



## Pengujian Herbisida Glifosat Terhadap Viabilitas dan Aktivitas Isolat Dekomposer B-Com T Secara *In Vitro*

### *Assesment of Glyphosate herbicide to viability and activity of decomposer B-Com T isolate in vitro*

Donny Nugroho Kalbuadi<sup>1)</sup>, M Abdul Azis<sup>1)</sup>, Aris Lukito<sup>2)</sup>, Lydia Ayu Utami<sup>1)</sup>, Salsa Bila Alzahra<sup>1)</sup>, Khansa Destiandani<sup>1)</sup>, Happy Widiastuti<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Unit Bogor, Bogor, Indonesia

<sup>2)</sup> Pusat Penelitian Pengembangan Gula Indonesia, Pasuruan, Jawa Timur

Alamat korespondensi, Email: happywidiastuti12@gmail.com

### ABSTRAK

Tebu menghasilkan sekitar 10 sampai 12 ton serasah per Ha dalam satu musim tanam. Kandungan lignin dan selulosa yang tinggi dalam serasah mengharuskan penggunaan dekomposer untuk mempercepat dekomposisinya sehingga manfaat pemberian serasah terhadap kesuburan tanah dan tanaman menjadi lebih cepat dan besar. Bagaimanapun juga, dekomposer adalah mikroba sehingga keefektifannya dipengaruhi oleh viabilitasnya pada lahan. Lahan tebu disemprot herbisida untuk mengendalikan gulma pada saat tebu pada umur 1-2 bulan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji ketahanan isolat dekomposer B-Com T yang berupa konsorsium mikroba yakni satu fungi selulolitik (*Trichoderma* sp.), dua jamur lignolitik (LGT1 dan *Omphalina* sp.), satu bakteri lignolitik (LT5) dan dua bakteri selulolitik (S sere dan SPC 5) terhadap glifosat secara *in vitro*. Percobaan dilakukan menggunakan cawan Petri dengan medium PDA untuk jamur dan medium NA untuk bakteri. Konsentrasi herbisida yakni Glifosat yang diuji adalah 0%; 0,03%; 0,06%; 0,12%; dan 0,15% yang dicampurkan dengan media saat penuangan media steril ke cawan Petri. Inkubasi dilakukan hingga 7 hari untuk jamur sedangkan untuk bakteri hanya sampai 5 hari. Pengamatan pertumbuhan mikroba dilakukan secara visual. Hasil pengamatan menunjukkan respon dan toleransinya terhadap pengaruh Glifosat yang pada masing-masing spesies mikroba. Pada konsentrasi rendah umumnya Glifosat memacu pertumbuhan mikroba namun pada konsentrasi tinggi Glifosat menghambat pertumbuhan mikroba. Diantara isolat dekomposer yang diuji, isolat bakteri LT5 dan SPC5 memiliki ketahanan terhadap Glifosat sedangkan isolat yang paling rentan terhadap Glifosat adalah *Omphalina* sp. (lignolitik) dan isolat sere (selulolitik). Aplikasi Glifosat pada konsentrasi 0,03% mulai menghambat aktivitas dua isolat dari dekomposer B-Com T.

Kata kunci: dekomposer serasah tebu, lignolitik, selulolitik, konsorsium

### ABSTRACT

*Sugarcane plantation produces approximately 10 to 12 tons of litter per hectare in a single growing season. The high content of lignin and cellulose in the litter necessitates the use of decomposers to accelerate the decomposition process, thereby enhancing the benefits of litter application to soil fertility and plant growth. However, decomposers are microorganisms whose effectiveness is influenced by their viability in the field. In sugarcane land management practices, herbicide application is performed to control weeds during the 1-2 month growth phase of sugarcane/ratoon. This study aimed to evaluate the in vitro resistance of the B-Comp T decomposer isolate to Glyphosate herbicide. B-Comp T is a microbial consortium comprising one cellulolytic fungus (*Trichoderma* sp.), two lignolytic fungi (LGT1 and *Omphalina* sp.), one*

*lignolytic bacteria (LT5), and two cellulolytic bacteria (S sere and SPC5). The experiment was conducted using petri dishes with PDA medium for fungi and NA medium for bacteria. Glyphosate herbicide concentrations tested were 0%; 0,03%; 0,06%; 0,12; and 0,15%, which were incorporated into the medium during sterile medium pouring into Petri dishes. Fungi incubation was carried out for 7 days while 5 days for bacteria. Microbial growth was observed visually. The observation results demonstrated that the effect of Glyphosate on microbial growth varied among species, as did their tolerance limits. At low concentrations, Glyphosate generally stimulated microbial growth, whereas at high concentrations, it inhibited microbial growth. Among the tested decomposer isolates, the bacterial isolates LT5 and SPC5 exhibited resistance to Glyphosate, while the most susceptible isolate was lignolytic white rot fungi *Omphalina sp.* and cellulolytic bacteria *S. sere*. The viability and activities of two B-Com T decomposer isolates began to be inhibited at a Glyphosate concentration of 0.03%.*

*Keywords: Sugarcane litter decomposer, lignolytic, cellulolytic, consortium*

## PENDAHULUAN

Herbisida yang umum digunakan dalam budidaya tebu salah satu jenisnya adalah Glifosat. Glifosat adalah herbisida yang banyak digunakan secara profesional di dunia pertanian saat ini (Borggaard & Gimsing, 2008). Glifosat adalah herbisida non-sistemik dan dianggap memiliki toksisitas dan persistensi yang rendah di lingkungan sehingga umum dan banyak digunakan di dunia (Torstensson, 1985). Herbisida Glifosat N-(phosphonomethyl) glycine, adalah biosida dengan aktivitas spektrum yang luas. Herbisida ini bekerja menghambat aktivitas enzim 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase (EPSPS) pada jalur shikimate, yang mengganggu produksi asam amino esensial, seperti triptofan, tirosin, dan fenilalanin yang berperan dalam produksi lignin dan anti mikroba fitoaleksin (Rueda-Ruzafa *et al.*, 2019; van Bruggen *et al.*, 2019; Vázquez *et al.*, 2021). Pada tahap selanjutnya Glifosat menghambat pertumbuhan, reproduksi, dan bahkan menyebabkan kematian sel (Duke, 2018) baik di tanaman dan juga sebagian fungi, bacteria, archaea, dan protozoa. Hal ini menjadikan Glifosat sebagai agen antimikroba yang efektif. Jalur ini tidak ditemukan pada mamalia, sehingga Glifosat dianggap memiliki toksisitas yang rendah bagi manusia dan hewan. Pengujian pengaruh pestisida seperti Glifosat pada tanah dan komunitas mikroba di rizosfer

penting karena peran penting mikroba dalam proses biogeokimia termasuk didalamnya dekomposisi serasah dan siklus hara, keberlanjutan fungsi lahan, resistensi terhadap gangguan, pengendalian patogen, dan akhirnya secara keseluruhan memengaruhi ekosistem yang berperan terhadap manusia (Prashar *et al.*, 2014).

Namun demikian hasil penelitian menunjukkan jamur lignolitik atau fungi pendegradasi lignin (JPP) mampu mengakses sumber C utama lignoselulosa dengan memecah lignin yang melindunginya dengan bantuan enzim yang mampu mendegradasi struktur rekalsitran kompleks lignin (Leonowicz *et al.*, 2001). Enzim yang dihasilkan ini bersifat ekstraseluler dan non spesifik sehingga mampu mendegradasi berbagai jenis senyawa organik yang memiliki kemiripan dengan lignin. Di antara banyak jenis polutan, enzim lignolitik berhasil atau mampu mendegradasi struktur kompleks lignolitik banyak pestisida (Baldrian, 2005; Castillo *et al.*, 2009). Enzim dalam kelompok fenol oksidase seperti lakase dan peroksidase (LiP dan MnP). Lakase adalah enzim yang mengandung Co yang aktivitasnya dipengaruhi oleh kondisi seperti pH dan inhibitor enzim (Stoilova *et al.*, 2010). Lakase berperan dengan mengoksidasi berbagai senyawa aromatik dan non aromatik yang digunakan sebagai donor H (Kunamneni *et al.*, 2007; Stoilova *et al.*, 2010). Jalur yang umum adalah oksidasi senyawa fenol yang memberikan

radikal fenoksi dan quinon. Suatu kisaran senyawa yang diperluas dapat dioksidasi dengan adanya mediator. Sebagai contoh ditunjukkan dalam degradasi pestisida menggunakan lakase dapat ditingkatkan dengan adanya mediator redoks seperti veratryl alcohol, ABTS dan HBT. Mediator lakase adalah senyawa yang memperkuat suatu reaksi karena berat molekul yang rendah dan memiliki potensial redoks yang lebih tinggi dibandingkan lakase (Kapich *et al.*, 1999; Kunamneni *et al.*, 2007).

Hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa beberapa strain toleran terhadap 1mM dan 10mM Roundup dan menggunakannya sebagai sumber hara (Spinelli *et al.*, 2021). Strain *Aspergillus oryzae* AM1 dan AM2 dilaporkan dapat bertahan serta menggunakan Glifosat sebagai sumber fosfor atau nitrogen dalam kondisi kultur tertentu. Ini menunjukkan potensi peran mikroba dalam degradasi herbisida di lingkungan cukup tinggi (Carranza *et al.*, 2019). *Purpureocillium lilacinum* mampu mendegradasi Glifosat dengan jumlah yang sangat tinggi yakni 80% dan menggunakannya sebagai sumber P tanpa menunjukkan pengaruh negatif dari dosis Glifosat terhadap pertumbuhannya. Glifosat murni menunjukkan hasil lebih toksik dibandingkan Roundup pada *P. lilacinum*. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa toksisitas Glifosat hanya dapat ditunjukkan sebagian terhadap penurunan pH pada media kultur. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *P. lilacinum* memiliki potensi untuk mendegradasi Glifosat (Spinelli *et al.*, 2021). Glifosat didegradasi oleh mikroba menggunakan dua jalur yang terpenting yang menyebabkan pembentukan metabolit aminomethyl-phosphonic acid (AMPA) (Torstensson 1985; Borggaard & Gimsing, 2008). AMPA juga didegradasi secara biologi tetapi dengan kecepatan yang lebih rendah dibandingkan dengan Glifosat. Waktu paruh Glifosat berkisar antara jam ke tahun. Kecepatan degradasi di awal cukup tinggi namun berkurang secara berangsur-angsur dengan terikatnya pada partikel

tanah. Glifosat yang terikat pada partikel tanah menyebabkan mobilitas yang rendah namun serapan ini dapat balik. AMPA lebih mobil dibandingkan Glifosat, sehingga keduanya memungkinkan terjadinya pelindihan ke air tanah dalam konsentrasi yang membahayakan sangat rendah walaupun terjadi juga kasus adanya di air tanah (Kolpin *et al.*, 2006). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Glifosat dapat diuraikan oleh enzim lignolitik lakase melalui pembentukan AMPA dan isoproturon. Pada optimasi kondisi *in vitro* dilakukan pengujian dan hasilnya menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti perubahan pH serta konsentrasi Mn dan mediator redoks dapat memengaruhi degradasi. Sebuah metode enkapsulasi (penyelubungan) digunakan untuk menunjukkan bahwa lakase bisa dilumpuhkan (diimobilisasi). Lakase yang sudah diimobilisasi kemudian diaplikasikan dalam eksperimen skala laboratorium untuk menginvestigasi degradasi Glifosat dan AMPA di dalam tanah dan pasir. Hasilnya menunjukkan kemampuan lakase yang terenkapsulasi untuk terlepas dan memengaruhi degradasi Glifosat, meskipun masih banyak penelitian yang perlu dilakukan di bidang ini.

Hasil penelitian Pizull *et al.* (2009) menunjukkan bahwa MnP dan lakase adalah dua enzim yang efektif untuk mengurai Glifosat, terutama dengan bantuan mediator tertentu seperti MnSO<sub>4</sub>, Tween 80, atau ABTS. MnP bersama MnSO<sub>4</sub> dan Tween 80 menunjukkan bahwa enzim tersebut juga mampu mengurai Glifosat dalam formulasi komersialnya, yaitu Roundup® Bio. Sebaliknya, enzim LiP dan HRP tidak menunjukkan kemampuan serupa. Sedangkan kedua enzim yakni LiP dan HRP tidak mengurai Glifosat. AMPA (aminomethylphosphonic acid) adalah produk degradasi dari glifosat. Penelitian ini menemukan bahwa AMPA tetap utuh setelah glifosat terurai. Selain itu, hasil ini juga menunjukkan bahwa pembentukan AMPA, metabolit utama dari degradasi Glifosat yang ditemukan di tanah,

bisa jadi merupakan hasil dari aktivitas enzim-enzim pengurai lignin. (Pizull *et al.*, 2009). Reaksi ini dipicu oksidasi mediator oleh lakase yang menghasilkan intermediate teroksidasi atau radikal yang kemudian selanjutnya mengoksidasi senyawa target (Pestisida) dengan pengaruh yang besar hal ini dikenal sebagai *laccase mediator system* (LMS) (Morozova *et al.*, 2007).

Mineralisasi C kumulatif, serta laju mineralisasi, meningkat seiring dengan meningkatnya laju Glifosat. Hubungan linier yang kuat antara C dan N yang termineralisasi dengan jumlah C dan N yang ditambahkan sebagai Glifosat ( $r^2 = 0,995, 0,996$ ) dan kemiringan yang mendekati satu menunjukkan bahwa Glifosat adalah penyebab langsung dari peningkatan aktivitas mikroba (Haney *et al.*, 2009). Peningkatan laju mineralisasi C terjadi pada hari pertama setelah penambahan Glifosat dan berlanjut selama 14 hari. Glifosat tampaknya terdegradasi secara langsung dan cepat oleh mikroba, bahkan pada aplikasi yang tinggi (Haney *et al.*, 2009). Penelitian ini bertujuan menguji pengaruh pemberian Glifosat terhadap pertumbuhan agensi aktif dekomposer serasah tebu B-Com T yang merupakan konsorsium lignolitik dan selulolitik.

## METODE

### Waktu dan Tempat

Percobaan dilakukan pada bulan Februari sampai dengan Maret 2024. Tempat percobaan adalah di Laboratorium Mikrobiologi, Pusat Penelitian Kelapa Sawit Unit Bogor, Kota Bogor, Jawa Barat.

### Bahan

Bahan yang digunakan adalah medium nutrient agar (NA) untuk bakteri dan media potato dextrose agar (PDA) untuk jamur, herbisida Isopropil amina Glifosat (486 g/L), biakan murni mikroba lignoselulolitik yang terdiri dari dua jamur lignolitik (LGT1 dan *Omphalina* sp.), satu fungi selulolitik (*Trichoderma* sp.), dua

bakteri selulolitik (SPC5 dan S sere), dan satu bakteri lignolitik metilene blue (LT5).

### Prosedur Percobaan

#### Persiapan Mikroorganisme

Pada tahap awal dilakukan peremajaan mikroba untuk memperoleh kultur yang aktif dan siap digunakan dalam pengujian. Tahapan ini diawali dengan pemurnian isolat melalui metode cawan gores (*streak plate*). Koloni tunggal yang tumbuh dinyatakan sebagai kultur murni. Selanjutnya kultur murni tersebut ditumbuhkan dalam agar miring. Dalam penelitian ini, digunakan dua jenis media pertumbuhan sesuai dengan karakteristik mikroorganisme yang akan diuji. Untuk pertumbuhan bakteri digunakan NA sebagai media umum yang mendukung pertumbuhan berbagai jenis bakteri, sedangkan untuk pertumbuhan jamur digunakan PDA yang kaya nutrisi dan sesuai untuk mendukung perkembangan jamur.

#### Persiapan Media

Pada tahap ini dilakukan persiapan media pertumbuhan mikroorganisme yang akan digunakan dalam pengujian efek herbisida terhadap isolat uji. Disiapkan media NA dan PDA dalam botol *jam* untuk selanjutnya di sterilisasi menggunakan autoklaf selama 20 menit dengan tekanan 1,2 atm. Pada masing-masing botol *jam* tersebut dimasukkan Isopropil amina Glifosat sesuai perlakuan (Tabel 1). Selanjutnya, media NA dan PDA yang telah mengandung herbisida dituangkan ke dalam cawan Petri steril untuk kemudian dibiarkan mengeras dan siap digunakan sebagai media uji. Konsentrasi herbisida Glifosat yang diuji adalah 0%; 0,03%; 0,06%; 0,12%; dan 0,15%. Pemilihan konsentrasi herbisida Glifosat didasarkan pada kisaran dosis yang digunakan Sharma & Singh (2007), yaitu 1,25–2,5 kg/ha pada formulasi Glifosat 480 g/L atau pada kisaran sekitar 1–1,5%. Konsentrasi tersebut dicampurkan langsung ke dalam media steril pada saat proses penuangan ke cawan petri, sehingga diperoleh media

dengan kadar herbisida yang seragam pada setiap perlakuan.

Pada tahap selanjutnya setelah media padat, diinokulasi mikroba pada masing-masing media dengan cara gores. Untuk masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan jamur melalui pengukuran diameter miselia jamur, sedangkan untuk bakteri dilakukan pengamatan pertumbuhan dengan mata telanjang dan dokumentasi. Pengamatan pertumbuhan jamur dilakukan selama 5 kali yaitu pada inkubasi 1, 2, 3, 4 dan 7 hari sedangkan untuk bakteri dilakukan sebanyak 4 kali yakni pada inkubasi hari ke 1, 2, 3, dan 4.

Tabel 1. Volume Glifosat yang ditambahkan untuk masing-masing perlakuan

Table 1. Volume of Glyphosate added for each treatment

Konsentrasi Glifosat (%) Glyphosate Concentration (%)	Jumlah Glifosat (µl) Number of Glyphosate (µl)
0,00 (kontrol)	0,00
0,03	37,00
0,06	74,00
0,09	111,11
0,12	148,15

0,15	185,16
------	--------

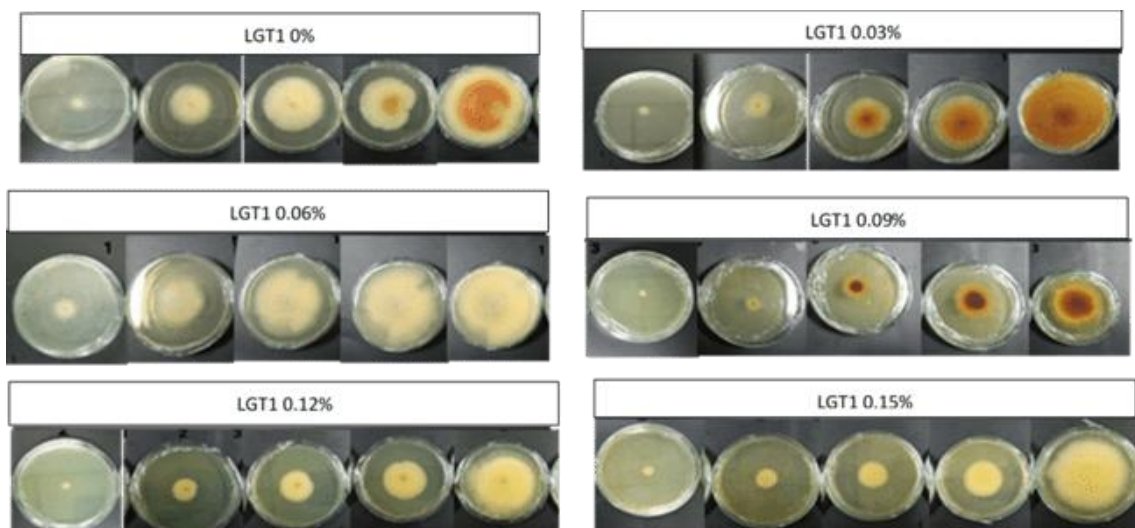
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan menunjukkan bahwa pada semua media, masing-masing isolat dapat tumbuh baik pada cawan petri tanpa Glifosat (kontrol) maupun yang ditambahkan Glifosat.

Viabilitas LGT1 (jamur lignolitik) terhadap pemberian berbagai konsentrasi Glifosat

Pengamatan menunjukkan bahwa pada hari ke 7, pada cawan Petri tanpa pemberian Glifosat, isolat LGT 1 dapat tumbuh dan memenuhi cawan Petri (Gambar 1).

Jamur LGT1 membentuk warna merah mulai pada pengamatan hari ke 4 dan selanjutnya pada inkubasi 7 hari. Pada pemberian Glifosat 0,03% nampak pada hari ke 7, miselium tumbuh memenuhi cawan petri, namun pembentukan warna merah nampak lebih awal yakni pada hari ke 3. Pemacuan pertumbuhan LGT1 yang merupakan jamur lignolitik mungkin sesuai dengan hasil penelitian Haney *et al.*, (2009) yang melaporkan bahwa pemberian Glifosat memacu jamur untuk mendegradasi yang ditunjukkan dengan korelasi yang mendekati 1.



Gambar 1. Pertumbuhan isolat LGT1 pada beberapa konsentrasi Glifosat yang dicampurkan di medium pada pengamatan hari ke 1, 2, 3, 4, dan 7 (kiri ke kanan)

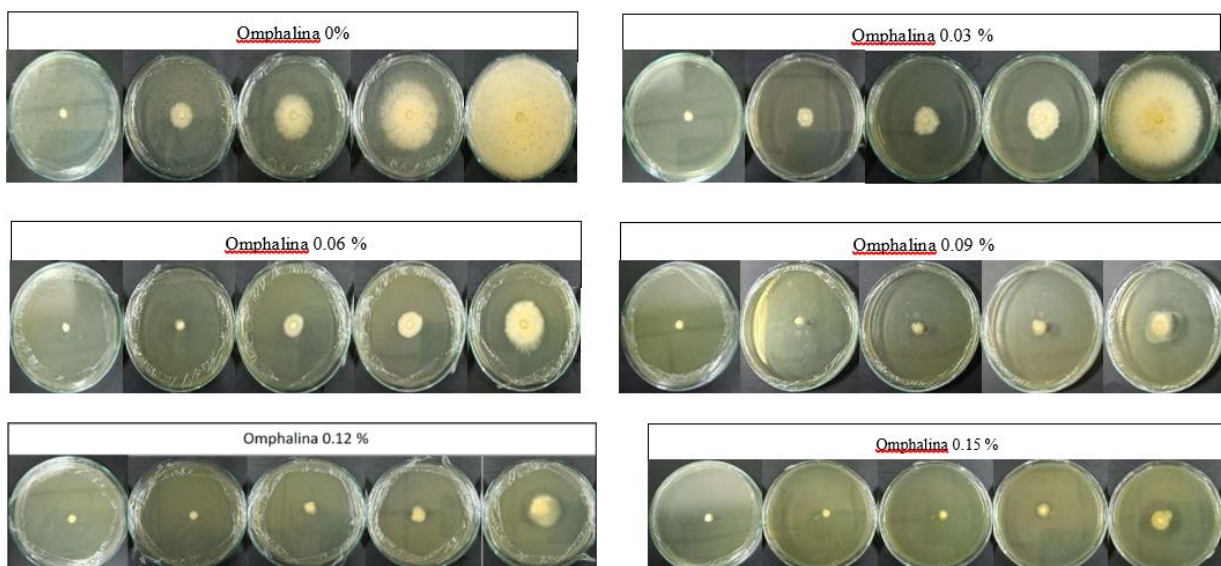
Figure 1. Growth of LGT1 isolate at several concentrations of Glyphosate mixed in the medium on days 1, 2, 3, 4, and 7 (left to right)

Jika dibandingkan dengan kontrol (tanpa Glifosat), pada konsentrasi 0,06%, Glifosat memacu pertumbuhan jamur LGT1 dan pada konsentrasi di atasnya pemberian Glifosat menghambat pertumbuhan jamur LGT1. Walaupun demikian pada konsentrasi 0,03%, terjadi perubahan metabolismenya yang ditunjukkan dengan hilangnya kemampuan membentuk warna merah. Namun demikian, kemampuan membentuk warna merah ditunjukkan kembali pada konsentrasi 0,09% pemberian Glifosat walaupun dengan pertumbuhan yang terhambat. Kemampuan pembentukan warna merah tidak terlihat pada konsentrasi yang lebih tinggi yakni 0,12% dan 0,15%. Bagaimanapun juga perubahan kemampuan pembentukan warna merah merupakan salah satu respons LGT1 terhadap pemberian Glifosat. Tidak terbentuknya warna merah kemungkinan terjadinya perubahan metabolisme. Glifosat mampu menghambat *pathway shikimate* yang berperan dalam pembentukan asam amino

aromatik. Glifosat pada konsentrasi 0,12% dan yang lebih tinggi pembentukan warna merah juga terhambat yang diduga disebabkan hilangnya kemampuan LGT1 mendegradasi glifosat sehingga tidak terbentuk senyawa untuk pembentukan warna merah.

Viabilitas *Omphalina* sp. (lignolitik) terhadap pemberian berbagai konsentrasi Glifosat

Pengaruh Glifosat terhadap pertumbuhan miselium *Omphalina* sp. menunjukkan bahwa pada konsentrasi terkecil yakni 0,03% Glifosat mulai menghambat pertumbuhannya dan penghambatannya lebih besar pada konsentrasi Glifosat yang lebih tinggi yang diuji (Gambar 2). Konsentrasi di atas 0,03% sangat nyata menghambat pertumbuhan *Omphalina* sp. Isolat *Omphalina* sp. adalah dekomposer lignolitik, namun dalam pengujian ini isolat ini tidak membentuk warna merah sekalipun di kontrol.



Gambar 2. Pertumbuhan isolat *Omphalina* sp. pada beberapa konsentrasi Glifosat yang dicampurkan di medium pada pengamatan hari ke 1, 2, 3, 4, dan 7 (kiri ke kanan)

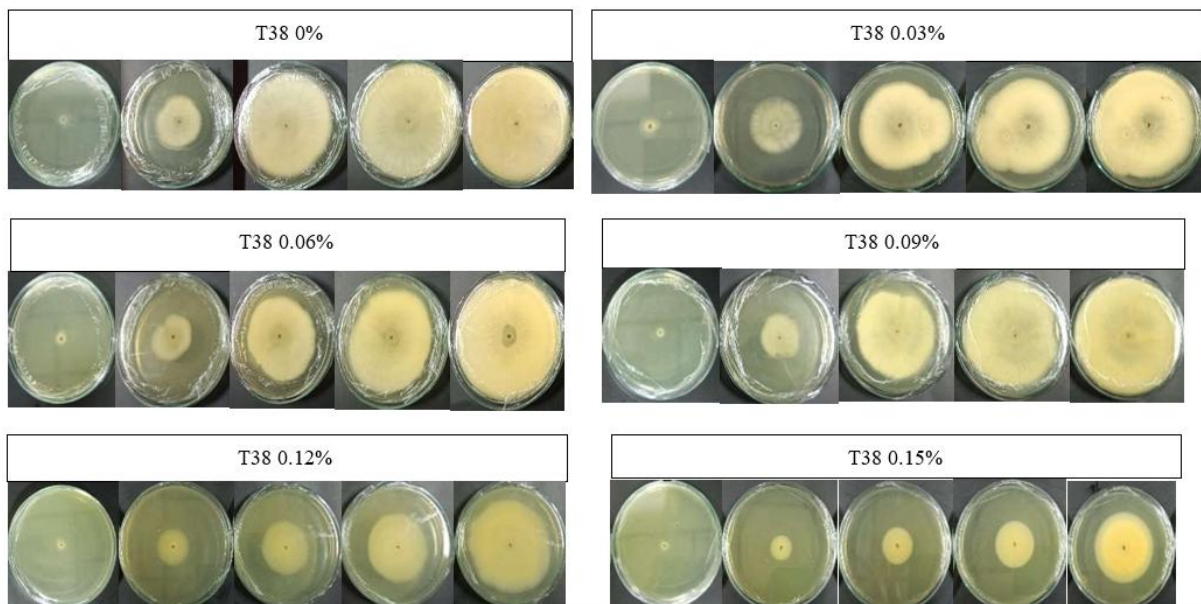
Figure 2. Growth of *Omphalina* sp. isolates at several concentrations of Glyphosate mixed in the medium on days 1, 2, 3, 4, and 7 (left to right)

Viabilitas isolat T38 (jamur selulolitik) terhadap pemberian berbagai konsentrasi Glifosat

Untuk jamur T38, pada media tanpa pemberian Glifosat (kontrol), jamur tumbuh normal pada cawan petri dan pada inkubasi hari ke 4 jamur mulai menutup cawan dan berlanjut pada hari ke 7. Hingga konsentrasi herbisida 0,09%, inkubasi hingga hari ke 7 miselium dapat menutup cawan petri. Pemberian Glifosat hingga konsentrasi 0,09% belum menunjukkan hambatan pertumbuhan yang berarti, karena miselium masih mampu menutup cawan hingga akhir masa inkubasi. Hal ini mengindikasikan

bahwa pada kisaran konsentrasi tersebut, aktivitas metabolisme dan kemampuan pertumbuhan T38 masih berlangsung secara optimal.

Namun, pertumbuhan miselium terhambat mulai pada pemberian Glifosat 0,12%. Penghambatan mulai nampak pada inkubasi hari ke 2 dan berlanjut hingga hari ke 7. Penghambatan semakin tinggi pada konsentrasi pemberian Glifosat yang lebih tinggi yakni 0,15% (Gambar 3). Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi Glifosat dapat mengganggu aktivitas metabolisme sel, sehingga mempengaruhi laju pertumbuhan miselium T38 secara bertahap.



Gambar 3. Pertumbuhan isolat T38 pada beberapa konsentrasi Glifosat yang dicampurkan di medium pada pengamatan hari ke 1, 2, 3, 4, dan 7 (kiri ke kanan)

Figure 3. Growth of isolate T38 at several concentrations of Glyphosate mixed in the medium on days 1, 2, 3, 4, and 7 (left to right)

Hasil pengamatan pertumbuhan isolat jamur dekomposer dengan mengukur diameter miselium terhadap pemberian berbagai konsentrasi Glifosat disampaikan pada Tabel 2. Dalam Tabel 2 tersebut ditunjukkan bahwa hingga pengamatan hari ke 7 semua isolat masih dapat hidup pada semua konsentrasi Glifosat. Pada konsentrasi rendah pemberian Glifosat memicu pertumbuhan namun pada konsentrasi tertentu Glifosat menghambat

pertumbuhan jamur. Perangsangan Glifosat terhadap pertumbuhan jamur tertinggi untuk LGT1 adalah dikonsentrasi 0,06% sedangkan untuk T38 dan *Omphalina* sp. dikonsentrasi 0,03% (Gambar 4). Sebaliknya penghambatan adalah pada konsentrasi 0,09%, 0,03% dan 0,12%, berturut-turut untuk isolat LGT1, *Omphalina* sp., dan T38. Hasil ini menunjukkan bahwa Glifosat paling menghambat pertumbuhan *Omphalina* sp. dan diikuti

oleh LGT1 dan T38. Hasil ini menunjukkan bahwa masing-masing jamur memiliki

ambang toleransi yang berbeda-beda terhadap pemberian Glifosat.

Tabel 2. Diameter koloni jamur pendekomposisi serasah

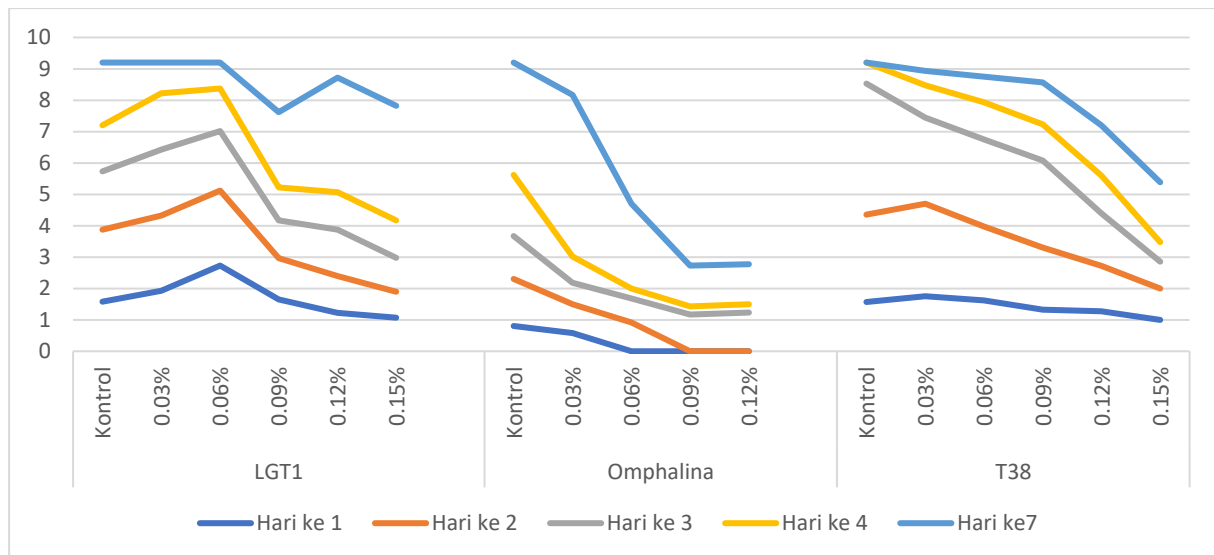
Table 2. Diameter of litter decomposition fungus colonies

Fungi Fungal	Konsentrasi Concentration	Rerata diameter miselium jamur (cm) hari ke – Average diameter of fungal mycelium (cm) on day –				
		1	2	3	4	7
LGT1	Kontrol	1,58	3,87	5,73	7,20	9,20
	0,03%	1,93	4,32	6,42	8,22	9,20
	0,06%	2,73	5,12	7,02	8,37	9,20
	0,09%	1,65	2,97	4,17	5,22	7,62
	0,12%	1,22	2,40	3,88	5,07	8,72
	0,15%	1,07	1,90	2,98	4,17	7,82
<i>Omphalina</i> sp.	Kontrol	0,80	2,30	3,67	5,62	9,20
	0,03%	0,58	1,50	2,18	3,02	8,17
	0,06%	0,00	0,92	1,68	2,00	4,70
	0,09%	0,00	0,00	1,17	1,43	2,73
	0,12%	0,00	0,00	1,23	1,50	2,77
	0,15%	0,00	0,00	0,63	1,08	1,68
T38	Kontrol	1,57	4,35	8,53	9,20	9,20
	0,03%	1,75	4,70	7,45	8,48	8,93
	0,06%	1,62	3,98	6,75	7,93	8,75
	0,09%	1,33	3,30	6,08	7,23	8,57
	0,12%	1,27	2,72	4,40	5,60	7,20
	0,15%	1,00	2,00	2,85	3,48	5,38

Hasil pengamatan diameter miselia menunjukkan bahwa untuk LGT1 pertumbuhan miselia pada hari terakhir pengamatan yakni hari ke 7 tidak jauh berbeda dengan kontrol (Gambar 4). Hasil ini menunjukkan bahwa hingga konsentrasi 0,06%, Glifosat tidak menghambat pertumbuhan jamur ini. Walaupun demikian terdapat perbedaan laju pertumbuhan pada hari ke 1 hingga hari ke 4. Hal ini menunjukkan bahwa Glifosat pada konsentrasi 0,06% dapat meningkatkan atau merangsang pertumbuhan jamur ini khususnya pada inkubasi hingga hari ke 4. Hal yang sebaliknya ditunjukkan pada konsentrasi

yang lebih tinggi yaitu 0,09%, nampak mulai menghambat pertumbuhan miselia jamur LGT1.

Berbeda dengan LGT1, jamur *Omphalina* sp. menunjukkan hambatan pertumbuhan miselia bahkan pada konsentrasi terkecil yang diuji yaitu 0,03% pada hari pertama inkubasi. Walaupun demikian pola pertumbuhan antara kontrol dan pemberian Glifosat menunjukkan hal yang sama yakni hingga hari ke 4 dan pada hari ke 7 terjadi pertumbuhan yang lebih cepat. Dari pengamatan pembentukan warna merah ditunjukkan bahwa *Omphalina* sp. kemungkinan mengalami perubahan metabolisme.



Gambar 4. Dinamika rerata pertumbuhan masing-masing jamur lignoselulolitik pada berbagai konsentrasi Glifosat

Figure 4. Average growth dynamics of each lignocellulolytic fungus at various concentrations of glyphosate

Pola yang hampir sama dengan LGT1 ditunjukkan oleh T38. Pada konsentrasi 0,03% pada pengamatan hari ke 2, Glifosat marangsang pertumbuhan miselia namun hal ini tidak terjadi pada inkubasi hari ke 3 dan selanjutnya hingga hari ke 7. Pada konsentrasi yang lebih tinggi yakni 0,06% dan selanjutnya hingga konsentrasi 0,15%, Glifosat menghambat pertumbuhan T38. Hasil ini menunjukkan bahwa Glifosat dapat mendukung pertumbuhan LGT1 hingga konsentrasi 0,06% namun menghambat pada konsentrasi di atasnya, sedangkan untuk T38 perangsangan terjadi pada konsentrasi yang lebih rendah yaitu 0,03% dan untuk konsentrasi di atasnya Glifosat menghambat pertumbuhannya. *Omphalina* sp. nampak sangat rentan dengan Glifosat yang ditunjukkan dengan tidak adanya perangsangan pertumbuhan pada konsentrasi terkecil yang diuji dan menghambat bahkan mulai inkubasi 1 hari (Gambar 4). Hasil ini secara urutan menunjukkan bahwa jamur yang paling tahan terhadap Glifosat adalah LGT1 sedangkan yang paling rentan adalah *Omphalina* sp.

Kepler *et al.*, (2020) mengemukakan bahwa dari hasil

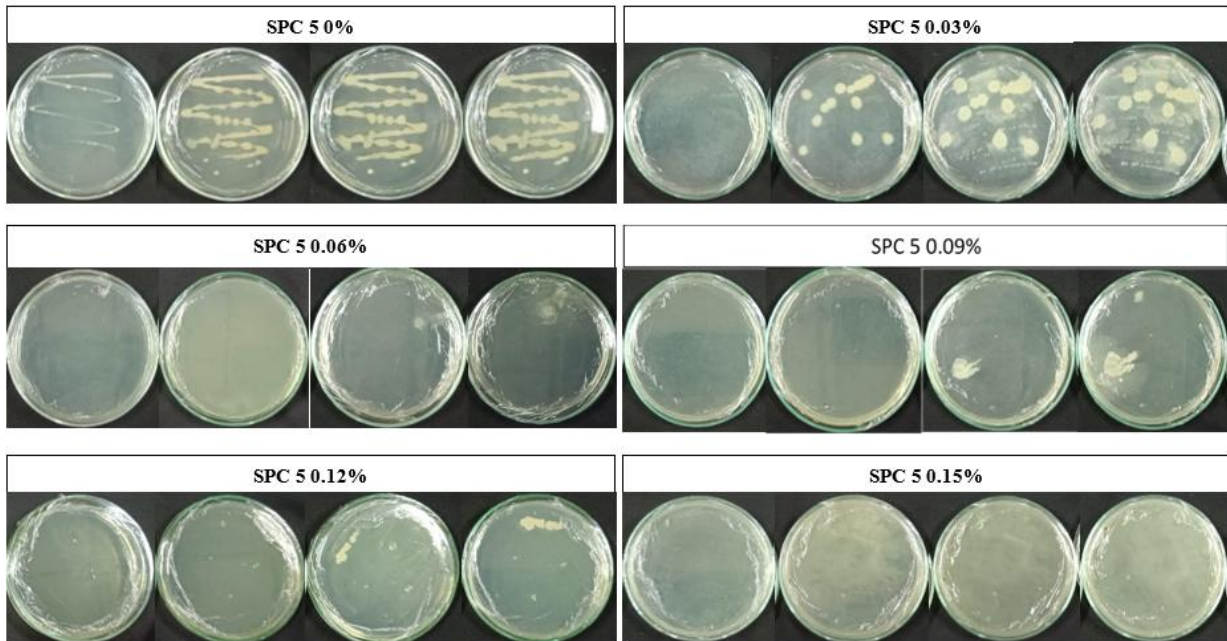
penelitiannya ditunjukkan tidak terdapatnya pengaruh Glifosat terhadap kelimpahan relatif fungi. Namun dari hasil penelitiannya juga ditunjukkan pengaruh negatif glifosat terhadap biomassa fungi di tanah pada dosis yang tinggi serta pengaruh simultan terhadap biomassa fungi. Selain itu, ditunjukkan pengaruh negatif Glifosat terhadap keragaman spesies fungi yang dapat dikulturkan dan perubahan struktur molekul komunitas fungi setelah pemberian Glifosat dosis tinggi dan pemakaian dalam jangka waktu yang panjang.

Viabilitas bakteri selulolitik SPC 5 terhadap pemberian berbagai konsentrasi Glifosat

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada kontrol (tanpa penambahan Glifosat) pertumbuhan bakteri mulai terlihat pada inkubasi 1 hari hingga pengamatan hari ke 4 tumbuh normal dengan metode gores. Pada pemberian Glifosat 0,03% pertumbuhan bakteri SPC5 melambat, yakni baru nampak tumbuh pada hari ke 2 hingga hari ke 4. Pada konsentrasi 0,06%, hal yang sama juga terjadi yakni pertumbuhan bakteri mulai terhambat, dan nampak terdapat pertumbuhan hanya pada inkubasi hari ke 3. Pada konsentrasi yang

lebih tinggi yakni pada 0,09%, bakteri tidak nampak tumbuh pada hari ke 3 dan ke 4. Pada pemberian Glifosat 0,12% pertumbuhan baru nampak pada hari ke 3 demikian pula pada hari ke 4. Konsentrasi Glifosat

tertinggi yang diuji yakni 0,15%, nampak pada konsentrasi Glifosat tertinggi ini pertumbuhan baru terlihat pada inkubasi hari ke 3 demikian pula pada hari ke 4 (Gambar 5).



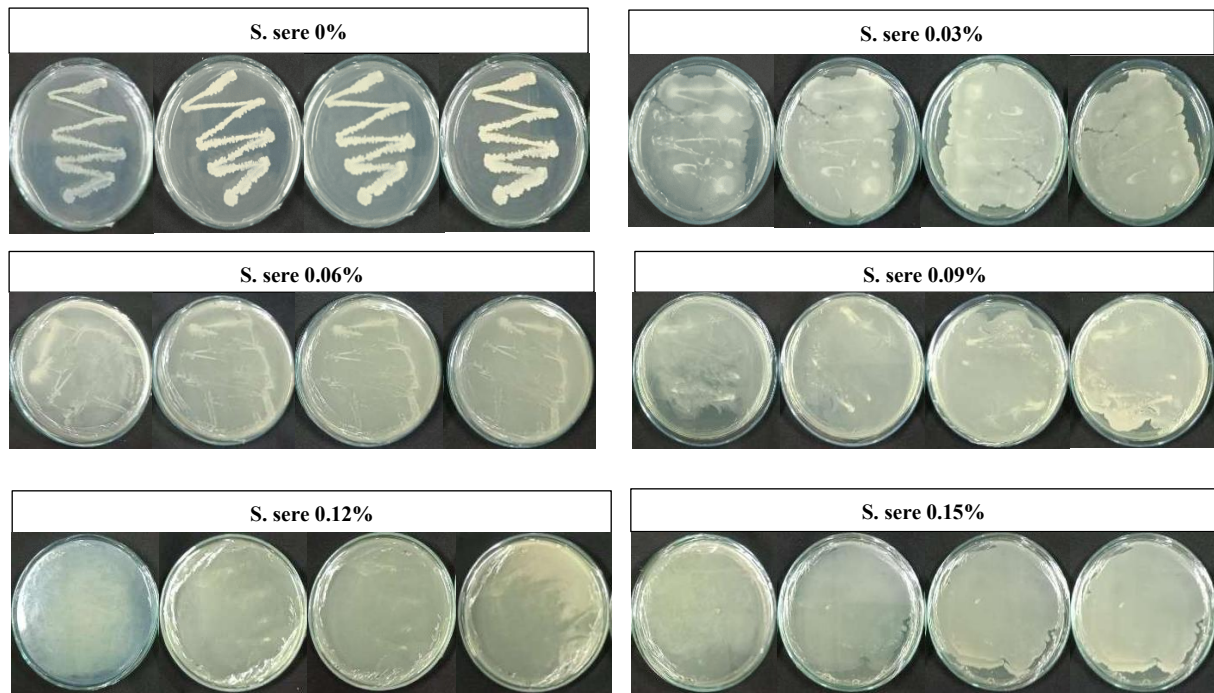
Gambar 5. Pertumbuhan isolat SPC 5 pada beberapa konsentrasi Glifosat yang dicampurkan di medium hingga pengamatan hari ke 4 (kiri ke kanan)

Figure 5. Growth of SPC 5 isolate at selected veral concentrations of Glyphosate mixed in the medium until observation day 4 (left to right)

Walaupun demikian pertumbuhan bakteri SPC 5 sangat sedikit mulai pada konsentrasi Glifosat 0,06% atau dapat dikatakan pada konsentrasi ini, bakteri SPC 5 mulai terhambat. Kemampuan bakteri dalam merespons terhadap Glifosat banyak dilaporkan. Mekanisme yang terjadi adalah dengan mendegradasi khususnya pada konsentrasi yang rendah dan menggunakannya sebagai sumber P dan karbon. Selain itu, bakteri tertentu seperti *Pseudomonas* dan *Bacillus* sp. toleran terhadap Glifosat dengan memecah Glifosat karena adanya gen-gen spesifik dan jalur metabolisme (seperti jalur lisis C-P) (Souza *et al.*, 2025).

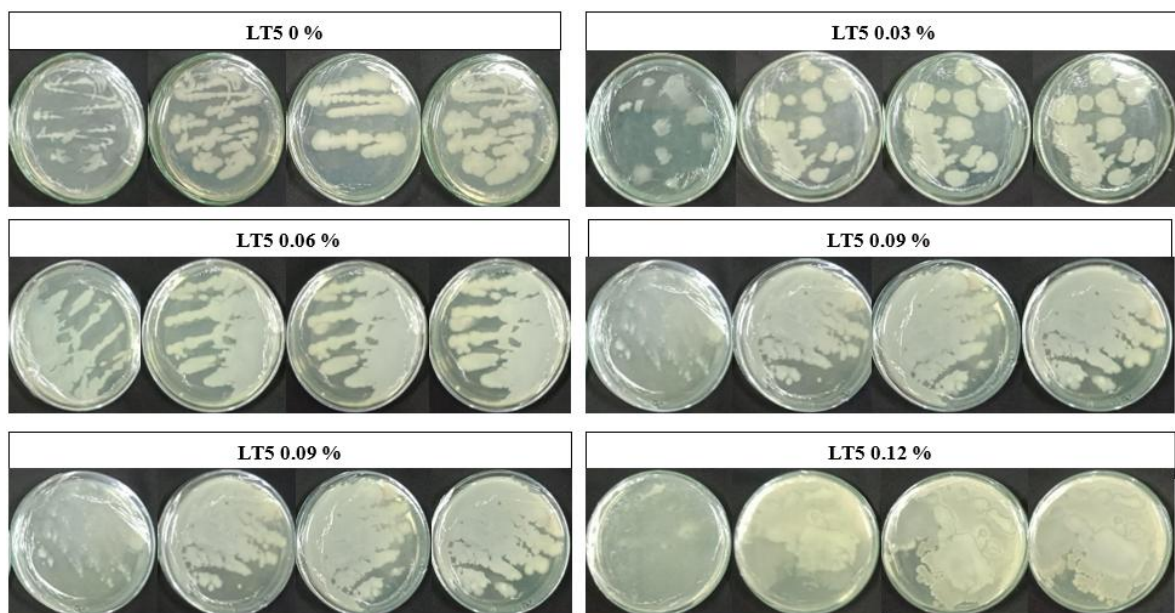
Viabilitas bakteri selulolitik S sere terhadap pemberian berbagai konsentrasi Glifosat

Pada kontrol atau tanpa pemberian Glifosat pertumbuhan bakteri mulai terlihat pada inkubasi 1 hari hingga pengamatan hari ke 4. Selanjutnya pada pemberian Glifosat 0,03% pertumbuhan bakteri sedikit namun tetap tumbuh pada hari ke satu dan selanjutnya pada hari ke 4 (Gambar 6). Selanjutnya pada pemberian Glifosat dengan konsentrasi dua kali lebih tinggi atau 0,06%, isolat bakteri ini masih tumbuh walau terlihat terhambat, demikian pula pada konsentrasi 0,09%, 0,12%, dan 0,15%.



Gambar 6. Pertumbuhan isolat *S. sere* pada beberapa konsentrasi Glifosat yang dicampurkan di medium hingga pengamatan hari ke 4 (kiri ke kanan)

*Figure 6. Growth of S. sere isolates at selected concentrations of Glyphosate mixed in the medium until observation day 4 (left to right)*



Gambar 7. Pertumbuhan isolat LT5 pada beberapa konsentrasi Glifosat yang dicampurkan di medium hingga pengamatan hari ke 4 (kiri ke kanan)

*Figure 7. Growth of LT5 isolates at selected concentrations of Glyphosate mixed in the medium until observation day 4 (left to right)*

Viabilitas bakteri lignolitik metilene blue LT5 terhadap pemberian berbagai konsentrasi Glifosat

Pada pemberian Glifosat 0,03%, 0,06%, 0,09%, pertumbuhan bakteri tidak terhambat hingga pengamatan hari ke

empat, namun pada konsentrasi yang lebih tinggi yakni 0,12% pertumbuhan mulai terhambat walau masih terlihat pertumbuhannya pada hari ke 1 hingga hari ke empat (Gambar 7). Pengamatan ini menunjukkan bahwa Glifosat dapat menghambat pertumbuhan LT5 pada konsentrasi 0,15%.

Secara umum ditunjukkan bahwa untuk konsentrasi yang menghambat isolat S sere adalah 0,03% sedangkan untuk isolat SPC5 adalah 0,06% dan untuk isolat LT5 konsentrasi yang menghambat lebih tinggi yakni 0,15%. Hasil ini menunjukkan bahwa isolat sere paling rentan yang diikuti oleh isolat SPC5 dan LT5. Glifosat memengaruhi komunitas mikroba di tanah. Sibalekile *et al.*, 2025 melaporkan bahwa Glifosat memang memiliki sifat antimikroba, namun pengaruhnya pada ekosistem tanah sangat kompleks. Tinjauan ini juga membahas bagaimana Glifosat dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme yang mampu menguraikannya, yang mengarah pada perubahan komposisi komunitas mikroba.

Adaptasi bakteri dalam mendegradasi Glifosat menunjukkan bahwa meskipun Glifosat memiliki mekanisme kerja yang jelas dalam menghambat jalur shikimat, dampaknya pada komunitas mikroba tanah sangat kompleks dan bervariasi. Faktor-faktor seperti dosis, jenis tanah, jenis mikroorganisme, dan interaksi dengan tanaman serta pengelolannya memainkan peran penting dalam menentukan respon komunitas mikroba terhadap Glifosat. Kepler *et al.* (2020) menunjukkan bahwa efek Glifosat terhadap komunitas mikroba keseluruhan mungkin tidak sekuat yang diperkirakan, dan faktor lain seperti geografi dan sistem pertanian memiliki pengaruh yang lebih besar. Ini adalah contoh bagus dari studi yang menantang pandangan konvensional dan menunjukkan kompleksitas interaksi Glifosat di lingkungan. Bagaimanapun juga hasil penelitian ini perlu diuji lebih lanjut secara *in vivo* untuk mengetahui interaksi tanah dan tanaman khususnya akar terhadap respon mikroba terhadap aplikasi Glifosat.

## KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan visual, tiap isolat dekomposer B-Com T menunjukkan respons berbeda terhadap Glifosat. Glifosat konsentrasi 0,06% berpotensi mendukung pertumbuhan jamur lignolitik LGT1 sedangkan untuk isolat SPC5 dan sere konsentrasi ini menghambat. Sementara itu, isolat jamur lignolitik T38 terhambat pertumbuhannya pada konsentrasi Glifosat 0,12%, sedangkan isolat LT5 lebih tahan (terhambat pada konsentrasi 0,15%). Bagaimanapun juga pengujian lapang untuk mengetahui pengaruh karakteristik tanah dan interaksinya dengan tanaman tebu terhadap respons isolat B-Com T terhadap Glifosat perlu dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baldrian, P., Valásková, V., Merhautová, V., & Gabriel, J. (2005). Degradation of lignocellulose by *Pleurotus ostreatus* in the presence of copper, manganese, lead and zinc. *Research in microbiology*, 156(5-6), 670–676. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2005.03.007>.
- Borggaard, O. K., & Gimsing, A. L. (2008). Fate of glyphosate in soil and the possibility of leaching to ground and surface waters: a review. *Pest management science*, 64(4), 441–456. <https://doi.org/10.1002/ps.1512>.
- Carranza, C. S., Regnicoli, J. P., Aluffi, M. E., Benito, N., Chiacchiera, S. M., Barberis, C. L., & Magnoli, C. E. (2019). *Glyphosate in vitro removal and tolerance by Aspergillus oryzae in soil microcosms*. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(12), 7673–7682. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02347-x>.
- Castillo, M.delP., Torstensson, L., & Stenström, J. (2008). Biobeds for environmental protection from

- pesticide use--a review. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(15), 6206–6219. <https://doi.org/10.1021/jf800844x>.
- Duke S. O. (2018). The history and current status of glyphosate. *Pest management science*, 74(5), 1027–1034. <https://doi.org/10.1002/ps.4652>.
- Haney, R. L., Senseman, S. A., Hons, F.M., & Zuberer, D. (2009). Effect of glyphosate on soil microbial activity and biomass. *Weed Science*, 48, 89–93.
- Kapich, A., Hofrichter, M., Vares, T., & Hatakka, A. (1999). Coupling of manganese peroxidase-mediated lipid peroxidation with destruction of nonphenolic lignin model compounds and <sup>14</sup>C-labeled lignins. *Biochemical and biophysical research communications*, 259(1), 212–219. <https://doi.org/10.1006/bbrc.1999.0742>.
- Kepler, R. M., Epp Schmidt, D. J., Yarwood, S. A., Cavigelli, M. A., Reddy, K. N., Duke, S. O., Bradley, C. A., Williams, M. M., II, Buyer, J. S., & Maul, J. E. (2020). Soil microbial communities in diverse agroecosystems exposed to the herbicide glyphosate. *Applied and environmental microbiology*, 86(5), 1744–1819. <https://doi.org/10.1128/aem.01744-19>.
- Kolpin, D. W., Thurman, E. M., Lee, E. A., Meyer, M. T., Furlong, E. T., & Glassmeyer, S. T. (2006). Urban contributions of glyphosate and its degradate AMPA to streams in the United States. *The Science of the total environment*, 354(2-3), 191–197. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.01.028>.
- Kunamneni, A., Ballesteros, A., Plou, F. J., & Alcalde, M. (2007). Fungal laccase: A versatile enzyme for biotechnological applications. In A. Méndez-Vilas (Ed.), *Communicating current research and educational topics and trends in applied microbiology* (pp. 233–245). Formatex.
- Leonowicz, A., Cho, N. S., Luterek, J., Wilkolazka, A., Wojtas-Wasilewska, M., Matuszewska, A., Hofrichter, M., Wesenberg, D., & Rogalski, J. (2001). Fungal laccase: properties and activity on lignin. *Journal of basic microbiology*, 41(3-4), 185–227. [https://doi.org/10.1002/1521-4028\(200107\)41:3/4<185::aid-jobm185>3.0.co;2-t](https://doi.org/10.1002/1521-4028(200107)41:3/4<185::aid-jobm185>3.0.co;2-t).
- Morozova, O. V., Shumakovich, G. P., Shleev, S. V., & Iaropolov, A. I. (2007). *Prikladnaia biokhimiia i mikrobiologiia*, 43(5), 583–597.
- Pizzul, L., Castillo, M.delP., & Stenström, J. (2009). Degradation of glyphosate and other pesticides by ligninolytic enzymes. *Biodegradation*, 20(6), 751–759. <https://doi.org/10.1007/s10532-009-9263-1>.
- Prashar, P., Kapoor, N., & Sachdeva, S. (2014). Rhizosphere: its structure, bacterial diversity and significance. *Rev Environ Sci Biotechnol*, 13, 63–77. <https://doi.org/10.1007/s11157-013-9317-z>.
- Rueda-Ruzafa, L., Cruz, F., Roman, P., & Cardona, D. (2019). Gut microbiota and neurological effects of glyphosate. *Neurotoxicology*, 75, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2019.08.006>.
- Sharma, S. D., & Singh, M. (2007). Effect of timing and rates of application of glyphosate and carfentrazone herbicides and their mixtures on the control of some broadleaf weeds. *HortScience*, 42(5), 1221–1226. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.42.5.1221>.

- Sibalekile, A., Araya, T., Castillo Hernandez, J., & Kotzé, E. (2025). Glyphosate-microbial interactions: metagenomic insights and future directions. *Frontiers in microbiology*, 16, 1570235. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2025.1570235>.
- Souza, K. S., da Silva, M. R. F., Candido, M. A., Lins, H. T. S., de Lima Torres, G., da Silva Felix, K. C., Silva, K. C. C., Filho, R. M. N., Bhadouria, R., Tripathi, S., Singh, R., Santos, M. D. V., Silva, I. P. S., de Barros, A. V., de Araújo, L. C. A., Motteran, F., & de Oliveira, M. B. M. (2025). Biodegradation potential of glyphosate by bacteria: a systematic review on metabolic mechanisms and application strategies. *Agronomy*, 15(5), 1247. <https://doi.org/10.3390/agronomy15051247>.
- Spinelli, V., Ceci, A., Dal Bosco, C., Gentili, A., & Persiani, A. M. (2021). Glyphosate-Eating Fungi: Study on Fungal Saprotrophic Strains' Ability to Tolerate and Utilise Glyphosate as a Nutritional Source and on the Ability of *Purpureocillium lilacinum* to Degrade It. *Microorganisms*, 9(11), 2179. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9112179>.
- Stoilova, I., Krastanov, A., & Stanchev, V. (2010). Properties of crude laccase from *Trametes versicolor* produced by solid-substrate fermentation. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 1, 208–215.
- Torstensson, L. (1985). Behaviour of glyphosate in soils and its degradation. In E. Grossbard & D. Atkinson (Eds.), *The herbicide glyphosate* (pp. 137–150). Butterworths.
- van Bruggen, A. H. C., Goss, E. M., Havelaar, A., van Diepeningen, A. D., Finckh, M. R., & Morris, J. G., Jr (2019). One Health - Cycling of diverse microbial communities as a connecting force for soil, plant, animal, human and ecosystem health. *The Science of the total environment*, 664, 927–937. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.091>.
- Vázquez, M. B., Moreno, M. V., Amodeo, M. R., & Bianchinotti, M. V. (2021). Effects of glyphosate on soil fungal communities: A field study. *Revista Argentina de microbiologia*, 53(4), 349–358. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2020.10.005>.