

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Karakter Fisika-Kimia Tanah Gambut di Cagar Biosfer GSK-BB

Hasil pengukuran karakter fisika-kimia tanah gambut Cagar Biosfer GSK-BB disajikan pada Tabel 2. Derajat keasaman tanah berada pada kondisi yang sangat asam, berkisar antara 3,5 - 5. pH terendah terdapat pada lokasi hutan alami, kelapa sawit, karet dan akasia. Rendahnya nilai pH pada tanah gambut dapat disebabkan oleh tingginya konsentrasi ion-ion H^+ sebagai hasil dari proses dekomposisi anaerob tidak sempurna oleh mikroba tanah yang menghasilkan asam-asam humik (Suwondo 2002). Bahan organik tanah merupakan sumber ion H^+ dan berperan dalam menurunkan keasaman tanah gambut (Satrio *et al.* 2009). Keasaman yang terjadi disebabkan oleh tingginya kandungan bahan organik dan proses dekomposisi yang berjalan lambat sehingga mengakibatkan penumpukan asam-asam organik pada tanah gambut.

pH tanah gambut di Cagar Biosfer GSK-BB ini tidak berbeda dengan pH tanah gambut di Kalimantan (Maas *et al.* 2000) dan Sarawak, Malaysia (Satrio *et al.* 2009). pH tanah gambut tertinggi terdapat pada lokasi bekas terbakar dengan pH $5 \pm 1,30$. Pengurangan bahan organik tanah akibat pembakaran akan menyebabkan peningkatan pH tanah, dimana keasaman tanah berkorelasi negatif terhadap bahan organik tanah (Satrio *et al.* 2009). Pada beberapa tipe pengolahan lahan gambut, pH tanah akan mengalami peningkatan bila dibandingkan dengan kondisi alami (Certini 2005).

Temperatur tanah gambut pada saat pengambilan sampel tanah bervariasi antara $27,5 \pm 0,58^\circ C$ hingga $33 \pm 0,5^\circ C$. Temperatur terendah terdapat pada lokasi hutan alami dan tertinggi pada lahan bekas terbakar kemudian di lokasi akasia umur 4 tahun ($29,2 \pm 1,1^\circ C$). Pembukaan lahan dengan dibakar merupakan salah satu cara yang digunakan masyarakat setempat untuk menghilangkan vegetasi yang ada sebelum lahan tersebut diolah. Lahan gambut yang dibuka dan diolah akan mengakibatkan temperatur pada tanah tersebut menjadi tinggi (Certini 2005). Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Ludang *et al.* (2007) pada lahan gambut di Kalimantan, dimana pada lahan yang diolah temperatur tanah mengalami peningkatan ($30,22^\circ C$) bila dibandingkan dengan hutan gambut alami ($22,88^\circ C$).

Perubahan tutupan vegetasi atau hilangnya vegetasi alami pada lahan gambut juga sangat mempengaruhi temperatur tanah gambut. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa hilangnya atau berubahnya vegetasi yang ada pada tanah gambut akan mempengaruhi temperatur pada tanah gambut. Tutupan kanopi vegetasi dapat mengurangi evaporasi dan menjaga temperatur tanah (Ludang *et al.* 2007). Pada penelitian ini, kondisi temperatur tanah pada lokasi akasia memiliki perbedaan dimana seharusnya diperoleh nilai temperatur yang rendah. Tingginya temperatur tanah pada lokasi akasia kemungkinan dikarenakan oleh kondisi cuaca panas terik ketika pengambilan sampel. Pernyataan ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Radjagukguk (2000), bahwa pengolahan yang terjadi pada lahan gambut akan menyebabkan variasi temperatur permukaan besar dikarenakan tanah menyerap panas yang tinggi dengan daya hantar panas yang rendah.

Kelembaban tanah pada saat pengambilan sampel bervariasi dimana kelembaban tanah berkisar antara $13 \pm 5,77$ hingga $80 \pm 10\%$. Kelembaban tanah gambut tertinggi diperoleh pada lokasi ubi kayu dan terendah pada lokasi bekas terbakar. Tutupan vegetasi berperan dalam mempertahankan keseimbangan air. Tingginya kelembaban tanah gambut disebabkan oleh kemampuan tanah untuk menyimpan air dalam jumlah besar sehingga kelembaban tanah menjadi tinggi. Sebaliknya, rendahnya kelembaban tanah disebabkan oleh kandungan air pada tanah mengalir menuju kanal-kanal yang terbentuk (Nuruddin *et al.* 2006). Kandungan air yang ada di tanah akan menurun secara berlebihan dan akan menyebabkan lahan gambut menjadi kering (Najiyati *et al.* 2005). Kelembaban tanah pada lokasi penelitian ini berbeda bila dibandingkan dengan kelembaban tanah yang diperoleh pada lahan gambut Sarawak, Malaysia yang berkisar antara 90-95% (Mohamed *et al.* 2002).

Berat kering tanah gambut berhubungan dengan kandungan air pada tanah. Berat kering tanah gambut di Cagar Biosfer GSK-BB pada 9 lokasi pengambilan sampel berkisar antara $16,7 \pm 2,13$ - $37,24 \pm 8,83\%$, dengan berat tertinggi terdapat pada lokasi akasia dan terendah pada lokasi hutan alami. Jika dilihat dari berat kering tanah pada masing-masing lokasi, terlihat kecenderungan peningkatan dari berat kering tanah pada lokasi yang telah mengalami pembukaan lahan bila dibandingkan dengan lokasi hutan alami. Tanah gambut yang mengering akan mengakibatkan tanah gambut menjadi hidrofobik dan sulit untuk menyerap air kembali (Radjagukguk 2000).

Hasil pengukuran kandungan air tanah menunjukkan bahwa tanah gambut mempunyai kemampuan yang besar dalam menyimpan air. Pada penelitian ini diperoleh kisaran kandungan

memiliki kisaran nilai KTK yang cukup rendah yaitu: 2,68-27,41 me/100g (Tambunan 2008). Nilai KTK lahan gambut di Cagar Biosfer GSK-BB lebih rendah dari hasil penelitian lainnya,

Berat volume tanah gambut dari 9 lokasi pengambilan sampel tanah di Cagar Biosfer GSK-BB bervariasi. Kisaran berat volume tanah gambut yang diperoleh berkisar antara $0,16 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$ hingga $0,28 \pm 0,03 \text{ g/cm}^3$. Berat volume tertinggi diperoleh pada lokasi kelapa sawit dan terendah pada lahan bekas terbakar. Rendahnya nilai berat volume yang didapatkan pada lahan bekas terbakar mungkin disebabkan oleh pengolahan lahan yang dilakukan dengan cara dibakar dan terbentuknya kanal. Pembakaran vegetasi tumbuhan yang dilakukan akan menghasilkan sisa pembakaran dalam bentuk serat. Sisa pembakaran ini kemungkinan akan menyebabkan berat volume di lahan bekas terbakar menjadi rendah dan ketika pengukuran dilakukan lebih banyak sisa pembakaran yang terambil. Handayani dan Prawito (2002), pada lahan hutan gambut bekas terbakar berat volume tanah yang diperoleh sangat rendah yang disebabkan oleh jumlah bahan organik atau serasah yang terdapat di permukaan tanah. Hal tersebut sesuai dengan hasil berat volume tanah gambut di lahan bekas terbakar yang diperoleh pada penelitian ini.

Secara umum, pembukaan dan pengolahan lahan gambut dapat meningkatkan nilai berat volume tanah dan menurunkan porositas tanah gambut (Radjagukguk 2000; Wahyunto *et al.* 2005; Agus dan Subiksa 2008). Hasil penelitian ini tidak jauh berbeda bila dibandingkan dengan penelitian terdahulu pada lahan gambut di Sibu, Sarawak, Malaysia dimana rata-rata berat volume gambut yang diperoleh yaitu $0,150 \text{ g/cm}^3$ (Satrio *et al.* 2009). Hasil penelitian lainnya pada hutan gambut alami di Tatau, Sarawak, Malaysia berat volume tanah gambut yang diperoleh sebesar $0,299 \pm 0,007 \text{ g/cm}^3$ dan $0,289 \pm 0,002$ hingga $0,309 \pm 0,006 \text{ g/cm}^3$ pada lahan gambut perkebunan kelapa sawit (Ywih *et al.* 2009).

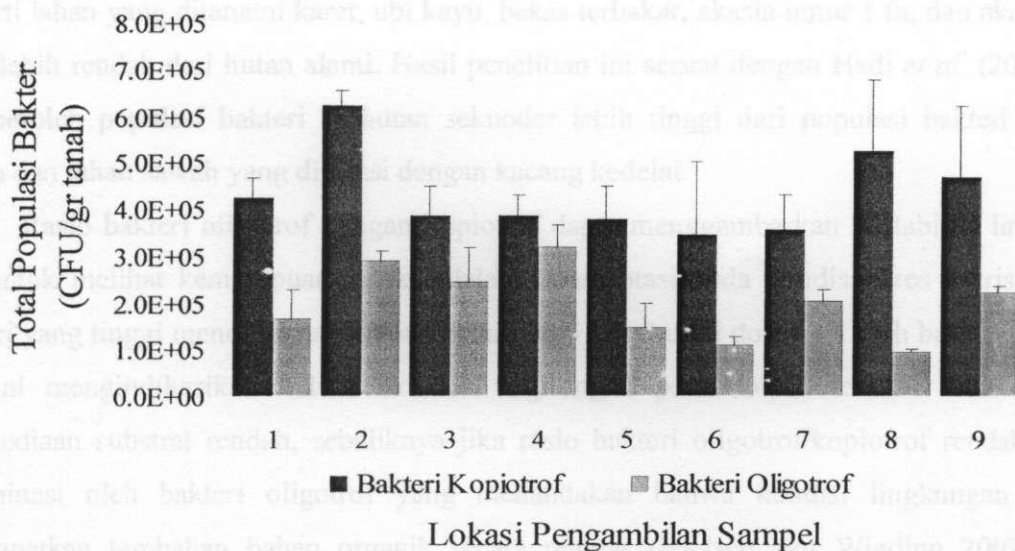
Berdasarkan pengukuran berat volume tanah yang dilakukan, tingkat dekomposisi material organik tanah gambut dapat ditentukan. Tingkat dekomposisi tanah gambut Cagar Biosfer GSK-BB pada 9 lokasi pengambilan sampel tanah mewakili 2 jenis tingkat dekomposisi material organik tanah gambut yaitu hemik dan saprik (Tabel 2). Tingkat dekomposisi material organik tanah gambut Propinsi Riau pada penelitian terdahulu diperoleh nilai yang bervariasi meliputi jenis fibrik, hemik dan saprik (Wahyunto *et al.* 2005). Tingkat dekomposisi material organik pada tanah gambut di Kalimantan dan Rawapening (Jawa Tengah) berada pada tingkat dekomposisi jenis saprik (Maas *et al.* 2000). Penelitian lainnya pada lahan gambut di Sarawak, Malaysia ditemukan tingkat dekomposisi jenis saprik (Satrio *et al.* 2009).

Pada penelitian ini perbedaan vegetasi dan sistem pengolahan lahan gambut belum memberikan perubahan yang menyolok terhadap beberapa faktor fisika kimia tanah, walaupun terdapat variasi hasil pengukuran antar lokasi pengambilan sampel. Salah satu contohnya yaitu pengolahan lahan belum memberikan perbedaan yang besar terhadap peningkatan berat volume tanah. Hasil pengukuran berat volume tanah yang diperoleh dapat menggambarkan bahwa kualitas tanah di Cagar Biosfer GSK-BB masih cukup mampu mendukung keberlangsungan proses-proses biologi tanah.

5.2 Total Populasi Mikroba Tanah Gambut

5.2.1. Total Populasi Bakteri

Total populasi bakteri yang dihitung dari sampel tanah gambut di Cagar Biosfer GSK-BB meliputi bakteri koptotrof dan bakteri oligotrof (Gambar 2). Berdasarkan kebutuhan nutrient, bakteri dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu bakteri koptotrof dan bakteri oligotrof. Bakteri koptotrof merupakan kelompok bakteri yang mampu hidup dan berkembang biak pada kondisi kaya nutrient, sedangkan bakteri oligotrof merupakan kelompok bakteri yang mampu hidup pada kondisi lingkungan yang miskin nutrient (Hu *et al.* 1999; Langer *et al.* 2004).



Gambar 2. Total populasi bakteri tanah gambut diberbagai lokasi pengambilan sampel. 1. hutan alami, 2. sawit, 3. karet, 4. ubi kayu, 5. bekas terbakar, 6. akasia 1 th, 7. akasia 3 th, 8. akasia 4 th, 9. akasia 5 th.

Tabel 4. Hasil analisis perbedaan sistem penggunaan lahan terhadap total populasi bakteri oligotrof dengan uji LSD pada taraf uji 5%

Lokasi	Hutan alami	Sawit	Karet	Ubi Kayu	Bekas Terbakar	Akasia 1 th	Akasia 3 th	Akasia 4 th	Akasia 5 th
Hutan alami	-	0,002*	0,031*	0,000*	0,631NS	0,136NS	0,257NS	0,055NS	0,114NS
Sawit	-	-	0,220NS	0,391NS	0,001*	0,000*	0,025*	0,000*	0,067NS
Karet	-	-	-	0,046*	0,011*	0,001*	0,257NS	0,000*	0,503NS
Ubi Kayu	-	-	-	-	0,000*	0,000*	0,004*	0,000*	0,011*
Bekas Terbakar	-	-	-	-	-	0,297NS	0,114NS	0,136NS	0,046*
Akasia 1 th	-	-	-	-	-	-	0,014*	0,631NS	0,005*
Akasia 3 th	-	-	-	-	-	-	-	0,005*	0,631NS
Akasia 4 th	-	-	-	-	-	-	-	-	0,002*
Akasia 5 th	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan: * signifikan; NS=Non Signifikan

Lokasi pengambilan sampel di hutan alami digunakan sebagai kontrol, dimana populasi bakteri koptotrof lebih tinggi dari bakteri oligotrof. Secara umum, kondisi lahan gambut alami berbeda dengan kondisi lahan gambut yang telah diolah. Lahan gambut alami bersifat anaerob (Inubushi dan Hadi 2000), sedangkan lahan gambut yang telah diolah bersifat aerob. Kondisi lahan gambut alami yang anaerob kemungkinan lebih didominasi oleh bakteri anaerob, walaupun demikian populasi bakteri aerob juga tetap ditemukan. Pada lahan gambut yang diolah akan terjadi peningkatan total populasi bakteri aerob karena telah terjadi perubahan lingkungan dari anaerob menjadi aerob. Akan tetapi, total populasi bakteri di lahan yang diolah (seperti lahan yang ditanami karet, ubi kayu, bekas terbakar, akasia umur 1 th, dan akasia umur 3 th) lebih rendah dari hutan alami. Hasil penelitian ini sesuai dengan Hadi *et al.* (2001) yang memperoleh populasi bakteri di hutan sekunder lebih tinggi dari populasi bakteri di lahan sawah dan lahan sawah yang dirotasi dengan kacang kedelai.

Rasio bakteri oligotrof dengan koptotrof dapat menggambarkan kestabilan lingkungan dan untuk melihat kemampuan bakteri dalam beradaptasi pada kondisi stres nutrisi. Rasio bakteri yang tinggi menunjukkan bahwa pada lokasi tersebut di dominasi oleh bakteri oligotrof. Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi lingkungan pada lokasi tersebut stabil dengan ketersediaan substrat rendah, sebaliknya jika rasio bakteri oligotrof/koptotrof rendah, berarti didominasi oleh bakteri oligotrof yang menandakan bahwa kondisi lingkungan tersebut mendapatkan tambahan bahan organik secara regular (Nielsen dan Winding 2002). Rasio bakteri oligotrof/koptotrof tertinggi terdapat pada lokasi bekas ubi kayu yaitu 0,82 dan rasio terendah terdapat pada lokasi akasia umur 4 tahun (Tabel 5).

Total populasi bakteri koptotrof dari masing-masing lokasi sampel tanah gambut berkisar antara $3,43 \pm 1,56 \cdot 10^5$ CFU/g tanah hingga $6,20 \pm 0,34 \cdot 10^5$ CFU/g tanah. Total populasi tertinggi terdapat pada lokasi perkebunan sawit dan yang terendah terletak pada lokasi perkebunan akasia umur 1 tahun. Total populasi bakteri di lokasi hutan alami, perkebunan karet, ubi kayu, lahan bekas terbakar, akasia umur 3 tahun, 4 tahun, dan 5 tahun berturut-turut yaitu $4,23 \pm 0,45 \cdot 10^5$ CFU/g tanah; $3,86 \pm 0,61 \cdot 10^5$ CFU/g tanah; $3,83 \pm 0,47 \cdot 10^5$ CFU/g tanah; $3,76 \pm 0,70 \cdot 10^5$ CFU/g tanah; $3,53 \pm 0,75 \cdot 10^5$ CFU/g tanah; $5,23 \pm 1,53 \cdot 10^5$ CFU/g tanah, dan $4,66 \pm 1,52 \cdot 10^5$ CFU/g tanah.

Hasil analisis one-Way ANOVA (Lampiran 3) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan total populasi bakteri koptotrof dari 9 lokasi yang mewakili perbedaan vegetasi dan sistem pengolahan lahan di Cagar Biosfer GSK-BB. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengolahan lahan memberikan perbedaan nyata terhadap total populasi bakteri koptotrof dengan nilai signifikan 0,019 ($p < 0,05$). Hasil uji lanjut LSD (Tabel 3 dan Lampiran 4) menunjukkan bahwa sistem pengolahan lahan memberikan pengaruh nyata terhadap perbedaan populasi bakteri koptotrof di lokasi sawit dan akasia umur 5 tahun jika dibandingkan dengan hutan alami.

Tabel 3. Hasil analisis perbedaan sistem pengolahan lahan terhadap total populasi bakteri koptotrof dengan uji lanjut LSD pada taraf uji 5%

Lokasi	Hutan alami	Sawit	Karet	Ubi Kayu	Bekas Terbakar	Akasia 1 th	Akasia 3 th	Akasia 4 th	Akasia 5 th
Hutan alami	-	0,003*	0,802NS	0,447NS	0,442NS	0,325NS	0,252NS	0,107NS	0,003*
Sawit		-	0,003*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,118NS	0,000*
Karet			-	0,262NS	0,287NS	0,197NS	0,145NS	0,137NS	0,001*
Ubi Kayu				-	0,898NS	0,702NS	0,567NS	0,012*	0,005*
Bekas Terbakar					-	0,825NS	0,699NS	0,022*	0,022*
Akasia 1 th						-	0,868NS	0,013*	0,038*
Akasia 3 th							-	0,009*	0,056NS
Akasia 4 th								-	0,000*
Akasia 5 th									-

Keterangan: * signifikan; NS=Non Signifikan

Tingginya populasi bakteri koptotrof pada lokasi perkebunan sawit kemungkinan karena sekresi metabolit sekunder dari akar tanaman sawit berupa eksudat akar. Metabolit tersebut merupakan sumber nutrient bagi bakteri tanah. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa populasi bakteri di daerah perakaran tanaman lebih banyak dibandingkan populasi di daerah tanpa perakaran tanaman. Menurut Croft *et al.* (2001) dan Valpassos *et al.* (2001), jumlah vegetasi disuatu lokasi akan mempengaruhi jumlah mikroba tanah melalui ketersediaan bahan-

bahan organik tanah yang merupakan sumber nutrisi dan energi bagi bakteri heterotrof tanah, termasuk bakteri. Akar tanaman melakukan aktivitas metabolisme sehingga mengeluarkan senyawa metabolit yang disebut eksudat ke dalam tanah. Eksudat akar tanaman terdiri dari asam amino, karbohidrat, vitamin, nukleotida dan enzim yang dapat dimanfaatkan bakteri tanah untuk bertahan hidup dan memperbanyak diri.

Total populasi yang juga tinggi pada lokasi akasia umur 4 tahun, kemungkinan selain karena faktor eksudat akar juga karena adanya proses kanalisasi yang bertujuan mengurangi kandungan air, sehingga kondisi tanah gambut berubah menjadi aerob. Adanya perubahan kondisi ini akan mempercepat proses dekomposisi bahan-bahan organik (Minkinen *et al.* 2007). Sebaliknya, rendahnya total populasi bakteri pada lokasi akasia umur 1 tahun kemungkinan dikarenakan faktor fisika kimia tanah, seperti kelembaban dan konduktifitas tanah yang rendah (Tabel 2).

Total populasi bakteri oligotrof berada pada kisaran $0,93 \pm 0,05 \times 10^5$ CFU/g tanah hingga $3,1 \pm 0,50 \times 10^5$ CFU/gr tanah (Gambar 2). Total populasi bakteri oligotrof tertinggi terletak pada lokasi ubi kayu dan populasi bakteri terendah terletak pada lokasi akasia umur 4 tahun. Total populasi bakteri oligotrof pada lokasi hutan alami, sawit, karet, ubi kayu, akasia umur 1 th, akasia umur 3 th, dan akasia umur 5 tahun berturut-turut yaitu $1,63 \pm 0,63 \cdot 10^5$ CFU/g tanah; $2,86 \pm 0,23 \cdot 10^5$ CFU/g tanah; $2,43 \pm 0,75 \cdot 10^5$ CFU/g tanah; $1,46 \pm 0,50 \cdot 10^5$ CFU/g tanah; $1,1 \pm 0,17 \cdot 10^5$ CFU/g tanah; $2,03 \pm 0,25 \cdot 10^5$ CFU/g tanah; $2,20 \pm 0,17 \cdot 10^5$ CFU/g tanah.

Hasil analisis one-Way ANOVA (Lampiran 5) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan total populasi bakteri oligotrof dari 9 lokasi yang mewakili perbedaan vegetasi dan sistem pengolahan lahan di Cagar Biosfer GSK-BB. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengolahan lahan memberikan perbedaan nyata terhadap total populasi bakteri oligotrof dengan nilai signifikan 0,000 ($p < 0,05$). Hasil uji lanjut LSD (Tabel 4, Lampiran 6) menunjukkan bahwa sistem pengolahan lahan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perbedaan populasi bakteri oligotrof di lokasi sawit, karet, dan ubi kayu.

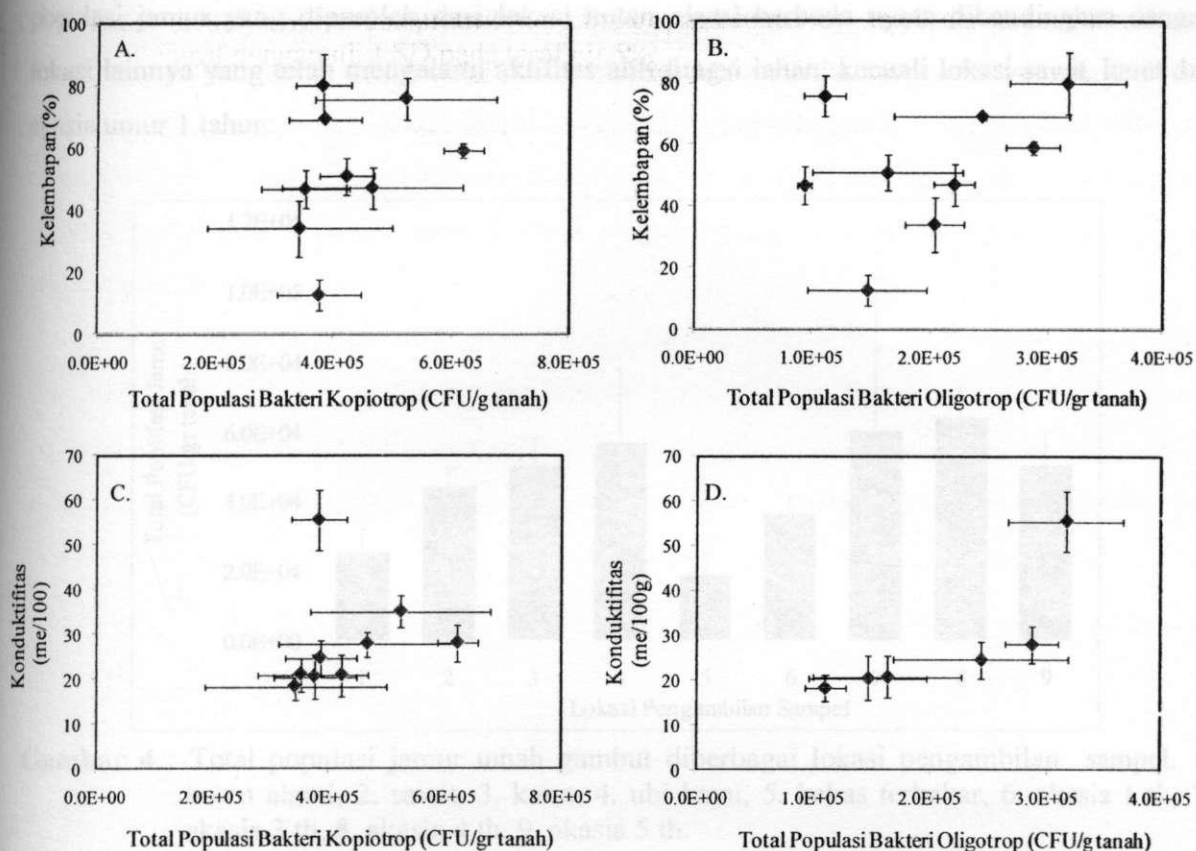
Secara alamiah lingkungan tanah merupakan kondisi oligotrof (Hu *et al.* 1999), meskipun diketahui bahwa tanah kaya akan bahan organik. Akan tetapi jumlah bahan organik dalam bentuk yang tersedia bagi mikroba tanah relatif pada konsentrasi rendah, sehingga keberadaan bakteri oligotrof lebih dominan di tanah dibandingkan bakteri koptotrof (Hu *et al.* 1999). Akan tetapi, pada penelitian ini semua lokasi pengambilan sampel didominasi bakteri koptotrof.

Rasio bakteri oligotrof/kopiotrof yang tinggi pada lokasi ubi kayu dan didominasi oleh bakteri oligotrofik menggambarkan bahwa lokasi ini lebih stabil dari lokasi lainnya dengan ketersediaan substrat yang rendah. Hal berbeda untuk lokasi akasia umur 4 tahun yang didominasi oleh bakteri kopiotrof. Artinya pada lokasi ini pemasukan bahan organik lebih banyak daripada lokasi lainnya. Dominasi bakteri kopiotrof pada lokasi ini karena adanya tambahan nutrient bagi bakteri tanah berupa pupuk selama masa perawatan. Begitu juga untuk lokasi hutan alami yang memiliki nilai rasio 0,38. Hal ini menunjukkan bahwa secara regular lokasi ini mendapatkan input bahan organik dari sisa-sisa vegetasi yang ada.

Tabel 5. Rasio total populasi bakteri oligotrof/kopiotrof di Cagar Biosfer GSK-BB

Lokasi	Rasio bakteri oligotrof/kopiotrof
Hutan alami	0,38
Sawit	0,46
Karet	0,62
Ubi kayu	0,82
Bekas terbakar	0,39
Akasia 1 th	0,32
Akasia 3 th	0,57
Akasia 4 th	0,17
Akasia 5 th	0,47

Kemelimpahan bakteri dipengaruhi oleh faktor lingkungan, seperti faktor ketersediaan nutrient, kondisi fisika, kimia, dan biologi tanah. Dari hasil pengukuran faktor fisika kimia tanah (Tabel 2), diketahui bahwa terdapat variasi yang dapat menyebabkan perbedaan total populasi bakteri dari masing-masing lokasi sampling. Hasil pemetaan hubungan antara kelembaban dan konduktivitas dengan total populasi bakteri menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan korelasi positif diantara variabel tersebut (Gambar 3). Peningkatan kelembaban dan konduktivitas juga diikuti oleh peningkatan total populasi bakteri baik itu populasi bakteri kopiotrof (Gambar 3A dan 3C) maupun populasi bakteri oligotrof (Gambar 3B dan 3D).



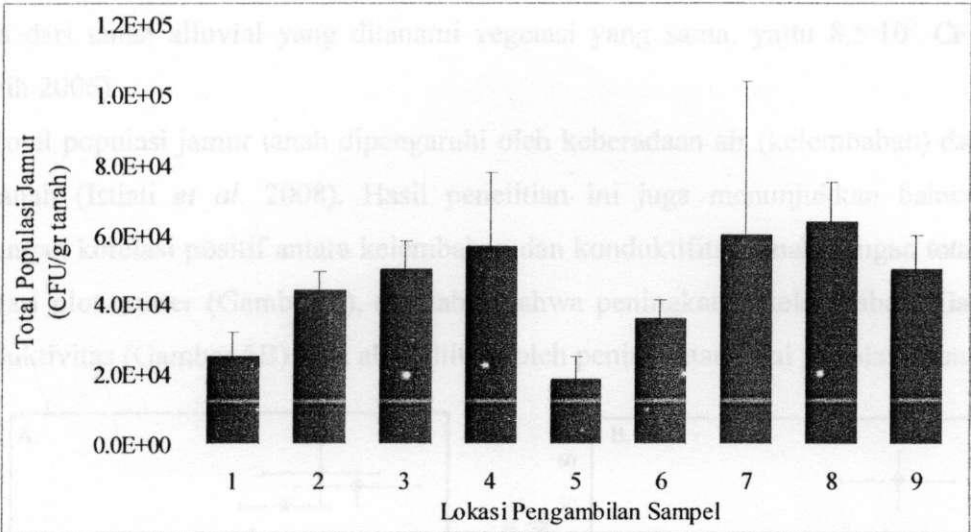
Gambar 3. Hubungan antara kelembapan dan konduktivitas dengan variasi total populasi bakteri kopiotrof dan oligotrof

5.2.2 Total Populasi Jamur

Total populasi jamur pada Cagar Biosfer GSK-BB disajikan pada Gambar 4. Total populasi jamur tertinggi terletak pada lokasi akasia umur 4 th yaitu $6,3 \pm 1,15 \cdot 10^4$ CFU/g tanah dan populasi terendah terdapat pada lokasi bekas terbakar yaitu $1,86 \pm 0,61 \cdot 10^4$ CFU/g tanah. Total populasi jamur di lokasi hutan alami, sawit, karet, ubi kayu, akasia umur 1 th, 3 th, dan 5 th berturut-turut yaitu $2,50 \pm 0,70 \cdot 10^4$ CFU/g tanah; $4,4 \pm 0,54 \cdot 10^4$ CFU/g tanah; $5,0 \pm 0,81 \cdot 10^4$ CFU/g tanah; $5,6 \pm 2,08 \cdot 10^4$ CFU/g tanah; $3,6 \pm 0,52 \cdot 10^4$ CFU/g tanah; $6,0 \pm 4,35 \cdot 10^4$ CFU/g tanah; $5,0 \pm 1,0 \cdot 10^4$ CFU/g tanah.

Dari hasil analisis one-Way (ANOVA) diketahui bahwa aktifitas alih fungsi dan sistem pengolahan lahan yang terjadi di Cagar Biosfer GSK-BB menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan nilai $0,033^*$ ($p < 0,5$) (Lampiran 7). Signifikansi dari total populasi jamur pada kesembilan lokasi pengambilan sampel kemudian di uji lanjut menggunakan uji LSD. Hasil uji LSD disajikan pada Tabel 6 dan Lampiran 8. Hasil uji lanjut LSD menunjukkan bahwa total

populasi jamur yang diperoleh dari lokasi hutan alami berbeda nyata dibandingkan dengan lokasi lainnya yang telah mengalami aktifitas alih fungsi lahan, kecuali lokasi sawit, karet dan akasia umur 1 tahun.



Gambar 4. Total populasi jamur tanah gambut diberbagai lokasi pengambilan sampel. 1. hutan alami, 2. sawit, 3. karet, 4. ubi kayu, 5. bekas terbakar, 6. akasia 1 th, 7. akasia 3 th, 8. akasia 4 th, 9. akasia 5 th.

Tabel 6. Perbedaan sistem pengolahan lahan terhadap total populasi jamur dengan uji LSD pada taraf uji 5%

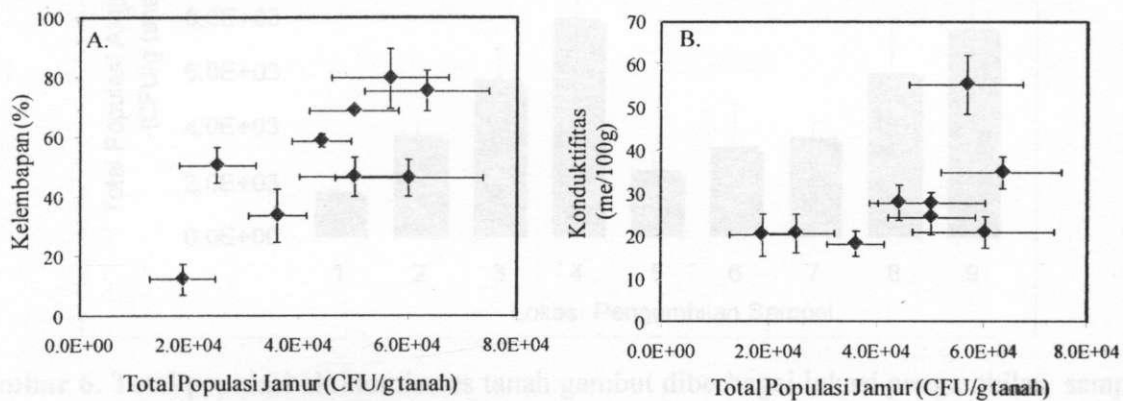
Lokasi	Hutan alami	Sawit	Karet	Ubi Kayu	Bekas Terbakar	Akasia 1 th	Akasia 3 th	Akasia 4 th	Akasia 5 th
Hutan alami	-	0,127NS	0,059NS	0,028*	0,641NS	0,420NS	0,016*	0,009*	0,076NS
Sawit		-	0,591NS	0,302NS	0,046*	0,511NS	0,195NS	0,121NS	0,61NS
Karet			-	0,600NS	0,021*	0,276NS	0,433NS	0,299NS	1,000NS
Ubi Kayu				-	0,010*	0,137NS	0,806NS	0,623NS	0,623NS
Bekas Terbakar					-	0,209NS	0,006*	0,003*	0,029*
Akasia 1 th						-	0,087NS	0,054NS	0,307NS
Akasia 3 th							-	0,806NS	0,463NS
Akasia 4 th								-	0,330NS
Akasia 5 th									-

Keterangan: * signifikan; NS=Non Signifikan

Tingginya total populasi jamur tanah pada lokasi akasia umur 4 tahun kemungkinan dikarenakan kondisi tanah yang subur. Suciatmih (2006) menyatakan bahwa tanah yang subur akan merangsang peningkatan populasi jamur tanah. Jamur memerlukan partikel humus dan lebih menyukai keadaan yang lebih asam untuk pertumbuhannya. Dari grafik dapat dilihat bahwa total populasi jamur yang terdapat pada Cagar Biosfer GSK-BB menunjukkan kuantitas yang tinggi. Hal ini kemungkinan di karenakan kondisi pH tanah yang asam (Lihat Tabel 2).

Jamur merupakan kelompok mikroba yang memiliki kemampuan hidup pada rentang pH yang lebih luas. Pada umumnya jamur tumbuh maksimum pada pH yang rendah ($\text{pH} < 5$) (Effendi 1999). Dari hasil penelitian terdahulu diketahui bahwa populasi jamur yang diisolasi pada suhu ruang dari lahan gambut yang ditanami ubi kayu jauh lebih tinggi daripada populasi jamur yang diperoleh dari tanah alluvial yang ditanami vegetasi yang sama, yaitu $8,5 \cdot 10^5$ CFU/g tanah (Suciatmih 2006).

Total populasi jamur tanah dipengaruhi oleh keberadaan air (kelembaban) dan keadaan nutrisi tanah (Istiati *et al.* 2008). Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa terdapat kecendrungan korelasi positif antara kelembaban dan konduktifitas tanah dengan total populasi jamur. Dari plot scatter (Gambar 5), diketahui bahwa peningkatan kelembaban (Gambar 5A) dan konduktivitas (Gambar 5B) juga akan diikuti oleh peningkatan total populasi jamur.



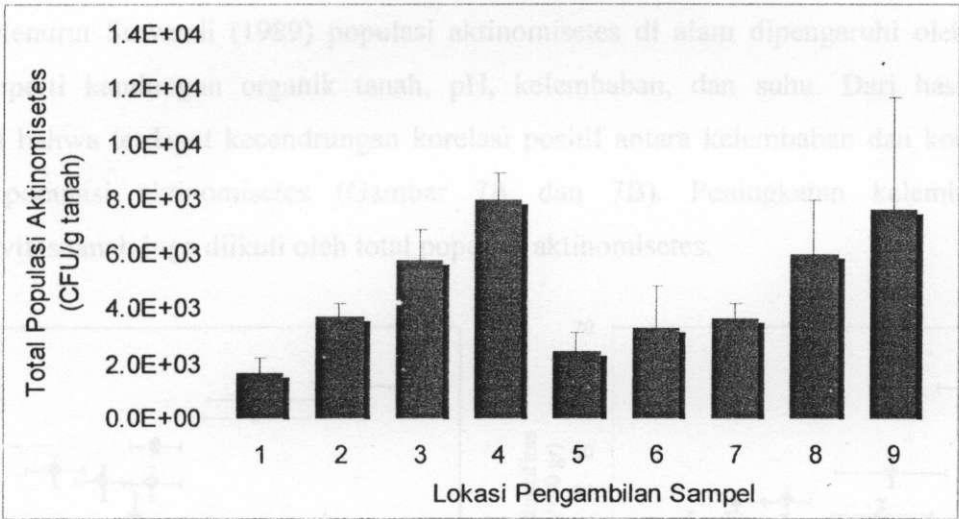
Gambar 5. Hubungan kelembaban (A) dan konduktifitas (B) tanah dengan total populasi jamur dari sembilan lokasi pengambilan sampel tanah.

5.2.3. Total Populasi Aktinomisetes

Total populasi aktinomisetes disajikan pada Gambar 6. Populasi tertinggi terdapat pada lokasi ubi kayu yaitu $0,80 \pm 0,10 \cdot 10^4$ CFU/g tanah, dan yang terendah terdapat pada lokasi hutan alami yaitu $0,16 \pm 0,05 \cdot 10^4$ CFU/g tanah. Total populasi aktinomisetes di lokasi sawit $0,37 \pm 0,28 \cdot 10^4$ CFU/g tanah, karet $0,58 \pm 0,11 \cdot 10^4$ CFU/g tanah, bekas terbakar $0,25 \pm 0,07 \cdot 10^4$ CFU/g tanah, akasia umur 1 tahun $0,33 \pm 0,15 \cdot 10^4$ CFU/g tanah, akasia umur 3 tahun $0,36 \pm 0,05 \cdot 10^4$ CFU/g tanah, akasia umur 4 tahun $0,6 \pm 0,20 \cdot 10^4$ CFU/g tanah, dan akasia umur 5 tahun $0,76 \pm 0,40 \cdot 10^4$ CFU/g tanah.

Dari hasil analisis *One-Way* (ANOVA) diketahui bahwa aktifitas alih fungsi dan sistem pengolahan lahan yang terjadi di Cagar Biosfer GSK-BB menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap total populasi aktinomisetes dengan nilai $0,000^*$ ($p < 0,5$) (Lampiran 9).

Signifikansi dari total populasi aktinomisetes pada kesembilan lokasi pengambilan sampel kemudian diuji lanjut menggunakan uji LSD. Hasil uji LSD disajikan pada Tabel 7 dan Lampiran 10 yang menunjukkan bahwa total populasi aktinomisetes dari lokasi hutan alami berbeda nyata dibandingkan dengan lokasi lainnya, kecuali lahan bekas terbakar dan akasia umur 5 tahun. Artinya aktifitas alih fungsi lahan yang dilakukan pada lahan bekas terbakar dan akasis umur 5 tahun belum memberikan pengaruh yang nyata terhadap perubahan total populasi aktinomisetes.



Gambar 6. Total populasi aktinomisetes tanah gambut diberbagai lokasi pengambilan sampel. 1. hutan alami, 2. sawit, 3. karet, 4. ubi kayu, 5. bekas terbakar, 6. akasia 1 th, 7. akasia 3 th, 8. akasia 4 th, 9. akasia 5 th.

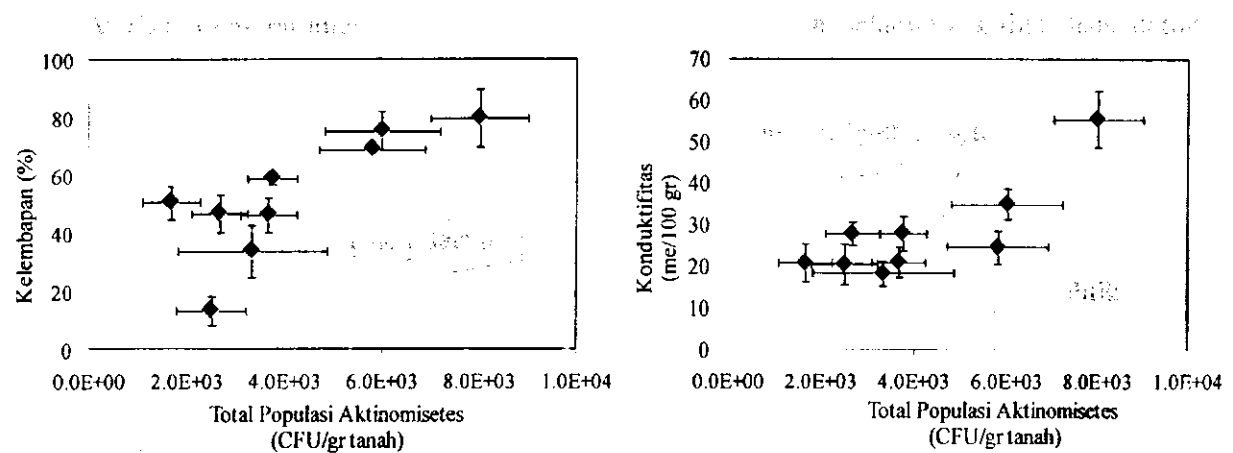
Tabel 7. Perbedaan sistem pengolahan lahan terhadap total populasi aktinomisetes dengan uji LSD pada taraf uji 5%

Lokasi	Hutan alami	Sawit	Karet	Ubi Kayu	Bekas Terbakar	Akasia 1 th	Akasia 3 th	Akasia 4 th	Akasia 5 th
Hutan alami	-	0,009*	0,000*	0,000*	0,348NS	0,044*	0,018*	0,000*	0,081NS
Sawit		-	0,004*	0,000*	0,144NS	0,572NS	0,910NS	0,001*	0,277NS
Karet			-	0,005*	0,600*	0,002*	0,006*	0,147NS	0,000*
Ubi Kayu				-	0,000*	0,000*	0,000*	0,262NS	0,000*
Bekas Terbakar					-	0,348NS	0,194NS	0,000*	0,550NS
Akasia 1 th						-	0,672NS	0,000*	0,651NS
Akasia 3 th							-	0,001*	0,369NS
Akasia 4 th								-	0,000*
Akasia 5 th									-

Keterangan: * signifikan; NS=Non Signifikan

Total populasi aktinomisetes yang tinggi pada lokasi ubi kayu mungkin karena didukung oleh faktor fisika kimia tanah (Tabel 2). Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, bahwa lokasi ubi kayu memiliki nilai konduktivitas yang tinggi sehingga sangat disukai oleh kelompok aktinomisetes. Di lain pihak, rendahnya total populasi aktinomisetes di hutan alami mungkin disebabkan oleh kondisi lingkungan yang anaerob. Aktinomisetes lebih tahan pada kondisi tanah kering daripada jamur (Hardjowigeno 2003). Hal ini sesuai laporan Croft *et al.* (2001) dimana total populasi aktinomisetes pada lahan gambut yang telah direstorasi dan lahan gambut yang telah dikeringkan lebih tinggi dibandingkan pada lahan gambut alami.

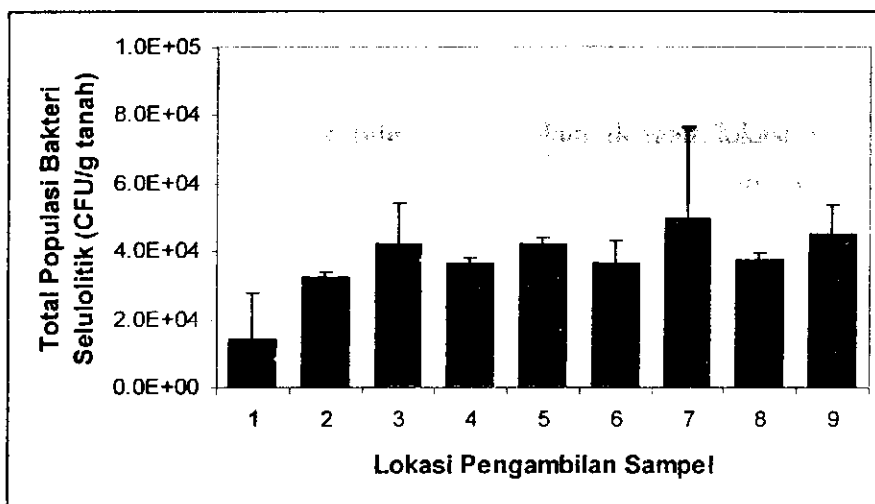
Menurut Suwandi (1989) populasi aktinomisetes di alam dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kandungan organik tanah, pH, kelembaban, dan suhu. Dari hasil analisis, diketahui bahwa terdapat kecendrungan korelasi positif antara kelembaban dan konduktivitas dengan populasi aktinomisetes (Gambar 7A dan 7B). Peningkatan kelembaban dan konduktivitas tanah juga diikuti oleh total populasi aktinomisetes.



Gambar 7. Hubungan kelembapan (A) dan konduktivitas (B) tanah dengan total populasi aktinomisetes dari sembilan lokasi pengambilan sampel tanah

5.2.4 Total Populasi Bakteri Selulolitik

Total populasi bakteri selulolitik untuk setiap lokasi pengambilan sampel memiliki jumlah koloni yang bervariasi (Gambar 8). Total populasi bakteri selulolitik dari 9 lokasi pengambilan sampel tanah gambut di Cagar Biosfer GSK-BB berkisar dari $1,44 \cdot 10^4$ hingga $5,0 \cdot 10^4$ CFU/g tanah. Populasi bakteri selulolitik tertinggi diperoleh pada lokasi akasia umur 3 tahun dan populasi terendah pada lokasi hutan alami. Total populasi bakteri selulolitik yang diperoleh pada penelitian ini berada dalam kisaran yang sama dengan total populasi yang diperoleh pada tanah gambut di Fukushima, Jepang yaitu $1,5-9,2 \cdot 10^5$ CFU/g tanah (Hiroki dan Watanabe 1996).



Gambar 8. Total populasi bakteri selulolitik di Cagar Biosfer GSK-BB. 1. hutan alami, 2. sawit, 3. karet, 4. ubi kayu, 5. bekas terbakar, 6. akasia 1 th, 7. akasia 3 th, 8. akasia 4 th, 9. akasia 5 th

Variasi total populasi bakteri selulolitik yang diperoleh selanjutnya dianalisis untuk melihat dampak perubahan lahan akibat aktivitas antropogenik di Cagar Biosfer GSK-BB terhadap total populasi bakteri selulolitik. Analisis total populasi bakteri selulolitik dilakukan dengan menggunakan *One-Way* ANOVA. Hasil analisis menunjukkan bahwa total populasi bakteri selulolitik yang diperoleh dari tiap lokasi mempunyai perbedaan yang signifikan (0,029) pada taraf 5% (Lampiran 11). Signifikansi dari total populasi bakteri selulolitik pada kesembilan lokasi pengambilan sampel kemudian diuji lanjut menggunakan uji LSD. Hasil uji LSD disajikan pada Tabel 8 dan Lampiran 12.

Tabel 8. Hasil analisis total populasi bakteri selulolitik di Cagar Biosfer GSK-BB menggunakan uji lanjut LSD

Lokasi	Hutan alami	Sawit	Karet	Ubi Kayu	Bekas Terbakar	Akasia 1 th	Akasia 3 th	Akasia 4 th	Akasia 5 th
Hutan alami	-	0,037*	0,003*	0,013*	0,002*	0,015*	0,001*	0,020*	0,001*
Sawit		-	0,263 NS	0,626 NS	0,221 NS	0,655 NS	0,071 NS	0,599 NS	0,144 NS
Karet			-	0,517 NS	0,974 NS	0,491 NS	0,387 NS	0,624 NS	0,714 NS
Ubi Kayu				-	0,469 NS	0,967 NS	0,157 NS	0,927 NS	0,315 NS
Bekas Terbakar					-	0,443 NS	0,377 NS	0,586 NS	0,720 NS
Akasia 1 th						-	0,148 NS	0,898 NS	0,297 NS
Akasia 3 th							-	0,222 NS	0,586 NS
Akasia 4 th								-	0,417 NS
Akasia 5 th									-

Keterangan: Analisis dilakukan pada taraf $\leq 0,05$. NS= tidak berbeda nyata, *= berbeda nyata.

Total populasi bakteri selulolitik memperlihatkan kecenderungan bahwa terjadi peningkatan total populasi bakteri pada lokasi yang telah mengalami perubahan pengolahan lahan akibat aktivitas antropogenik bila dibandingkan dengan lokasi hutan alami. Hasil penelitian ini berbeda bila dibandingkan dengan laporan Hadi *et al.* (2001), dimana pada lahan gambut yang mengalami perubahan vegetasi akibat perubahan penggunaan lahan memiliki jumlah populasi yang lebih rendah (5 log CFU/g tanah) dibandingkan dengan hutan gambut alami (<5 log CFU/g tanah). Perbedaan total populasi bakteri selulolitik yang didapat mungkin disebabkan oleh perbedaan dalam ketersediaan nutrisi dan tipe medium selektif yang digunakan dalam menumbuhkan bakteri selulolitik (Croft *et al.* 2001).

Hasil uji LSD menunjukkan bahwa total populasi bakteri selulolitik pada lokasi pengambilan sampel yang mengalami perubahan lahan akibat aktivitas antropogenik berbeda nyata bila dibandingkan dengan hutan alami, akan tetapi lahan yang mengalami perubahan fungsi tersebut saling tidak berbeda nyata. Secara alami, kondisi lahan gambut alami berbeda dengan kondisi lahan gambut yang telah mengalami pengolahan. Lahan gambut yang telah mengalami pengolahan bersifat aerob, sedangkan lahan gambut alami bersifat anaerob (Inubushi dan Hadi 2001). Pengolahan lahan yang terjadi seperti pembukaan, kanalisasi dan pembakaran dapat meningkatkan ketersediaan oksigen yang diperlukan bagi mikroba tanah sehingga populasi mikroba tanah akan mengalami peningkatan (Najiyati *et al.* 2005), selain itu juga akan mengurangi kandungan air yang terdapat pada lahan gambut. Kandungan air yang tinggi pada lokasi hutan alami (Tabel 2) bila dibandingkan dengan lokasi lainnya merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi rendahnya total populasi bakteri selulolitik yang diperoleh.

Perubahan kondisi lingkungan pada lokasi yang mengalami pengolahan akan meningkatkan proses dekomposisi pada lahan gambut dan mengakibatkan tingginya jumlah dekomposer pada permukaan tanah (Malawska *et al.* 2009) sehingga akan mempercepat proses dekomposisi material organik di tanah. Proses dekomposisi akan berjalan baik dengan adanya bantuan dari aktivitas bakteri selulolitik (Hatami *et al.* 2008) yang akan memanfaatkan material organik tanah sebagai sumber nutrisi. Pada lokasi akasia permukaan tanah juga didominasi oleh rumput-rumputan. Rumput merupakan salah satu vegetasi yang memiliki sistem perakaran menyebar, dengan sistem seperti ini rumput akan memperbaiki struktur tanah dengan membentuk mikroagregat antara akar dan bakteri (Valpassos *et al.* 2001). Selain itu, eksudat akar yang dihasilkan akan mempengaruhi ketersediaan nutrisi bagi pertumbuhan mikroba tanah

seperti bakteri. Kelembaban yang tinggi (Tabel 2) pada lokasi akasia merupakan kondisi yang sangat disukai oleh bakteri tanah, sehingga populasi bakteri juga akan mengalami peningkatan (Hadi *et al.* 2001).

Bakteri selulolitik di alam berperan dalam proses dekomposisi selulosa sebagai sumber karbon dan energi bagi organisme lainnya dan bakteri itu sendiri. Dekomposisi selulosa umumnya dilakukan oleh mikroba mesofilik pada kondisi aerobik. pH juga sangat berpengaruh dalam dekomposisi selulosa, pada pH netral proses dekomposisi berjalan lebih cepat (Hatami *et al.* 2008). Akumulasi bahan organik yang tinggi dan dengan wilayah yang selalu tergenang oleh air serta pH yang rendah menjadikan proses dekomposisi lahan gambut berjalan dengan sangat lambat bila dibandingkan dengan lahan gambut yang telah mengalami pembukaan atau pengolahan. Jika dilihat dari total populasi bakteri selulolitik (Gambar 8), maka laju dekomposisi material organik pada tanah gambut alami di Cagar Biosfer GSK-BB berlangsung lebih lambat jika dibanding dengan lokasi yang telah mengalami alih fungsi lahan.

Bakteri selulolitik yang diperoleh dari lokasi pengambilan sampel tanah gambut memiliki kemampuan tumbuh yang berbeda jika dilihat dari waktu yang diperlukan untuk membentuk koloni tampak. Bakteri selulolitik dari lokasi sawit, karet, akasia umur 1 tahun, akasia umur 3 tahun dan akasia umur 5 tahun pertamakali membentuk koloni tampak pada hari kedua inkubasi. Koloni dari lokasi ubi kayu dan lahan bekas terbakar mulai tampak pada hari ketiga inkubasi. Koloni dari sampel lokasi akasia umur 4 tahun dan hutan alami muncul lebih lama yaitu pada hari ketujuh inkubasi. Hal ini menunjukkan bahwa dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk menumbuhkan bakteri selulolitik dari pada bakteri secara umum. Hasil ini tidak berbeda dengan penelitian terdahulu, bahwa bakteri selulolitik pertama kali membentuk koloni tampak dengan kisaran waktu 2-9 hari yang diikuti dengan terbentuknya zona bening di sekeliling koloni bakteri (Anggraini 2010). Zona bening terbentuk karena adanya aktivitas eksoenzim selulolitik yang dihasilkan oleh bakteri selulolitik (Irawan *et al.* 2008). Representasi zona bening yang terbentuk disekitar koloni bakteri selulolitik dari tanah gambut Cagar Biosfer GSK-BB lokasi akasia umur 3 tahun disajikan pada Gambar 9.