

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Analisis Dasar Tanah

Hasil analisis dasar tanah sebelum diberi perlakuan disajikan pada Tabel 5. Berdasarkan hasil tersebut, kandungan C-organik tanah berada pada kriteria sedang dengan nilai 2.72%. Nilai N total tanah berada pada kriteria sedang dengan nilai 0.42%.

Tabel 5. Hasil Analisis Dasar Tanah

Analisis Dasar Tanah	Nilai	Kriteria *)
C-Organik (%)	2.72	Sedang
N Total (%)	0,42	Sedang
KTK (me/100g)	24.61	Tinggi
Ptersedia (ppm)	14.33	Sedang
pH H ₂ O	5.48	Rendah/Masam

Keterangan: *)Kriteria berdasarkan Balai Penelitian Tanah, Bogor. (2009)

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai residu P tanah sawah di Desa Lemahbang Kulon Kecamatan Singojuruh, Kabupaten Banyuwangi berada pada nilai 14.33 (sedang), hal ini membuktikan bahwa terdapat cukup kandungan fosfor dalam tanah. Fosfor tersebut diduga merupakan akumulasi dari pemakaian pupuk P yang tidak dapat diserap oleh tanaman akibat jerapan koloid tanah saat pH rendah. Nilai pH tanah yang rendah/masam dapat diatasi dengan cara pengapuran. Pada tanah pasir (KTK rendah) kemungkinan hanya memerlukan 1 ton CaO per hektar untuk meningkatkan pH dari 5 menjadi 6, sedangkan tanah geluan (KTK tinggi) memerlukan 5 ton untuk memperoleh hasil yang sama (Sutanto, 2009). Menurut hasil analisis dasar tanah di atas (Tabel 6) KTK tergolong tinggi, sehingga dibutuhkan kurang lebih 5 ton bahan pengapur untuk menjadikan pH tanah meningkat pada level pH 6. Sementara itu nilai KTK (Kapasitas Tukar Kation) berada pada kriteria tinggi dengan nilai 24.6 me/100g, hal ini berarti kemampuan tanah untuk mempertukarkan kation juga tinggi.

Menurut Sutanto (2009), daya sangga tanah sangat dipengaruhi oleh KTK, kejenuhan konsentrasi OH^- dan kejenuhan konsentrasi H^+ . Kemampuan tanah untuk menyangga sangat diperlukan untuk mencegah perubahan pH yang terjadi secara mendadak. Jika pH tanah berubah secara mendadak, maka ketersediaan

unsur hara dalam tanah juga akan berubah. Perubahan tersebut akan berdampak buruk bagi pertumbuhan tanaman yang sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara.

Mengacu pada hasil analisis dasar yang menunjukkan adanya potensi pemanfaatan residu P dalam tanah, maka penggunaan bakteri pelarut fosfat menjadi salah satu pilihan untuk meningkatkan serapan residu P oleh tanaman. Pemanfaatan abu dapur sebagai salah satu bahan kompos untuk mengatasi pH tanah yang masam diharapkan dapat meningkatkan pH tanah hingga mencapai kondisi netral. Abu diketahui dapat menjadi bahan aditif yang dapat mempercepat proses pengomposan (Satino *et al.*, 2012). Dalam penelitiannya, Brunner *et al.* (2004) mengungkapkan beberapa keuntungan dari penggunaan abu kayu, antara lain dapat meningkatkan ketersediaan P, Ca, Mg, K, dan B, serta dapat meningkatkan pH tanah rata-rata dari 3.2 menjadi 4.8. Abu kayu juga dapat dimanfaatkan sebagai kapur pertanian untuk menurunkan dampak beracun dari konsentrasi Al dan Mn pada tanah masam. Selain abu kayu, bahan kompos yang lain adalah jerami padi dan kotoran ayam. Penggunaan jerami bertujuan untuk mengembalikan unsur-unsur hara yang diserap oleh tanaman yang masih terdapat pada jerami padi, sehingga tanah mendapatkan kembali unsur hara yang telah diangkut tanaman dari dalam tanah.

4.2. Hasil Analisis Kompos

Tabel 6 merupakan hasil analisis kimia kompos yang berasal dari bahan-bahan yang sama, namun perbandingan bahan saat pengomposan berbeda. Berdasarkan Tabel 6, hasil analisis kualitas kompos dapat diketahui bahwa kompos K1 (50% jerami + 25% kotoran ayam + 25% abu dapur) memiliki nilai C-Organik tertinggi senilai 14.20 %. Hal ini diduga karena jerami padi yang terurai mengandung C yang tinggi. Pendapat ini diperkuat dengan penelitian Adiningsih (1999) yang menunjukkan bahwa analisis kandungan hara jerami terbesar adalah unsur C, sekitar 36,74%. Komposisi jerami yang lebih banyak pada kompos K1 diduga masih mengalami proses dekomposisi lebih lanjut oleh dekomposer sehingga menghasilkan karbon lebih tinggi. Nilai N pada kombinasi kompos K1 juga merupakan nilai tertinggi yakni 1.30%. Hal ini diduga karena padi menyerap unsur hara nitrogen lebih banyak dibandingkan unsur hara makro yang lain.

Menurut Sutanto (2012), dalam lima ton jerami padi setidaknya terkandung 30 kg N, sedangkan P hanya sebesar 7 kg.

Kadar air kompos K1 lebih tinggi dibandingkan kompos K2 dan K3 yaitu 30 %. Kompos K2 mengandung 10.20 % C-organik, dan 1.20% N total. Nilai C-organik dan N total pada kompos K3 berturut-turut adalah 7.80% dan 0.90%. Nilai C/N rasio tertinggi diperoleh pada pembuatan kompos K1. Rasio C/N yang tinggi menyebabkan N mudah terimobilisasi, namun C/N yang rendah dapat menyebabkan ammonia bersifat racun (Satino *et al.*, 2012).

Tabel 6. Hasil Analisis Dasar Kompos

Analisis Kompos	K1	K2	K3
C-Organik (%)	14.20	10.20	7.80
N Total (%)	1.30	1.20	0.90
C/N ratio	10.92	8.50	8.67
Kadar Air (%)	30	29	28
pH H ₂ O	9.89	9.60	10.50
P ₂ O ₅ (%)	0.66	0.72	0.52

Keterangan: K1 (kompos dengan perbandingan bahan 50% jerami + 25% kotoran ayam + 25% abu dapur). K2 (kompos dengan perbandingan bahan 25% jerami + 50% kotoran ayam + 25% abu dapur). K3(kompos dengan perbandingan bahan 25% jerami + 25% kotoran ayam + 50% abu dapur)

Kombinasi bahan kompos K1 dan K2 menghasilkan pH senilai 9.89 dan 9.60. Diduga aktivitas dekomposisi pada K2 berjalan cepat sehingga banyak menghasilkan ion H⁺. Pada perlakuan kompos K3 menghasilkan nilai pH yang berbeda secara signifikan, yakni mencapai 10.50. Hal ini diduga karena penggunaan abu saat pengomposan mencapai 50% total bahan. Keadaan tersebut juga mempengaruhi kandungan N dalam kompos K3 yang lebih rendah dibandingkan kompos yang lain. Nilai N yang rendah pada K3 diduga akibat volatilisasi amonia (NH₃). Menurut Djuarnani *et al.* (2005) derajat keasaman yang terlalu tinggi akan menyebabkan unsur nitrogen dalam bahan kompos berubah menjadi amonia (NH₃).

Nilai kandungan fosfor tertinggi diperoleh dari kompos K2. Hal ini diduga karena jumlah bahan kompos terbanyak berupa kotoran ayam. Sumber utama makanan ayam adalah biji-bijian. Sebagian P sangat berkaitan dengan pati, terutama dalam biji-bijian sereal. Fosfor ditemukan relatif dalam jumlah lebih banyak dalam buah dan biji tanaman (Rosmarkam dan Yuwono, 2013)

4.3. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Komersial, Kompos, dan *P. fluorescens* terhadap Sifat Kimia Tanah

4.3.1. Nilai pH Tanah

Tabel 7 menunjukkan adanya pengaruh perlakuan yang nyata pada kondisi pH tanah setelah 45 hari inkubasi berdasarkan uji Duncan taraf 5%. Perlakuan P1 merupakan kontrol perlakuan menunjukkan keadaan pH tanah yang rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Meskipun tidak berbeda nyata terhadap perlakuan P2, akan tetapi terdapat peningkatan nilai pH dari 5.46 menjadi 5.71 pada perlakuan P2. Penambahan pupuk organik komersial meningkatkan status pH tanah yang masam menjadi agak masam, hal ini diduga karena pH pupuk organik komersial yang mencapai nilai 7.5 sehingga turut membuat pH tanah sedikit meningkat.

Tabel 7. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Komersial, Kompos, dan *P. fluorescens* terhadap pH tanah

Kode	Kode Perlakuan	Rata-rata kadar pH tanah (45 HSI)	Peningkatan (%)
1	P1	5.46 a	0
2	P2	5.71 a	4.58
3	P3	5.55 a	1.65
4	P4	6.52 b	19.41
5	P5	6.59 b	20.69
6	P6	7.21 c	32.05

Keterangan : angka yang didampingi dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan 5%. Peningkatan (%) = [(Nilai Perlakuan – Nilai Kontrol) / Nilai Kontrol] x 100%.

Setelah ditambahkan *P. fluorescens* pada pupuk organik komersial (perlakuan P3) pH tanah justru lebih rendah dari perlakuan P2 meskipun tetap lebih tinggi dari pH tanah perlakuan P1 (kontrol). Hal tersebut diduga akibat adanya muatan bahan organik berupa *P. fluorescens* dan pupuk organik komersial yang juga mengandung *Bacillus spp* dan *Trichoderma sp.* Kehadiran mikroorganisme tersebut akan menurunkan pH tanah karena produksi asam metabolit sekundernya (Vega, 2007). Proton (H^+) yang dihasilkan oleh dari asam-asam organik mikrobial tersebut akan meningkatkan konsentrasi H^+ sehingga pH tanah akan semakin masam. Namun demikian, keadaan ini juga menguntungkan sebab proton-proton tersebut dapat mengikat anion fosfat, gugus

hidroksil dan karboksilnya mengkhelat kation fosfat (Khan *et al.*, 2009). Sutanto (2009) menambahkan bahwa ion H^+ dapat berasal dari CO_2 yang dihasilkan melalui respirasi organisme tanah dan perakaran tanaman



Nilai pH pada perlakuan P4 meningkat sebesar 1.65% dibandingkan perlakuan kontrol, adanya komponen abu yang terdapat pada kompos perlakuan P4 diduga menjadi penyebab utama kenaikan pH. Aplikasi abu kayu dapat meningkatkan 1,6 unit pH pada tanah (Brunner *et al.*, 2004). Menurut Setiadi (2006), abu dapur yang berasal dari kayu mengandung 6-12% K_2O . Menurut Sutanto (2009), konsentrasi ion H^+ dalam larutan tanah dapat diturunkan oleh adanya ion Ca, Mg, K, dan Na, sebab unsur-unsur tersebut dapat menghasilkan OH.



Pada perlakuan P4 dan P5, pH tanah mengalami peningkatan yang signifikan dari tiga perlakuan sebelumnya, meskipun diantara perlakuan P4 dan P5 tidak berbeda nyata. Komposisi penambahan abu yang sama pada saat pengomposan diduga menjadi penyebab tidak adanya peningkatan pH yang nyata. Penambahan *P. fluorescens* perlakuan P4 dan P5 dengan dosis yang sama juga menjadi salah satu alasan tidak adanya perbedaan pada nilai pH perlakuan P4 dan P5. Perlakuan P6 menghasilkan perubahan kadar pH tertinggi mencapai 7.21. Meskipun pada perlakuan P6 juga ditambahkan *P. fluorescens*, namun konsentrasi bakteri yang sama mengakibatkan produksi asam-asam organik tidak mampu menyamai kadar pH pada perlakuan P4 dan P5. Komposisi abu dapur pada kompos perlakuan P6 yang tinggi diduga menjadi penyebab utama kenaikan pH hingga 32.05% dibandingkan kontrol.

4.3.2. Nilai C-organik

Berbanding terbalik dengan dinamika perubahan kadar pH tanah, nilai C-organik menunjukkan adanya peningkatan ketika pH menurun. Meski demikian, hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa

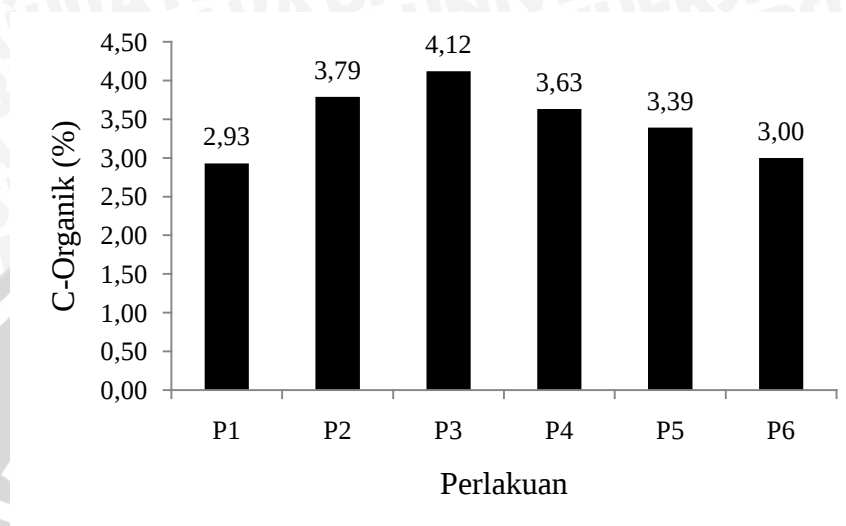
perlakuan-perlakuan yang diberikan tidak berpengaruh nyata terhadap nilai C-organik (Lampiran 1 Tabel 2). Gambar 6 menunjukkan pengaruh perlakuan terhadap nilai C-organik tanah. Nilai C-organik pada perlakuan kontrol lebih rendah dibandingkan P2, hal ini diduga karena penambahan pupuk organik komersial sekaligus juga menambah materi organik berupa *Bacillus spp* dan *Trichoderma sp*, bakteri dan jamur yang terkandung dalam pupuk organik menghasilkan asam-asam organik baik berupa asam metabolit maupun hasil respirasi sehingga nilai C meningkat dibandingkan kontrol. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sabarudin *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa laju respirasi oleh mikroorganisme yang tinggi mencerminkan nilai akumulasi C yang tinggi pula di dalam tanah.

Rata-rata nilai C-organik perlakuan P3 (Pupuk Organik komersial + *P. fluorescens*) menghasilkan nilai C-organik lebih tinggi dibandingkan perlakuan P2. Hal ini diduga akibat adanya penambahan *P. fluorescens* pada pupuk organik komersial yang telah mengandung *Trichoderma sp*. Rohmah *et al.* (2013) menyatakan bahwa *Trichoderma* juga berperan sebagai dekomposer bagi bahan organik. Sumber bahan organik pada perlakuan P3 berasal dari pupuk organik komersial. Dekomposisi bahan organik menyebabkan peningkatan konsentrasi ion H^+ .

Menurut Sutedjo dan Kartasapoetra (2005) sumber utama bahan organik tanah adalah jaringan tanaman baik yang berupa seresah maupun sisa-sisa tanaman. Bahan organik tersebut dimanfaatkan oleh jasad renik sebagai makanan. Aktivitas metabolisme *P. fluorescens*, *Bacillus spp*, dan *Trichoderma sp* diduga meningkat pada inkubasi perlakuan P3, sehingga produk-produk sampingan dari aktivitas metabolisme mikroorganisme yang dapat menghasilkan senyawa karbon juga meningkat.

Pada Perlakuan P3 nilai C-organik adalah sebesar 4.12%, lebih tinggi dibandingkan perlakuan P4 yang hanya mencapai 3.63%. Penurunan C-organik juga ditunjukkan pada perlakuan P5 dan P6. Rata-rata nilai C-organik pada P5 hanya mencapai 3.39%, dan pada perlakuan

P6 nilai C-organik 3.36%. Berdasarkan hasil analisis kompos, C-organik kompos yang ditambahkan pada kedua perlakuan ini (P5 dan P6) memang lebih rendah jika dibandingkan kompos serta pupuk organik yang ditambahkan pada P2, P3, dan P4.



Gambar 6. Pengaruh perlakuan terhadap nilai C-organik

Penggunaan abu pada perlakuan P4, P5, dan P6 diduga sangat mempengaruhi aktivitas mikroorganisme dalam tanah. Nilai pH kompos yang tinggi pada awal inkubasi diduga menyebabkan aktivitas mikroorganisme sedikit terhambat, sehingga asam-asam organik yang dihasilkan melalui metabolit sekunder ataupun sumber karbon hasil respirasi tidak begitu tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Menurut Sutedjo dan Kartasapoetra (2005) pH tanah optimal bagi jasad renik adalah sekitar 6 sampai 8. Selain itu, proses dekomposisi oleh bahan organik pada perlakuan yang ditambahkan abu dan *P. fluorescens* diduga sangat cepat. Sutanto (2006) menjelaskan bahwa walaupun banyak bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah tetapi ternyata sulit untuk meningkatkan akumulasi bahan organik tanah karena proses dekomposisi yang cepat.

Yuwono (2011) menyatakan bahwa mineralisasi N melibatkan mikrobia heterotrof yaitu bakteri dan kapang. Dekomposisi bahan organik yang cepat dapat meningkatkan N tersedia bagi tanaman, hal ini terbukti dengan nilai serapan N yang tinggi. Akan tetapi, karbon yang

di-respirasikan oleh mikroba tidak seluruhnya tinggal di dalam tanah, melainkan juga menguap ke udara. Hal ini yang kemudian diduga menjadi penyebab rendahnya nilai C-organik pada perlakuan P3, P4, dan P5.

4.4. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Komersial, Kompos, dan *P. fluorescens* terhadap Pertumbuhan Tanaman.

4.4.1. Tinggi Tanaman

Pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa seluruh perlakuan memberikan pengaruh yang nyata terhadap kontrol. Pemberian pupuk organik komersial yang mengandung mikroba *Bacillus spp* dan *Trichoderma sp* memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman kontrol. Rata-rata tinggi tanaman kontrol hanya mencapai 91.20 cm, sedangkan pada P2 (tinggi tanaman mencapai 105.97 cm dan pada P3 semakin meningkat mencapai 106.82 cm. Peningkatan ini diduga akibat penambahan bahan organik seperti *P. fluorescens*, Khiari dan Parent (2005) menyatakan bahwa bakteri mampu meningkatkan jumlah fosfat tersedia melalui mineralisasi dan pelarutan fosfat anorganik. Semakin tinggi fosfat yang tersedia bagi tanaman, maka pertumbuhan tanaman seperti tinggi juga akan semakin baik, sebab aktivitas pembelahan sel juga akan meningkat (Buckman dan Brady, 1982).

Pada perlakuan P4 rata-rata tinggi tanaman semakin tinggi mencapai 112.50 cm. Sementara itu, rata-rata tinggi tanaman tertinggi diperoleh dari perlakuan P5 dengan tinggi 113.30 cm. Pada kedua perlakuan ini (P4 dan P5) terjadi peningkatan laju pertumbuhan tinggi tanaman. Selain penambahan bahan organik seperti *P. fluorescens*, penggunaan bahan abu yang bersifat mengapur pada kompos diduga dapat meningkatkan ketersediaan fosfat dalam tanah sebab konsentrasi Al dan Mn pada tanah yang semula masam menurun. Brunner *et al.* (2004) menyatakan bahwa penambahan abu kayu dapat menurunkan dampak beracun dari Al dan Mn, sehingga dapat memacu pertumbuhan tanaman.

Tabel 8. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Komersial, Kompos, dan *P. fluorescens* terhadap tinggi tanaman

No	Kode Perlakuan	Rata-rata Tinggi Tanaman 45 HST (cm)	Peningkatan (%)
1	P1	91.20 a	0
2	P2	105.97 b	16.19
3	P3	106.82 b	17.13
4	P4	112.50 c	23.36
5	P5	113.30 c	24.23
6	P6	104.68 b	14.78

Keterangan : angka yang didampingi dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan 5%. Peningkatan (%) = [(Nilai Perlakuan – Nilai Kontrol) / Nilai Kontrol] x 100%

Rata-rata tinggi tanaman yang ditambahkan *P. fluorescens* lebih tinggi daripada perlakuan tanpa *P. fluorescens*. Akan tetapi, tinggi tanaman pada perlakuan P6 lebih rendah daripada perlakuan P2. Hal ini diduga karena kinerja *P. fluorescens* tidak maksimal akibat nilai pH yang terlalu tinggi. Rata-rata tinggi tanaman pada perlakuan P6 adalah 104.68 cm. Tidak ada perbedaan pengaruh pemberian perlakuan P6 dengan perlakuan P2.

4.4.2. Jumlah Daun

Tabel 9 menunjukkan beda nyata yang dihasilkan oleh perlakuan pupuk organik komersial, Kompos, dan *P. fluorescens* terhadap perlakuan kontrol. Rata-rata jumlah daun pada perlakuan kontrol hanya mencapai 18.75, semakin meningkat saat diberikan perlakuan-perlakuan.

Tabel 9. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Komersial, Kompos, dan *P. fluorescens* terhadap jumlah daun

No	Kode Perlakuan	Rata-rata Jumlah Daun 45 HST (helai)	Peningkatan (%)
1	P1	18.75 a	0
2	P2	21.50 ab	14.67
3	P3	24.25 bcd	29.33
4	P4	25.75 d	37.33
5	P5	25.00 cd	33.33
6	P6	22.25 bc	18.67

Keterangan : angka yang didampingi dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan 5%. Peningkatan (%) = [(Nilai Perlakuan – Nilai Kontrol) / Nilai Kontrol] x 100%.

Hampir memiliki pola yang sama seperti tinggi tanaman, pada perlakuan P2 rata-rata jumlah daun adalah 21.50. Nilai tersebut tidak berbeda nyata terhadap perlakuan P1 meskipun terdapat peningkatan. Perlakuan P3 dengan jumlah daun 24.25 berbeda nyata terhadap P1. Perlakuan P4 berbeda secara nyata terhadap perlakuan P2 dan P1 (kontrol) serta memberikan hasil tertinggi terhadap jumlah daun sebanyak 25.75.

Perlakuan P5 tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap jumlah daun dibandingkan pada perlakuan P4 dan P3, meskipun rata-rata jumlah daun P5 lebih besar dari P3, namun tidak lebih besar dari P4. Rata-rata jumlah daun P5 adalah 25.00. Perlakuan P6 tidak menunjukkan adanya perbedaan yang nyata dibandingkan perlakuan P5. Jumlah daun rata-rata pada perlakuan P6 lebih rendah dari P5, yakni sekitar 22.25.

4.4.3. Serapan N Tanaman

Rata-rata nilai serapan N tanaman pada Tabel 10 menunjukkan adanya pengaruh yang nyata dari masing-masing perlakuan terhadap serapan N dalam tanaman. Nilai serapan N perlakuan P1 (kontrol) tanaman hanya 0.21g/tanaman. Pada perlakuan P2 serapan N tanaman meningkat menjadi 0.28g/tanaman. Nilai serapan N yang berbeda secara nyata pada P1 dan P2 diduga akibat adanya penambahan pupuk organik komersial yang mengandung *Bacillus spp* dan *Trichoderma sp*. Jamur *Trichoderma sp* merupakan salah satu mikroorganisme dekomposer. Diduga aktivitas dekomposisi yang dilakukan oleh *Trichoderma sp* turut meningkatkan ketersediaan N dalam tanah melalui proses mineralisasi N organik yang terdapat dalam pupuk organik komersial. Dalam penelitiannya Dezhi *et al.* (2006) menyatakan bahwa mineralisasi N berhubungan positif dengan serapan N tanaman.

Penambahan *P. fluorescens* dalam pupuk organik komersial pada perlakuan P3 ternyata turut memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan serapan N tanaman menjadi 0.29 g/tanaman. Perlakuan P4 menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap perlakuan-perlakuan sebelumnya, serapan N tanaman mencapai 0.32 g/tanaman. Hal ini

diduga karena komposisi jerami yang digunakan sebagai bahan kompos lebih tinggi sehingga dapat menjadi sumber nitrogen bagi tanaman.

Tabel 10. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Komersial, Kompos, dan *P. fluorescens* terhadap Serapan N tanaman

No	Kode Perlakuan	Rata-rata Serapan N Tanaman 45 HST (g/tan)	Peningkatan (%)
1	P1	0.21 a	0
2	P2	0.28 b	33.33
3	P3	0.29 bc	38.09
4	P4	0.32 c	50.38
5	P5	0.30 bc	42.86
6	P6	0.27 b	28.57

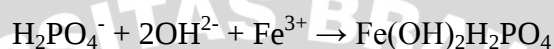
Keterangan : angka yang didampingi dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji DUNCAN 5%. Peningkatan (%) = [(Nilai Perlakuan – Nilai Kontrol) / Nilai Kontrol] x 100%

Perlakuan P5 ternyata tidak lebih tinggi dari perlakuan P4, serapan N tanaman berada pada nilai 0.30 g/tanaman. Selanjutnya, pada perlakuan P6 justru lebih kecil dibandingkan perlakuan-perlakuan sebelumnya, yakni hanya sekitar 0.27 g/tanaman. Hal ini diduga karena pH tanah P6 yang cukup tinggi menyebabkan volatilisasi ammonia. Menurut Setijono (1996) kehilangan ammonia terbesar terjadi terutama pada pH tanah lebih dari 6.7.

4.4.4. Serapan P Tanaman

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam terhadap serapan P tanaman (Lampiran 1 Tabel 6) dapat diketahui bahwa ada pengaruh yang nyata dari perlakuan-perlakuan yang diberikan. Tabel 11 menunjukkan adanya peningkatan serapan P akibat pengaruh perlakuan yang diberikan. Ada peningkatan serapan P tanaman pada perlakuan yang ditambahkan mikroorganisme sebagai bahan organik. Serapan P tanaman pada perlakuan P2 lebih tinggi dibandingkan perlakuan P1 (kontrol), yaitu 0.26 g/tanaman, sedangkan kontrol 0.21 g/tanaman. Penggunaan pupuk organik komersial yang ditambahkan *P. fluorescens* pada perlakuan P3 meningkatkan serapan P tanaman daripada penggunaan pupuk organik komersial saja seperti pada perlakuan P2. Serapan P tanaman pada P3 adalah 0.28 g/tanaman.

Penambahan *P. fluorescens* sebagai bakteri pelarut fosfat pada perlakuan P3 diduga dapat meningkatkan kelarutan dan P pada tanah, sehingga ketersediaan P bagi tanaman juga meningkat. Berdasarkan hasil analisa tanah dasar diketahui bahwa tanah sawah yang digunakan memiliki nilai pH 5.48 yang bereaksi masam. Menurut Mas'ud (1993), tanah masam dengan pH < 5,5 didominasi oleh kation Fe^{3+} dan Al^{3+} yang mengikat anion H_2PO_4^- dan mengendapkannya sebagai hidroksi Fe-fosfat dan Al-fosfat melalui reaksi :



Bentuk fosfat di atas tidak dapat digunakan oleh tanaman. Akan tetapi, penambahan *P. fluorescens* dapat melarutkan jerapan P melalui khelasi organik oleh asam-asam metabolit sekunder yang dimilikinya. Menurut Setijono (1996), fungsi ligand (khelat organik) dalam pelarutan senyawa-senyawa P sukar larut dan mineral-mineral P adalah dengan membentuk senyawa-senyawa kompleks dengan Ca, Al, atau Fe sehingga anion-anion fosfat akan dibebaskan dalam larutan tanah. Berikut merupakan salah satu reaksi yang menunjukkan pelarutan fosfat melalui khelat organik.



Asam-asam organik tersebut bersifat non folatil sehingga kation yang dikhelat menjadi bentuk stabil sehingga ion H_2PO_4^- menjadi bebas dari ikatannya dan tersedia bagi tanaman untuk diserap (Rao, 1982).

Peningkatan juga terjadi pada P4, dengan nilai serapan P tanaman 0.28 g/tanaman, dan P5 0.30 g/tanaman. Peningkatan tersebut diduga selain akibat penambahan *P. fluorescens* juga karena peningkatan pH tanah akibat pemberian kompos yang mengandung abu. Hal ini sesuai dengan pernyataan Brunner *et al.* (2004) bahwa penambahan material abu dapat meningkatkan ketersediaan P. Dalam penelitiannya, Ekawati dan Purwanto (2012) mengungkapkan bahwa kandungan Ca, K, dan Mg tertinggi diperoleh dari hasil analisis abu dapur. Unsur-unsur tersebut

memiliki efek pengapuran karena memiliki sejumlah kation basa. Hal ini sangat menguntungkan bagi tanah sampel penelitian yang bereaksi masam sebab dapat mengurangi konsentrasi Al, Fe, dan Mn dalam tanah, sehingga jerapan fosfat dapat dikurangi.

Tabel 11. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Komersial, Kompos, dan *P. fluorescens* terhadap Serapan P tanaman

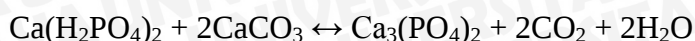
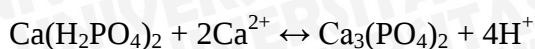
No	Kode Perlakuan	Rata-rata Serapan P Tanaman 45 HST (g/tan)	Peningkatan (%)
1	P1	0.21 a	0
2	P2	0.26 abc	23.81
3	P3	0.28 bc	33.33
4	P4	0.28 bc	33.33
5	P5	0.30 c	42.86
6	P6	0.24 ab	14.29

Keterangan : angka yang didampingi dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan 5%. Peningkatan (%) = [(Nilai Perlakuan – Nilai Kontrol) / Nilai Kontrol] x 100%

Perlakuan P3, P4, dan P5 diketahui dapat meningkatkan serapan P tanaman dibandingkan perlakuan P1 (kontrol), namun diperoleh nilai serapan P yang sama pada perlakuan P3 dan P4. Perlakuan P5 menghasilkan nilai serapan P tertinggi. Selain adanya peningkatan pH oleh material abu dalam kompos yang digunakan, hal ini terutama diduga karena kandungan P pada kompos K2 lebih tinggi daripada kompos K1 dan K3. Kandungan fosfor yang lebih tinggi diduga juga dapat meningkatkan ketersediaan fosfor bagi tanaman.

Pada perlakuan P6 serapan P tanaman hanya mencapai 0.24 g/tanaman, nilai ini menunjukkan bahwa perlakuan P6 tidak dapat meningkatkan serapan P tanaman secara maksimal. Hal ini diduga karena nilai pH tanah yang tinggi akibat pemberian kompos K3 sehingga memungkinkan adanya jerapan fosfat oleh kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} , serta aktivitas jasad mikro juga terbatas karena pH tanah yang tinggi. Menurut Setijono (1996) ketersediaan P akan meningkat bila kandungan bahan organik tinggi. Sedangkan pada pH > 6,0 sistem tanah didominasi oleh kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang juga mampu mengikat H_2PO_4^- dari tanah

maupun pupuk fosfat sehingga menjadi dalam bentuk tidak tersedia melalui reaksi :



4.5. Hubungan Antar Parameter

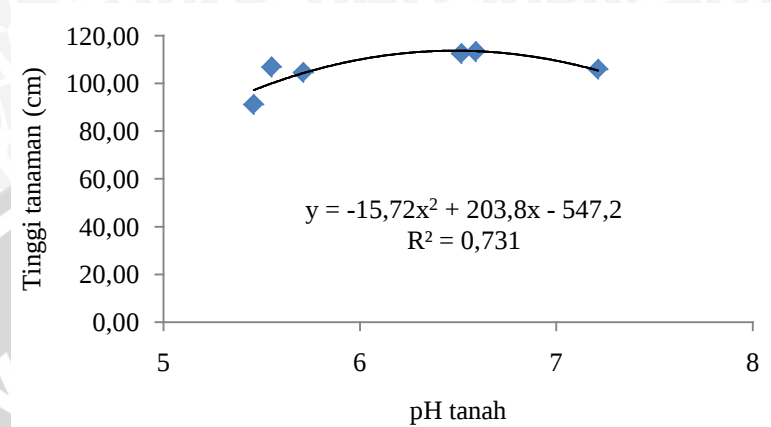
4.5.1. Hubungan Sifat Kimia Tanah Terhadap Serapan N dan P, Serta Pertumbuhan Tanaman

Berdasarkan hasil uji korelasi antara nilai pH dan C-organik, diperoleh nilai $r=-0,384$ (Lampiran 2 Tabel 1). Nilai tersebut menunjukkan adanya hubungan yang negatif antara pH dan C-organik. Kandungan bahan organik tanah biasanya diukur berdasarkan nilai C-organik. Penurunan kadar pH akan selalu diikuti dengan peningkatan nilai C-organik, dan juga sebaliknya. Makin tinggi ion H^+ , maka makin rendah pH tanah. Ion H^+ dapat berasal dari CO_2 yang dihasilkan melalui respirasi organisme tanah, humifikasi bahan organik yang menghasilkan asam fulfat dan humat, serta perakaran tanaman (Sutanto, 2005).

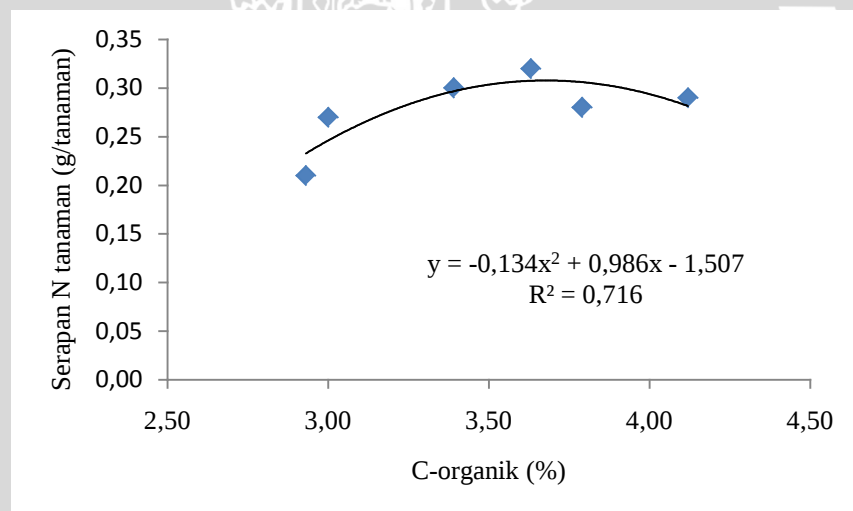
Nilai pH tanah berkorelasi positif terhadap tinggi tanaman $r=0.459$ pada taraf kepercayaan 95%. Hubungan tersebut dapat dijelaskan karena pH sangat berperan terhadap ketersediaan unsur hara dalam tanah bagi tanaman. Pada kondisi pH tanah netral, semua unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk proses pertumbuhan tersedia dalam kondisi optimal. Pada kondisi asam, konsentrasi Al dan Mn meningkat serta mengikat P menjadi bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman. Konsentrasi Al dan Mn menurun jika pH tanah meningkat, sehingga jumlah P terjerap juga berkurang. Namun demikian, dalam tanah yang bersifat basa akan bereaksi baik dengan ion Ca dan garam karbonatnya (Buckman dan Brady, 1982). Hal yang sama juga diungkapkan oleh Miza (2009) bahwa pada kondisi pH tanah tinggi, sebagian fosfor akan terikat oleh liat Ca sehingga tidak tersedia bagi tanaman.

Gambar 7 menunjukkan bahwa pH tanah dapat mempengaruhi tinggi tanaman sebesar 73.1% ($R^2=0.731$). Pawana (2014) menekankan bahwa perbedaan pH dapat menghasilkan pola pelarutan fosfat yang

berbeda, perbedaan kandungan fosfat terlarut tersebut karena bakteri pelarut fosfat menggunakan fosfat terlarut untuk mempertahankan pertumbuhannya. Unsur P merupakan salah satu unsur hara makro yang dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan.



Gambar 7. Pengaruh pH tanah terhadap tinggi tanaman



Gambar 8. Pengaruh C-organik tanah terhadap Serapan N (g/tanaman)

Nilai C-organik sangat identik dengan kehadiran bahan organik serta jasad renik. Jasad renik yang ditambahkan dalam penelitian ini diantaranya adalah *Bacillus spp*, *Trichoderma sp* dan *P. fluorescens*. Jasad renik berfungsi dalam dekomposisi bahan organik. Nilai C-organik berkorelasi positif terhadap nilai serapan N tanaman ($r=0,424$). Menurut Setijono (1996) produk dari ionisasi asam-asam organik akan menciptakan muatan negatif baru dari sisa asam sehingga berkemampuan

untuk mengkhelat beberapa unsur logam seperti Al, pengkhelatan terhadap Al akan membantu pengurangan fiksasi fosfat oleh Al sehingga dapat tersedia bagi tanaman untuk pertumbuhan.

Nilai regresi ($R^2 = 0.716$) pada Gambar 8 menunjukkan bahwa 64% serapan N tanaman dipengaruhi oleh nilai C-organik. Hal ini diduga bahwa C-organik mempengaruhi reaksi keasaman tanah. Menurut Setijono (1996) kehilangan ammonia terbesar terjadi pada tanah kapur. Apabila C-organik meningkat maka ancaman kehilangan ammonia melalui volatilisasi bisa dikurangi, sebab karbon organik dapat menghasilkan ion H^+ yang berasal dari respirasi organisme. Menurut Cookson, Cornfoth, dan Rowarth (2002) kemampuan tanah untuk menyediakan N ditentukan oleh kondisi dan jumlah bahan organik. Mineralisasi dapat dilakukan oleh mikroorganisme melalui perombakan bahan organik (Wijanarko *et al.*, 2012).

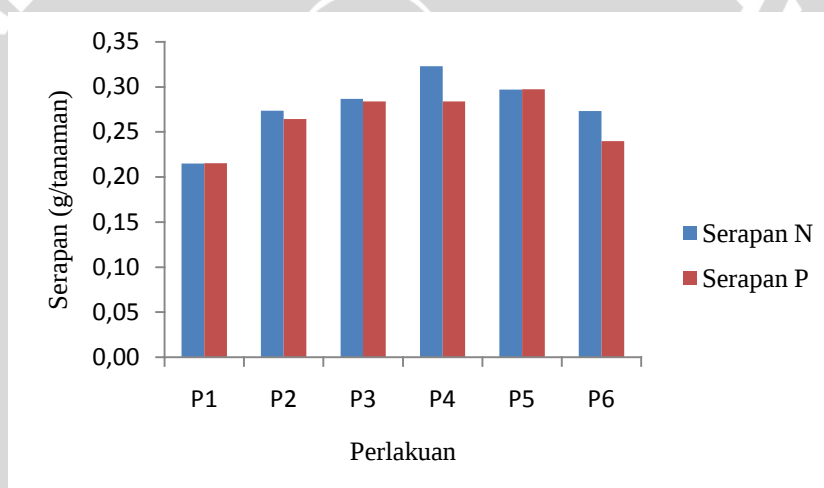
4.5.2. Hubungan Serapan N dan P Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Pada penelitian ini, parameter pertumbuhan tanaman yang diamati meliputi tinggi tanaman dan jumlah daun. Serapan N pada tanaman berhubungan erat terhadap pertumbuhan tanaman, terutama tinggi tanaman. Berdasarkan hasil uji korelasi, hubungan serapan N dan tinggi tanaman bernilai $r=0,606$ pada taraf kepercayaan 95%.

Unsur nitrogen merupakan unsur hara makro yang sangat diperlukan oleh tanaman. Tanaman yang kurang mendapat nitrogen akan tumbuh kerdil dan memiliki sistem perakaran terbatas. Penambahan nitrogen akan menyebabkan perubahan nyata, menunjukkan bahwa kegiatan unsur ini sangat luar biasa dalam tanaman (Buckman dan Brady, 1982). Pada tanah kering NO_3^- adalah bentuk N-anorganik yang stabil dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman (Hardjowigeno dan Rayes, 2005). Serapan fosfor berhubungan dengan bentuk N-anorganik yang tersedia dan dimanfaatkan oleh tanaman. Jika tanaman menyerap N dalam bentuk NO_3^- , maka serapan anion akan lebih besar dibandingkan dengan serapan kation sehingga OH^- akan dilepaskan dari akar dan menyebabkan pH pada permukaan akar akan lebih basa dibandingkan dengan larutan tanah,

sehingga serapan P dapat terjadi (Miza, 2009). Hasil uji korelasi menunjukkan hubungan signifikan antara serapan N dan serapan P dengan nilai $r=0.496$ (lampiran 2 Tabel 1)

Serapan P tanaman sangat berhubungan erat dengan tinggi tanaman berdasarkan uji korelasi $r=0.624$. Seperti halnya unsur Nitrogen, serapan P oleh tanaman juga sangat menentukan pertumbuhan tanaman. Penyerapan P oleh tanaman umumnya terjadi melalui proses difusi, tetapi jika kandungan P dalam tanah cukup tinggi, maka proses aliran massa dapat berperan dalam transportasi tersebut (Saribun, 2008). Tanaman memerlukan P pada semua tingkat pertumbuhan terutama pada awal pertumbuhan. Fosfor dalam tanaman lebih kecil diserap dibandingkan dengan nitrogen dan kalium.



Gambar 9. Pengaruh perlakuan terhadap serapan N dan P tanaman

Perlakuan yang dapat menghasilkan nilai serapan P tertinggi adalah perlakuan P5 (0.30 g/tanaman) yaitu penggunaan Kompos (25% jerami + 50% kotoran ayam + 25% abu dapur) dan *P. fluorescens*. Pengembalian hasil panen jerami yang masih mengandung beberapa unsur hara yang diserap saat pertumbuhan memberikan dampak positif terhadap ketersediaan unsur hara pada tanaman. Menurut Adiningsih (1999) jerami padi yang masih segar mengandung 0.18% P, namun demikian Hariyanto (2012) mengungkapkan bahwa sebagian fosfor yang diserap oleh tanaman akan diubah dalam bentuk senyawa fosfat organik berupa fitin yang sukar digunakan kembali oleh tanaman. P anorganik relatif

dalam jumlah kecil dan kebanyakan dalam bentuk fitat (Rosmarkam dan Yuwono, 2011). Dalam tanah masam, fitat berubah jadi tidak larut dan tidak tersedia karena bereaksi dengan besi dan alumunium, sedangkan dalam tanah yang lebih alkalis, fitat bereaksi dengan kalsium sehingga fosfor tidak dapat tersedia bagi tanaman (Buckman dan Brady, 1982). Komposisi 25% abu dapur memberikan dampak positif pula bagi peningkatan pH. Penggunaan kotoran ayam juga menjadi salah satu sumber protein penting bagi pertumbuhan bakteri *P. fluorescens* yang dapat melarutkan fosfat.

Berdasarkan uji korelasi terhadap jumlah daun dan tinggi tanaman, diperoleh nilai $r=0.651$. Nilai tersebut menunjukkan adanya hubungan yang signifikan pada taraf kepercayaan 99%. Jumlah daun sangat menentukan jumlah fotosintat yang dapat dihasilkan. Jika jumlah daun banyak, maka kemampuan fotosintesis juga akan meningkat. Peningkatan aktivitas fotosintesis akan menyebabkan jumlah fotosintat meningkat. Fotosintat sangat diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman seperti tinggi tanaman. Hidajat (1994) mengemukakan bahwa pembentukan daun berkaitan dengan tinggi tanaman. Batang merupakan tempat melekatnya daun-daun dan disebut buku, batang diantara dua daun disebut ruas. Semakin tinggi batang, maka buku dan ruas semakin banyak sehingga jumlah daun juga meningkat.

Pertumbuhan tanaman yang meliputi tinggi tanaman dan jumlah daun secara umum hampir sama. Berdasarkan uji keragaman (lampiran 1) terdapat perbedaan yang sangat nyata akibat perlakuan yang diberikan. Dengan menambahkan agen hayati berupa bakteri (*Bacillus spp* dan *P. fluorescens*) dan jamur (*Trichoderma sp*) bukan hanya meningkatkan kelarutan unsur-unsur hara yang tidak tersedia menjadi tersedia, akan tetapi kandungan unsur pada pupuk organik komersial dan kompos juga menambah kandungan hara dalam tanah. Penggunaan abu kayu menurut Brunner *et al.* (2004) dapat meningkatkan ketersediaan P, Ca, Mg, K, dan B. Menurut Sulistiyanto (2011), penggunaan bokashi jerami padi dapat meningkatkan tinggi tanaman.

Perlakuan P4 memiliki nilai serapan N sebesar 0.32 g/tanaman. Perlakuan P4 merupakan kombinasi penggunaan Kompos (50% jerami + 25% kotoran ayam + 25% abu dapur) dan *P. fluorescens*. Selama ini diketahui bahwa tanaman padi membutuhkan unsur nitrogen lebih banyak dibandingkan unsur hara makro yang lain, maka penggunaan jerami untuk peningkatan ketersediaan N dalam tanah dianggap paling tepat sebab siklus tertutup dari unsur nitrogen tetap terjaga.

Pada dasarnya, baik serapan fosfor maupun nitrogen oleh tanaman menunjukkan kecenderungan meningkat saat ditambahkan bahan organik kecuali pada perlakuan P6. Namun demikian, berdasarkan hasil uji keragaman, serapan nitrogen oleh tanaman lebih menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan serapan fosfor, hal ini diduga karena ketersediaan N juga diperoleh dari masukan bahan organik berupa jerami menurut Adiningsih (1999) jerami padi mengandung 0.87% N . Serapan P tidak begitu saja mudah dilakukan oleh tanaman, sebab bakteri pelarut fosfat juga menggunakan fosfat terlarut untuk mempertahankan pertumbuhannya. Perbedaan serapan nitrogen yang nyata juga diduga karena perbedaan bahan organik yang ditambahkan seperti komposisi jerami, kotoran ayam, serta penggunaan abu.