

2 HC 39 Emas

**SERAPAN FOSFOR DAN KUALITAS
RUMPUT PAKAN POLIPLOID DAN DIPLOID
YANG TOLERAN CEKAMAN KEMASAMAN TANAH
PADA PEMUPUKAN FOSFOR**

TESIS

Oleh

BENEDIKTUS SUHARNO



UPT-PUSTAK-UNDIP

No. Daft: 6258/T/MT/CL

Tgl. : 3-6-2008

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU TERNAK
PROGRAM PASCA SARJANA – FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2005**

**SERAPAN FOSFOR DAN KUALITAS
RUMPUT PAKAN POLIPLOID DAN DIPLOID
YANG TOLERAN CEKAMAN KEMASAMAN TANAH
PADA PEMUPUKAN FOSFOR**

TESIS

Oleh

BENEDIKTUS SUHARNO

NIM : H4A 002 002

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Magister Sains
Pada Program Studi Magister Ilmu Ternak Program Pascasarjana
Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU TERNAK
PROGRAM PASCA SARJANA – FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2005**

Judul Tesis : **SERAPAN FOSFOR DAN KUALITAS RUMPUT PAKAN POLIPLOID DAN DIPLOID YANG TOLERAN CEKAMAN KEMASAMAN TANAH PADA PEMUPUKAN FOSFOR**

Nama Mahasiswa : **BENEDIKTUS SUHARNO**

Nomor Induk Mahasiswa : **H4A 002 002**

Program Studi : **MAGISTER ILMU TERNAK**

Telah disidangkan di hadapan Tim Penguji dan dinyatakan lulus pada tanggal 23 Desember 2005

Pembimbing Utama



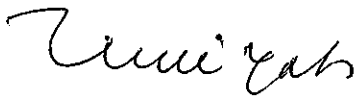
Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Si.

Pembimbing Anggota



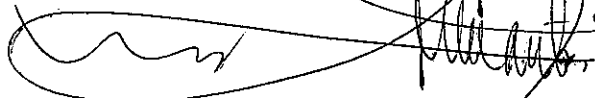
Dr. Ir. Dwi Retno Lukiwati, M.S.

Ketua Program Studi
Magister Ilmu Ternak



Prof. Dr. Ir. Umiyati Atmomarsono

Ketua Jurusan
Nutrisi dan Makanan Ternak



Dr. Ir. V. Dwi Yuniarto, M.S., M.Sc.



Dekan Fakultas Peternakan



Dr. Ir. Joedal Achmadi, M.Sc.

ABSTRAK

BENEDIKTUS SUHARNO, H4A 002002. Serapan Fosfor dan Kualitas Rumput Pakan Poliploid dan Diploid Yang Toleran Cekaman Kemasaman Tanah Pada Pemupukan Fosfor. (Pembimbing : SYAIFUL ANWAR dan DWI RETNO LUKIWATI).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon tanaman rumput pakan poliploid dan diploid, serta diantara berbagai tanaman rumput pakan poliploid yang toleran terhadap cekaman kemasaman tanah terhadap pemupukan fosfor berdasarkan serapan fosfor dan kualitas. Penelitian telah dilaksanakan di rumah kaca dan Laboratorium Ilmu Tanaman Makanan Ternak, Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro, pada bulan Januari 2004 hingga Juni 2004.

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap berpola split plot, sebagai petak utama adalah rumput pakan dan anak petak dosis pupuk P, dengan tiga kali pengulangan. Rumput yang digunakan R₁ = *Brachiaria brizantha* poliploid, R₂ = *Brachiaria decumbens* poliploid, R₃ = *Panicum muticum* poliploid, R₄ = *Brachiaria brizantha* diploid, R₅ = *Brachiaria decumbens* diploid, R₆ = *Panicum muticum* diploid. Pupuk SP dalam empat dosis yaitu : 0 kg, 150 kg, 225 kg, 300 kg P₂O₅/ha/tahun.

Parameter yang diukur yaitu : serapan fosfor, efisiensi pemanfaatan fosfor, kadar klorofil, aktivitas nitrat reduktase, protein kasar, serat kasar, dan produksi bahan kering. Data yang diperoleh dianalisis dengan uji ragam dilanjutkan dengan uji Duncan taraf 5%. Untuk mengetahui respon pemupukan fosfor dilakukan uji lanjut dengan Uji Polynomial Ortogonal dengan persamaan regresinya.

Berdasarkan uji ragam menunjukkan dosis pupuk SP, interaksi dosis pupuk SP dengan jenis rumput tidak berpengaruh terhadap semua parameter penelitian ($P > 0,05$), kecuali terhadap kandungan serat kasar. Sedangkan jenis rumput berpengaruh terhadap kadar klorofil, protein kasar, serat kasar, dan produksi bahan kering.

Kesimpulan penelitian adalah : (1) Tidak terdapat perbedaan respon rumput pakan poliploid maupun diploid terhadap pemupukan fosfor berdasarkan parameter serapan fosfor, efisiensi pemanfaatan fosfor, kadar klorofil, aktivitas nitrat reduktase, protein kasar, produksi bahan kering. (2) Berdasarkan kadar serat kasar, *Brachiaria brizantha* poliploid memberikan respon yang berbeda. (3) Rumput pakan poliploid yang memiliki potensi genetik tinggi berdasar parameter penelitian berturut-turut : 1. *B. brizantha*, 2. *B. decumbens*, 3. *P. muticum* atau 1. *B. decumbens*, 2. *B. brizantha*, 3. *P. muticum*. Berdasarkan responsibilitas terhadap pemupukan SP berturut-turut : 1. *B. brizantha*, 2. *B. decumbens*, 3. *P. muticum*, atau 1. *B. brizantha*, 2. *P. muticum*, 3. *B. decumbens*.

Kata kunci : klorofil, aktivitas nitrat reduktase, protein kasar, serat kasar, produksi bahan kering, serapan fosfor.

ABSTRACT

BENEDIKTUS SUHARNO. H4A 002 002. The Phosphorus uptake and Quality of Polyploid and Diploid Fodder Grass on Acidity Soil Stress. (Supervisor : SYAIFUL ANWAR and DWI RETNO LUKIWATI).

The aim of this research was to measure response of polyploid and diploid fodder grass crop as well as among polyploid fodder grass crop which was tolerant against acidity soil towards phosphorus fertilization based on phosphorus uptake and quality. The research was carried out from January 2004 until June 2004 in Green House and The Forage Crop Laboratory of Department of Food Science and Nutrition, Faculty of Animal Agriculture Diponegoro University in Semarang.

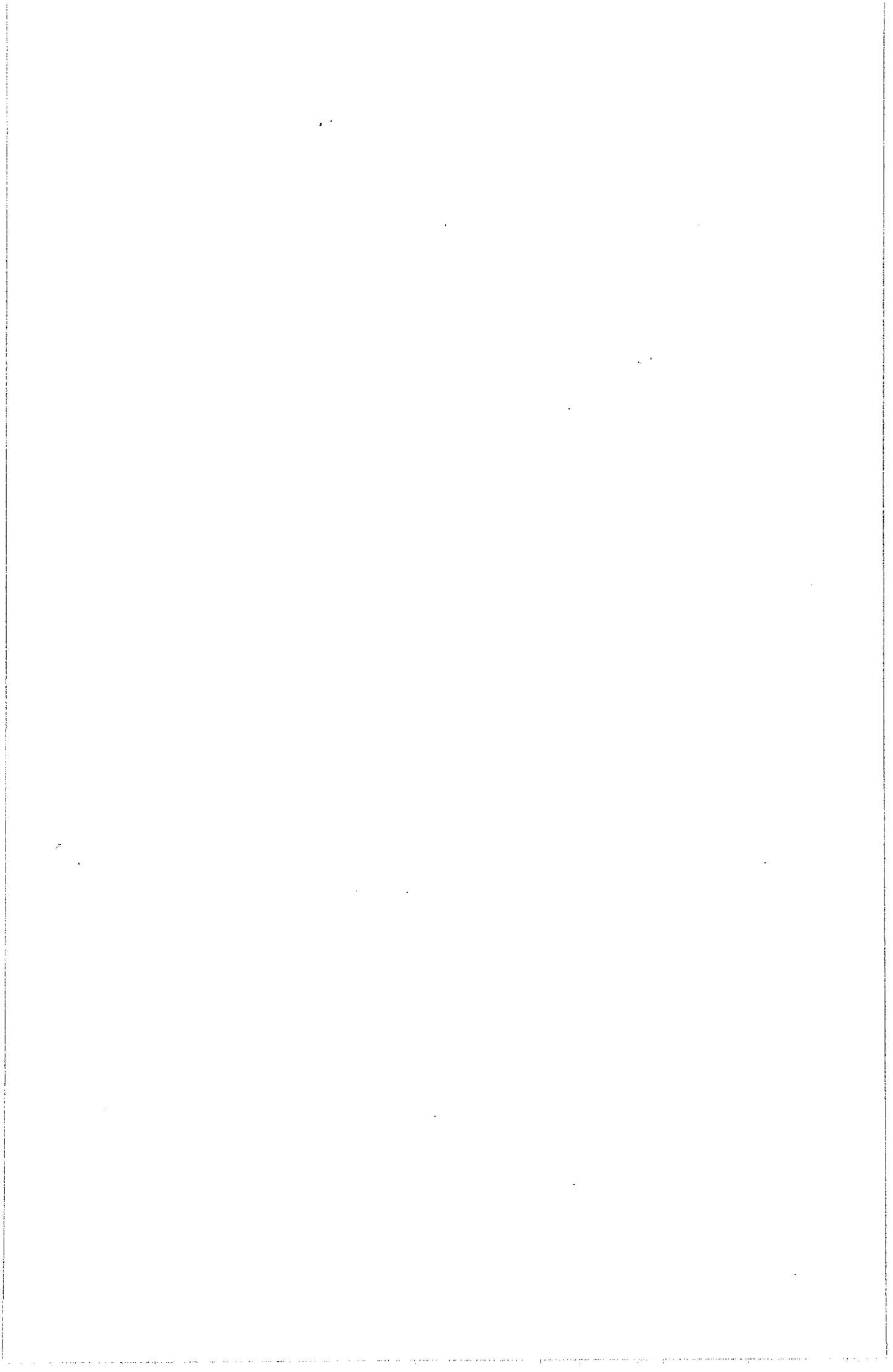
The research used Completely Randomized Design with split plot pattern. The main plot is kinds of grass and phosphorus fertilizer dosage is subplot, within three replications. Kinds of grass consist of $R_1 = Brachiaria brizantha$ poliploid, $R_2 = Brachiaria decumbens$ poliploid, $R_3 = Panicum muticum$ poliploid, $R_4 = Brachiaria brizantha$ diploid, $R_5 = Brachiaria decumbens$ diploid, $R_6 = Panicum muticum$ diploid. There are four levels of phosphorus fertilization, i.e. : 0 kg, 150 kg, 225 kg, 300 kg P_2O_5 per hectare.

The observed parameters were : phosphorus uptake, efficiency of phosphorus use, the content of chlorophyll, nitrate reductase activity, crude protein, crude fibre, and dry matter production. The data obtained from these parameters was analysed through analyses of variance, and followed by Duncan test (5%). In order to measure the phosphorus fertilization response, then the data was further analyzed by using Orthogonal Polynomial test in order to get the regression equation.

The research showed that phosphorus fertilization dosage and interactions between kinds of grass with phosphorus fertilization dosage did not affect to all parameter of this research ($P > 0,05$), except the content of crude fibre; whereas kinds of grass affect the content of chlorophyll, crude protein, crude fibre, and dry matter production.

The conclusion of this research is : (1) There are no differences of response between polyploid and diploid fodder grass towards phosphorus fertilization based on phosphorus uptake, efficiency of phosphorus use, the content of chlorophyll, crude protein, nitrate reductase activity, dry matter production. (2) The response of *Brachiaria brizantha* polyploid grass is different with all fodder grass based on the content of crude fibre. (3) Polyploid fodder grass having high genetic potency based on research parameters are : 1. *B. brizantha*, 2. *B. decumbens*, 3. *P. muticum*, or 1. *B. decumbens*, 2. *B. brizantha*, 3. *P. muticum*. Based on responsibility towards phosphorus fertilization in order : 1. *B. brizantha*, 2. *B. decumbens*, 3. *P. muticum*, or 1. *B. brizantha*, 2. *P. muticum*, 3. *B. decumbens*.

Key words : phosphorus uptake, chlorophyll, nitrate reductase activity, crude protein, crude fibre, dry matter poduction.



KATA PENGANTAR

Kenyataan di Indonesia menunjukkan banyak lahan yang bersifat masam yang dapat diupayakan bagi budidaya rumput pakan, guna menunjang ketersediaan hijauan rumput pakan yang berkualitas. Upaya pengadaan ketersediaan hijauan rumput pakan yang berkualitas di tanah masam dapat dilakukan dengan budidaya rumput unggul dengan pemupukan fosfor yang cukup. Menanggapi upaya tersebut penulis melakukan penelitian tentang serapan fosfor dan kualitas rumput pakan poliploid dan diploid yang toleran pada tanah masam.

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada : Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Si., sebagai Pembimbing Utama yang dengan segala kesabaran dan saran telah banyak memberikan arahan, dan Dr. Ir. Dwi Retno Lukiwati sebagai Pembimbing Anggota. Ucapan yang sama kami sampaikan kepada Ketua dan Sekretaris Program Magister Ilmu Ternak beserta staf, Rektor IKIP-PGRI dan Dekan FPMIPA IKIP-PGRI Semarang yang telah memberi kesempatan, bantuan, fasilitas untuk studi lanjut. Terima kasih yang tak terhingga untuk Istri dan ketiga anakku, yang telah memberikan pendampingan dan doa dalam suka dan duka, semoga Tuhan memberkati.

Penulis berharap semoga tulisan ini masih mempunyai nilai manfaat bagi yang membutuhkan.

Semarang, Desember 2005

Ben. Suharno

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR ILUSTRASI.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
BAB III METODOLOGI.....	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4. 1. Hasil Penelitian.....	22
4. 2. Pembahasan.....	34
BAB V KESIMPULAN.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....	43
LAMPIRAN.....	47
RIWAYAT HIDUP.....	152

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Perubahan Sifat Fisiologi Rumput Poliploid.....	8
2. Serapan Fosfor Berbagai Jenis Rumput Pakan pada Tanah Masam dengan Pemupukan P	22
3. Respon Berbagai Jenis Rumput Pakan dengan Perlakuan Pemupukan P terhadap Serapan Fosfor	23
4. Efisiensi Pemanfaatan Fosfor Berbagai Jenis Rumput Pakan pada Tanah Masam dengan Pemupukan P	24
5. Respon Berbagai Jenis Rumput Pakan dengan Perlakuan Pemupukan P terhadap Efisiensi Pemanfaatan Fosfor.....	24
6. Kadar Klorofil Berbagai Jenis Rumput Pakan pada Tanah Masam dengan Pemupukan P	25
7. Respon Berbagai Jenis Rumput Pakan dengan Perlakuan Pemupukan P terhadap Kadar Klorofil	26
8. Aktivitas Nitrat Reduktase Berbagai Jenis Rumput Pakan pada Tanah Masam dengan Berbagai Dosis Pemupukan P.....	27
9. Respon Berbagai Jenis Rumput Pakan dengan Perlakuan Pemupukan P terhadap Aktivitas Nitrat Reduktase	27
10. Kadar Protein Kasar Berbagai Jenis Rumput Pakan pada Tanah Masam dengan Pemupukan P	28
11. Respon Berbagai Jenis Rumput Pakan dengan Perlakuan Pemupukan P terhadap Kadar Protein Kasar	29
12. Kadar Serat Kasar Berbagai Jenis Rumput Pakan pada Tanah Masam dengan Pemupukan P	30
13. Respon Berbagai Jenis Rumput Pakan dengan Perlakuan Pemupukan P terhadap Kadar Serat Kasar.....	31
14. Produksi Bahan Kering Berbagai Jenis Rumput Pakan pada Tanah Masam dengan Pemupukan P	32

15. Respon Berbagai Jenis Rumput Pakan dengan Perlakuan Pemupukan P terhadap Produksi Bahan Kering	32
16. Urutan Responsibilitas Rumput Pakan Poliploid Berdasarkan Beberapa Parameter Penelitian	33
17. Urutan Responsibilitas Rumput Pakan Poliploid terhadap Pemupukan P.....	34

DAFTAR ILUSTRASI

Nomor	Halaman
1. Denah Peletakan Pot Percobaan	16

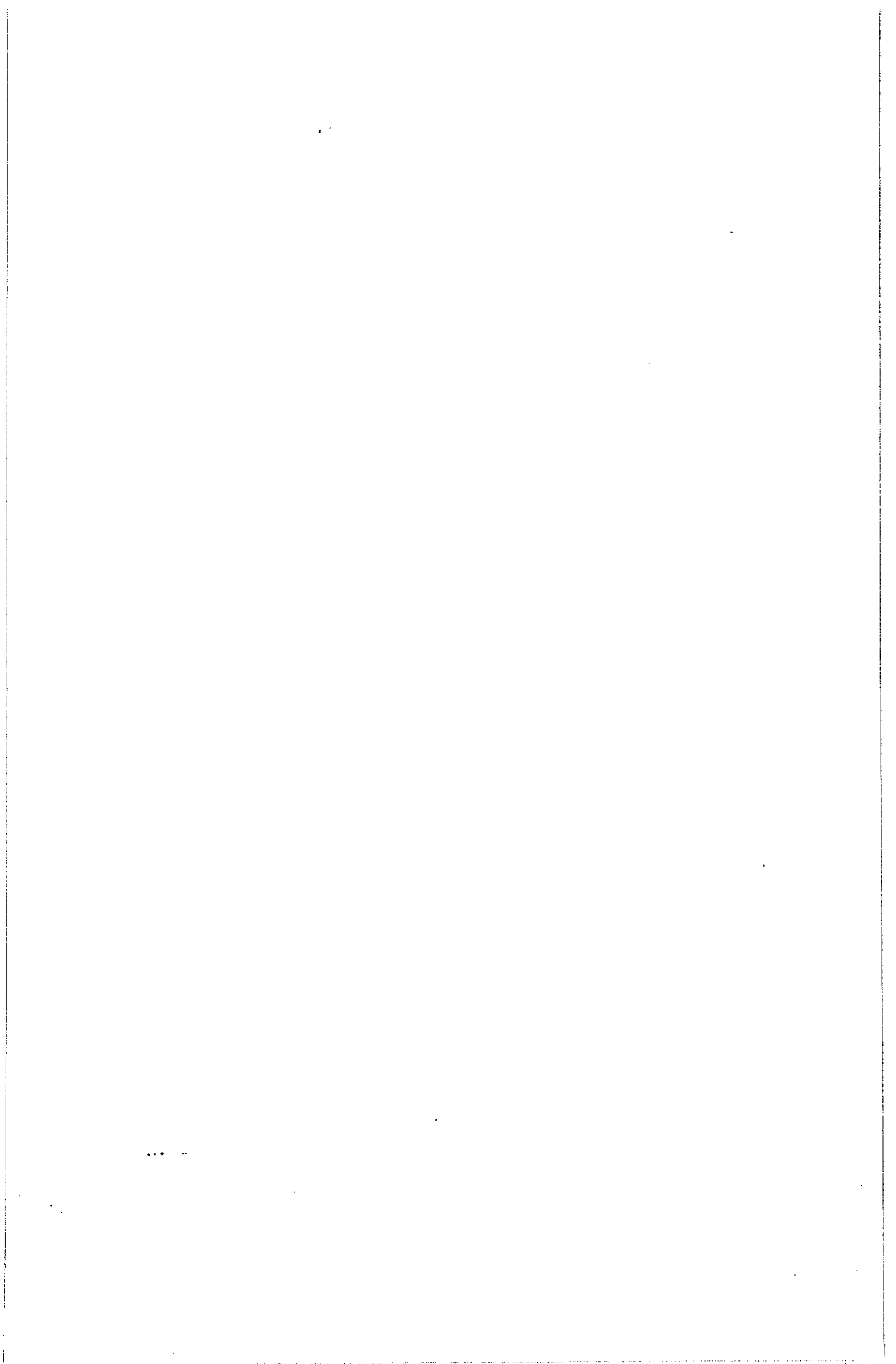
DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Uji Ragam dan Uji Duncan Berbagai Rumput Pakan Poliploid dan Diploid terhadap Serapan Fosfor	47
2. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria brizantha</i> Poliploid terhadap Serapan Fosfor	50
3. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria decumbens</i> Poliploid terhadap Serapan Fosfor	52
4. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Panicum muticum</i> Poliploid terhadap Serapan Fosfor	54
5. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria brizantha</i> Diploid terhadap Serapan Fosfor	56
6. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria decumbens</i> Diploid terhadap Serapan Fosfor	58
7. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Panicum muticum</i> Diploid terhadap Serapan Fosfor	60
8. Uji Ragam dan Uji Duncan Berbagai Rumput Pakan Poliploid dan Diploid terhadap Efisiensi Pemanfaatan Fosfor	62
9. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria brizantha</i> Poliploid terhadap Efisiensi Pemanfaatan Fosfor	65
10. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria decumbens</i> Poliploid terhadap Efisiensi Pemanfaatan Fosfor	67
11. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Panicum muticum</i> Poliploid terhadap Efisiensi Pemanfaatan Fosfor	69
12. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria brizantha</i> Diploid terhadap Efisiensi Pemanfaatan Fosfor	71
13. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria decumbens</i> Diploid terhadap Efisiensi Pemanfaatan Fosfor	73
14. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Panicum muticum</i> Diploid terhadap Efisiensi Pemanfaatan Fosfor	75

15. Uji Ragam dan Uji Duncan Berbagai Rumput Pakan Poliploid dan Diploid terhadap Kadar Klorofil	77
16. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria brizantha</i> Poliploid terhadap Kadar Klorofil	80
17. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria decumbens</i> Poliploid terhadap Kadar Klorofil	82
18. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Panicum muticum</i> Poliploid terhadap Kadar Klorofil	84
19. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria brizantha</i> Diploid terhadap Kadar Klorofil	86
20. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria decumbens</i> Diploid terhadap Kadar Klorofil	88
21. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Panicum muticum</i> Diploid terhadap Kadar Klorofil	90
22. Uji Ragam dan Uji Duncan Berbagai Rumput Pakan Poliploid dan Diploid terhadap Aktivitas Nitrat Reduktase	92
23. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria brizantha</i> Poliploid terhadap Aktivitas Nitrat Reduktase	95
24. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria decumbens</i> Poliploid terhadap Aktivitas Nitrat Reduktase	97
25. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Panicum muticum</i> Poliploid terhadap Aktivitas Nitrat Reduktase	99
26. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria brizantha</i> Diploid terhadap Aktivitas Nitrat Reduktase	101
27. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria decumbens</i> Diploid terhadap Aktivitas Nitrat Reduktase	103
28. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Panicum muticum</i> Diploid terhadap Aktivitas Nitrat Reduktase	105
29. Uji Ragam dan Uji Duncan Berbagai Rumput Pakan Poliploid dan Diploid terhadap Kadar Protein Kasar	107

30. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria brizantha</i> Poliploid terhadap Kadar Protein Kasar	110
31. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria decumbens</i> Poliploid terhadap Kadar Protein Kasar	112
32. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Panicum muticum</i> Poliploid terhadap Kadar Protein Kasar	114
33. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria brizantha</i> Diploid terhadap Kadar Protein Kasar	116
34. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria decumbens</i> Diploid terhadap Kadar Protein Kasar	118
35. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Panicum muticum</i> Diploid terhadap Kadar Protein Kasar	120
36. Uji Ragam dan Uji Duncan Berbagai Rumput Pakan Poliploid dan Diploid terhadap Kadar Serat Kasar	122
37. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria brizantha</i> Poliploid terhadap Kadar Serat Kasar	125
38. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria decumbens</i> Poliploid terhadap Kadar Serat Kasar	127
39. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Panicum muticum</i> Poliploid terhadap Kadar Serat Kasar	129
40. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria brizantha</i> Diploid terhadap Kadar Serat Kasar	131
41. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria decumbens</i> Diploid terhadap Kadar Serat Kasar	133
42. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Panicum muticum</i> Diploid terhadap Kadar Serat Kasar	135
43. Uji Ragam dan Uji Duncan Berbagai Rumput Pakan Poliploid dan Diploid terhadap Produksi Bahan Kering	137
44. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi <i>Brachiaria brizantha</i> Poliploid terhadap Produksi Bahan Kering	140

45. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi *Brachiaria decumbens* Poliploid terhadap Produksi Bahan Kering142
46. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi *Panicum muticum* Poliploid terhadap Produksi Bahan Kering144
47. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi *Brachiaria brizantha* Diploid terhadap Produksi Bahan Kering146
48. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi *Brachiaria decumbens* Diploid terhadap Produksi Bahan Kering 148
49. Uji Ragam, Uji Duncan dan Persamaan Regresi *Panicum muticum* Diploid terhadap Produksi Bahan Kering150



BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Hijauan sebagai pakan utama ternak Ruminansia mempunyai arti penting bagi pengembangan peternakan, karena 60% dari total bahan dasar ransum terdiri hijauan, selain rumput juga legum. Ketersediaan hijauan rumput pakan yang berkualitas dengan jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan Ruminansia, dapat diupayakan melalui budidaya rumput unggul. Kandungan nutrisi hijauan pakan tergantung pada faktor lingkungan maupun faktor genetik.

Kemasaman tanah membatasi produktivitas tanaman di dunia. Faktor kemasaman tanah yang penting kontribusinya terhadap potensial hasil yang rendah adalah defisiensi fosfor dan keracunan aluminium (Adam dan Moore, 1983). Indonesia beriklim tropika basah memiliki banyak tanah yang bereaksi masam, tersebar di berbagai pulau Jawa, Madura, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Nusa Tenggara, Maluku, dan Irian Jaya. Tanah masam ini terdiri jenis aluvial (18.913 juta ha), latosol (17.160 juta ha), organosol (27.063 juta ha), podzol (5.612 juta ha), podzolik (38.437 juta ha) (Ditjen Dikti, 1991). Akibat kemasaman pada tanaman menyebabkan gangguan fisiologi maupun morfologi terhadap akar. Gejala yang mudah diamati yaitu akar menjadi pendek dan menebal pada daerah apex khususnya pada akar utama, dan tidak memiliki rambut-rambut akar (FAO, 2000; Hills, 2000; Pietraszewska, 2001). Hal ini

terjadi karena hambatan pada proses pembelahan sel-sel akar akibat terhambatnya proses fosforilasi (FAO, 2000).

Fosfor merupakan bagian penting dari berbagai senyawa gula-fosfat yang berperan dalam nukleotida, seperti RNA dan DNA, serta bagian dari fosfolipid pada membran sel. Fosfor berperan penting dalam metabolisme energi, karena keberadaannya dalam ATP, ADP, AMP, dan pirofosfat (PPi). Unsur fosfor diserap akar tumbuhan terutama sebagai anion fosfat valensi satu (HPO_4^-), dan diserap lebih lambat dalam bentuk anion valensi dua ($\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$) (Salisbury dan Ross, 1995). Perimbangan jumlah kedua bentuk ion tersebut dipengaruhi status pH tanah. Ion H_2PO_4^- tersedia pada pH di bawah 7, dan HPO_4^{2-} tersedia pada pH di atas 7 (Ditjen Dikti, 1991; Salisbury dan Ross, 1995). Tumbuhan yang kahat fosfor pada umumnya menjadi kerdil dan berwarna hijau tua, kematangan / kedewasaan sering tertunda bila dibandingkan dengan tumbuhan yang cukup fosfat. (Salisbury dan Ross, 1995).

Perbanyakan tanaman rumput pakan dapat dilakukan secara generatif dan secara vegetatif. Perbanyakan secara vegetatif terus menerus berakibat menurunnya kualitas genetik tanaman tersebut. Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut dilakukan penggandaan kromosom, sehingga diperoleh tanaman poliploid. Spesies tanaman hasil proses penggandaan kromosom mempunyai kemampuan beradaptasi yang lebih baik terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan, dibandingkan tanaman diploid karena adanya penambahan alela (Goodenough, 1988; Welsh, 1991).

Sudah banyak penelitian budidaya di tanah masam, namun tentang budidaya tanaman rumput pakan poliploid dengan pemupukan fosfor belum banyak informasinya. Berdasarkan hal ini maka perlu dilakukan penelitian tentang serapan fosfor dan kualitas rumput pakan poliploid dan diploid yang toleran terhadap cekaman kemasaman aluminium.

1. 2. Tujuan Penelitian :

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui respon pemupukan fosfor berdasarkan serapan fosfor dan kualitas pada tanaman rumput pakan poliploid dan diploid yang toleran terhadap cekaman tanah masam.
2. Mengetahui respon pemupukan fosfor berdasarkan serapan fosfor dan kualitas diantara berbagai tanaman rumput pakan poliploid yang toleran terhadap cekaman tanah masam.

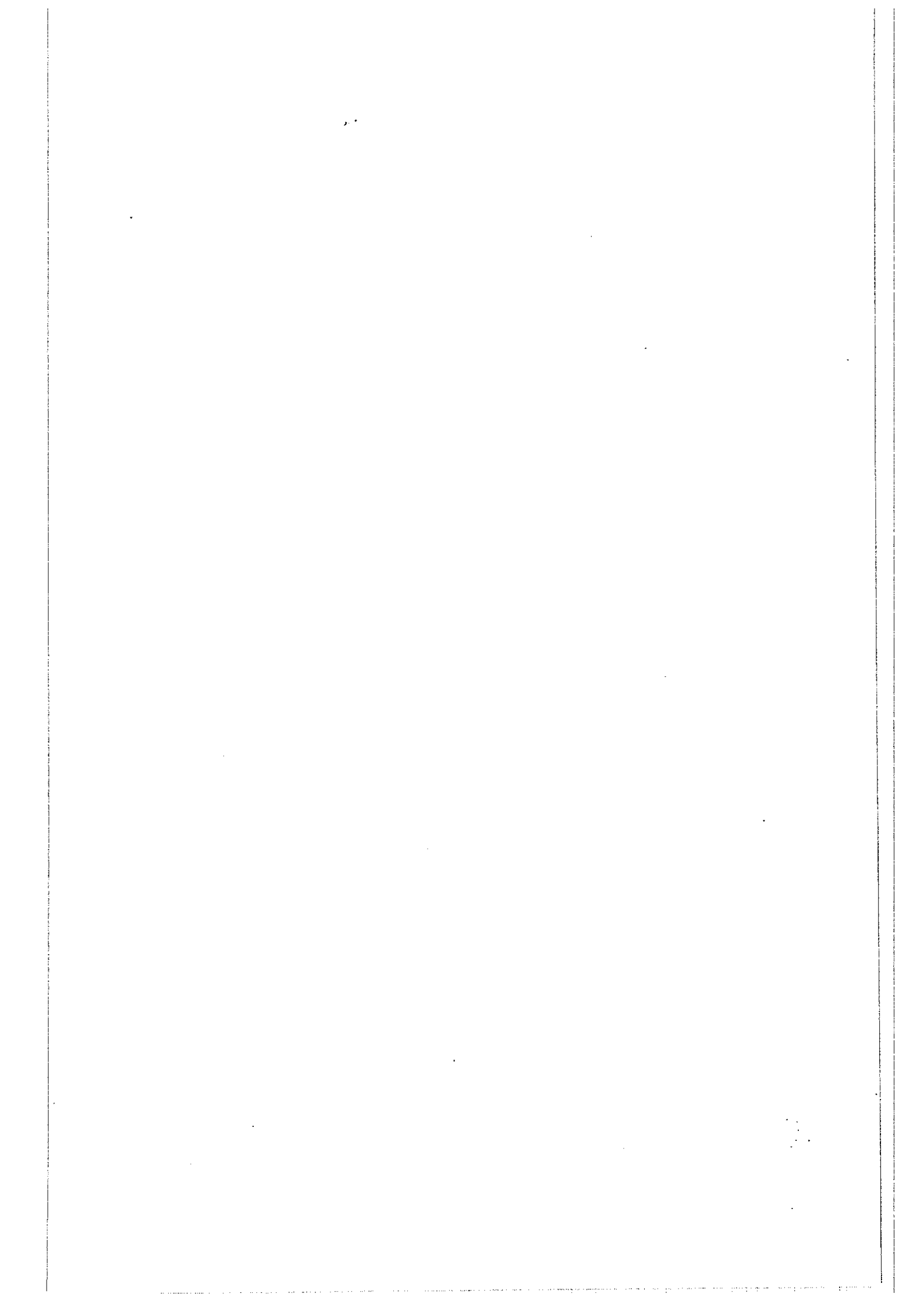
1. 3. Manfaat Penelitian

1. Dapat menyiapkan ketersediaan tanaman pakan yang sesuai dengan zona agroekologi tanah masam.
2. Dapat memanfaatkan tanaman pakan sebagai sumber manipulasi genetik, untuk pengembangan tanaman yang toleran cekaman tanah masam.

1. 4. Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang di kemukakan dalam penelitian ini :

1. Pemupukan fosfor sampai dosis tertentu dapat meningkatkan kualitas dan serapan hara tanaman rumput pakan poliploid dan diploid.
2. Rumput poliploid lebih responsif terhadap pemupukan fosfor dibandingkan rumput diploid.
3. Rumput poliploid yang mempunyai potensi genetik tinggi, lebih responsif terhadap pemupukan fosfor dibandingkan dengan rumput poliploid yang mempunyai potensi genetik rendah.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. Rumput Para / Kolonjono (*Panicum muticum* Forsk)

Rumput para dari Afrika tropik, dan merupakan rumput pakan asli dari daerah Afrika Barat dan Amerika Selatan (Bogdan, 1977). Tumbuhan ini sebagai rumput potong atau lapang, tumbuh tegak membentuk rumpun lebat setinggi 60-250 cm. Rumput ini merupakan tanaman tahunan (perennial), dari setiap buku tumbuh akar dan tunas atau anakan dengan daun yang berbulu halus. Daun mempunyai panjang 10-30 cm dan lebar 8-20 mm. Malai terdiri dari 10-20 tandan, kadang-kadang tunggal atau berpasangan dengan panjang tandan 2,5-15 cm. Jumlah kromosom $2n = 36$ (Bogdan, 1977; Reksohadiprodjo, 1994; Karti *et al.*, 1999).

Rumput para tumbuh sangat baik sampai ketinggian 1000 m diatas permukaan laut. Rumput para juga tumbuh baik bersama legum, dengan jarak tanam 60 x 90 cm, dipotong setelah 40 hari (6-8 minggu) sekali pada musim kemarau. Produksi sebesar 70-200 ton/ha/tahun hijauan segar (Bogdan, 1977; Departemen Pertanian, 1985). Analisis proksimat rumput para (Hartadi *et al.*, 1990) berdasarkan 100% bahan kering adalah : abu 9,4%, ekstrak eter 1,6%, serat kasar 32,9%, BETN 49,0%, dan protein kasar 6,5%.

Berdasarkan penelitian Kusmiyati dan Anwar (1997) rumput *Panicum muticum* memiliki derajat toleransi tinggi terhadap cekaman kemasaman aluminium, dengan Indeks Derajat Toleransi Kumulatif sebesar 4,13. Sebagai

bahan pembanding rumput pakan *Setaria splendida* memiliki Indeks Derajat Toleransi Kumulatif 3,26 dengan kategori moderat.

2. 2. Rumput Bebe (*Brachiaria brizantha* Hochst. ex A. Rich.)

Rumput bebe berasal dari Afrika merupakan tanaman tahunan, berdaun lebat, kaku, mempunyai batang yang kecil tumbuh cepat membentuk hamparan vertikal dan horisontal dengan tinggi mencapai 60-150 cm. Tahan terhadap kekeringan, mempunyai produktivitas yang tinggi dan palatable. Sangat responsif terhadap pupuk nitrogen, tumbuh baik pada ketinggian 0-1200 m di atas permukaan laut dengan curah hujan tahunan lebih dari 1500 mm, tidak tahan terhadap genangan air (Departemen Pertanian, 1985). Menurut Bogdan (1977) rumput bebe dikenal bentuk tetraploid ($2n = 36$), dan hexaploid ($2n = 54$). Menurut Hartadi *et al.*, (1990), analisis proksimat dari rumput bebe berdasarkan 100% bahan kering adalah : abu 10,9%, ekstrak eter 1,3%, serat kasar 32,2%, BETN 49,1% dan protein kasar 6,6%.

Penelitian Kusmiyati dan Anwar (1997) menginformasikan bahwa rumput pakan *Brachiaria brizantha* memiliki derajat toleransi sangat tinggi terhadap cekaman kemasaman aluminium dengan Indeks Derajat Toleransi Kumulatif sebesar 4,56.

2. 3. Rumput Bede (*Brachiaria decumbens* Stapf.)

Rumput bede berasal dari Uganda dan sekarang telah tersebar di daerah tropik dan sub tropik, tumbuh sedikit tegak membentuk hamparan lebat, tinggi

30 -100 cm. Daun pendek, kaku dan berstruktur halus, warna hijau gelap, berbulu, panjang daun 4-14 cm dengan lebar 8-12 mm. Batang yang tumbuh dari dasar buku yang terdapat pada stolon yang menjalar di atas permukaan tanah. Bunga bertipe malai bendera dengan dua atau tiga tandan panjang 2-5 cm dengan rachis yang gepeng, jumlah kromosom $2n = 36$. Rumput bede lebih responsif terhadap pupuk fosfat, tahan terhadap penggembalaan berat dan injakan ternak, tumbuh dengan baik pada naungan dan di bawah pohon. Rumput bede sangat baik untuk menahan erosi dan penutup tanah (Karti *et al.*, 1999). Menurut Hartadi *et al.*, (1990) analisis proksimat dari rumput Bede berdasarkan 100% bahan kering adalah : abu 6,3%, ekstrak eter 0,8%, serat kasar 37,9%, BETN 52,3%, dan protein kasar 2,9%.

Penelitian Kusmiyati dan Anwar (1997) menunjukkan bahwa rumput pakan *Brachiaria decumbens* memiliki derajat toleransi sangat tinggi terhadap cekaman kemasaman aluminium dengan Indeks Derajat Toleransi Kumulatif 4,77.

2. 4. Rumput Poliploid

Rumput poliploid ialah rumput yang mempunyai lebih dua set kromosom dasar. Poliploid pada tumbuhan dapat terjadi secara alami atau buatan. Poliploid alami jarang terjadi, sehingga dilakukan poliploidisasi dengan harapan untuk memperoleh hasil yang lebih baik (Welsh, 1991).

Poliploidisasi pada dasarnya dapat terjadi melalui dua mekanisme. Mekanisme pertama melalui poliploidisasi sel somatik yaitu pada jaringan meristem primer, sehingga terbentuk jaringan dengan sel-sel poliploid.

Mekanisme kedua dengan melakukan gangguan pada proses meiosis jaringan reproduktif, sehingga diperoleh gamet dengan perangkat kromosom yang tidak tereduksi (Crowder, 1997).

Menurut Suharni (2004) poliploidisasi pada tanaman rumput pakan menghasilkan rumput yang memiliki sifat fisiologi berubah relatif lebih tinggi dibanding rumput diploid (Tabel 1). Berdasar parameter kandungan klorofil, aktivitas nitrat reduktase (ANR) dan produksi bahan kering (PBK); kualitas serta potensi genetik rumput poliploid dapat diurutkan : *Panicum muticum*, *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria decumbens*.

Tabel 1. Perubahan Sifat Fisiologi Rumput Poliploid

	Perubahan Kenaikan Relatif (%) dibanding diploidnya		
	Klorofil	ANR	PBK
<i>Brachiaria brizantha</i> poliploid	22,09	103,55	6,64
<i>Brachiaria decumbens</i> poliploid	47,06	91,09	51,83
<i>Panicum muticum</i> poliploid	48,54	62,81	17,45

Sumber : Suharni, 2004.

2. 5. Fosfor dalam Sistem Alam dan Pertumbuhan Tanaman

Unsur fosfor merupakan unsur yang banyak terlibat langsung pada hampir seluruh proses kehidupan. Fosfor ini merupakan penyusun komponen setiap sel hidup, dan cenderung lebih banyak pada biji dan titik tumbuh. Unsur ini relatif stabil dalam tanah, kehilangan akibat pencucian jarang terjadi. Hal ini berakibat

kelarutan P sangat rendah, konsekwensinya ketersediaan fosfor pun relatif sangat rendah (Pietraszewska, 2001).

Fosfor diserap tanaman ar dalam bentuk ortofosfat primer dan sekunder (H_2PO_4^- dan HPO_4^{2-}) di dalam larutan tanah. Ortofosfat yang diserap ini dalam bentuk larutan tanah pada perbandingan tertentu. Sebagian dari P organik yang larut juga dapat diabsorpsi tanaman, tetapi bentuk ini kurang begitu penting (Salisbury dan Ross, 1995). Bila tidak terdapat faktor pembatas yang lain, maka pertumbuhan tanaman berbanding lurus dengan jumlah P yang diserap dari larutan tanah. Berdasarkan hal tersebut P yang terdapat dalam larutan tanah harus selalu dapat diganti dan diperbaharui (Hakim *et al.* , 1986).

Konsentrasi ion ortofosfat (H_2PO_4^- dan HPO_4^{2-}) dalam larutan tanah adalah rendah, menurut Harjadi (1979) dalam tanah pertanian kadarnya berkisar antara 0,5 – 1 ppm. Kadar atau jumlah masing-masing sangat tergantung pada pH tanah. Bentuk H_2PO_4^- banyak dijumpai pada tanah masam, sedangkan HPO_4^{2-} pada tanah dengan pH di atas 7,0. Jika ion-ion Fe, Al, Ca, dan Mg terdapat dalam tanah, maka fosfor akan diendapkan menjadi Fe-P, Al-P pada suasana masam, dan menjadi Ca-P, Mg-P pada tanah dengan pH lebih tinggi dari 7,0 (Hakim *et al.* , 1986; Foth, 1994).

Fosfor sangat berpengaruh terhadap perkembangan dan pertumbuhan tanaman, karena fosfor banyak dibutuhkan untuk pembentukan nukleotida dalam sel. Nukleotida merupakan suatu ikatan yang mengandung fosfor, sebagai penyusun RNA dan DNA yang berperan dalam perkembangan sel tanaman. Fosfor mempunyai peran penting dalam metabolisme energi karena

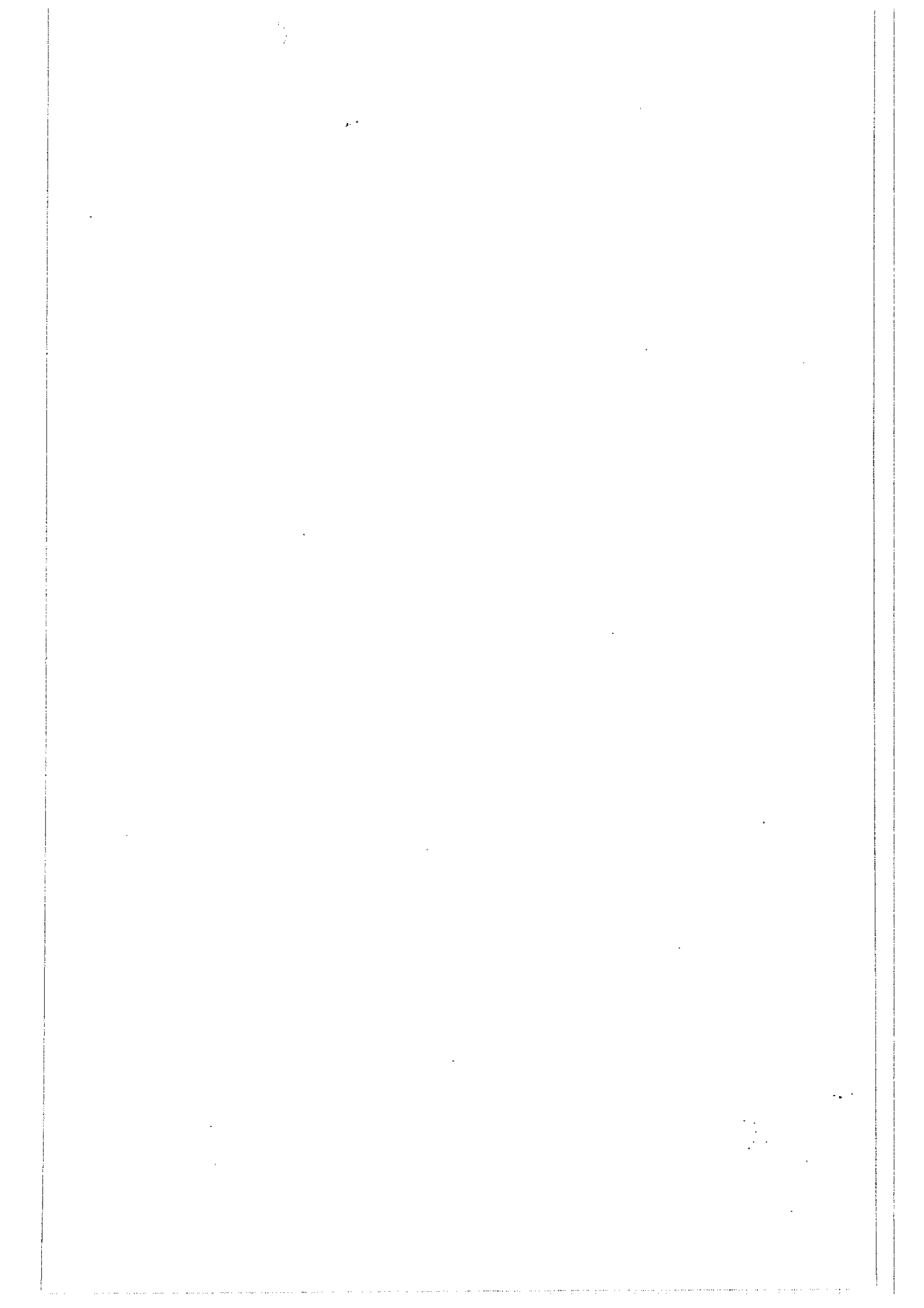
keberadaannya dalam ATP, ADP, AMP dan pirofosfat (PPi). Pada tanaman yang kekurangan fosfor terjadi hambatan metabolisme, terutama karena terhambatnya proses fosforilasi, sehingga terhambat pula pembentukan heksosa fosfat. Gula-6-fosfat ini merupakan titik masuk substrat karbohidrat ke dalam proses respirasi, yang berakibat terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan tanaman (FAO, 2000).

2. 6. Kemasaman Tanah

Kemasaman tanah merupakan masalah yang banyak dijumpai di daerah tropis. Penyebab kemasaman tanah beraneka ragam, antara lain karena curah hujan tinggi sehingga basa mudah tercuci, dekomposisi mineral aluminium silikat, pelapukan bahan organik, penggunaan pupuk buatan yang terus menerus, maupun dampak dari aktivitas usaha pertambangan (Ditjen Dikti, 1991; Hills, 2000; Mikli, 2001; Spies, *et al*, 2005). Kemasaman tanah memberikan pengaruh terhadap sifat-sifat fisika, kimia dan biologis tanah dengan segala akibat dan persoalan yang mengikutinya (FAO, 2000).

Berbagai persoalan yang berhubungan akibat kemasaman tanah meliputi : toksisitas aluminium, toksisitas mangan, defisiensi fosfor dan molybdenum, defisiensi calcium dan magnesium, kelainan nodulasi legume, meningkatnya penyakit tanaman (Cregan, 1979). Rendahnya kandungan kalsium dalam tanah membatasi aktivitas biologis dalam tanah dan stabilitas struktur tanah (FAO, 2000).

Akibat kemasaman tanah yang nyata dan mudah diamati ialah akar menjadi pendek dan menebal, tidak memiliki rambut akar dan tidak mengalami percabangan (FAO, 2000; Pietraszewska, 2001, Anwar, *et al.*, 2003). Ujung akar tanaman menjadi berbentuk aneh dan terjadi kerusakan membran plasmalemma, serta terjadi hambatan proses pembelahan sel-sel ujung akar akibat terhambatnya fosforilasi (Feng Yan *et al.*, 1998, FAO, 2000; Ma *et al.*, 2002). Kerusakan pada bagian ujung akar ini memberikan pengaruh berganda sehingga tanaman mengalami hambatan pengambilan unsur hara tanah (Façanha dan Façanha, 2002), kekurangan air, defisiensi unsur hara fosfor, calcium, magnesium, hara mikro, dan rentan terhadap penyakit (Cregan, 1979; FAO, 2000; Duncan, 2002).



BAB III

METODOLOGI

3. 1. Kerangka Pemikiran :

Rendahnya potensi dan kualitas tanaman rumput pakan di Indonesia, salah satunya disebabkan karena penggunaan bibit yang berasal dari perbanyakan vegetatif secara terus menerus. Pengembangan tanaman rumput pakan di tanah masam juga menekan potensi dan kualitas rumput pakan. Rendahnya potensi dan kualitas tanaman rumput pakan yang dikembangkan di tanah masam disebabkan karena hambatan pada serapan hara akibat gangguan fisiologi dan morfologi akar. Hambatan dan gangguan tersebut diusahakan diatasi dengan pemupukan P secara intensif untuk mengurangi gangguan ion Al^{3+} terhadap pertumbuhan akar.

Pengembangan dan penggunaan tanaman rumput pakan poliploid diharapkan dapat meningkatkan potensi genetik yang dimiliki tanaman rumput pakan melalui penggandaan gen pengendali sifat unggul pada set kromosomnya. Perlakuan penggandaan gen tersebut diharapkan dapat menghasilkan tanaman rumput pakan unggul toleran terhadap tanah masam, dengan dosis pemupukan P optimal. Keunggulan tanaman rumput pakan diukur berdasarkan : serapan fosfor, efisiensi pemanfaatan fosfor, kadar klorofil, aktivitas nitrat reduktase, kadar protein kasar, kadar serat kasar, dan produksi bahan kering.

3. 2. Tempat, Waktu dan Materi Penelitian

Penelitian telah dilakukan di Rumah Kaca dan Laboratorium Ilmu Tanaman Makanan Ternak Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro, pada bulan Januari 2004 hingga Juni 2004.

Materi yang digunakan dalam penelitian ini adalah : 6 jenis bibit rumput yaitu *Panicum muticum* diploid, *Panicum muticum* poliploid, *Brachiaria brizantha* diploid, *Brachiaria brizantha* poliploid, *Brachiaria decumbens* diploid, *Brachiaria decumbens* poliploid. Pupuk urea (46% N₂O), pupuk SP36 (36% P₂O₅), pupuk KCl (60% K₂O), pot plastik volume 10 liter, pupuk kandang, Al₂(SO₄)₃, timbangan, cangkul, oven, pisau, ember plastik dan meteran.

Bahan dan alat yang digunakan untuk keperluan analisis sebagai berikut :

1. Analisis kadar klorofil menggunakan : larutan aseton 80%, tabung reaksi, pipet, mortar, kertas saring, spektrofotometer.

2. Analisis aktivitas nitrat reduktase menggunakan : larutan penyangga fosfat pH 7,5, larutan 5M NaNO₃, larutan 1% sulfanil amida dalam 3N HCl, larutan 0,02% N-Naftil etilen diamine, air suling, tabung hitam tidak tembus cahaya, cutter, tabung reaksi, pipet, dan spektrofotometer.

3. Analisis kadar serat kasar menggunakan : H₂SO₄ pekat, H₂SO₄ 1,25% (0,225 N), NaOH 1,25% (0,313 N), acetone, air panas, labu ErlenMeyer, gelas Beaker, gelas ukur, corong Buchner, kertas saring bebas abu, oven, eksikator, timbangan digital, cawan porselin, tanur listrik.

4. Analisis kadar protein kasar menggunakan : KHSO dan CuSO₄ (pengganti selen), H₂SO₄ 0,3 N, H₂SO₄ pekat BJ 1,84, NaOH 33%, NaOH 0,3 N, campuran indikator MR dan BR, indikator PP, asam oksalat 0,3 N.

3. 3. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap berpola split plot. Pola percobaan terbagi ke dalam unit-unit petak utama dan setiap unit petak utama dibagi menjadi unit-unit anak petak. Sebagai petak utama adalah rumput pakan dengan anak petak adalah dosis pupuk SP 36. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali.

Rumput pakan yang digunakan adalah :

- R₁ : *Brachiaria brizantha* poliploid
- R₂ : *Brachiaria decumbens* poliploid
- R₃ : *Panicum muticum* poliploid
- R₄ : *Brachiaria brizantha* diploid
- R₅ : *Brachiaria decumbens* diploid
- R₆ : *Panicum muticum* diploid

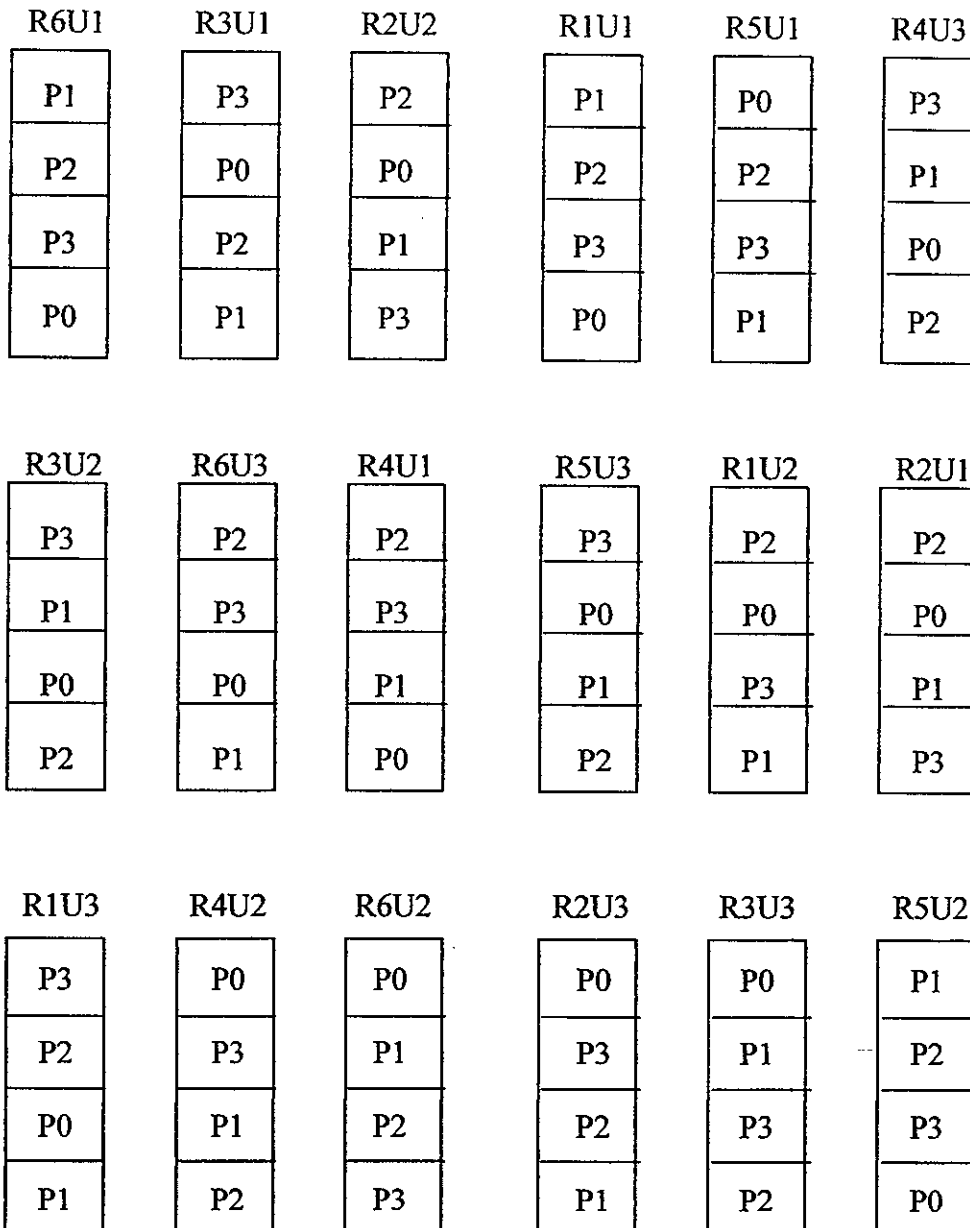
Dosis pupuk SP 36 meliputi :

- P₀ : dosis 0 kg P₂O₅/ ha/ tahun
- P₁ : dosis 150 kg P₂O₅/ ha/ tahun
- P₂ : dosis 225 kg P₂O₅/ ha/ tahun
- ... P₃ : dosis 300 kg P₂O₅/ ha/ tahun

Dari jumlah perlakuan tersebut didapat 24 kombinasi yaitu : $P_0R_1, P_0R_2, P_0R_3,$
 $P_0R_4, P_0R_5, P_0R_6, P_1R_1, P_1R_2, P_1R_3, P_1R_4, P_1R_5, P_1R_6, P_2R_1, P_2R_2, P_2R_3, P_2R_4, P_2R_5,$
 $P_2R_6, P_3R_1, P_3R_2, P_3R_3, P_3R_4, P_3R_5, P_3R_6$

3. 4. Denah Percobaan

Dengan 24 kombinasi perlakuan dan 3 ulangan dengan pola split plot,
denah percobaan disusun seperti berikut :



Ilustrasi 1. Denah Peletakan Pot Percobaan

Keterangan : R1U1 - R6U3 = petak utama

P0 - P3 = anak petak

3. 5. Prosedur Penelitian

3. 5. 1. Analisis tanah

Analisis tanah dilakukan terhadap media tanam (tanah latosol dicampur pupuk kandang dalam perbandingan 4 : 1) sebelum dilakukan penanaman. Contoh media yang diambil dianalisis pH tanah dengan menggunakan pH meter secara langsung, N tersedia dengan metode Kjeldahl, P tersedia dengan metode Bray II, dan K tersedia dengan metode K larut dalam air. Hasil analisis tanah menunjukkan N tersedia 0,060 % (sangat rendah), P tersedia 4,66 ppm (sangat rendah), K tersedia 0,22 me / 100 mg (rendah) (Hardjowigeno, 1985).

3. 5. 2. Persiapan tanam

Persiapan media tanam dilakukan dengan mencampur tanah dengan pupuk kandang dalam perbandingan 4:1. Media tanam yang telah tersedia selanjutnya dimasukkan ke dalam pot. Pot plastik sebanyak 72 buah ditempatkan secara acak untuk masing-masing unit perlakuan.

Penanaman rumput menggunakan stek atau pols, sesuai dengan jenis rumput. Setiap pot plastik ditanam 2 stek atau pols. Pemeliharaan dilakukan dengan penyiraman dan penyiangan gulma, hingga umur 4 minggu. Selanjutnya dilakukan potong paksa, rumput yang ditinggalkan \pm 10 cm di atas permukaan tanah. Satu hari sesudah potong paksa, dilakukan pemupukan urea dan KCl masing-masing dosis 250 kg urea/ha dan 150 kg KCl/ha (Reksohadiprodjo, 1994).

3. 5. 3. Pemberian larutan $Al_2(SO_4)_3.H_2O$

Pemasaman tanah dilakukan dengan memberikan larutan $Al_2(SO_4)_3.H_2O$ sebanyak 300 mM (17,55 g/lit) pada tanah dalam pot plastik. Pemberian larutan $Al_2(SO_4)_3.H_2O$ setelah 1 (satu) minggu potong paksa, dilakukan setiap 2 (dua) hari sekali. Penyiraman sekaligus pemberian larutan $Al_2(SO_4)_3.H_2O$ dilakukan sesuai dengan kapasitas lapang selama 6 minggu.

3. 5. 4. Perlakuan pemupukan

Pemupukan fosfor diberikan dalam dua tahap masing-masing setengah dosis, yang diberikan 1 minggu setelah potong paksa (bersamaan dengan dimulainya pemasaman tanah) dan 3 minggu kemudian dalam bentuk SP 36, sesuai dosis perlakuan dengan cara menempatkan pupuk secara ditugal.

3. 6. Parameter yang diamati

Parameter yang diamati dalam penelitian ini terdiri atas serapan fosfor dan kualitas tanaman, terdiri :

- Serapan Fosfor.
- Efisiensi pemanfaatan fosfor.
- Kadar klorofil.
- Aktivitas nitrat reduktase (ANR).
- Kadar serat kasar.
- Kadar protein kasar.
- Produksi Bahan Kering

3. 6. 1. Serapan fosfor

Untuk mengetahui serapan fosfor berdasarkan formula :

Serapan fosfor = Kadar fosfor x produksi Bahan Kering

3. 6. 2. Efisiensi pemanfaatan fosfor

Efisiensi pemanfaatan fosfor didasarkan pada formula Yoshida (1983) dan Mercedes *et al.* , (1993) dalam Kristanto (1998) adalah sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi pemanfaatan fosfor} = \frac{\text{g P Terserap}}{\text{g Bahan Kering Biomass}}$$

Pupuk yang diberikan diasumsikan tidak hilang atau tercuci dan tidak menguap.

Efisiensi yang diamati adalah efisiensi pemanfaatan serapan hara dari pemberian pupuk fosfor.

3. 6. 3. Kadar klorofil

Penetapan kadar klorofil dilakukan dengan metode Suseno *et al.*, (1974).

Kadar klorofil dalam mg klorofil/gr daun segar ditetapkan dengan persamaan :

$$\text{Klorofil total} = \frac{\text{As} \times 1000}{34,5} \times \frac{50}{1000} \times \frac{100}{5} \times \frac{1}{2} \text{ (mg klorofil/g berat daun)}$$

Keterangan :

As = Absorbansi Larutan Sampel

3. 6. 4. Aktivitas nitrat reduktase (ANR)

Pengukuran aktivitas nitrat reduktase dilakukan sesuai petunjuk Hartiko (1987). Aktivitas Nitrat Reduktase (ANR) dinyatakan sebagai jumlah mol nitrit yang terbentuk per gram segar daun per jam.

$$ANR = As \times \frac{1000}{B} \times \frac{1}{T} \times \frac{5}{0,1} \mu \text{ mol NO}_2/\text{g/jam}$$

Keterangan :

ANR = Aktivitas Nitrat Reduktase

T = Waktu Inkubasi (3 jam)

B = Berat Sampel

As = Absorbansi Larutan Sampel

3. 6. 5. Kadar serat kasar

Kadar serat kasar diketahui dengan menggunakan analisis proksiinat Weendes.

3. 6. 6. Kadar protein kasar

Kadar protein kasar diketahui dengan menggunakan analisis metode Kjeldahl, kadar protein kasar dihitung berdasar : % N x 6,25.

3. 6. 7. Produksi bahan kering

Produksi bahan kering diambil setelah defoliasi yaitu 6 minggu setelah perlakuan pemupukan P. Bahan kering diketahui melalui pengeringan oven

dengan suhu 105° C selama 16 jam hingga berat konstan (AOAC 967.03, 1990 dalam Cherney, 2000).

Produksi bahan kering = % BK x Produksi bahan segar

3. 7. Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji ragam dilanjutkan dengan Uji Duncan taraf 5%. Untuk mengetahui respon dari pemupukan fosfor dilakukan uji lanjut dengan menggunakan Uji Polinomial Ortogonal (Gomez dan Gomez,1995).

Model matematisnya adalah sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + e_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \delta_{ijk}$$

Keterangan :

Y_{ijk} = nilai pengamatan dari faktor rumput ke-i aras dosis pupuk P ke-j dan ulangan ke-k.

μ = nilai rata-rata seluruh perlakuan.

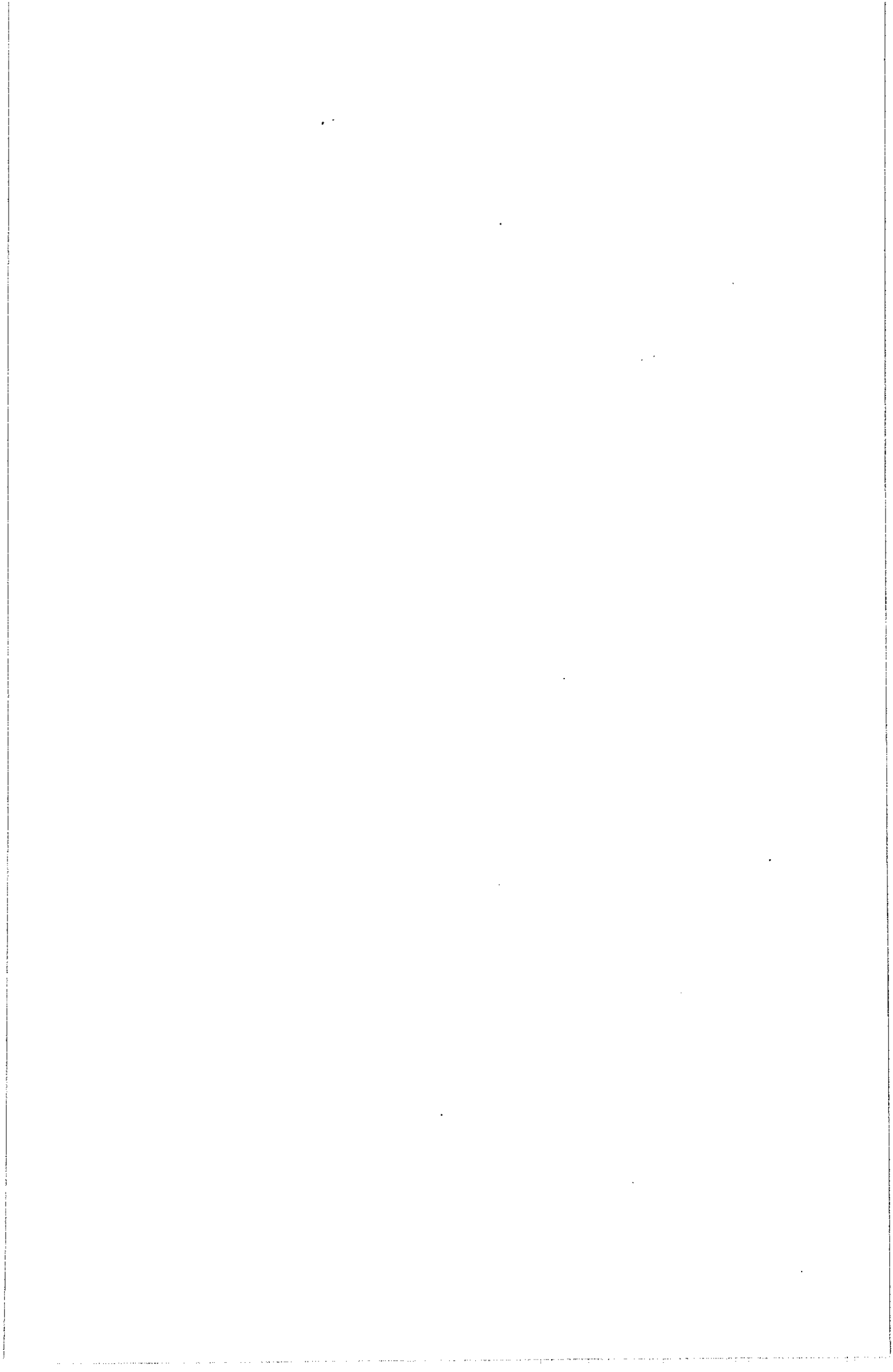
α_i = pengaruh perlakuan rumput ke-i.

e_{ik} = galat petak utama ke-i dan ulangan ke-k.

β_j = pengaruh perlakuan dosis pupuk P ke-j.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = pengaruh interaksi antara rumput ke-i dan perlakuan dosis pupuk P ke-j.

δ_{ijk} = galat yang disebabkan oleh pengaruh rumput ke-i dan perlakuan dosis pupuk P ke-j dan ulangan ke-k.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4. 1. Hasil Penelitian

4. 1. 1. Serapan Fosfor

Data serapan fosfor berbagai jenis rumput pakan dengan berbagai dosis pemupukan P tertera pada Tabel 2. Berdasarkan hasil uji ragam ternyata bahwa jenis rumput, dosis pemupukan P, serta interaksi antara jenis rumput pakan dengan dosis pemupukan P tidak berpengaruh secara nyata terhadap serapan fosfor .

Tabel 2. Serapan Fosfor Berbagai Jenis Rumput Pakan pada Tanah Masam dengan pemupukan P

Jenis rumput	Dosis pupuk P ₂ O ₅ (kg/ha)				Rerata
	0	150	225	300	
	----- mg / pot -----				
<i>B. brizantha</i> (p)	180,81	237,39	201,90	204,60	206,18
<i>B. decumbens</i> (p)	196,45	231,45	183,98	238,15	212,51
<i>P. muticum</i> (p)	160,51	188,59	157,84	191,43	174,59
<i>B. brizantha</i> (d)	203,16	196,90	205,31	182,48	196,96
<i>B. decumbens</i> (d)	201,31	202,83	196,88	212,29	203,33
<i>P. muticum</i> (d)	147,25	154,07	158,70	164,13	156,04
Rerata	181,58	201,87	184,10	198,85	

... Berdasarkan hasil uji Duncan (Tabel 2, lampiran 1) menunjukkan bahwa rerata serapan fosfor pada rumput *Brachiaria brizantha* poliploid tidak berbeda

nyata dengan *B. brizantha* diploid, *Brachiaria decumbens* poliploid tidak berbeda nyata dengan *B. decumbens* diploid, *Panicum muticum* poliploid juga tidak berbeda nyata dengan *P. muticum* diploid ($P > 0,05$).

Respon perlakuan pemupukan P pada berbagai jenis rumput pakan terhadap serapan fosfor tercantum pada Tabel 3 (Lampiran 2 - 7).

Tabel 3. Respon Berbagai Jenis Rumput Pakan dengan Perlakuan Pemupukan P terhadap Serapan Fosfor

Jenis rumput	Persamaan regresi	F _{hitung}	R ² (%)	R(%)	R _{tabel} (%)
<i>B. brizantha</i> (p)	$Y = 195,04 + 0,0659X$	0,53	5,00	22,36 ^{ns}	66,60
<i>B. decumbens</i> (p)	$Y = 198,40 + 0,0836X$	0,75	7,00	26,45 ^{ns}	66,60
<i>P. muticum</i> (p)	$Y = 158,48 + 0,00017X$	0,45	4,30	20,74 ^{ns}	66,60
<i>B. brizantha</i> (d)	$Y = 199,52 - 0,00009X$	0,15	1,50	12,24 ^{ns}	66,60
<i>B. decumbens</i> (d)	$Y = 199,38 + 0,0236X$	0,38	3,60	18,97 ^{ns}	66,60
<i>P. muticum</i> (d)	$Y = 144,54 + 0,0001X$	0,40	3,80	19,50 ^{ns}	66,60

ns = korelasi antara berbagai dosis pupuk P dengan serapan P tidak nyata ($P > 5\%$)

Data Tabel 3 menunjukkan bahwa respon berbagai jenis rumput pakan dengan perlakuan pemupukan P terhadap serapan fosfor, merupakan persamaan linear tidak nyata. Hal ini berarti pemupukan P hingga dosis 300 kg P₂O₅ kg / ha / tahun tidak berpengaruh terhadap serapan fosfornya.

4. 1. 2. Efisiensi Pemanfaatan Fosfor

Data efisiensi pemanfaatan fosfor berbagai jenis rumput pakan dengan berbagai dosis pemupukan P tertera pada Tabel 4 (Lampiran 8). Berdasarkan hasil uji ragam ternyata jenis rumput, demikian pula interaksi antara jenis rumput dengan dosis pupuk P tidak berpengaruh terhadap efisiensi pemanfaatan fosfor.

Dosis pemupukan P nampak kecenderungan berpengaruh terhadap efisiensi pemanfaatan fosfor ($P \leq 0,06$).

Tabel 4. Efisiensi Pemanfaatan Fosfor Berbagai Jenis Rumput Pakan pada Tanah Masam dengan Pemupukan P.

Jenis rumput	Dosis pupuk P_2O_5 (kg/ha)				Rerata
	0	150	225	300	
	----- % -----				
<i>B. brizantha</i> (p)	0,219	0,280	0,244	0,252	0,249
<i>B. decumbens</i> (p)	0,267	0,272	0,235	0,280	0,263
<i>P. muticum</i> (p)	0,253	0,283	0,253	0,313	0,275
<i>B. brizantha</i> (d)	0,252	0,248	0,257	0,226	0,246
<i>B. decumbens</i> (d)	0,235	0,252	0,252	0,251	0,247
<i>P. muticum</i> (d)	0,243	0,252	0,227	0,273	0,249
Rerata	0,245	0,265	0,245	0,266	

Respon perlakuan pemupukan P pada berbagai jenis rumput pakan terhadap efisiensi pemanfaatan fosfor tercantum pada Tabel 5 (Lampiran 9 - 14).

Tabel 5. Respon Berbagai Jenis Rumput Pakan dengan Perlakuan Pemupukan P terhadap Efisiensi Pemanfaatan Fosfor.

Jenis rumput	Persamaan regresi	F_{hitung}	$R^2(\%)$	$R(\%)$	R_{tabel}
<i>B. brizantha</i> (p)	$Y = 0,233 + 0,00009X$	0,89	8,20	28,63 ^{ns}	66,60
<i>B. decumbens</i> (p)	$Y = 0,264 - 0,000005X$	3,43	0,0	0,0 ^{ns}	66,60
<i>P. muticum</i> (p)	$Y = 0,250 + 0,00014X$	2,29	18,60	43,13 ^{ns}	66,60
<i>B. brizantha</i> (d)	$Y = 0,257 - 0,000063X$	0,67	6,30	25,09 ^{ns}	66,60
<i>B. decumbens</i> (d)	$Y = 0,238 + 0,00005X$	2,03	16,90	41,10 ^{ns}	66,60
<i>P. muticum</i> (d)	$Y = 0,239 + 0,00005X$	0,67	6,30	5,09 ^{ns}	66,60

ns = korelasi antara berbagai dosis pupuk P dengan efisiensi penggunaan P tidak nyata ($P > 5\%$)

Berdasarkan Tabel 5 ternyata respon semua jenis rumput pakan berupa persamaan regresi linear tidak nyata. Hal ini berarti peningkatan dosis pupuk P

hingga dosis 300 kg P₂O₅ / ha / tahun tidak berpengaruh terhadap efisiensi pemanfaatan fosfor.

4. 1. 3. Kadar Klorofil

Data kadar klorofil berbagai jenis rumput pakan dengan berbagai dosis pupuk P tertera pada Tabel 6. Berdasarkan hasil uji ragam ternyata jenis rumput berpengaruh sangat nyata terhadap kadar klorofil ($P < 0,01$). Dosis pemupukan P, demikian pula interaksi antara jenis rumput dengan dosis pupuk P tidak berpengaruh secara nyata terhadap kadar klorofil.

Tabel 6. Kadar Klorofil Berbagai Jenis Rumput Pakan pada Tanah Masam dengan Pemupukan P

Jenis rumput	Dosis pupuk P ₂ O ₅ (kg/ha)				Rerata
	0	150	225	300	
	----- mg klorofil / g berat segar -----				
<i>B. brizantha</i> (p)	1,160	1,141	1,184	1,116	1,150 ^a
<i>B. decumbens</i> (p)	1,300	0,971	1,184	1,049	1,126 ^a
<i>P. muticum</i> (p)	0,894	0,769	0,792	1,010	0,866 ^b
<i>B. brizantha</i> (d)	1,174	1,218	1,435	1,227	1,263 ^a
<i>B. decumbens</i> (d)	1,237	1,276	1,111	1,126	1,187 ^a
<i>P. muticum</i> (d)	0,822	0,855	0,855	1,112	0,911 ^b
Rerata	1,098	1,038	1,094	1,106	

Keterangan : superskrip yang berbeda menunjukkan berbeda nyata, berdasarkan uji Duncan 5%.

Berdasarkan hasil uji Duncan (Tabel 6, Lampiran 15) menunjukkan bahwa rerata kadar klorofil rumput *Brachiaria brizantha* poliploid tidak berbeda nyata dengan *B. brizantha* diploid, *Brachiaria decumbens* poliploid dengan diploid juga

tidak berbeda nyata, demikian pula kadar klorofil *Panicum muticum* poliploid dengan diploid tidak berbeda nyata.

Respon perlakuan pemupukan P pada berbagai jenis rumput pakan terhadap kadar klorofilnya tercantum pada Tabel 7 (Lampiran 16 - 21).

Tabel 7. Respon Berbagai Jenis Rumput Pakan dengan Perlakuan Pemupukan P terhadap Kadar Klorofil.

Jenis rumput	Persamaan regresi	F _{hitung}	R ² (%)	R(%)	R _{tabel} (%)
<i>B. brizantha</i> (p)	$Y = 1,16 - 0,000081X$	0,02	0,2	4,47 ^{ns}	66,60
<i>B. decumbens</i> (p)	$Y = 1,24 - 0,000678X$	1,02	9,3	30,49 ^{ns}	66,60
<i>P. muticum</i> (p)	$Y = 0,82 + 0,000241X$	0,20	2,0	14,14 ^{ns}	66,60
<i>B. brizantha</i> (d)	$Y = 1,19 + 0,000423X$	0,40	3,9	19,75 ^{ns}	66,60
<i>B. decumbens</i> (d)	$Y = 1,26 - 0,000454X$	1,31	11,6	34,06 ^{ns}	66,60
<i>P. muticum</i> (d)	$Y = 0,77 + 0,000799X$	4,51	31,1	55,77 ^{ns}	66,60

ns = korelasi antara berbagai dosis pupuk P dengan kadar klorofil tidak nyata ($P > 5\%$)

Berdasarkan Tabel 7 ternyata respon semua jenis rumput pakan merupakan persamaan regresi linear tidak nyata. Hal ini berarti penambahan dosis pupuk P hingga 300 kg P₂O₅ / ha / tahun tidak mengubah kandungan klorofil dalam berbagai jenis rumput pakan.

4. 1. 4. Aktivitas Nitrat Reduktase

Data aktivitas nitrat reduktase berbagai jenis rumput pakan dengan berbagai dosis pemupukan P tertera pada Tabel 8 (Lampiran 22). Berdasarkan hasil uji ragam ternyata bahwa jenis rumput, dosis pemupukan P, demikian pula interaksi antara jenis rumput dengan dosis pemupukan P tidak berpengaruh terhadap aktivitas nitrat reduktase.

Tabel 8. Aktivitas Nitrat Reduktase Berbagai Jenis Rumput Pakan pada Tanah Masam dengan Pemupukan P.

Jenis rumput	Dosis pupuk P ₂ O ₅ (kg/ha)				Rerata
	0	150	225	300	
	----- μ mol NO ₂ /g/jam-----				
<i>B. brizantha</i> (p)	25,511	22,662	25,178	19,869	23,305
<i>B. decumbens</i> (p)	22,607	20,165	29,119	20,998	23,222
<i>P. muticum</i> (p)	27,898	26,899	25,031	28,842	27,168
<i>B. brizantha</i> (d)	14,412	25,715	25,956	28,842	23,731
<i>B. decumbens</i> (d)	22,663	23,273	24,735	27,787	24,615
<i>P. muticum</i> (d)	24,087	26,307	25,012	22,200	24,402
Rerata	22,863	24,170	25,838	24,756	

Respon perlakuan pemupukan P pada berbagai jenis rumput pakan terhadap aktivitas nitrat reduktasinya tercantum pada Tabel 9 (Lampiran 23 - 28).

Tabel 9. Respon Berbagai Jenis Rumput Pakan dengan Perlakuan Pemupukan P terhadap Aktivitas Nitrat Reduktase (ANR)

Jenis rumput	Persamaan regresi	F _{hitung}	R ² (%)	R(%)	R _{tabel} (%)
<i>B. brizantha</i> (p)	Y = 25,7 - 0,0143X	0,87	8,0	28,28 ^{ns}	66,60
<i>B. decumbens</i> (p)	Y = 22,5 + 0,0041X	0,05	0,5	7,07 ^{ns}	66,60
<i>P. muticum</i> (p)	Y = 27,2 - 0,00038X	0,00	0,00	0,00 ^{ns}	66,60
<i>B. brizantha</i> (d)	Y = 15,7 + 0,0474 X	31,01	75,6	86,95*	66,60
<i>B. decumbens</i> (d)	Y = 21,9 + 0,0168X	3,03	23,2	48,17 ^{ns}	66,60
<i>P. muticum</i> (d)	Y = 25,2 - 0,00482X	0,27	2,7	16,43 ^{ns}	66,60

* = korelasi antara berbagai dosis pupuk P dengan ANR nyata (P < 5%)

ns = korelasi antara berbagai dosis pupuk P dengan ANR tidak nyata (P > 5%)

Tabel 9 menunjukkan bahwa respon rumput pakan *B. brizantha* diploid terhadap aktivitas nitrat reduktasinya, merupakan persamaan linear positif. Hal ini berarti dengan penambahan dosis pupuk P, meningkatkan aktivitas nitrat

reduktasinya. Jenis rumput pakan yang lain (*B. brizantha* poliploid, *B. decumbens* poliploid dan diploid, *P. muticum* poliploid dan diploid) responnya berupa persamaan linear tidak nyata. Hal ini berarti pemupukan P hingga 300 kg P_2O_5 / ha / tahun tidak mengubah aktivitas nitrat reduktasinya.

4. 1. 5. Kadar Protein Kasar

Data kadar protein kasar berbagai jenis rumput pakan dengan berbagai dosis pemupukan P tertera pada Tabel 10. Berdasarkan hasil uji ragam ternyata jenis rumput pakan berpengaruh nyata terhadap kadar protein kasar ($P < 0,05$). Dosis pemupukan P, demikian pula interaksi antara jenis rumput dengan dosis pemupukan P, tidak berpengaruh secara nyata terhadap kadar protein kasar.

Tabel 10. Kadar Protein Kasar Berbagai Jenis Rumput Pakan pada Tanah Masam dengan Pemupukan P

Jenis rumput	Dosis pupuk P_2O_5 (kg/ha)				Rerata
	0	150	225	300	
	----- % -----				
<i>B. brizantha</i> (p)	13,95	12,81	15,00	13,14	13,72 ^{abc}
<i>B. decumbens</i> (p)	12,49	11,70	12,95	9,43	11,64 ^{bc}
<i>P. muticum</i> (p)	14,93	15,19	14,26	14,72	14,78 ^{ab}
<i>B. brizantha</i> (d)	10,37	8,82	11,71	11,89	10,70 ^c
<i>B. decumbens</i> (d)	11,72	11,59	14,26	14,53	13,03 ^{abc}
<i>P. muticum</i> (d)	16,31	14,95	16,66	16,08	16,00 ^a
Rerata	13,29	12,51	14,14	13,30	

Keterangan : superskrip yang berbeda menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji Duncan 5%.

Berdasarkan hasil uji Duncan (Tabel 10 Lampiran 29) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata kadar protein kasar pada *B. brizantha* poliploid

dengan *B. brizantha* diploid, *B. decumbens* poliploid dengan *B. decumbens* diploid, dan *P. muticum* poliploid *P. muticum* diploid.

Respon berbagai jenis rumput pakan terhadap kadar protein kasar tercantum pada Tabel 11 (Lampiran 30 - 35).

Tabel 11. Respon Berbagai Jenis Rumput Pakan dengan Perlakuan Pemupukan P terhadap Kadar Protein Kasar

Jenis rumput	Persamaan regresi	F _{hitung}	R ² (%)	R(%)	R _{tabel} (%)
<i>B. brizantha</i> (p)	Y = 13,8 - 0,0005X	0,00	0,00	0,00 ^{ns}	66,60
<i>B. decumbens</i> (p)	Y = 12,9 - 0,00732X	2,04	16,9	41,10 ^{ns}	66,60
<i>P. muticum</i> (p)	Y = 15,0 - 0,00143X	0,07	0,7	8,36 ^{ns}	66,60
<i>B. brizantha</i> (d)	Y = 9,66 + 0,00616X	1,60	13,8	37,14 ^{ns}	66,60
<i>B. decumbens</i> (d)	Y = 11,3 + 0,0104X	3,41	25,4	50,39 ^{ns}	66,60
<i>P. muticum</i> (d)	Y = 16,0 + 0,00030X	0,00	0,00	0,00 ^{ns}	66,60

ns = korelasi antara berbagai dosis pupuk P dengan kandungan protein kasar tidak nyata (P > 5%)

Berdasar Tabel 11 diketahui respon semua jenis rumput pakan terhadap kadar protein kasar merupakan persamaan regresi linear tidak nyata. Hal ini berarti bahwa penambahan dosis pupuk P hingga dosis 300 kg P₂O₅ / ha / tahun tidak mengubah kadar protein kasar rumput pakan.

4. 1. 6. Kadar Serat Kasar

Data kadar serat kasar berbagai jenis rumput pakan dengan berbagai dosis pemupukan P tertera pada Tabel 12. Berdasarkan hasil uji ragam ternyata jenis rumput pakan, dosis pemupukan P, serta interaksi antara jenis rumput dengan

dosis pemupukan P berpengaruh sangat nyata terhadap kadar serat kasar ($P < 0,01$).

Tabel 12. Kadar Serat Kasar Berbagai Jenis Rumput Pakan pada Tanah Masam dengan Pemupukan P.

Jenis rumput	Dosis pupuk P_2O_5 (kg/ha)				Rerata
	0	150	225	300	
	----- % -----				
<i>B. brizantha</i> (p)	23,78 ⁱ	24,56 ^{ih}	28,29 ^{abc}	26,91 ^{cde}	25,88 ^r
<i>B. decumbens</i> (p)	26,02 ^{efgh}	25,27 ^{fgh}	25,89 ^{efgh}	26,41 ^{efg}	25,90 ^r
<i>P. muticum</i> (p)	26,95 ^{cde}	25,18 ^{fghi}	26,43 ^{efg}	29,00 ^a	26,89 ^q
<i>B. brizantha</i> (d)	27,99 ^{abcd}	28,00 ^{abcd}	28,28 ^{abc}	28,52 ^{ab}	28,20 ^p
<i>B. decumbens</i> (d)	27,16 ^{bcde}	26,65 ^{def}	29,21 ^a	25,97 ^{efgh}	27,25 ^q
<i>P. muticum</i> (d)	25,34 ^{fgh}	25,19 ^{fghi}	27,96 ^{abcd}	25,09 ^{ghi}	25,90 ^r
Rerata	26,21 ^o	25,81 ^o	27,68 ^m	26,98 ⁿ	

Keterangan : superskrip yang berbeda menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji Duncan 5%.

Berdasarkan hasil uji Duncan (Tabel 12, Lampiran 36) ternyata bahwa kadar serat kasar rumput pakan *B. brizantha* poliploid berbeda nyata dengan *B. brizantha* diploid, *B. decumbens* poliploid dengan *B. decumbens* diploid dan *P. muticum* poliploid dengan *P. muticum* diploid.

Respon perlakuan pemupukan P pada berbagai jenis rumput pakan terhadap kadar serat kasar dapat dilihat pada Tabel 13 (Lampiran 37 - 42).

Tabel 13. Respon Berbagai Jenis Rumput Pakan dengan Perlakuan Pemupukan P terhadap Kadar Serat Kasar

Jenis rumput	Persamaan regresi	F _{hitung}	R ² (%)	R(%)	R _{tabel} (%)
<i>B. brizantha</i> (p)	Y = 23,70 + 0,0132X	12,66	55,90	74,77*	66,60
<i>B. decumbens</i> (p)	Y = 25,70 + 0,00119X	0,37	3,60	18,97 ^{ns}	66,60
<i>P. muticum</i> (p)	Y = 26,00 + 0,00556X	1,82	15,40	39,24 ^{ns}	66,60
<i>B. brizantha</i> (d)	Y = 27,91 + 0,00172X	0,62	5,90	24,29 ^{ns}	66,60
<i>B. decumbens</i> (d)	Y = 27,40 - 0,00063X	0,03	0,30	5,48 ^{ns}	66,60
<i>P. muticum</i> (d)	Y = 25,50 + 0,00241X	0,38	3,60	18,97 ^{ns}	66,60

* = korelasi antara berbagai dosis pupuk P dengan kadar serat kasar nyata (P < 5%)

ns = korelasi antara berbagai dosis pupuk P dengan kadar serat kasar tidak nyata (P > 5%).

Berdasarkan Tabel 13 ternyata dengan pemupukan P respon rumput *Brachiaria brizantha* poliploid berupa persamaan regresi linear positif, ini berarti peningkatan dosis pupuk P berpengaruh meningkatkan kadar serat kasar. Rumput pakan *B. brizantha* diploid, *B. decumbens* poliploid dan diploid, *P. muticum* poliploid dan diploid responnya berupa persamaan regresi linear tidak nyata. Hal ini berarti peningkatan dosis pupuk P hingga 300 kg P₂O₅ / ha / tahun tidak berpengaruh terhadap kadar serat kasar ke lima jenis rumput tersebut.

4. 1. 7. Produksi Bahan Kering

Data produksi bahan kering berbagai jenis rumput pakan dengan berbagai dosis pemupukan P tertera pada Tabel 14. Berdasarkan hasil uji ragam ternyata jenis rumput pakan berpengaruh nyata terhadap produksi bahan kering (P < 0,05). Dosis pemupukan P serta interaksi antara jenis rumput dengan dosis pemupukan P tidak berpengaruh secara nyata terhadap produksi bahan kering.

Tabel 14. Produksi Bahan Kering Berbagai Jenis Rumput Pakan pada Tanah Masam dengan Pemupukan P

Jenis rumput	Dosis pupuk P ₂ O ₅ (kg/ha)				Rerata
	0	150	225	300	
	----- g / pot -----				
<i>B. brizantha</i> (p)	82,553	84,961	82,916	80,959	82,842 ^a
<i>B. decumbens</i> (p)	73,443	85,065	78,671	84,827	80,502 ^a
<i>P. muticum</i> (p)	63,823	66,768	62,434	60,265	63,323 ^b
<i>B. brizantha</i> (d)	80,824	80,071	79,656	81,967	80,629 ^a
<i>B. decumbens</i> (d)	85,713	80,196	78,341	84,700	82,237 ^a
<i>P. muticum</i> (d)	59,709	60,937	62,558	60,352	60,889 ^b
Rerata	74,341	76,333	74,096	75,512	

Keterangan : superskrip yang berbeda menyatakan berbeda nyata berdasarkan uji Duncan 5%.

Berdasarkan hasil uji Duncan (Tabel 14, lampiran 43) menunjukkan bahwa rerata produksi bahan kering pada rumput *Brachiaria brizantha* poliploid tidak berbeda nyata dengan *B. brizantha* diploid, *Brachiaria decumbens* poliploid tidak berbeda nyata dengan *B. decumbens* diploid, *Panicum muticum* poliploid tidak berbeda nyata dengan *P. muticum* diploid ($P > 0,05$).

Tabel 15. Respon Berbagai Jenis Rumput Pakan dengan Perlakuan Pemupukan P terhadap Produksi Bahan Kering

Jenis rumput	Persamaan regresi	F _{hitung}	R ² (%)	R(%)	R _{tabel} (%)
<i>B. brizantha</i> (p)	Y = 83,63 - 0,00468X	7,33	0,70	8,36 ^{ns}	66,60
<i>B. decumbens</i> (p)	Y = 75,10 + 0,0319X	2,20	18,00	42,42 ^{ns}	66,60
<i>P. muticum</i> (p)	Y = 65,38 - 0,01219X	0,18	1,00	10,00 ^{ns}	66,60
<i>B. brizantha</i> (d)	Y = 77,62 + 0,0001X	1,76	0,20	4,47 ^{ns}	66,60
<i>B. decumbens</i> (d)	Y = 83,76 - 0,00902X	0,32	3,10	17,60 ^{ns}	66,60
<i>P. muticum</i> (d)	Y = 60,12 + 0,00450X	2,67	0,30	5,47 ^{ns}	66,60

ns = korelasi antara berbagai dosis pupuk dengan produksi bahan kering tidak nyata ($P > 5\%$)

Berdasarkan Tabel 15 (Lampiran 44 - 49) ternyata respon semua jenis rumput pakan merupakan persamaan regresi linear tidak nyata, hal ini berarti penambahan dosis pupuk P hingga dosis 300 kg P₂O₅ / ha / tahun tidak mengubah produksi bahan kering berbagai jenis rumput pakan.

4. 1. 8. Responsibilitas Kumulatif Rumput Pakan Poliploid

Responsibilitas berbagai rumput pakan poliploid dalam kondisi cekaman kemasaman tanah ternyata berbeda-beda diukur berdasarkan beberapa parameter penelitian, demikian pula dengan pemupukan P dalam berbagai dosis, ternyata responnya berbeda pula. Berikut ini urutan responsibilitas rumput pakan poliploid tersebut.

Tabel 16. Urutan Responsibilitas Rumput Pakan Poliploid Berdasarkan Beberapa Parameter Penelitian.

Jenis rumput	khlorofil	ANR	PK	SK	PBK	Serapan P	EPP	rerata	urutan
<i>B.brizantha</i> (p)	1,160 (2)	25,511 (2)	13,95 (2)	23,78 (3)	82,553 (3)	180,81 (2)	0,219 (1)	2,14	{1} {2}
<i>B. decumbens</i> (p)	1,300 (3)	22,607 (1)	12,49 (1)	26,02 (2)	73,443 (2)	196,45 (3)	0,267 (3)	2,14	{2} {1}
<i>P. muticum</i> (p)	0,894 (1)	27,898 (3)	14,93 (3)	26,95 (1)	63,823 (1)	160,51 (1)	0,253 (2)	1,71	{3} {3}

Keterangan : angka dalam () menunjukkan skor masing-masing jenis rumput pakan poliploid
 angka dalam { } menunjukkan urutan responsibilitas berbagai jenis rumput pakan poliploid

Diantara berbagai jenis rumput pakan poliploid yang tumbuh dalam kondisi cekaman kemasaman tanah, rumput pakan *B. brizantha* dan *B. decumbens* memberikan respon lebih tinggi, berdasarkan beberapa parameter penelitian. Rumput pakan *P. muticum* menempati urutan paling bawah.

Tabel 17. Urutan Responsibilitas Rumput Pakan Poliploid terhadap Pemupukan P

Jenis rumput	khlorofil	ANR	PK	SK	PBK	Serapan P	EPP	urutan
<i>B. brizantha</i> (p)	0	0	0	0,01	0	0	0	{1} {1}
<i>B. decumbens</i> (p)	0	0	0	0	0	0	0	{2} {3}
<i>P. muticum</i> (p)	0	0	0	0	0	0	0	{3} {2}

Keterangan : angka dalam { } menunjukkan urutan responsibilitas berbagai jenis rumput pakan poliploid terhadap pemupukan P

Diantara berbagai rumput poliploid yang tumbuh dalam kondisi cekaman kemasaman tanah dengan pemupukan P dalam berbagai dosis, ternyata respon berbagai jenis rumput pakan berurutan *B. brizantha*, diikuti *B. decumbens* dan *P. muticum*, atau *B. brizantha*, diikuti *P. muticum* dan *B. decumbens*. Hal ini berarti dalam kondisi cekaman kemasaman tanah, pemupukan P memberikan respon paling tinggi pada rumput *B. brizantha* poliploid berdasarkan berbagai parameter penelitian.

4. 2. Pembahasan

Pembahasan terhadap hasil penelitian dipilah dalam dua sisi pandang, yaitu dari sisi media tanaman rumput pakan dan sisi metabolisme tanaman rumput pakan.

4. 2. 1. Media Tanaman Rumput Pakan

Tanaman rumput pakan yang digunakan dalam penelitian ditumbuhkan dalam media campuran tanah, dan pupuk kandang dalam perbandingan 4 : 1. Tanah yang digunakan adalah tanah sekitar Tembalang jenis latosol. Media tanam ini mendapat perlakuan pemasaman dengan menggunakan tawas $[Al_2(SO_4)_3 \cdot H_2O]$ sehingga pH mencapai 3,5 dalam kondisi kapasitas lapang. Berdasarkan kajian

dari beberapa sumber, media tumbuh tanaman yang bersifat masam mempunyai beberapa pengaruh negatif.

Dalam keadaan kemasaman-Al tanaman mengalami gangguan fisiologi maupun morfologi, gejala yang mudah diamati yaitu pada akar. Pada akar utama terjadi penebalan dan pemendekan, yang disebabkan oleh hambatan pembelahan dan pemanjangan sel (Simpson, 1986; FAO, 2000; Pitraszewska, 2001; Anwar *et al.*, 2003). Selanjutnya Winfried dan Felle (1999) menyatakan bahwa pola pH permukaan berhubungan dengan pertumbuhan ujung akar, dan terdapat hubungan fungsional antara pH diluar sel dengan kecepatan pertumbuhan bagian proksimal tudung akar. Selanjutnya diketahui bahwa sensitivitas ujung akar terhadap keasaman yang berdampak terhambatnya pertumbuhan, disebabkan kegoncangan homeostasis $[Ca^{2+}]_{cyt}$ dalam sitoplasma (Rengel, 1992; Kochian, 1995). Fitter dan Hay (1994) menyatakan bahwa toksisitas aluminium menyebabkan kerusakan dasar pada membran sel, sehingga tanaman mengalami kebocoran / kehilangan ion K^+ sepanjang plasmalemma. Selanjutnya dikatakan bahwa dalam sistem tumbuhan, senyawa kompleks aluminium menghambat H^+ ATPase membran plasma sel akar tanaman.

Clarkson dan Sanderson (1971) demikian pula Fitter dan Hay (1994) menyatakan bahwa pada tanah dengan $pH < 5$ terjadi penurunan ketersediaan ion $H_2PO_4^-$ pada permukaan akar serta terjadi penghambatan pengambilan dan transport Ca^{2+} , lagi pula metabolisme DNA terganggu. Façanha dan Façanha (2002) membuktikan terjadi penghambatan serapan fosfat oleh akar tanaman akibat dari penambahan senyawa kompleks aluminium dalam tanah.

Berdasarkan berbagai pendapat tersebut, diduga tanaman rumput pakan yang digunakan dalam percobaan mengalami hambatan dalam hal kemampuan memperoleh sumber daya air maupun unsur hara, serta hambatan kemampuan penggunaan sumberdaya tersebut.

4. 2. 2. Metabolisme Tanaman Rumput Pakan

Metabolisme tanaman rumput pakan meliputi metabolisme primer dan metabolisme sekunder. Metabolisme primer menghasilkan produk metabolit yang dibutuhkan oleh sel dan langsung dipergunakan untuk pertumbuhan dan hidup. Metabolisme sekunder menghasilkan produk yang tidak dipergunakan langsung oleh sel bagi pertumbuhannya. Dalam masing-masing proses tersebut di muka terlibat berbagai enzim, maupun senyawa lain hasil metabolisme; sehingga suatu proses dapat terpengaruh oleh proses yang lain (Arbianto, 1994; Robinson, 1995).

Dalam kondisi cekaman kemasaman tanah akibat ion aluminium, proses metabolisme tanaman rumput mengalami berbagai kendala, berupa terhambatnya pengambilan air dan zat hara akibat rusaknya ujung akar, terhambatnya penggunaan zat hara untuk proses metabolisme, gangguan fungsi enzim. Kendala metabolisme ini termasuk juga proses fosforilasi yang merupakan proses penting masuk dalam proses respirasi (Suseno, 1974; Façanha dan Façanha , 2002)

4. 2. 2. 1. Serapan Fosfor dan Efisiensi Pemanfaatan Fosfor

Penyerapan fosfor oleh tumbuhan dan pemanfaatannya di dalam jaringan tumbuhan tergantung pada banyak hal, antara lain pH media tanam serta

ketersediaan unsur hara (Salisbury dan Ross, 1995). Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan pemupukan P hingga dosis 300 kg P₂O₅ / ha / tahun ternyata tidak berpengaruh terhadap serapan fosfor maupun efisiensi pemanfaatan fosfor. Keadaan ini diduga karena dalam kondisi cekaman kemasaman media tanam, serapan fosfor maupun unsur hara lain mengalami hambatan. Hambatan ini terjadi akibat jerapan fosfor oleh ion-ion Al (Hakim *et al.*, 1986; Foth, 1994), atau karena kerusakan ujung akar tanaman, terutama pada membran dasar sel (Cregan, 2000; FAO, 2000; Duncan 2002; Façanha dan Façanha, 2002).

4. 2. 2 .2. Kandungan Klorofil

Klorofil adalah pigmen hijau yang terdapat pada semua tumbuhan tingkat tinggi diatas Alga. Terdapat dua macam khlorofil yaitu klorofil a dan klorofil b, perbandingan keduanya biasanya sekitar 3 : 1. Klorofil adalah salah satu sistem cincin porfirin, yang dalam tumbuhan berfungsi sebagai gugus prostetik enzim. Porfirin alam tampak semuanya mengandung logam yang terikat pada pusat molekul, pigmen klorofil mengandung magnesium. Bentuk fungsional klorofil dalam tumbuhan terikat pada protein, berupa senyawa kompleks klorofil-protein yang terdapat dalam daun (Robinson, 1995). Klorofil disintesa dalam tumbuhan, dengan menggunakan energi dari ATP, merupakan derivat dari senyawa -senyawa organik asam amino dan asam yang larut dalam air; sehingga defisien salah satu dari keduanya (selain faktor suhu, pH) akan berakibat terhambatnya sintesa klorofil (Suseno, 1974; Robinson, 1995).

Dari hasil penelitian diketahui bahwa penambahan pupuk P hingga dosis 300 kg/ha/tahun tidak berpengaruh terhadap kandungan klorofil. Berdasarkan pendapat Suseno (1974) dan Robinson (1995) bahwa untuk sintesa klorofil dibutuhkan asam organik yang larut dalam air, asam amino, dan ATP sebagai sumber energi. Dalam kondisi cekaman kemasaman tanah (dalam hal ini oleh ion aluminium) serapan hara untuk membentuk senyawa bahan dasar klorofil terhambat, demikian pula serapan fosfat juga terhambat (Façanha dan Façanha, 2002).

4. 2. 2. 3. Aktivitas Nitrat Reduktase

Nitrat Reduktase pada tumbuhan berupa senyawa NAD (nicotinamide adenine dinucleotide) dan NADP (nicotinamide adenine dinucleotide phosphate). Dalam bentuk tereduksi senyawa ini menjadi NADH_2 dan NADPH_2 (Robinson, 1995). Aktivitas nitrat reduktase dipengaruhi berbagai hal antara lain pH, suhu, konsentrasi substrat, konsentrasi enzim (Arbianto, 1994).

Proses reduksi nitrat adalah suatu reaksi endothermik, proses reduksi ini tergantung pada adanya sumber energi. Terdapat dua kemungkinan sumber energi, yang keduanya mempunyai peran, tergantung pada bagian tumbuhan. NADH_2 / NADPH_2 molekul hidrogennya berasal dari proses fotolisa penguraian air, kemungkinan lain NADH_2 / NADPH_2 berasal dari hasil reduksi tahap-tahap proses respirasi (Suseno, 1974).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat pemupukan P tidak berpengaruh terhadap aktivitas nitrat reduktase pada ke lima jenis rumput pakan,

kecuali *Brachiaria brizantha* diploid. Keadaan demikian diduga bahwa pemupukan P hingga dosis 300kg P₂O₅ kg/ha/tahun tidak berpengaruh terhadap fotolisa air, maupun proses respirasi, disebabkan hambatan serapan senyawa fosfor akibat kemasaman media tanam.

4. 2. 2. 4. Protein Kasar

Protein adalah bentuk polimer dari asam-asam amino. Asam amino disintesa dalam tumbuhan, reaksi dasar pembentukan asam amino adalah reaksi-reaksi amonia dengan asam α keto. Reaksi ini berlangsung dalam dua tahap, yang pertama penambahan amonia dalam pembentukan asam α imino, kemudian direduksi menjadi asam amino, keseluruhan proses ini disebut aminasi reduktif (Suseno, 1974; Arbianto, 1994). Sumber utama dari asam α keto di dalam tumbuhan adalah siklus Krebs's, demikian juga NADH₂ / NADPH₂ sebagai pereduksi juga berasal dari proses respirasi. Jadi aminasi reduktif ada hubungan dengan respirasi dan fotosintesa, karena keduanya dapat membentuk asam piruvat. Apabila dalam tumbuhan cukup tersedia nitrat atau amonia, maka faktor yang menghambat laju pembentukan asam amino adalah faktor-faktor yang menghambat siklus Krebs's, yaitu : kadar karbohidrat rendah akibat terhambatnya fotosintesa, kondisi anaerobik, dan adanya senyawa toksik terhadap respirasi (Suseno, 1974).

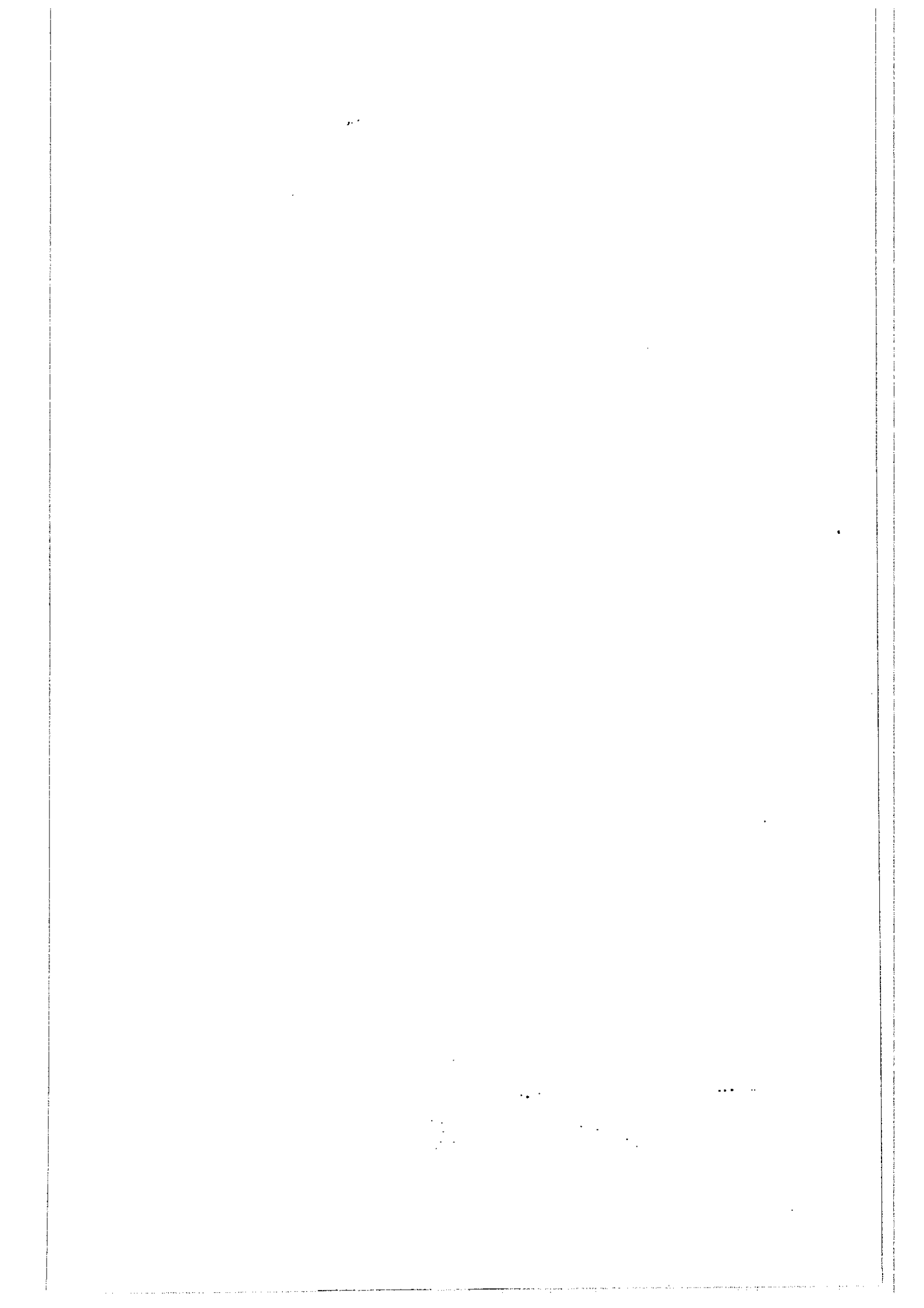
Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat pemupukan P tidak berpengaruh terhadap kadar protein kasar, diduga hal ini karena pemupukan P hingga dosis 300 kg P₂O₅ / ha / tahun tidak mengubah laju respirasi maupun

fotosintesa, yang merupakan proses penghasil asam α keto dan NADH₂ / NADPH₂. Kondisi ini terjadi akibat serapan air, unsur hara (termasuk P), serta pemanfaatan unsur hara mengalami hambatan akibat kemasaman media tanam (Façanha dan Façanha, 2002).

4. 2. 2. 5. Serat Kasar

Serat kasar dalam tumbuhan terbentuk karena proses lignifikasi jaringan tumbuhan. Pada tumbuhan proses lignifikasi terjadi seiring dengan proses pertambahan umur, sehingga makin tua umur tumbuhan semakin besar pula hasil lignifikasinya. Selain itu proses lignifikasi juga dapat terjadi sebagai respon tumbuhan terhadap lingkungan sekitar yang tidak menguntungkan / mencekam. Dalam kondisi tercekam pada umumnya proses penuaan tumbuhan datang lebih awal dari biasanya (Robinson, 1995; Sitompul dan Guritno, 1995).

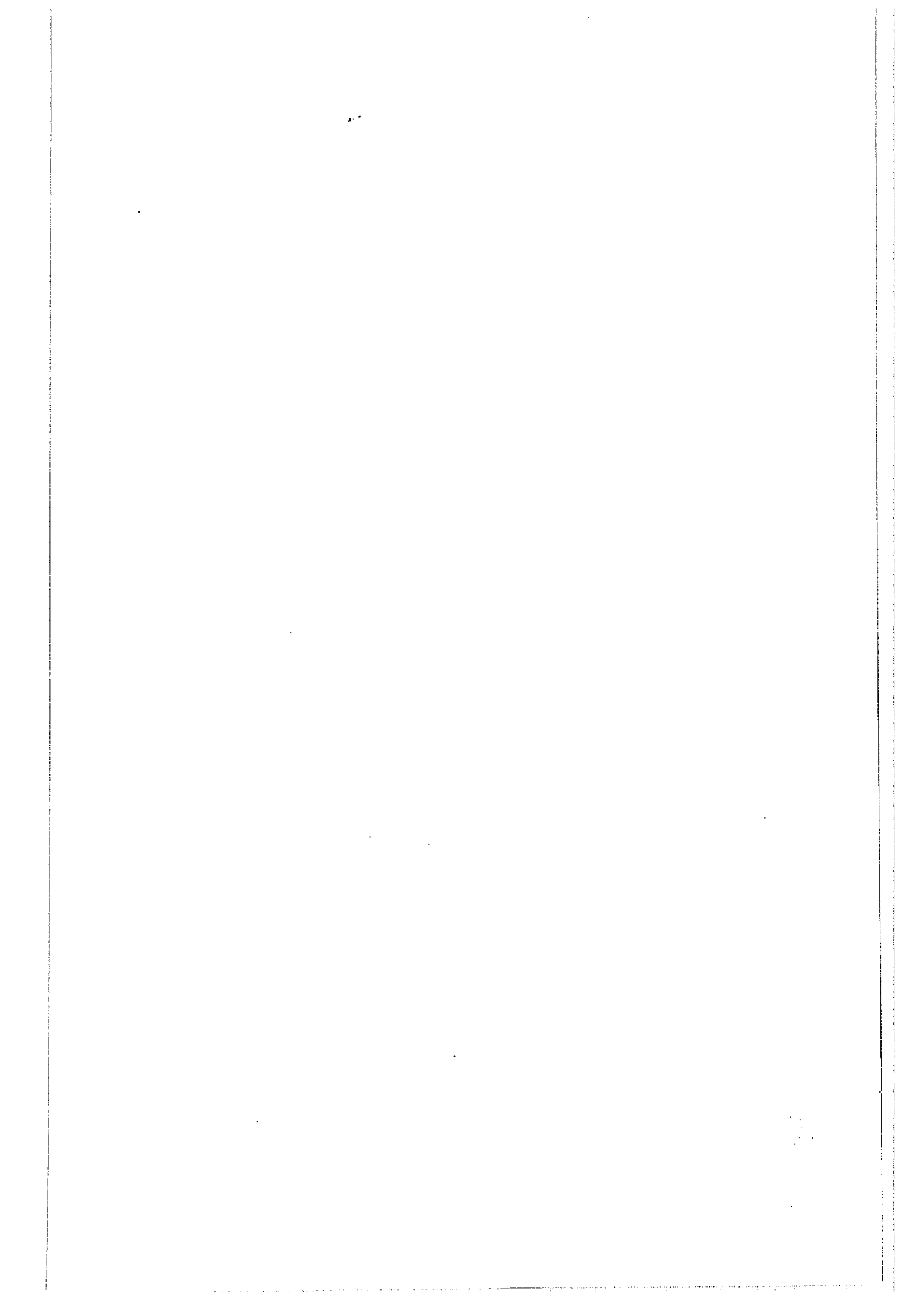
Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan pupuk P pada kelima tanaman rumput pakan tidak berpengaruh terhadap kandungan serat kasar, kecuali *Brachiaria brizantha* poliploid peningkatan pupuk P meningkatkan kandungan serat kasar. Hal ini berarti dengan atau tanpa pemberian pupuk, laju proses lignifikasi berlangsung dengan kecepatan yang sama, kecuali *Brachiaria brizantha* poliploid yang responsif dengan pemupukan P. Pada rumput ini diduga peningkatan pemupukan P, meningkatkan pula tingkat cekaman media tanam, sehingga tumbuhan beradaptasi dengan lignifikasi yang lebih intensif.



BAB V

KESIMPULAN

1. Tidak terdapat perbedaan respons rumput pakan poliploid maupun diploid terhadap berbagai dosis pemupukan fosfor dalam kondisi cekaman kemasaman tanah, berdasar parameter serapan fosfor, dan efisiensi pemanfaatan fosfor, kandungan klorofil, aktivitas nitrat reduktase, kandungan protein kasar, dan produksi bahan kering.
2. Berdasarkan parameter kandungan serat kasar rumput pakan *Brachiaria brizantha* poliploid memberikan respon lebih tinggi dibandingkan rumput pakan yang lain.
3. Rumput pakan poliploid yang memiliki potensi genetik tinggi berdasar parameter penelitian berturut-turut : 1) *Brachiaria brizantha*, 2) *Brachiaria decumbens*, dan 3) *Panicum muticum* atau 1) *Brachiaria decumbens*, 2) *Brachiaria brizantha* dan 3) *Panicum muticum*.
4. Rumput pakan poliploid yang responsif terhadap pemupukan P dalam kondisi cekaman kemasaman tanah berturut-turut : 1) *Brachiaria brizantha*, 2) *Brachiaria decumbens*, 3) *Panicum muticum* atau 1) *Brachiaria brizantha*, 2) *Panicum muticum* 3) *Brachiaria decumbens*.



DAFTAR PUSTAKA

- Adam, F. dan B. L. Moore. 1983. Chemical Factors Affecting Root Growth in Subsoil Horizons of Coastal Plain Soils. *Soil Science Society American Journal* 47 : 99 – 102.
- Anwar, S., F.Kusmiyati, dan Sumarsono. 2003. Pengembangan Tanaman Rumput Pakan Unggul yang Toleran Cekaman Aluminium dan Salinitas. Laporan Hibah Bersaing, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.
- Arbianto, P. 1994. Biokimia Konsep-Konsep Dasar. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi – Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan, Jakarta.
- Bogdan, A.V. 1977. *Tropical Pasture and Fodder Plants (Grasses and Legumes)*. Longman, London and New York.
- Cherney, D.J.R. 2000. Characterization of Forages by Chemical Analysis, dalam *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. Editor D.I. Givens. CABI Publishing, New York.
- Clarkson, D.T., dan J. Sanderson. 1971. Inhibition of the Uptake and Longdistance Transport of Calcium by Aluminium and Other Polyvalent Cations. *Journal Exploring Botany* 23 : 837 – 851.
- Cregan, P. 2000. The Acid soil problem defined. New South Wales Department of Agriculture, New South Wales.
- Crowder, L.V. 1997. *Genetika Tumbuhan*. Diterjemahkan oleh L. Kusdiarti. Gadjah Mada university Press. Yogyakarta.
- Duncan, M.R., 2002. Soil acidity and P deficiency. *Acid Soil Action*, New South Wales Agriculture, New South Wales.
- Departemen Pertanian. 1985. *Hijauan Makanan Ternak dan Cara Pengawetannya*. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. 1991. *Kesuburan Tanah*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.
- Food and Agriculture Organization of The United Nations. 2000. Strongly acid soils with aluminium toxicity. *Land and Plant Nutrition Management Service* : 1 – 20.

- Façanha, A.R., dan A.L.O. Façanha. 2002. Inhibition of Phosphate Uptake in Corn Roots by Aluminum-Fluoride Complexes. *Plant Physiology* 129 : 1763 – 1772.
- Feng Yan, R. Feuerle, S. Schäffer, H. Fortmeier, dan S. Schubert. 1998. Adaptation of Active Proton Pumping and Plasmalemma ATPase Activity of Corn Roots to Low Root Medium pH. *Plant Physiology* 117 : 311 – 319.
- Fitter, A.H., dan R.K.M., Hay. 1994. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Diterjemahkan oleh Sri Andani dan E.D. Purbayanti, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Foth, H.D. 1994. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Terjemahan Soenartono Adisoemarto, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Gomez, K.A., dan A.A. Gomez. 1995. *Prosedur Statistik Untuk Penelitian Pertanian*. Terjemahan E. Sjamsuddin dan J.S. Baharsjah. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Goodenough, U. 1988. *Genetika*. Diterjemahkan oleh Soenartono Adisoemarto, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hakim, N. , M.Y. Nyakpa, A.M. Lubis, S.G. Nugroho, M.R. Saul, M.A. Diha, Go Ban Hong, H.H. Bailey. 1986. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Penerbit Universitas Lampung.
- Harjadi, S.S., 2002. *Pengantar Agronomi*. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hartadi, H., S. Reksohadiprodjo, dan A.D. Tillman. 1990. *Tabel Komposisi Pakan untuk Indonesia*. Cetakan ke 2, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hartiko, 1987. *Optimasi Metode Pengukuran Kegiatan Nitrat Reduktase in vivo Daun Berbagai Spesies Tanaman Produksi*. Laboratorium Biokimia Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hills, A. 2000. *Management of Soil Acidity in Agricultural land*. Farmnote No. 80.
- Karti, P.D.M., A.T. Perमानan, M.A. Setiono, dan S. Jayadi. 1999. *Budidaya Hijauan dan Teknologi Pakan*. Universitas Terbuka. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan , Jakarta.

- Kochian, L.V. 1995. Cellular Mechanisms of Aluminium Toxicity and Tolerance in Plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 46 : 237 – 260.
- Kristanto, B.A. 1998. Efisiensi Pemupukan dan Pemanfaatan Presipitasi Tanaman Sorgum yang Diratun pada Tanah Tidak Diolah dan Beberapa Populasi Tanaman. Laporan Penelitian. Universitas Diponegoro Semarang.
- Kusmiyati, F. dan S. Anwar. 1997. Pengaruh Cekaman Aluminium Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Hijauan Makanan Ternak. *Majalah Penelitian Lembaga penelitian Undip* 3 (IX): 20 – 27.
- Mikli, M.H. 2001. Revegetation of Coal Mine Dumps to Ameliorate Effects of Acidic Seepage. Disertasi Doktor. Department of Environmental Biology, Curtin University of Technology, Perth – Western Australia.
- Pietraszewska, T.M.. 2001. Effect of Alumikium on Plant Growth and Metabolism. *Acta Biochimica Polonica* 48 : 673 – 686.
- Ma, Q., Z. Rengel, dan J. Kuo. 2002. Aluminium Toxicity in Rye (*Secale cereale*) : Root Growth and Dynamic of Cytoplasmic Ca^{2+} in Intact Root Tips. *Annals of Botany* 89 : 241 – 244.
- Reksohadiprodjo, S.1994. Produksi Tanaman Hijauan Makanan Ternak Tropik. BPFE, Yogyakarta.
- Rengel, Z. 1992. Disturbance of Cell Ca^{2+} Homeostasis as Primary Trigger of Al Toxicity Syndrome. *Plant, Cell and Environment* 15 : 931 – 938.
- Robinson, T. 1995. Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi. Terjemahan Kosasih Padmawinata, Penerbit ITB, Bandung.
- Salisbury F.B., dan C.W. Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan. Jilid 3 Perkembangan Tumbuhan dan Fisiologi Lingkungan. Terjemahan Diah R. Lukman dan Sumaryono, Penerbit ITB, Bandung.
- Sitompul, S.M., dan B. Guritno. 1995. Analisis Pertumbuhan Tanaman. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Spies, C.D., dan C.L. Harms. 2005. Soil Acidity and Liming of Indiana Soils. Purdue Forage Information, Department of Agronomy Purdue University, West Lafayette.
- ...
- Suharni, S. 2004. Poliploidisasi Tanaman Rumput Pakan : Morfologi, Anatomi dan Fisiologi. Tesis Magister. Program Pasacasarjana Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro, Semarang.

- Suseno, H. 1974. Fisiologi Tumbuhan. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suseno, H., S. Harran, dan W. Prawiranata. 1974. Fisiologi Tumbuhan Metabolisme Dasar dan Beberapa Aspeknya. Biro Penataran Insitut Pertanian Bogor, Bogor.
- Tillman, A.D., H. Hartadi, S. Reksohadiprodjo, dan S. Prawirokusumo. 1991. Ilmu Makanan Ternak Dasar. Cetakan Ke 5, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Tisdale, S.L., dan W.L. Nelson. 1975. Soil Fertility and Fertilizers. Mac Millan Publisher Company, New York.
- Welsh, J.R. 1991. Dasar-dasar Genetika dan Pemuliaan Tanaman. Diterjemahkan oleh J.P. Moge, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Winfried, S. P., dan H.H. Felle. 1999. The Correlation of Profiles of Surface pH and Elongation Growth in Maize Roots. *Plant Physiology* 121 : 905 – 912.