-3* 2009;34-39.
- Zhou, Z., Du, C., Li, T., Shen, Y. and Zhou, J. Thermal post-treatment alters nutrient release from a controlled-release fertilizer coated with a waterborne polymer. *Scientific Reports* 2015:13820.





## Lembar Tanya Jawab

- Moderator** : **Zainal Arifin (Politeknik Negeri Samarinda)**  
**Notulen** : **Shafira Rahma Firdausy (UPN "Veteran" Yogyakarta)**
- 1 Penanya : Wahyudi (Universitas Gadjah Mada)  
Pertanyaan : Apa saja faktor-faktor yang berpengaruh dalam model matematis?  
Jawaban : Struktur molekul CMC yang lebih berpengaruh, terutama pada variabel  $X_0$  dan  $K_{ca}$ .
  - 2 Penanya : Endang Sriharti (UBAYA)  
Pertanyaan : Proses tersebut merupakan adsorpsi fisika atau kimia?  
Seberapa banyak CMC yang diserap?  
Jawaban : Tidak diuji, tidak diukur seberapa lama waktu loading yang optimum.
  - 3 Penanya : Istihanah Nurul (BKK-Batik)  
Pertanyaan : Apakah manfaat bead gel?  
Jawaban : Manfaatnya untuk mengatur pelepasan pupuk agar lebih efisien.

