

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	x
INTISARI	xi
ABSTRACT	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Tujuan Penelitian	3
I.3 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN PERUMUSAN MASALAH	4
II.1 Tinjauan Pustaka	4
II.1.1 Pupuk makronutrien nitrogen, fosfor, kalium (NPK)	4
II.1.2 Mikronutrien Cu (tembaga) dan Fe (besi)	5
II.1.3 Pupuk lepas-lambat dan kinetiknya	6
II.1.4 Struktur dan sifat bahan penyusun ekstrudat	9
II.1.5 Ekstruder ulir ganda	12
II.2 Perumusan Hipotesis dan Rancangan Penelitian	14
II.2.1 Perumusan hipotesis	14
II.2.2 Rancangan penelitian	15
BAB III METODE PENELITIAN	17
III.1 Bahan	17
III.2 Peralatan	17
III.3 Prosedur Penelitian	17
III.3.1 Preparasi zeolit alam	17
III.3.2 Preparasi pupuk NPK komersial	18
III.3.3 Preparasi larutan $\text{CuSO}_4$ dan $\text{Fe}_2(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	18
III.3.4 Pembuatan komposit CMC/NPK	18
III.3.5 Pembuatan komposit CMC/NPK/Zeo	18
III.3.6 Pembuatan komposit CMC/NPK/Zeo/Cu	18
III.3.7 Pembuatan komposit CMC/NPK/Zeo/Fe	19
III.3.8 Pembuatan komposit CMC/NPK/Zeo/Cu, Fe	19
III.3.9 Uji sifat mekanik	19
III.3.10 Uji <i>swelling ratio</i> (rasio pembengkakan)	19
III.3.11 Uji lepas-lambat unsur N, P, K dari komposit	20
III.3.12 Uji pelepasan dan kadar Cu, Fe pada komposit	23
III.3.13 Uji lepas-lambat unsur N, P, dan K dari komposit CMC/NPK/Zeo dalam media tanah	23

BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	24
IV.1	Pembuatan Komposit CMC/NPK	24
IV.1.1	Pengaruh volume air, kecepatan putar, dan suhu dalam Pembuatan ekstrudat	24
IV.1.2	Pengaruh penambahan variasi massa zeolit terhadap komposit CMC/NPK	28
IV.1.3	Pengaruh penambahan mikronutrien Cu(II) dan Fe(III)	31
IV.2	Karakterisasi Komposit	32
IV.3	Uji pelepasan N, P, K, Cu(II) dan Fe(III)	37
IV.3.1	Uji pelepasan nitrogen (N)	37
IV.3.2	Uji pelepasan fosfor (P)	42
IV.3.3	Uji pelepasan kalium (K)	44
IV.3.4	Uji pelepasan Cu dan Fe dalam media asam sitrat	46
IV.3.5	Uji pelepasan nitrogen (N), fosfor(P), dan kalium (K) dalam media tanah	49
IV.4	Uji pelepasan N, P, K, Cu(II) dan Fe(III) yang Terserap Pada Komposit	50
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	52
V.1	Kesimpulan	52
V.2	Saran	53
	DAFTAR PUSTAKA	54
	LAMPIRAN	62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Struktur Karboksimetil selulosa (CMC)	11
Gambar II.2	Struktur sangkar zeolit asal Banten, Indonesia tipe mordenit dalam ruang tiga dimensi hasil program <i>Crsytal Maker</i> (Suminta dan Las, 2006).	10
Gambar II.3	Mesin ekstruder ulir ganda	13
Gambar IV.1	Pengaruh volume air, kecepatan putar terhadap waktu retensi pada suhu 80 °C (a), waktu retensi pada suhu 100 °C (b), dan pengaruh volume air, kecepatan putar terhadap waktu <i>running</i> pada suhu 80 °C (c), waktu <i>running</i> pada suhu 100 °C (d)	25
Gambar IV.2	Produk hasil pembuatan komposit CMC/NPK pada suhu mesin 100 °C dan kecepatan putar 600 rpm dengan variasi akuades (a) 75 mL, (b) 150 mL, (c) 225 mL	26
Gambar IV. 3	Rasio Pembengkakan (g/g) CMC/NPK terhadap variasi akuades dan kecepatan putar pada suhu (a) 100 °C dan (b) 80 °C	27
Gambar IV.4	Kuat tarik CMC/NPK terhadap variasi akuades kecepatan putar pada suhu (a) 100 °C dan (b) 80 °C	28
Gambar IV.5	Kestabilan komposit CMC/NPK dalam air dengan pengaruh penambahan variasi massa zeolit	29
Gambar IV.6	Pengaruh variasi zeolit terhadap (a) rasio pembengkakan dan (b) kuat tarik	30
Gambar IV.7	Kestabilan komposit CMC/NPK/Zeolit dengan penambahan mikronutrient Cu(II) dan Fe(III)	31
Gambar IV.8	Pengaruh Cu dan Fe terhadap (a) rasio pembengkakan (a) dan (b) uji kuat tarik	32
Gambar IV.9	Spektra inframerah dari bahan penyusun komposit (a) CMC, (b) Pupuk NPK dan (c) Zeolit	33
Gambar IV.10	Spektra inframerah komposit (a) CMC/NPK; (b) CMC/NPK/Zeolit; (c) CMC/NPK/Zeol/Cu; (d) CMC/NPK/Zeol/Fe dan (e) CMC/NPK/Zeol/Cu,Fe	34
Gambar IV.11	Difraktogram sinar-X: (a) zeolit alam, (b) CMC, (c) pupuk NPK	35
Gambar IV.12	Difraktogram sinar-X komposit (a) CMC/NPK, (b) CMC/NPK/Zeolit, (c) CMC/NPK/Zeol/Cu, dan (d) CMC/NPK/Zeol/Fe, dan CMC/NPK/Zeol/Cu, Fe	34
Gambar IV.13	Prediksi ikatan antara CMC dan pupuk NPK	38
Gambar IV.14	Prediksi ikatan antara CMC, pupuk NPK, dan zeolit	38
Gambar IV.15	Grafik pelepasan nitrogen dari komposit	39
Gambar IV.16	Grafik pelepasan fosfor dari komposit	42
Gambar IV.17	Grafik pelepasan kalium dari komposit	44
Gambar IV.18	Grafik pelepasan Cu(II) dan Fe(III) dari komposit	46
Gambar IV.19	Prediksi interaksi Cu(II) dan Fe(III) dengan zeolit	47
Gambar IV.20	Grafik pelepasan NPK dalam media tanah	49

## DAFTAR TABEL

Tabel II.1	Interpretasi mekanisme difusi pelepasan dari polimer	9
Tabel IV.1	Data serapan inframerah karakteristik pada komposit dengan penambahan zeolit, Cu(II) dan Fe(III)	50
Tabel IV.2	Nilai regresi grafik konsentrasi nitrogen sebagai fungsi waktu untuk beberapa persamaan laju dan konstanta laju pelepasan untuk komposit komposit	41
Tabel IV.3	Nilai regresi grafik konsentrasi fosfor sebagai fungsi waktu untuk beberapa persamaan laju dan konstanta laju pelepasan untuk komposit ekstrudat	44
Tabel IV.4	Nilai regresi grafik konsentrasi kalium sebagai fungsi waktu untuk beberapa persamaan laju dan konstanta laju pelepasan untuk komposit komposit	45
Tabel IV.5	Nilai regresi grafik konsentrasi Cu dan Fe sebagai fungsi waktu untuk beberapa persamaan laju dan konstanta laju pelepasan untuk komposit komposit	48
Tabel IV.6	Nilai regresi grafik konsentrasi N, P, dan K sebagai fungsi waktu untuk beberapa persamaan laju dan konstanta laju pelepasan untuk komposit CMC/NPK/Zeolit	50
Tabel IV.7	Kadar N, P, dan K yang terserap ke dalam komposit	51
Tabel IV.8	Kadar Cu(II) dan Fe(II) yang terserap ke dalam komposit	51

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Produk hasil ekstrudat	62
Lampiran 2	Hasil pengukuran kuat tarik komposit	65
Lampiran 3	Spektra Inframerah	66
Lampiran 4	Difraktogram sinar-X	69
Lampiran 5	Data JCPDS berbagai jenis material anorganik	72
Lampiran 6	Data rasio pembengkakan (Swelling ratio) Komposit	76
Lampiran 7	Kurva standar N, P, K, Cu(II) dan Fe(III)	78
Lampiran 8	Jumlah Kadar N, P, dan K dalam komposit	79
Lampiran 9	Hasil uji pelepasan N, P, dan K dalam komposit	80
Lampiran 10	Kinetika pelepasan nitrogen pada komposit	98
Lampiran 11	Kinetika pelepasan posfor pada komposit	104
Lampiran 12	Kinetika pelepasan kalium pada komposit	110
Lampiran 13	Jumlah kadar Cu(II) dan Fe(III) dalam komposit	116
Lampiran 14	Hasil uji pelepasan Cu(II) dan Fe(III) pada komposit	117
Lampiran 15	Kinetika pelepasan Cu(II) dan Fe(III) pada komposit	120
Lampiran 16	Hasil uji pelepasan N, P, K, dalam media tanah	124
Lampiran 17	Kinetika pelepasan N, P, K, dalam media tanah	127