

PENGARUH PEMANGKASAN DAN PEMUPUKAN TERHADAP DINAMIKA RHIZOSFER TANAMAN KILEMO (*Litsea cubeba*)

*Dynamics on Rhizosphere Microorganisms Population of Kilemo (*Litsea cubeba* L. Persoon) Affected by Pruning and Fertilizing Treatments*

Annisa Nurul Ramadhani¹⁾, Fahrizal Hazra²⁾, dan Enny Widyati²⁾

¹⁾ Alumni Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB, Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

²⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB, Jl. Meranti Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

ABSTRACT

*Kilemo (*Litsea cubeba* L. Persoon) is the one of plant which cultivated as a medicine plant, such an essential oil. This plant harvested at the tip of leaves and the leaves, therefore the management include pruning and fertilizing. This research was aimed to observe the effect of pruning and fertilizing toward population of rhizosphere communities on kilemo (*Litsea cubeba* L. Persoon). Pruning was practiced on to kilemo after 2 years and four fertilizing treatments i.e control (without fertilizing), NPK fertilizer, microfertilizer and compost, were applied on to the plant with pruning and without pruning. Results of this research showed that pruning was able to decrease population of *Azotobacter*, *P solubilizing microorganism (MoPP)*, cellulose solubilizing microorganism (*MPS*). Pruning with fertilizing NPK treatment also decreased population of microorganism. Furthermore, giving organic fertilizer was able to increase population of *Azotobacter* microorganism and *P solubilizing microorganism (MoPP)*. Meanwhile, microfertilizer only increased population of cellulose solubilizing microorganism (*MPS*).*

Keywords: Fertilizing, kilemo, microorganism, pruning, rhizosphere

ABSTRAK

Tumbuhan kilemo (*Litsea cubeba* L. Persoon) merupakan salah satu jenis tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai tanaman obat, salah satunya adalah penghasil minyak atsiri. Tanaman ini dipanen bagian pucuk dan daunnya sehingga perawatan dalam budidaya tanaman ini adalah pemangkasan dan pemupukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemangkasan dan pemupukan terhadap populasi komunitas rizosfer tanaman kilemo (*Litsea cubeba* L. Persoon). Pemangkasan dilakukan pada tanaman kilemo umur 2 tahun dan pemupukan dilakukan dengan empat perlakuan yaitu kontrol (tanpa pemupukan), pupuk NPK, pupuk Daun, dan pupuk Kompos diberikan baik pada tanaman yang dipangkas maupun tidak dipangkas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemangkasan pada tanaman kilemo dapat menurunkan populasi mikroorganisme penambat N (*Azotobacter*), mikroorganisme pelarut fosfat (*MoPP*), dan mikroorganisme perombak selulosa (*MPS*). Pemangkasan dengan perlakuan pemupukan NPK juga cenderung menurunkan populasi mikroorganisme. Namun demikian, pemberian pupuk organik dapat meningkatkan populasi mikroorganisme *Azotobacter* dan mikroorganisme pelarut fosfat (*MoPP*). Sedangkan pupuk daun cenderung hanya meningkatkan populasi mikroorganisme perombak selulosa (*MPS*).

Kata kunci: Pemupukan, kilemo, mikroorganisme, pemangkasan, rizosfer

PENDAHULUAN

Tanaman *Litsea cubeba* di Jawa Tengah dikenal dengan nama kragean, di Sumatera Utara dengan nama antarasa, sedangkan di daerah Jawa Barat dikenal dengan nama kilemo. Tumbuhan ini merupakan salah satu tumbuhan penghasil minyak atsiri (Heyne 1987). Bagian tanaman yang dipanen umumnya adalah bagian daun, pucuk, dan kulit batang. Namun pemanenan kuit batang dapat mematikan tanaman. Untuk meningkatkan produktivitas tanaman yang dipanen bagian daun dan pucuknya biasanya dilakukan pemangkasan dan

pemupukan. Pemangkasan umumnya dilakukan juga untuk mengatur arah tumbuh tanaman, menjaga kesehatan tanaman, mengurangi bagian tanaman yang tidak produktif (*parasite*), mengurangi habitat hidup bagi OPT (Alvarez 2013). Selain perlakuan pemangkasan, dilakukan juga pemupukan pada tanaman yang telah dipangkas. Hal ini dilakukan karena perlu adanya tindakan memberikan tambahan unsur-unsur hara pada kompleks tanah, baik langsung maupun tak langsung dapat menyumbangkan bahan makanan pada tanaman. Tujuannya untuk memperbaiki tingkat kesuburan tanah agar tanaman

mendapatkan nutrisi yang cukup untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas pertumbuhan tanaman.

Berbagai perlakuan yang diberikan kepada tanaman dapat mempengaruhi kondisi rhizosfer tanaman. Rhizosfer merupakan bagian tanah yang dipengaruhi oleh perakaran tanaman dan dinamika rhizosfer adalah perubahan-perubahan pada daerah sekitar akar tanaman yang dipengaruhi oleh berbagai macam faktor. Perubahan yang diamati adalah perubahan populasi tiga jenis mikroorganisme diantaranya mikroorganisme penambat N yaitu *Azotobacter*, mikroorganisme pelarut fosfat, dan mikroorganisme perombak selulosa dalam rhizosfer tanaman kilemo setelah diberikan perlakuan pemangkasan dan pemupukan. Dalam rhizosfer terjadi proses tertentu karena adanya interaksi akar dan akar terkait mikroorganisme. Pada rhizosfer, akar tanaman yang berbeda bersaing untuk mendapatkan air, mineral dan nutrisi (Sanaullah *et al.* 2011). Interaksi mikroorganisme dengan tanaman sangat penting karena mikroorganisme dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan serapan hara oleh tanaman dengan merangsang atau menghambat zat yang mempengaruhi fisiologi akar dan sistem akar (Marschner *et al.* 2011). Peran utama mikroba ini adalah membantu menyediakan unsur hara bagi tanaman. Dampak yang ditimbulkan oleh mikroba kelompok ini adalah mempengaruhi pertumbuhan tanaman secara tidak langsung. Komunitas bakteri di rhizosfer tidak pernah statis tetapi selalu berfluktuasi sejalan dengan tahapan pertumbuhan tanaman (Widyati 2013). Berbagai perlakuan yang diberikan kepada tanaman dapat mempengaruhi kondisi rhizosfer tanah tersebut. Oleh karena itu perlu diamati pengaruh pemangkasan dan pemupukan terhadap dinamika mikroba di rhizosfer. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemangkasan dan pemupukan terhadap dinamika perubahan populasi mikroorganisme rhizosfer yaitu mikroorganisme penambat N, mikroorganisme pelarut P, dan mikroorganisme pendegradasi selulosa.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan antara bulan April sampai bulan September 2013 di Laboratorium Bioteknologi Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Sampel tanah diambil dari rhizosfer tanaman kilemo umur dua tahun yang ditanam di Hutan Penelitian Desa Cikole Kecamatan Lembang, Bandung.

Peralatan yang digunakan diantaranya peralatan pengambilan sampel dan pemangkasan, peralatan gelas, *shaker*, jarum ose, bunsen, autoklaf, *laminair flow*, oven, *inkubator*, timbangan. Adapun bahan yang digunakan terdiri dari: sampel tanah di sekitar rhizosfer kilemo, pupuk NPK, pupuk daun, pupuk organik, larutan fisiologis, media untuk isolasi dan seleksi mikrob yaitu media pertumbuhan *Azotobacter*, media pertumbuhan mikroorganisme pelarut fosfat (*Picovskaya*), dan media pertumbuhan mikroorganisme perombak selulosa.

Prosedur

Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil dari rhizosfer tanaman kilemo umur dua tahun yang ditanam di Hutan Penelitian Desa Cikole Kecamatan Lembang, Bandung. Sampel tanah yang diambil adalah contoh tanah terganggu (*disturbed soil sample*) pada kedalaman 0-20 cm. Sampel diambil dalam keadaan steril dan langsung dimasukkan ke dalam box pendingin agar kadar air dan mikroorganisme didalamnya tetap terjaga kondisinya.

Penetapan Populasi Mikroorganisme

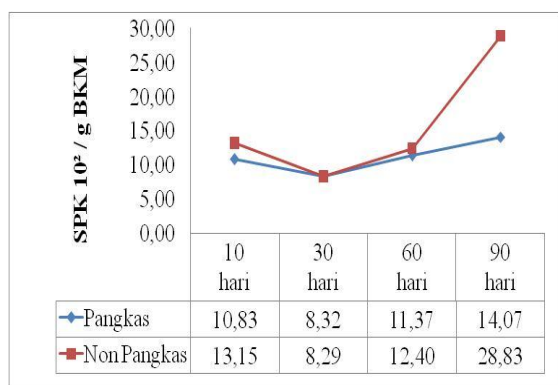
Sebelum dilakukan isolasi mikroorganisme, dilakukan terlebih dahulu sterilisasi alat dan bahan dengan autoklaf selama 20 menit untuk alat dan 15 menit untuk bahan pada temperatur 120⁰ Celcius. Kemudian isolasi mikroorganisme dengan menggunakan larutan pengenceran (larutan fisiologis) dan media pertumbuhan mikroorganisme penambat N (*Azotobacter*), media pertumbuhan mikroorganisme pelarut fosfat (media *Picovskaya*) dan media pertumbuhan mikroorganisme perombak selulosa. Penghitungan Total Mikroorganisme dengan Metode *Plate Count*. Pengamatan dilakukan setelah 5 hari inkubasi dan perhitungan dilakukan dari hasil rata-rata jumlah koloni per cawan petri dikalikan dengan faktor pengenceran untuk mendapatkan jumlah mikroorganisme total per gram contoh (tanah) kering udara. Hasil ini dikonversikan ke jumlah mikroorganisme di dalam 1 gram tanah kering mutlak dengan memperhitungkan kadar air tanah.

Identifikasi Mikroorganisme Rhizosfer Dominan

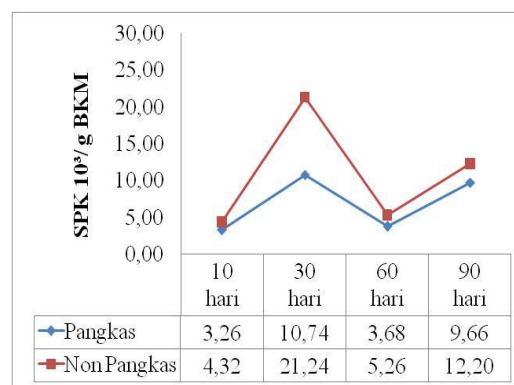
Koloni yang sering muncul selanjutnya dianggap sebagai mikroorganisme yang paling dominan. Koloni tersebut kemudian diidentifikasi secara morfologi dan fisiologi terbatas. Adapun pengamatan yang dilakukan meliputi morfologi, yaitu bentuk koloni, warna, tepi koloni (makroskopis) dan bentuk sel. Pengamatan fisiologis terbatas, yaitu pewarnaan gram.

HASIL DAN PEMBAHASAN

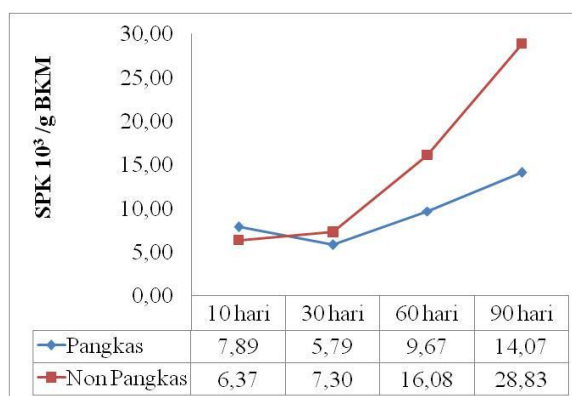
Sampel tanah rhizosfer yang diambil dari tanaman kilemo umur dua tahun merupakan sampel tanah yang diambil dari 4 waktu yang berbeda, yaitu pada umur 10 hari, 30 hari, 60 hari dan 90 hari setelah pemangkasan. Pemangkasan tanaman kilemo dilakukan dengan memotong semua bagian dahan diatas cabang terendah, sehingga masih tersisa daun dalam jumlah sedikit.



(a)



(b)



(c)

Gambar 1. (a) Pengaruh pemangkasan terhadap populasi *Azotobacter*, (b). Pengaruh pemangkasan terhadap populasi MOPP, (c). Pengaruh pemangkasan terhadap populasi mikroorganisme perombak selulosa

Pengaruh Pemangkasan terhadap Total Populasi Mikroorganisme

Berdasarkan Gambar 1 (a) secara umum terlihat populasi *Azotobacter* pada perlakuan pangkas selalu lebih rendah dari perlakuan non-pangkas. Perbedaan yang nyata terlihat antara populasi *Azotobacter* pangkas dan non-pangkas pada umur 90 hari. Sedangkan pada umur pangkas yang lain perbedaannya terlihat sangat kecil. Penurunan populasi *Azotobacter* baik perlakuan pangkas maupun non-pangkas pada umur 10 hari hingga 30 hari diduga karena terjadinya perubahan penurunan kadar air pada umur 30 hari dibandingkan kadar air pada umur pangkas lainnya. Beberapa faktor seperti tipe tanah, kelembaban tanah, pH dan temperatur, dan umur serta kondisi tanaman mempengaruhi efek rhizosfer yang juga mempengaruhi keberadaan dan distribusi mikroorganisme didalamnya (Rao 1994).

Seperti halnya pada populasi *Azotobacter*, pada Gambar 1.(b) terlihat populasi MOPP dengan perlakuan pemangkasan juga selalu lebih rendah dari perlakuan non-pangkas. Pada populasi mikrob MOPP terjadi peningkatan populasi mikrob dari umur 10 hari dengan nilai 3,26 x 10³ SPK g BKM⁻¹ hingga 30 hari menjadi 10,74 x 10³ SPK g BKM⁻¹ dan selanjutnya kembali menurun pada umur 60 hari hingga umur 90 hari. Pada perlakuan pemangkasan populasi MOPP juga terjadi peningkatan populasi mikrob dari umur 10 hari dengan nilai 4,32 x 10³ SPK g BKM⁻¹ hingga umur 30 hari menjadi 21,24 x 10³ SPK g

BKM⁻¹ dan selanjutnya kembali menurun pada umur 60 hari hingga umur 90 hari.

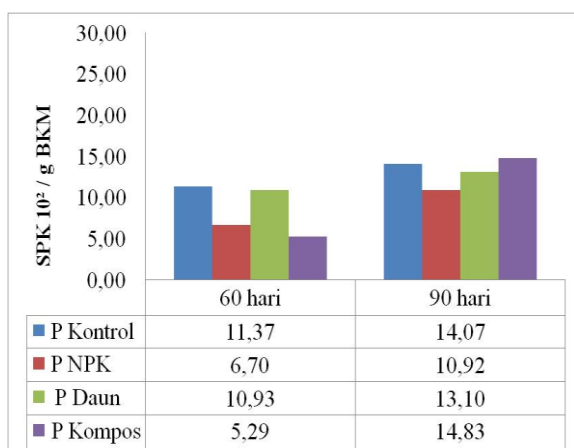
Gambar 1 (c) menunjukkan populasi mikrob perombak selulosa pada perlakuan pangkas selalu lebih rendah dari perlakuan non-pangkas kecuali pada umur 10 hari setelah pemangkasan. Pada perlakuan pangkas umur 10 hari populasi mikrob selulose sebesar 7,86 x 10³ SPK g BKM⁻¹ dan menurun pada umur 30 hari dan selanjutnya kembali meningkat pada umur 60 hari hingga umur 90 hari. Sedangkan pada perlakuan non-pangkas populasi mikrob perombak selulosa terus meningkat dari umur 10 hari hingga 3 bulan pemangkasan.

Secara umum ketiga jenis mikroorganisme dari tanaman dengan perlakuan pangkas selalu lebih rendah dari tanaman dengan perlakuan non-pangkas. Hal ini diduga berhubungan dengan berkurangnya luas permukaan tanaman untuk melakukan proses fotosintesis sehingga berkurangnya tingkat respirasi tanaman yang berpengaruh terhadap ketersediaan energi bagi mikroorganisme didalam rhizosfer tanaman tersebut. Kim dan Albrecht (2006), melaporkan bahwa perlakuan pemangkasan telah terbukti memberikan pengaruh besar terhadap perkembangan akar, stolon, dan rimpang pada berbagai spesies tanaman. Sejalan dengan itu Ferraro and Oosterheld (2002), melaporkan bahwa perlakuan pemangkasan pada tanaman, secara langsung berpengaruh pada biomas akar tanaman, melalui penurunan luas permukaan daun, perubahan fotosintesis atau alokasi laju resfirasi, laju pertumbuhan dan pola alokasi karbon.

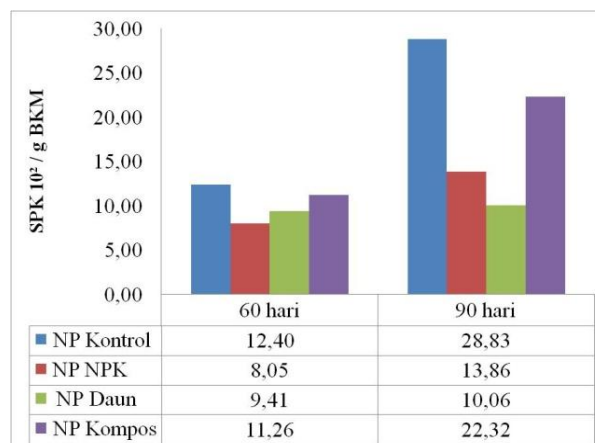
Pengaruh Pemupukan dan Pemangkasan Terhadap Total Populasi Mikroorganisme

Setelah 30 hari, pada setiap tanaman baik pada perlakuan pangkas maupun non pangkas dilakukan pemupukan. Hal ini dilakukan untuk memberikan tambahan unsur-unsur hara pada kompleks tanah sehingga dapat memperbaiki tingkat kesuburan tanah agar tanaman mendapatkan nutrisi yang cukup untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas pertumbuhan tanaman. Pemupukan tetap dilakukan walaupun jenis tanah yang memiliki kesuburan cukup tinggi dengan nilai pH yang bersifat netral, karena berada dalam rentang pH 6,6-7,5. Kandungan C-organik sangat tinggi yaitu diatas 5%, kandungan N-total pada tanah itu sendiri secara umum termasuk pada kategori tinggi (0,51-0,75%).

Secara umum Kandungan C-organik sangat tinggi yaitu diatas 5%, kandungan N-total pada tanah itu sendiri secara umum termasuk pada kategori tinggi (0,51-0,75%). Secara umum kandungan fosfat tersedia (P_2O_5 -Bray) tanah tersebut memiliki besaran nilai dibawah 10 ppm, nilai tersebut merupakan jumlah yang sangat rendah di dalam tanah (Novita 2012). Perlakuan pemupukan ini menggunakan tiga jenis pupuk dan satu kontrol. Pupuk yang digunakan diantaranya NPK, pupuk daun, dan pupuk kompos. Pemupukan dilakukan pada umur 30 hari setelah emangkasan dikarenakan tunas baru memungkinkan dipupuk pada umur lebih dari 2 minggu.



(a)



(b)

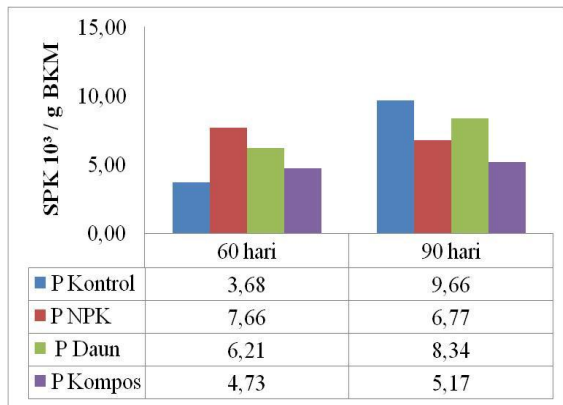
Gambar 2. (a) Pengaruh pemangkasan dan pemupukan terhadap populasi *Azotobacter*, (b) Pengaruh pemupukan terhadap populasi *Azotobacter*.

Berdasarkan Gambar 2(a) terlihat populasi mikroba *Azotobacter* pada tanaman kontrol selalu lebih tinggi dibandingkan tanaman dengan perlakuan pemupukan kecuali pada umur 90 hari, tanaman dengan pemberian pupuk kompos lebih tinggi dengan nilai populasi sebesar $14,83 \times 10^2$ SPK g BKM⁻¹ dibandingkan kontrol senilai $14,07 \times 10^2$ SPK g BKM⁻¹. Setelah 30 hari pemberian pupuk yaitu pada umur pangkas 60 hari hingga 90 hari populasi mikroba meningkat untuk setiap jenis pupuk maupun kontrol. Pupuk yang memberikan peningkatan tertinggi populasi mikroba secara berturut-turut yaitu kompos 180%, NPK 63%, Kontrol 23,7%, dan pupuk daun 19,85%.

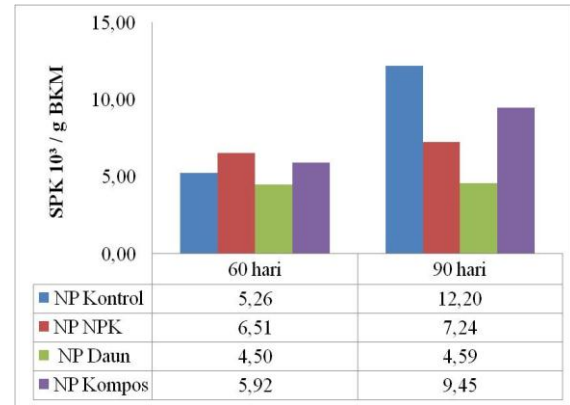
Berdasarkan Gambar 2 terlihat populasi mikroba *Azotobacter* pada tanaman kontrol selalu lebih tinggi dibandingkan tanaman dengan perlakuan pemupukan. Setelah satu bulan pemberian pupuk yaitu pada umur pangkas 60 hari hingga 90 hari populasi mikroba meningkat untuk setiap jenis pupuk maupun kontrol. Pupuk yang memberikan peningkatan tertinggi populasi mikroba secara berturut-turut yaitu kontrol 132,5 %, kompos 98,22%, NPK 72,17%, dan pupuk daun 6,90%. Secara umum terjadi peningkatan populasi dengan penambahan pupuk kompos. Hal ini sesuai dengan kecenderungan bahwa peningkatan bahan organik tanah karena pemberian pupuk organik dapat mengatur kelembaban dan aerasi, pemantapan struktur tanah, meningkatkan KTK, sebagai sumber hara bagi tanaman dan sebagai sumber energi bagi aktivitas jasad mikro (Suryantini 2002).

Berdasarkan Gambar 3(a) terlihat populasi mikroba MOPP pada umur pangkas 60 hari tanaman kontrol memiliki populasi mikroba yang lebih rendah dibandingkan tanaman dengan perlakuan pemupukan. Setelah satu bulan pemberian pupuk yaitu pada umur pangkas 60 hari hingga 90 hari populasi mikroba meningkat untuk kontrol dan setiap jenis pupuk kecuali NPK. Pupuk yang memberikan peningkatan tertinggi populasi mikroba secara berturut-turut yaitu kontrol 162,5%, pupuk daun 34,29%, dan kompos 9,30%. Sedangkan pada pemberian pupuk NPK mengalami penurunan 11,61%.

Berdasarkan Grafik 3(b) terlihat populasi mikroba MOPP pada umur pangkas 60 hari tanaman kontrol memiliki populasi mikroba yang lebih rendah dibandingkan tanaman dengan perlakuan pemupukan. Setelah satu bulan pemberian pupuk yaitu pada umur pangkas 60 hari hingga 90 hari populasi mikroba meningkat untuk kontrol dan setiap jenis pupuk. Pupuk yang memberikan peningkatan tertinggi populasi mikroba secara berturut-turut yaitu kontrol 131%, kompos 60%, NPK 11,21%, dan pupuk daun 2%. Pemberian pupuk NPK cenderung tidak meningkatkan populasi MOPP dan bahkan terjadi penurunan pada perlakuan tanaman pangkas.

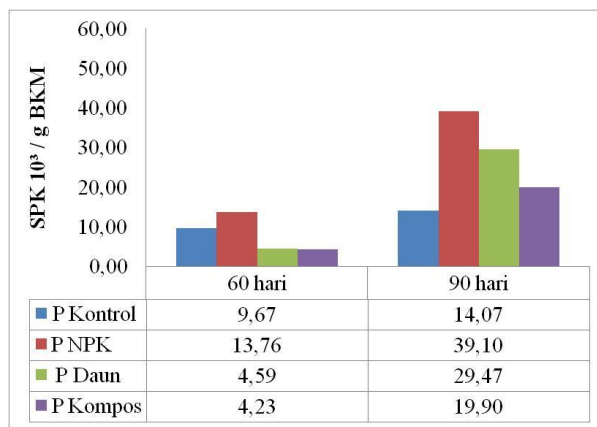


(a)

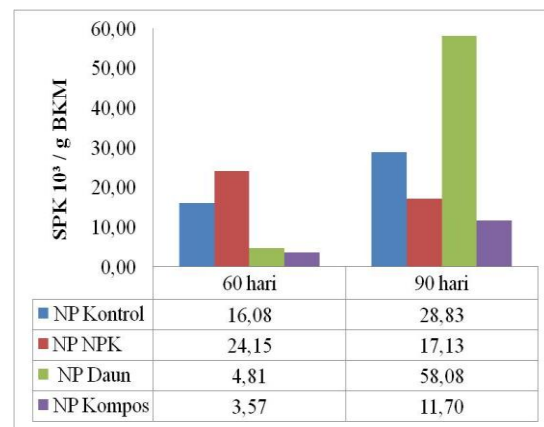


(b)

Gambar 3. (a) Pengaruh pemangkasan dan pemupukan terhadap populasi MOPP, (b) Pengaruh pemupukan terhadap populasi MOPP



(a)



(b)

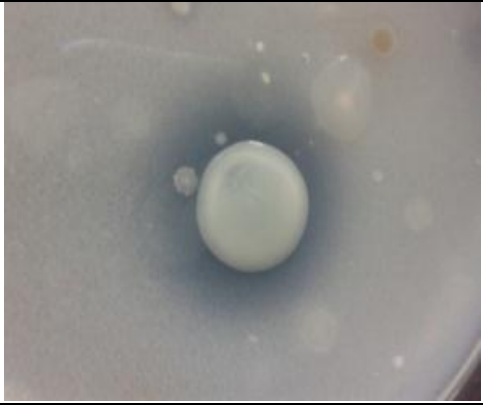
Gambar 4. (a) Pengaruh pemangkasan dan pemupukan terhadap populasi mikroorganisme perombak selulose, (b) Pengaruh pemupukan terhadap populasi mikroorganisme perombak selulose.

Hal ini diduga adanya kecenderungan penurunan populasi MOPP tersebut akibat zat hara yang terkandung dalam tanah menjadi diikat oleh molekul-molekul kimiawi dari pupuk. Dengan demikian proses regenerasi humus tidak dapat dilakukan lagi.

Berdasarkan Gambar 4(a) terlihat populasi mikrob perombak selulosa tanaman kontrol pada umur 90 hari pangkas, memiliki populasi mikrob yang lebih rendah dibandingkan tanaman dengan perlakuan pemupukan terutama penambahan pupuk NPK. Setelah satu bulan pemberian pupuk yaitu pada umur pangkas 60 hari hingga 90 hari populasi mikrob meningkat signifikan untuk setiap penambahan ketiga jenis pupuk. Pupuk yang memberikan peningkatan tertinggi populasi mikrob secara berturut-turut yaitu pupuk daun 542%, kompos 370%, NPK 184% dan kontrol 45,5%.

Berdasarkan Gambar 4(b) terlihat populasi mikrob perombak selulosa tanaman kontrol pada umur 60 hari lebih rendah dibandingkan tanaman dengan pemberian pupuk NPK. Setiap pemberian ketiga jenis pupuk dan kontrol meningkatkan populasi mikrob dari umur 1 bulan setelah pemupukan atau 60 hari pemangkasan hingga 90 hari kecuali pemupukan NPK. Pupuk yang memberikan peningkatan tertinggi populasi mikrob secara berturut-turut yaitu pupuk daun 1170%, kompos 227,7% dan kontrol 79,29%. Sedangkan pada pemberian pupuk NPK mengalami penurunan 29%.


Tabel 1. Identifikasi mikroorganisme pelarut P

Kriteria	Hasil Identifikasi	Gambar
Kode Isolat	P 10 ⁻⁴ a	
Elevasi	Cembung	
Bentuk koloni	Bulat	
Warna	Putih susu	
Tepi Koloni	Agak rata	
Bentuk sel	Batang	
Jenis Gram	Negatif	
Jenis Mikrob	<i>Pseudomonas</i>	

Tabel 2. Identifikasi mikroorganisme Penambat N (*Azotobacter*)

Kriteria	Hasil Identifikasi	Gambar
Kode Isolat	P 10 ³ c	
Elevasi	Cembung	
Bentuk koloni	Bulat	
Warna	Putih/bening	
Tepi Koloni	Rata	
Bentuk sel	Basil	
Jenis Gram	Negatif	
Jenis Mikrob	<i>Azotobacter vinelandi</i>	

Tabel 3. Identifikasi mikroorganisme Perombak Selulosa

Kriteria	Hasil Identifikasi	Gambar
Kode Isolat	P 10 ⁻⁴ a	
Elevasi	Cembung	
Bentuk koloni	Bulat	
Warna	Putih, agak krem	
Tepi Koloni	Agak keriput	
Bentuk sel	Basil	
Jenis Gram	Negatif	
Jenis Mikrob	<i>Bacillus</i>	

SIMPULAN

Perlakuan pemangkasan pada tanaman kilemo menurunkan populasi mikroba rhizosfer, antara lain *Azotobacter*, MOPP dan mikroorganisme perombak selulose. Pemberian pupuk organik dapat meningkatkan populasi mikroba rhizosfer baik pada tanaman yang dipangkas maupun yang tidak dipangkas. Pemberian pupuk NPK cenderung menurunkan populasi mikroba rhizosfer dibanding kontrol. Pemberian pupuk mikro melalui daun (pupuk daun) tidak memberikan pengaruh terhadap populasi mikroba rhizosfer tanaman kilemo. Mikroorganisme yang paling dominan ditentukan berdasarkan koloni yang sering muncul yaitu *Bacillus*, *Pseudomonas*, dan *Azotobacter vinelandii*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvarez JA, Villagra PE, Villalba R, Debandi G. 2013. Effects of the pruning intensity and tree size on multi-stemmed Prosopis. *Forest Ecology and Management*.
- Heyne K. 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia, Jilid II*. Badan Litbang Kehutanan-Yayasan Sarana Wanajaya. Jakarta.
- Novita D. 2013. *Pengaruh Pupuk terhadap Populasi Mikroorganisme Rizosfer pada Tanaman Kilemo (Litsea cubeba Pers)*. IPB.
- Marschner P, Crowley D, Rengel Z. 2011. Rhizosphere interactions between microorganisms and plants govern iron and phosphorus acquisition along the root axis e model and research methods. *Soil Biology & Biochemistry*, 43 : 883- 894.
- RAO NS, Subba. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press). Jakarta.
- Sanaullah M, Blagodatskaya E, Chabbi A, Rumpel C, Kuzyakov Y. 2011. Drought effects on microbial biomass and enzyme activities in the rhizosphere of grasses depend on plant community composition. *Applied Soil Ecology*, 48 : 38–44.
- Suryantini. 2002. Pemanfaatan bahan organik dan VAM untuk pertumbuhan dan hasil tanaman kacang. *Di dalam* Soejitno J, Hermanto, Sunihardi, editor. Sistem Produksi Pertanian Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Jakarta.
- Widyati E. 2013. Dinamika mikroba di rhizosfir dan kontribusinya terhadap pertumbuhan tanaman hutan. *Tekno Hutan Tanaman*, 3(2) (dalam proses penerbitan).
-