

**PEMBUATAN PUPUK GRANULA CRF BERBAHAN LEMPUNG DAN
KAJIAN PROFIL PELEPASAN KCI KE DALAM MEDIA AQUADEST
PADA BERBAGAI SUHU**

SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Kimia



Oleh
Muhamad Fachri Fadillah
NIM 1500032

**PROGRAM STUDI KIMIA
DEPARTEMEN PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU
PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2019**

**PEMBUATAN PUPUK GRANULA CRF BERBAHAN LEMPUNG DAN
KAJIAN PROFIL PELEPASAN KCI KE DALAM MEDIA AQUADEST
PADA BERBAGAI SUHU**

oleh:

Muhamad Fachri Fadillah
1500032

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana
Sains pada Program Studi Kimia Departemen Pendidikan Kimia Fakultas
Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Muhamad Fachri Fadillah 2019
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2019

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, di *fotocopy*, atau cara lainnya tanpa ijin penulis.

LEMBAR PENGESAHAN
MUHAMAD FACHRI FADILLAH

**PEMBUATAN PUPUK GRANULA CRF BERBAHAN LEMPUNG DAN
KAJIAN PROFIL PELEPASAN KCl KE DALAM MEDIA AQUADEST
PADA BERBAGAI SUHU**

disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I,



Dr. Hendrawan, M.Si.

NIP. 196309111989011001

Pembimbing II,



Fitri Khoerunnisa, Ph.D.

NIP. 197806282001122001

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Kimia FPMIPA UPI



Dr. Hendrawan, M.Si.

NIP. 196309111989011001

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“PEMBUATAN PUPUK GRANULA CRF BERBAHAN LEMPUNG DAN KAJIAN PROFIL PELEPASAN KCI KE DALAM MEDIA AQUADEST PADA BERBAGAI SUHU”** ini beserta seluruh isinya adalah benar – benar karya saya sendiri, dan tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara – cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi yang di jatuhkan kepada saya apabila kemudian di temukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2019

Yang Membuat pernyataan

Muhamad Fachri Fadillah

NIM 1500032

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan pupuk granula *CRF* berbahan lempung dan kajian profil pelepasan KCl kedalam media aquadest pada berbagai suhu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui proses pembuatan granula *CRF* berbasis batuan lempung, serta mengetahui profil *release* KCl dari granula batuan lempung pada berbagai suhu. Metode penelitian meliputi uji kandungan logam dari batuan lempung, uji komposisi ketahanan granula terhadap air dan uji pelepasan KCl dari granula. Untuk keberhasilan *release* maka dilakukan uji kandungan logam dari batuan lempung menggunakan AAS, hasil analisis menyatakan kadar logam Fe dalam batuan lempung sebanyak 4,6954 ppm, kadar logam Cu dalam batuan lempung sebanyak 1,2261, kadar logam K dalam batuan lempung sebanyak 0,5458 ppm, dan untuk hasil kadar logam Zn dalam batuan lempung sebanyak 0,4532 ppm. Berdasarkan uji komposisi ketahanan granula terhadap air didapatkan komposisi bahan kuat dengan perbandingan bahan lempung 9 mL, kalsit 6 mL, mil 3 mL, dan lem 7 mL yang telah di tambahkan KCl 2 mL, dilakukan uji konduktivitas untuk mengetahui laju konduktivitasnya didapatkan hasilnya dalam suhu 30°C, 40°C dan 50°C untuk 30°C diperoleh sebesar 1383 μ s dalam waktu 1 jam 44 menit, 40°C diperoleh sebesar 1577 μ s dalam waktu 2 jam 2 menit, dan 50°C diperoleh sebesar 1625 μ s.

Kata kunci: batuan lempung (*clay*), granula, kinetika desorpsi, profil *release*.

ABSTRACT

Research has been conducted on the manufacture of CRF granule fertilizer made from clay and study the profile of KCl release into aquadest media at various temperatures. This study aims to determine the process of making CRF granules based on clay rock, and to determine the KCl release profile of clay rock granules at temperature changes. Research methods include testing the metal content of clay rock, testing the composition of granule resistance to water and KCl release test from granules. For the release success, the metal content of clay rock was tested using AAS, the results of the analysis stated that the Fe metal content in clay rock was 4.6954 ppm, Cu metal content in clay rock was 1.22261, the K metal content in clay rock was 0.5458 ppm, and for the results of Zn metal content in clay rock as much as 0.4532 ppm. Based on the composition test of the resistance of granules to water, the composition of the strong material with 9 mL clay material, 6 mL calcite, 3 mL miles, and 7 mL glue that has been added by 2 mL KCl, conductivity test was carried out to determine the conductivity rate, the results were obtained at 30 ° C. , 40°C and 50°C for 30°C were obtained at 1383 μ s within 1 hour 44 minutes, 40°C was obtained at 1577 μ s within 2 hours 2 minutes, and 50°C was obtained at 1625 μ s.

Keywords: clay rock, granules, desorption kinetics, release profile.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Tidak lupa, shalawat serta salam semoga tercurah limpahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW.

Skripsi yang berjudul **“PEMBUATAN PUPUK GRANULA CRF BERBAHAN LEMPUNG DAN KAJIAN PROFIL PELEPASAN KCI KE DALAM MEDIA AQUADEST PADA BERBAGAI SUHU”** ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis menyadari bahwa masih banyak keterbatasan, oleh karena itu diharapkan adanya kritik dan saran dari semua pihak. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis, pembaca, dan peneliti selanjutnya.

Bandung, Agustus 2019

Penulis
Muhamad Fachri Fadillah

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena dengan berkat dan perlindungannya skripsi ini dapat penulis selesaikan. Dalam proses ini banyak menemui berbagai kesulitan mulai dari tahap penelitian, penyusunan, hingga penyelesaian, namun berkat bantuan dan bimbingan berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan dan doa,
2. Bapak Dr. Hendrawan, M.Si, selaku ketua departemen Pendidikan Kimia dan selaku dosen pembimbing I,
3. Ibu Fitri Khoerunnisa, Ph.D, selaku ketua Program Studi Kimia dan dosen pembimbing II
4. Bapak Drs. Yaya Sonjaya, M.Si, selaku ketua KBK Kimia Lingkungan,
5. Bapak Dr. Eng. Asep Bayu Dani Nandiyanto, S.T., M.Eng, selaku dosen pembimbing akademik,
6. Bapak Ruri Ernanda, M.Si, selaku dosen luar biasa yang membimbing penulis selama melaksanakan kegiatan PLA di PT. Biofarma,
7. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Program Studi Kimia FPMIPA UPI,
8. Seluruh staff dan tenaga laboran Program Studi Kimia FPMIPA UPI,
9. Kepada Bapak Rudi staff workshop FPMIPA UPI,
10. Kepada Himpunan Mahasiswa Kimia yang telah memberikan pengalaman organisasi yang sangat berharga,
11. Kepada teman – teman KBK kimia Lingkungan yang telah melewati suka dan duka dalam menyelesaikan mata kuliah dan penelitian. Terima kasih atas semangat dan dukungan yang telah di berikan,
12. Kepada teman – teman Kelas kimia D 2015 yang seelalu memberikan dukungan serta doa,
13. Kepada teman – teman seperjuangan, keluarga HEKSCIENCE kelas 12 IPA 6 SMAN 11 Bandung,
14. Kepada teman – teman keluarga JOJOBA 15 yang selalu memberikan dukungan doa dan menghibur selama ini,

15. Seluruh teman – teman seperjuangan dalam kelompok magang, Aloysius Aditya Pratama, Juma Mustika, Natasya Nareswari, dan Wimam yang telah saling mendukung dan menghibur selama ini,
16. Kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan baik secara moril maupun materiil yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Semoga semua pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, serta bantuan mendapatkan balasan setimpal atas kebaikan yang telah dilakukan kepada penulis.

Bandung, Agustus 2019

Muhamad Fachri Fadillah

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	1
PERNYATAAN.....	4
ABSTRAK	5
<i>ABSTRACT</i>	6
KATA PENGANTAR	7
UCAPAN TERIMA KASIH.....	8
DAFTAR ISI.....	10
DAFTAR TABEL.....	12
DAFTAR GAMBAR	13
DAFTAR LAMPIRAN	14
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Khusus.....	4
1.4 Urgensi Penelitian	4
1.5 Manfaat.....	4
1.6 Batasan Penelitian	4
1.7 Struktur Organisasi Skripsi	5
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kinetika Desorpsi	6
2.2 Granulasi	7
2.3 Pupuk KCl	9
2.4 <i>Controlled Release Fertilizer (CRF)</i>	9
2.4.1 Pengertian <i>Controlled Release Fertilizer (CRF)</i>	9
2.4.2 Kegunaan Agen <i>CRF</i>	9
2.5 Makronutrien dan Mikronutrien	10
2.6 Lempung (clay)	11
2.6.1 Pengertian lempung (<i>clay</i>).....	11
2.6.2 Jenis- jenis mineral lempung	12
2.7 Kalsit (Kapur).....	14

2.8	mil (gypsum)	15
2.9	Polivinil Asetat (lem)	15
2.10	Spektroskopi Serapan Atom (AAS)	16
BAB III		21
METODE PENELITIAN.....		21
3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	21
3.2	Alat dan Bahan	21
3.3	Metode Penelitian.....	21
3.3.1	Uji kandungan logam dalam clay.....	23
3.3.2	Tahap Preparasi	23
3.3.3	Uji ketahanan granula batuan lempung terhadap air.....	24
3.3.4	Uji ketahanan granula batuan lempung bercampur bahan tambahan terhadap air	25
3.3.5	Uji pelepasan KCl dari granula	27
BAB IV		28
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		28
4.1	Hasil uji Kandungan logam dalam Granula lempung (<i>clay</i>).....	28
4.1.1	Penentuan Kandungan Tembaga (Cu)	28
4.1.2	Penentuan kandungan besi (Fe)	29
4.1.3	Penentuan kandungan Kalium (K).....	31
4.1.4	Penentuan kandungan Zink (Zn).....	33
4.2	Keadaan granula terhadap air pada berbagai variasi jumlah perekat	36
4.3.	Hasil uji ketahanan granula batuan lempung bercampur bahan tambahan terhadap air	37
4.4	Hasil uji pelepasan KCl dari granula.....	40
4.5	Perbandingan nilai konduktivitas antara pupuk NPK mutiara dan NPK ponska dengan granula berbasis lempung	42
BAB V.....		44
SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI		44
5.1	Simpulan.....	44
5.2	Implikasi dan Rekomendasi	45
DAFTAR PUSTAKA		46
LAMPIRAN.....		50
RIWAYAT PENULIS		78

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil uji variasi perekat.....	36
Tabel 4.2 Hasil uji coba komposisi granula dari bahan lempung + mil + lem (15 butir kecil)	37
Tabel 4.3 Hasil uji coba komposisi granula dari bahan lempung + mil + lem (3 butir pelet)	37
Tabel 4.4 Hasil uji coba komposisi granula dari bahan lempung + kalsit + lem (15 butir kecil)	38
Tabel 4.5 Hasil uji coba komposisi granula dari bahan lempung + kalsit + lem (15 butir kecil)	39
Tabel 4.6 Hasil uji coba komposisi granula dari bahan lempung + kalsit + mil + lem (3 butir pelet).....	39
Tabel 4.7 Hasil keseluruhan uji coba komposisi ketahanan granula terhadap air .	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur atom kaolinite.....	12
Gambar 2.2 Struktur atom montmorillonite	13
Gambar 2.3 Diagram skematik struktur illite	14
Gambar 2.4 Instrumen spektrofotometer serapan atom	16
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	21
Gambar 3.2 Komposisi dari lempung yang ditambah mil, kemudian lem dibuat 15 butir kecil dan 3 butir pelet	25
Gambar 3.3 komposisi dari lempung yang ditambahkan kalsit, kemudian lem dibuat 15 butir dan 3 butir pelet	26
Gambar 3.4 komposisi dari lempung yang ditambahkan kalsit, ditambahkan mil, kemudian lem dibuat 3 butir pelet.....	27
Gambar 3.5 Set alat uji konduktivitas	27
Gambar 4.1 Kurva uji kalibrasi uji kadar tembaga (Cu) dalam batuan lempung ..	29
Gambar 4.2 Kurva uji kalibrasi uji kadar besi (Fe) dalam batuan lempung	31
Gambar 4.3 Kurva uji kalibrasi uji kadar kalium (K) dalam batuan lempung	33
Gambar 4.4 Kurva uji kalibrasi uji kadar zink (Zn) dalam batuan lempung	35
Gambar 4.5 Grafik hasil uji konduktivitas terhadap waktu dari perbedaan suhu 30 ⁰ C, 40 ⁰ C, dan 50 ⁰ C	41
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan nilai konduktivitas antara pupuk NPK mutiara dan NPK ponska dengan granula berbasis lempung	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi	51
Lampiran 2 Data Perhitungan	54
Lampiran 3 Hasil uji kandungan logam dalam granula lempung menggunakan AAS.....	56
Lampiran 4 Hasil uji pelepasan KCl dari granula	64
Lampiran 5 Perbandingan nilai konduktivitas antara pupuk NPK mutiara dan NPK ponska dengan granula berbasis lempung	67

DAFTAR PUSTAKA

- AAPFCO, (1997), *Association of American Plant Food Control Officials* (AAPFCO), Official Publication No. 50, T-29, AAPFCO Inc., West Lafayette, Indiana, USA.
- Adnan, M. (1997). *Teknik Kromatografi untuk Analisis Bahan Makanan*. Penerbit Andi Yogyakarta. Yogyakarta.
- Bates, R.L., (1969), *Geology of the Industrial Rocks and Minerals*, Dover Pub. Inc.
- Bernasconi, G., H. Gerster, H. Hauser, H. Stauble, and E. Schneiter. (1995). *Teknologi Kimia Bagian 2. Terjemahan Lienda Handojo*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Bredakis, E. J. and Steckel, J. E. (1963). Leachable nitrogen from soils incubated with turfgrass fertilizers. *Agron. J.* 53: 145–147.
- Basset, J, R C. (1994). *Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta : EGC.
- Braun, R.D. (1982). *Introduction To Chemical Analysis*. New York : MC Grawhill Book Company.
- Chang, L.L.Y., R.A. Howie, and J. Zussman (1996) *Rock-forming minerals*, (2nd edition), v. 5B, non-silicates, 40–73.
- Chu, B.S., B.S. Baharin, Y.B. Che Man, and S.Y. Quek. (2004). Separation of Vitamin E from Palm Fatty Acid Distillate Using Silica. III. Batch Desorption Study. *Journal of Food Engineering*. 64 (2004). 1-7.
- El-Rafaie, K. And Sakran, Al. A. (1996). Cpntrrolled release formulation of agrochemicals from calcium alginate. *Ind. Eng. Chem. Res*, hlm. 3726 – 3729.
- Gupta, S.S. and Bhattacharyya, K.G., (2006). Adsorption of Ni(II) on Clays, *J. Colloid Interface Sci.*, 295, 21–32.
- Gusti, J. (2008). *Pengaruh Penambahan Surfaktan Pada Sintesis Senyawa Kalsium Fosfat Melalui Metode Pengendapan*. Padang : Universitas Andalas.

- HadisoewignyoL. dan FudholiA., (2013),Sediaan Solida, Pustaka Pelajar,Yogyakarta.
- Han, X., Chen, S., dan Hu, X. (2009). Controlled – release fertilizer encapsulated by starch/polyvinyl alcohol coating. *Disalinatio*, 240 (1-3), hlm. 21 – 26.
- Herdiyana, A., dan Satrio, A. 2013. Pra Rancangan Pabrik Vinil Asetat dari Asam Asetat, Etilen dan Oksigen dari Udara. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”.
- Himmah, Nur I. F., Djajakirana, G., & Darmawan. (2018). Nutrient Release Performance of Starch Coated NPK Fertilizers and Their Effects on Corn Growth. *Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 15 (2), 104-114.
- Hendayana, Sumar. (1994). Kimia Analitik Inatrumen. Semarang : IKIP Semarang Press.
- Isroi. (2009). Pupuk Organik Granul, Sebuah Petunjuk Paraktis, Peneliti pada Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia, Bogor.
- Jarosiewicz, T., & Tomaszewska, M. (2004). Polysulfone coating with starch addition in CRF formulation.
- Kementerian Pertanian. 2011. Permentan Nomor 06/Permentan/SR.130/2/2011 tentang Kebutuhan dan Harga Eceran Tertinggi (HET) Pupuk Bersubsidi untuk Sektor Pertanian Tahun Anggaran 2011.
- Kirboga, S., Oner, M. (2013). Effect of the Experimental Parameters on Calcium Carbonate Precipitation. *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 32, ISSN: 1974-9791. Italia : AIDIC.
- Khopkar. S.M. (1990). Konsep Dasar Kimia Analitik. Jakarta. UI Press.
- Kirk, R.E. dan D.F. Othmer. (1964). *Encyclopedia of Chemical Technology* Second Edition. Vol. 4. Interscience Publishers, A Division of John Wiley & Sons, Inc. New York. London.
- Komadell, P., (2003), Chemically Modified Smectites, *Slovak academy of Sciences, Clay Minerals*, 38, 127-138.
- Lailiyah, Q., Baqiya, M., Darminto. (2012). Pengaruh Temperatur dan Laju Aliran Gas CO₂ pada Sintesis Kalsium Karbonat Presipitat dengan Metode

- Bubbling. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, Vol. 1, No. 1 ISSN: 2301-928X. Surabaya : ITS.
- Latip, R.A., B.S. Baharin, Y.B. Che Man, and R.A. Rahman. (2001). Effect of Adsorption and Solvent Extraction Process on the Percentage of Carotene Extracted from Crude Palm Oil. *JAOCS*, Vol. 78, No. 1.
- Lestari, E. G, (2008). *Kultur Jaringan Menjawab Persoalan Pemenuhan Kebutuhan Akan Peningkatan Kualitas Bibit Unggulan dan Perbanyakannya Secara Besar – Besaran*. Bogor: Akademia.
- Mattjik, A.A., dan M. Sumertajaya. (2000). *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab, Jilid I*. IPB Press, Bogor.
- Misbahudin, Imam A. S. (2018). Analisis Ketahanan (*Durability*) Batu Lempung Formasi Subang di Daerah Ujungjaya dan Sekitarnya, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. *Bulletin of Geology*, Vol. 2, No.1, 163-174.
- Mulja. M. (1997). *Analisis Instrumen*. Surabaya. Universitas Airlangga Press.
- Purwadi,R.E. (1993) *Sifat Fisis Mekanis Papan Gypsum dari Sabut Kelapa*, Skripsi Fakultas Kehutanan IPB, Fahutan IPB Bogor.
- Saeed, R., Masood, S. and Abdeen, .Z. (2014). Ionic interaction of transition metal salts with polyvinyl alcohol-borax- ethyl acetate mixtures. *Int. J. Sci. Technol.* 3: 132-142.
- Shaviv, A. (2005). Controlled release fertilizers, in *IFA International Workshop on Enhanced – Efficiency Fertilizers* (pp. 28-30). Frankfurt. International Fertilizer Industry Association Paris, France.
- Shaviv, A., & Mikkelsen, R. L. (2005). Controlled-release fertilizers to increase efficiency of nutrient use and minimize environmental degradation – A review. *Fertilizer Research*, 35(1-2), 1 – 12. <http://doi.org/10.1007/50215>
- Silahooy, Ch. (2008). Efek pupuk Kcl dan SP – 36 terhadap kalium tersedia, serapan kalium dan hasil kacang tanah (*Arachis hypogaea L.*) in brunizem soil. *Bul. Agron.* 2 (36), hlm. 126 – 132.
- Suhala, S., M. Arifin (Ed.), (1997), *Bahan Galian Industri*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral.

- Subandi. (2003). Peran dan pengelolaan hara kalium untuk produksi pangan Indonesia. *Pengembangan Inovasi Pertanian*. 1 (6), hlm. 1 – 10.
- Sucipto, E. (2007). Hubungan Pemaparan Partikel Debu pada Pengolahan Batu Kapur Terhadap Penurunan Kapasitas Fungsi Paru. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Trankel, M. E. (1997). *Controlled – release and stabilized fertilizers in agriculture. Libro Fertilizantes*, hlm. 1-151.
- Undeewood, day. R, A. (2002). Analisis Kimia Kualitatif. Jakarta : Erlangga.
- Wankasi, D., M. Horsfall Jnr dan A.I. Spiff. (2005). Desorption of Pb²⁺ and Cu²⁺ from Nipa Palm (*Nypa fructicans* Wurmb) Biomass. *African Journal of Biotechnology* Vol. 4 (9), pp. 923-927.
- Warmada, I Wayan., Titisari, Anastasia Dewi. (2004). Agrominerologi (Mineral Untuk Ilmu Pertanian. Universitas Gajah Mada (UGM): Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik UGM.
- Wu, L., & Liu, M. (2008). Preparation and properties of chitosan-coated NPK compound fertilizer with controlled-release and water-retention. *Carbohydrate Polymers*, 72(2), 240–247.
- Zhu, L. and Zhu, R., (2008). Surface Structure of CTMA⁺ Modified Bentonite and their Sorptive Characteristics towards Organic Compounds, *Colloids Surf., A: Physicochem. Eng. Aspects* 320, 19 -24.