

Efektivitas Biofumigan Sawi Pahit Terhadap Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* spp.) Pada Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L.)

Effectiveness of Bitter Mustard Biofumigant Against Root Knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.) on Celery Plants (*Apium graveolens* L.)

Isna Rahma Yani*, Dewi Fitriyanti, Lyswiana Aphrodyanti

Prodi Proteksi Tanaman Jurusan HPT Fakultas Pertanian ULM

Corresponden Author: isnaryani09@gmail.com

Received: 14 Juli 2025; Accepted 28 Mei 2026; Published 01 Juni 2026

ABSTRACT

Celery plants (*Apium graveolens* L.) have export value and are included in the important leaf vegetable group. Disturbances caused by plant-disturbing organisms in celery cultivation are still a problem that is always faced by farmers. The pest that is often found infecting celery plants, especially in the Landasan Ulin Utara area, Liang Anggang District, Banjarbaru City, South Kalimantan Province, is the Root Knot Nematode (NPA) (*Meloidogyne* spp). The symptoms of this NPA attack are very typical, namely the roots become swollen because nematode attacks the root system and disrupts the root tissue. Therefore, before causing greater losses, it needs to be anticipated. Control can be carried out by means of biofumigation, namely using bitter mustard greens waste which comes from the Brassicae family because it contains glucosinolates (GSL) and isothiocyanate compounds (ITS). This research aims to determine whether biofumigants from chopped bitter mustard greens are effective in controlling *Meloidogyne* spp. on celery plants. This research used a one-factor Completely Randomized Design (CRD) method, namely treatment with 500 *Meloidogyne* spp eggs. (control/T0) and 4 treatments with chopped bitter mustard greens, namely 500 *Meloidogyne* spp. + 200 grams of chopped bitter mustard greens (T1) 500 eggs of *Meloidogyne* spp. + 400 grams of chopped bitter mustard greens (T2) 500 eggs of *Meloidogyne* spp. + 600 grams of chopped bitter mustard greens (T3) and 500 *Meloidogyne* spp eggs. + 800 grams of chopped bitter mustard greens (T4). The results of this study show that celery plants treated with T4 can reduce disease severity and the average number of NPA populations. The highest disease severity was found in T0 plants with a percentage of 45.0% and the lowest percentage was in T4 treatment plants at 4.2%. The highest NPA population was also found in T0 plants, namely 428,125 individuals and the lowest population was in T4 plants, amounting to 126,125 individuals.

Key words: *Biofumigation, glucosinolate, inhibitory value, waste*

ABSTRAK

Tanaman seledri (*Apium graveolens* L.) memiliki nilai ekspor dan termasuk ke dalam golongan sayuran daun penting. Gangguan akibat organisme pengganggu tumbuhan dalam budidaya seledri masih menjadi masalah yang selalu dihadapi oleh petani. OPT yang sering ditemukan menginfeksi tanaman seledri khususnya di wilayah Landasan Ulin Utara Kecamatan Liang Anggang Kota Banjarbaru Provinsi Kalimantan Selatan adalah Nematoda Puru Akar (NPA) (*Meloidogyne* spp). Gejala dari serangan NPA ini sangat khas yaitu akar menjadi bengkak karena nematoda ini menyerang sistem perakaran dan mengganggu jaringan akar. Oleh karena itu, sebelum mengakibatkan kerugian yang lebih besar maka

perlu diantisipasi. Pengendalian dapat dilakukan dengan cara biofumigasi yaitu menggunakan limbah sawi pahit yang berasal dari famili Brassicae karena terdapat kandungan glukosinolat (GSL) dan senyawa isothiosianat (ITS). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui biofumigan dari cacahan sawi pahit apakah efektif dalam mengendalikan *Meloidogyne* spp. pada tanaman seledri. Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor yaitu perlakuan dengan 500 telur *Meloidogyne* spp. (kontrol/T0) dan 4 perlakuan dengan cacahan sawi pahit yaitu 500 telur *Meloidogyne* spp. + 200 gram cacahan sawi pahit (T1) 500 telur *Meloidogyne* spp. + 400 gram cacahan sawi pahit (T2) 500 telur *Meloidogyne* spp. + 600 gram cacahan sawi pahit (T3) dan 500 telur *Meloidogyne* spp. + 800 gram cacahan sawi pahit (T4). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman seledri dengan perlakuan T4 dapat menekan keparahan penyakit dan jumlah rata-rata populasi NPA. Keparahen penyakit tertinggi ditemukan pada tanaman T0 dengan persentase sebesar 45,0% dan persentase terendah pada tanaman perlakuan T4 sebesar 4,2%. Populasi NPA tertinggi juga ditemukan pada tanaman T0 yaitu sebesar 428,125 ekor dan populasi terendah pada tanaman T4 sebesar 126,125 ekor.

Kata kunci: Biofumigasi, glukosinolat, limbah, nilai penghambatan

Pendahuluan

Tanaman seledri (*Apium graveolens* L.) merupakan sayuran berdaun dengan potensi memiliki nilai jual yang signifikan dan dianggap sebagai tanaman rempah esensial. Seledri termasuk dalam kategori sayuran berdaun bernilai tinggi setelah selada hal ini dikarenakan tingkat permintaan yang cukup tinggi (Adawiyah, 2018). Di Indonesia pada tahun 2016 nilai ekspor seledri tercatat sebesar 82.454 kg berdasarkan data BPS 2016. Angka ekspor yang cukup besar ini memperlihatkan bahwa seledri memiliki nilai jual domestik dan luar negeri. Petani seledri di Kalimantan Selatan memiliki lahan pertanian seledri rata-rata 120 m² sampai 160 m² menurut data yang terdapat di landasan ulin utara kecamatan liang anggang kota Banjarbaru provinsi Kalimantan Selatan (Ramadhani *et al.*, 2021).

Sepanjang tahun banyak digunakan sebagai makanan diet juga sebagai bahan sayuran. Seledri jarang dibudidayakan di Indonesia namun sering dicari karena aromanya yang khas diperlukan sebagai penyegar untuk campuran bakmi, soto, sop dan masakan lainnya. Menurut Sunarjono (2010). Gangguan akibat organisme pengganggu tumbuhan dalam budidaya seledri masih menjadi masalah yang selalu dihadapi oleh petani (Adawiyah & Afa, 2018).

OPT yang sering ditemukan menginfeksi tanaman seledri antara lain rebah kecambah,

penyakit fusarium, busuk lunak bakteri, penyakit hawar serkospora dan berbagai macam virus di Indonesia (Ali *et al.*, 2022) khususnya di wilayah kota Banjarbaru adalah Nematoda Puru Akar (NPA) (*Meloidogyne* spp). NPA adalah OPT endoparasit menetap (sedentary) penting di dunia yang bersifat parasit obligat. Tersebar luas di daerah tropis dan subtropis, bersifat polifagus karena dapat menyerang lebih dari 2000 spesies tumbuhan (Taylor & Sasser, 1978). Fitriyanti dan Aidawati (2022) menemukan 3 spesies *Meloidogyne* di Landasan Ulin Utara yaitu *M. incognita*, *M. Javanica* dan *M. arenari*., dengan populasi terbesar didominasi oleh *M. incognita* yaitu sebesar 90%. Berdasarkan penelitian Dhea. D (2023) tingkat serangan NPA di kelurahan Landasan Ulin Utara (Desa Sukamaju Ujung) mencapai 78,2%.

Gejala serangan NPA ini sangat khas yaitu akar menjadi bengkak karena nematoda ini menyerang sistem perakaran dan mengganggu jaringan akar. Gejala lain yang ditimbulkan yaitu tanaman menjadi kerdil disebabkan oleh kerusakan perakaran pertumbuhan menjadi terhambat karena terganggunya penyerapan unsur hara. NPA ini juga dapat menyebabkan tanaman menjadi layu dan berwarna kuning sehingga kualitas hasil produksi tanaman yang terserang menjadi menurun (Sastrahidayat, 2010). Pengendalian *Meloidogyne* spp. banyak menggunakan pestisida kimia pada

saat ini. Pengendalian secara kimiawi hingga saat ini masih menjadi andalan bagi petani. Penggunaan nematisida kimia dianggap sifatnya cepat mengendalikan nematoda dan jika digunakan secara terus menerus akan berpotensi mencemari lingkungan.

Serangan (NPA) perlu diantisipasi sedini mungkin untuk mencegah terjadinya kerugian yang lebih besar, secara ekologis maupun ekonomi. Salah satu upaya pengendalian yang dapat diimplementasikan adalah melalui metode fumigasi dengan menggunakan metil bromida. Fumigasi merupakan suatu perlakuan khusus terhadap komoditas dengan menggunakan zat fumigan tertentu yang telah terbukti efektif dalam mengendalikan keberadaan jamur, bakteri, nematoda, serta biji gulma yang terdapat di dalam tanah. Prosedur ini dilakukan dalam ruang tertutup dengan pengaturan suhu dan tekanan yang dikendalikan secara ketat (Heavez & Sundararaj, 2009).

Fumigan sendiri merupakan jenis pestisida yang berubah menjadi bentuk gas pada kondisi suhu dan tekanan tertentu, dan apabila diaplikasikan dengan dosis serta durasi yang tepat, mampu menurunkan populasi organisme pengganggu tanaman secara signifikan. Namun, penggunaan fumigan juga dapat menimbulkan dampak negatif yang cukup signifikan, terutama dalam sektor pertanian. Salah satu contohnya adalah metil bromida, yang tergolong sebagai senyawa perusak lapisan ozon. Oleh karena itu, penggunaannya telah dilarang secara global melalui kesepakatan Montreal Protocol sejak tahun 2000, dan senyawa ini wajib dieliminasi sepenuhnya pada tahun 2015 (Sarma & Bankobeza, 2000). Penggunaan fumigasi berbahan kimia secara luas, apabila tidak dilakukan secara cermat dan tepat, berpotensi merusak lingkungan serta membahayakan kesehatan manusia. Sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan, teknik

biofumigasi dapat dipertimbangkan untuk menggantikan metode tersebut.

Penggunaan fumigan diketahui memberikan dampak merugikan yang cukup signifikan, khususnya dalam sektor pertanian. Salah satu contohnya adalah metil bromida, yang termasuk dalam golongan senyawa perusak ozon. Oleh karena itu, penggunaannya telah dilarang secara internasional melalui kesepakatan Montreal Protocol pada tahun 2000, dan seluruh negara diwajibkan untuk menghentikan penggunaan serta memusnahkan metil bromida paling lambat pada tahun 2015 (Sarma & Bankobeza, 2000). Praktik fumigasi yang mengandalkan bahan kimia berbahaya dan tidak dilakukan secara cermat terhadap lingkungan dan kesehatan manusia berpotensi menimbulkan dampak negatif. Sebagai solusi yang lebih berkelanjutan, metode biofumigasi dapat diterapkan sebagai alternatif yang lebih aman dan ramah lingkungan.

Pemanfaatan limbah tanaman Brassica terbukti efektif dalam menekan populasi nematoda parasit dan sekaligus mendukung pertumbuhan tanaman tomat. Selama proses dekomposisi, limbah tersebut melepaskan nitrogen yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman yang bersifat toksik terhadap nematoda karena menghasilkan senyawa isothiosianat (ITS). Senyawa ITS ini berperan dalam mengurangi jumlah nematoda parasitik dalam tanah. Penurunan populasi nematoda memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan tanaman, mengingat organisme tersebut dapat merusak sistem perakaran yang berfungsi dalam penyerapan air dan unsur hara. Selain itu, limbah Brassica juga berkontribusi terhadap perbaikan struktur tanah, peningkatan kadar unsur hara utama seperti fosfor (P), nitrogen (N), dan kalium (K), serta mendorong aktivitas mikroorganisme tanah yang menguntungkan. Penggunaan limbah Brassica sebagai bahan dalam pembuatan pupuk cair pada kandungan unsur hara

makro seperti P, N, K, dan sulfur (S) turut meningkat (Rinaldi *et al.*, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan biofumigan dari cacahan sawi pahit dalam mengendalikan *Meloidogyne* spp. pada tanaman seledri.

Metode Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) satu faktor. Faktor yang diujikan adalah sebagai berikut :T0= Tanaman seledri (kontrol) + 500 telur nematoda

T1 = Tanaman seledri + 200 gram cacahan tanaman sawi pahit + 500 telur nematoda

T2 = Tanaman seledri + 400 gram cacahan tanaman sawi pahit + 500 telur nematoda

T3= Tanaman seledri + 600 gram cacahan tanaman sawi pahit + 500 telur nematoda

T4 = Tanaman seledri + 800 gram cacahan tanaman sawi pahit + 500 telur nematoda

Setiap perlakuan diulang 4 kali dan setiap ulangan terdapat 3 tanaman sehingga jumlah seluruh satuan percobaan adalah 60 tanaman

Persiapan Penelitian

1. Persiapan Media Tanam

Pada persiapan media tanam yang akan digunakan adalah tanah yang telah dicampur dengan pupuk organik dengan perbandingan 2:1. Sebelum digunakan tanah dan pupuk disterilisasi terlebih dahulu, dengan cara memasukkan tanah yang telah dicampur dengan pupuk kedalam karung, selanjutnya masukkan karung ke dalam drum besar yang telah disediakan untuk tempat sterilisasi setelah itu barulah ditutup dan tunggu hingga kurang lebih 6 jam. Kemudian media tanam dipindahkan kedalam polibag yang berukuran 25x25 dengan berat 2 kg.

2. Persiapan Tanaman Uji

Benih disemaikan pada polibag berukuran kecil yang telah diisi dengan campuran tanah dan

pupuk yang telah disterilisasi sebelumnya. Penyiraman dilakukan secara rutin setiap hari guna menjaga tingkat kelembapan media tanam. Setelah mencapai usia empat minggu sejak penyemaian, bibit seledri kemudian dipindahkan ke dalam 48 polibag berukuran 25x25 cm dengan berat media tanam sebanyak 2 kg. Setiap polibag diisi dengan media tanam steril dan digunakan sebagai satuan dalam rancangan percobaan.

3. Pemeliharaan Tanaman Uji

Perawatan terhadap tanaman uji dilakukan melalui beberapa tindakan, antara lain penyulaman terhadap tanaman yang mengalami kematian atau kelayuan sebelum perlakuan dimulai, penyiangan gulma baik yang tumbuh di dalam polibag maupun di area sekitar tanaman, serta penyiraman yang dilakukan dua kali sehari guna menjaga ketersediaan air bagi tanaman.

4. Pembuatan Biofumigan

Tanaman yang digunakan sebagai fumigan adalah limbah sayur sawi pahit yang diperoleh dari pedagang pasar di Sukamara Landasan Ulin Utara. Sawi pahit dicacah dengan ukuran ± 1 cm dan siap untuk diaplikasikan ke tanah. Cacahan sawi pahit dicampurkan dengan tanah ke dalam polibag 1 minggu sebelum pindah tanam

5. Persiapan Inokulum Nematoda Puru Akar (NPA)

Inokulum yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari lahan pertanian Desa Sukamaju, Ujung Landasan Ulin tanaman seledri bergejala dan telah melalui proses pemeliharaan serta perbanyakan. Akar tanaman terinfeksi kemudian diekstraksi melalui beberapa tahap. Mula-mula, akar yang menunjukkan gejala dicuci hingga bersih, kemudian bagian akar yang mengandung paket telur dipotong sepanjang ± 1 cm dan dimasukkan ke dalam 100 ml larutan akuades yang telah ditambahkan larutan NaOCl 0,5%, lalu dikocok menggunakan shaker selama 15 menit. Selanjutnya, larutan disaring dengan menggunakan

saringan bertingkat berukuran 100, 400, dan 500 mesh. Pada tahap penyaringan terakhir, dilakukan tiga kali pembilasan dengan akuades untuk menghilangkan sisa larutan NaOCl yang mungkin masih menempel pada akar. Filtrat hasil penyaringan dikumpulkan dalam labu Erlenmeyer untuk kemudian diamati. Sebanyak 1 ml suspensi yang mengandung telur nematoda dituangkan ke dalam counting dish dan dihitung di bawah mikroskop stereo. Setiap unit percobaan diberikan sebanyak 500 butir telur nematoda.

Pelaksanaan Penelitian

1. Aplikasi Fumigan

Potongan tanaman sawi pahit dicampurkan ke dalam media tanam di polybag dua minggu sebelum proses pindah tanam dilakukan. Proses pencampuran dilakukan dengan meletakkan cacahan sawi pahit di permukaan tanah, lalu ditutup kembali dengan tanah sambil diaduk secara merata. Setelah tanaman seledri berumur tiga minggu di persemaian, bibit tersebut dipindahkan ke polybag yang telah dipersiapkan sebelumnya untuk percobaan.

2. Aplikasi Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* spp.)

Investasi Nematoda Puru Akar (NPA) dilakukan pada saat 7 hari setelah pindah tanam. 500 telur NPA di tuangkan ke perakaran seledri yang sudah dilubangi disekitar daerah perakaran tanaman kemudian tanah ditutup kembali dan disiram. Pemindahan bibit seledri dengan menggunakan 3 tanaman per polibag yang dilakukan pada umur 4 minggu.

3. Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman penyiraman tanaman yang dilakukan minimal 1 kali dalam sehari dan penyiangan gulma yang berada di sekitar pertanaman maupun yang berada di dalam polibag serta penyiraman.

4. Pengamatan

Pengamatan dilakukan setelah tanaman seledri berumur 35 hari setelah inokulasi NPA Parameter pengamatan meliputi:

1. Keparahan Penyakit Puru Akar

Persentase intensitas kerusakan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$KP = \frac{\sum \text{tanaman seledri terinfeksi NPA} \times \text{skor}}{\sum \text{tanaman dalam satu titik sampel} \times \text{skor tertinggi}} \times 100\%$$

Tingkat keparahan penyakit akar pada tanaman dapat ditentukan berdasarkan skala Zeck (1971) dalam (Hay *et al.*, 2014)

2. Populasi NPA dalam Tanah per 100 ml dari Sekitar Perakaran Tanaman Seledri

Perhitungan populasi NPA dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Populasi nematoda} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \times \frac{\text{Volume suspensi}}{\text{Volume subsuspensi}}$$

Keterangan:

P_n	= Jumlah nematoda yang didapat pada pengambilan sub suspensi ke-n
n	= Jumlah pengambilan sub suspensi
Volume suspense	= Volume suspensi total yang dibuat
Volume sub suspense	= Volume suspensi tiap pengambilan

5. Analisis Data

Data hasil pengamatan terlebih dahulu dianalisis menggunakan uji Bartlett untuk menguji kehomogenan ragam. Setelah data dinyatakan homogen, dilakukan analisis varians (ANOVA) untuk menguji pengaruh perlakuan. Uji F digunakan dalam analisis varians untuk menentukan apakah terdapat perbedaan yang signifikan maupun sangat signifikan antar perlakuan. Jika perbedaan tersebut terbukti nyata,

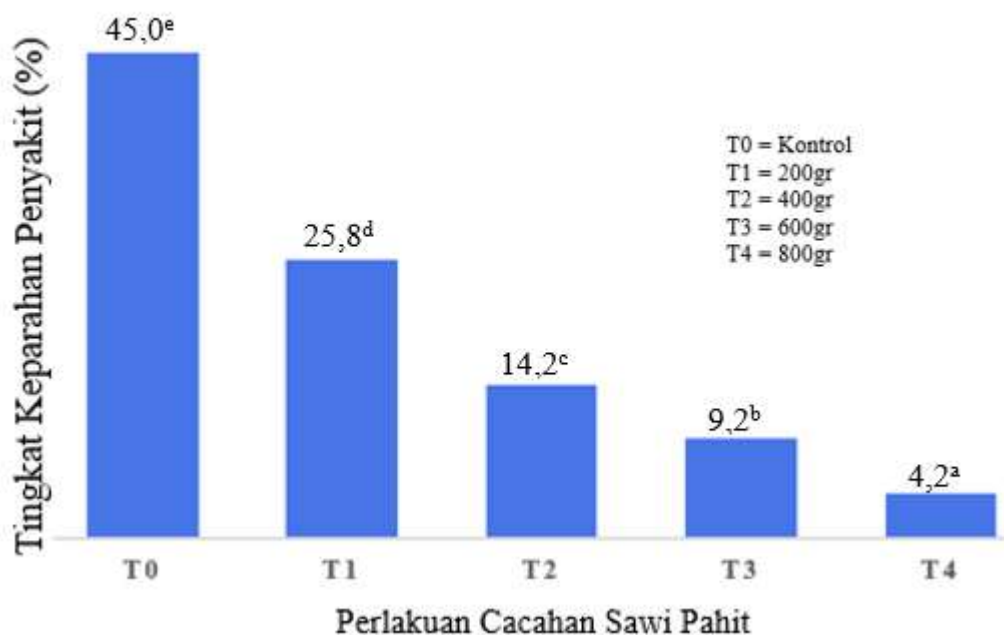
maka dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf signifikansi 5% guna mengetahui pengaruh perlakuan terhadap intensitas serangan puru akar. Analisis ini mengacu pada model linear rancangan acak lengkap (RAL).

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengamatan rata-rata tingkat keparahan penyakit puru akar pada tanaman seledri yang diberikan perlakuan cacahan sawi pahit dengan berbagai dosis (T0= 500 telur NPA; T1= 500 telur+200gram cacahan sawi pahit; T2= 500 telur+400gram cacahan sawi pahit; T3= 500 telur+600gram cacahan sawi pahit; T4= 500 telur+800gram cacahan sawi pahit) menunjukkan

adanya hubungan antara beberapa dosis dengan rata-rata tingkat keparahan penyakit puru akar pada tanaman seledri.

Tingkat keparahan penyakit cenderung menurun seiring dengan peningkatan dosis cacahan sawi pahit, yang mengindikasikan efektivitas perlakuan dalam menekan perkembangan NPA. Analisis data dengan menggunakan uji kehomogenan ragam *Barlet* menunjukkan bahwa ragam data homogen dan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa data yang didapat berpengaruh nyata. Hasil pengamatan tingkat keparahan penyakit dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Perlakuan T0 (500 telur NPA tanpa cacahan sawi pahit) memiliki tingkat rata-rata keparahan penyakit tertinggi, yaitu sebesar 45,0%. Sementara itu, rata-rata tingkat keparahan penyakit terendah ditemukan pada perlakuan T4 (500 telur NPA + 800gram cacahan sawi pahit), yaitu sebesar 4,2%. Penambahan cacahan sawi pahit pada T1 (200 g),

T2 (400 g), T3 (600 g), dan T4 (800 g) mampu menurunkan rata-rata tingkat keparahan penyakit berturut-turut sebesar 25,8%, 14,2%, 9,2%, dan 4,2%. Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis cacahan sawi pahit yang diberikan, semakin rendah rata-rata tingkat keparahan penyakit puru akar pada seledri. Perlakuan T4 (800 g) merupakan

perlakuan paling efektif dalam menekan serangan NPA.

Rata-rata Jumlah Populasi NPA pada Akar dan Tanah Seledri

Hasil pengamatan rata-rata jumlah populasi NPA pada akar dan tanah seledri yang diberikan perlakuan cacahan sawi pahit dengan berbagai dosis (T0= 500 telur; T1= 500 telur+200gram cacahan sawi pahit; T2= 500 telur+400gram cacahan sawi pahit; T3= 500 telur+600gram cacahan sawi pahit; T4= 500 telur+800gram cacahan sawi pahit) menunjukkan adanya hubungan antara beberapa dosis cacahan sawi pahit terhadap rata-rata jumlah populasi NPA pada akar dan tanah seledri.

Rata-rata jumlah populasi NPA pada akar dan tanah seledri, cenderung menurun seiring dengan peningkatan dosis cacahan sawi pahit, yang mengindikasikan efektivitas perlakuan dalam menekan perkembangan NPA. Analisis data dengan menggunakan uji kehomogenan ragam *Barlet* menunjukkan bahwa ragam data homogen dan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa data yang didapat berpengaruh nyata. Hasil pengamatan rata-rata jumlah populasi NPA pada akar dan tanah seledri dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Rata-rata Jumlah Populasi NPA pada Akar dan Tanah Pada Tanaman Seledri pada perlakuan cacahan sawi pahit

Perlakuan	Rata-rata Populasi NPA		Jumlah
	Telur	L2	
Kontrol	99,25	328,875	428,125
200gr	52,5	247,75	300,25
400gr	38,5	227,25	265,75
600gr	11,75	205,625	217,375
800gr	3,5	122,625	126,125

Rata-rata jumlah populasi NPA pada tanaman seledri dapat dilihat bahwa tanaman yang tidak diberikan cacahan sawi pahit (T0) kontrol terdapat telur sebanyak 99,25 dan L2 sebanyak

328,875 dengan total keseluruhan berjumlah 428,125 berbeda nyata dengan perlakuan (T1) jumlah telur 52,5 dan jumlah L2 sebanyak 247,75 dengan total keseluruhan 300,25 sedangkan pada perlakuan (T2) didapatkan jumlah telur 38,5 dan L2 227,25 dengan jumlah keseluruhan 265,75 sementara itu pada perlakuan (T3) terdapat 11,75 telur dan 205,625 L2 sehingga jumlah keseluruhan 217,375 dan pada perlakuan (T4) sebesar 3,5 telur dan 122,625 L2 dengan total keseluruhan 126,125. Perbedaan jumlah telur dan L2 pada pemberian cacahan sawi pahit pada tanaman seledri mempengaruhi populasi pada akar dan tanah.

Tanaman dari famili Brassicaceae merupakan sumber utama penghasil glukosinolat (GSL) yang paling sering dimanfaatkan. Di berbagai wilayah seperti dan Australia, Eropa dan Amerika Serikat, para pemulia tanaman telah mengembangkan varietas-varietas baru dengan kadar GSL tinggi yang kini telah dipasarkan sebagai tanaman penutup tanah (cover crop) maupun pupuk hijau. Beberapa contoh tanaman dari famili ini meliputi kubis, sawi, kembang kol, brokoli, serta bit, yang digunakan sebagai bahan makanan, penambah rasa seperti mustard, atau sebagai sumber minyak seperti canola. Popularitas tanaman kelompok kubis-kubisan terus meningkat karena nilai ekonominya yang tinggi serta kandungan gizinya yang bermanfaat, termasuk sifatnya sebagai agen antikanker dan antibakteri (Titiek, 2009).

Penurunan kejadian puru akar berkaitan dengan adanya efek biofumigasi yang ditimbulkan dari perlakuan menggunakan limbah tanaman Brassica. Yulianti (2009) menjelaskan bahwa tanaman dari genus Brassica mampu memproduksi senyawa metabolit sekunder yang dikenal sebagai glukosinolat. Ketika senyawa ini mengalami hidrolisis oleh enzim mirosinase, akan terbentuk senyawa isotiosianat yang bersifat sebagai biofumigan dan efektif dalam membunuh

nematoda. Proses hidrolisis tersebut berlangsung ketika glukosinolat bersentuhan dengan mirosinase, biasanya akibat kerusakan sel tanaman saat proses maserasi dan keberadaan air yang memungkinkan reaksi berlangsung.

GSL merupakan senyawa metabolit sekunder yang mengandung unsur nitrogen dan sulfur (Harborne et al., 1999). Unsur tersebut berasal dari asam amino yang memiliki gugus sulfat serta struktur tioglukosa (Halkier dan Du, 1997). GSL dapat ditemukan di seluruh bagian tanaman, termasuk batang, akar, biji, daun, hingga bunga. Umumnya, dalam satu tanaman mengandung lebih dari satu jenis glukosinolat. Kandungan GSL bervariasi tergantung pada jenis jaringan, usia tanaman, kondisi kesehatan, serta ketersediaan nutrisi. Sementara itu, tingkat produksi GSL dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti metode budidaya, kondisi iklim, jenis tanah, serta fase pertumbuhan tanaman (Fenwick et al., 1983).

GSL pada dasarnya bukan senyawa yang bersifat toksik terhadap mikroorganisme. Namun, setelah mengalami proses hidrolisis, senyawa ini akan berubah menjadi senyawa turunan yang memiliki berbagai fungsi fisiologis. Contohnya adalah rasa tajam khas pada mustard, aroma khas dari sayuran kelompok kubis atau sawi, serta perannya sebagai mekanisme pertahanan tanaman terhadap serangan hama dan patogen (Bones dan Rossiter, 1996).

Enzim mirosinase diproduksi oleh sel-sel mirosin yang lokasinya terpisah dari vakuola tempat GSL disimpan (Bones & Iversen, 1985). Proses hidrolisis GSL menghasilkan senyawa-senyawa yang dapat bersifat mudah menguap (volatil) maupun tidak. Jenis senyawa yang terbentuk dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti suhu, pH, dan tingkat kelembapan tanah (Yulianti, 2009). Das et al. (2000) menyatakan bahwa kadar glukosinolat

dalam tanaman sangat bergantung pada kondisi lahan, iklim, serta teknik budidaya yang diterapkan.

Penggunaan biofumigan dari limbah tanaman sawi pahit menunjukkan efek yang berbeda dibandingkan dengan tanaman yang tidak diberi perlakuan, khususnya terhadap populasi nematoda. Penurunan jumlah nematoda terjadi setelah limbah sawi pahit dicacah dan diaplikasikan sebelum proses pindah tanam dilakukan. Proses dekomposisi dari bahan organik tertentu dapat menghasilkan senyawa volatil yang bersifat toksik bagi nematoda, seperti yang terdapat dalam limbah tersebut, sehingga mampu menurunkan populasi nematoda tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap tanaman. Selain itu, pemanfaatan limbah ini juga dapat meningkatkan keanekaragaman serta jumlah mikroorganisme tanah, yang pada akhirnya memberikan berbagai manfaat positif bagi pertumbuhan tanaman (Crow & Dunn, 2019).

Tanaman ini selain dimanfaatkan sebagai sumber biofumigan untuk mengendalikan patogen tanah, hama, dan gulma (Rosa & Rodriguez, 1999), tanaman ini juga berperan dalam meningkatkan kandungan bahan organik di tanah. Ketika sisa tanaman dihancurkan dan ditanamkan ke dalam tanah, senyawa GSL akan mengalami hidrolisis dan menghasilkan senyawa beracun. Senyawa inilah yang mampu berfungsi sebagai biofumigan diharapkan untuk menekan populasi patogen yang ada di dalam tanah. Di sisi lain, proses dekomposisi bahan organik tersebut juga berkontribusi terhadap peningkatan kesuburan tanah, memperbaiki kemampuan tanah dalam menyerap air, serta menyediakan unsur nitrogen yang dibutuhkan tanaman pada musim tanam berikutnya (Thorup-Kristensen et al., 2003).

GSL tersimpan di dalam vakuola sel tanaman. Dalam bentuk alaminya, GSL mengandung unsur sulfur dan umumnya memiliki tingkat aktivitas biosidal yang rendah. Namun, setelah berinteraksi dengan enzim mirosinase, GSL

akan diubah menjadi senyawa volatil seperti isotiosianat (ITS) pada konsentrasi tinggi, serta senyawa nitril dan tiosianat pada konsentrasi lebih rendah, yang bersifat toksik. Senyawa aktif ITS bereaksi dengan nukleofil biologis dalam tubuh nematoda, khususnya gugus tiol dan amina dari berbagai enzim penting, sehingga menyebabkan kerusakan permanen. Selain itu, ITS juga diketahui dapat memicu kerusakan DNA melalui mekanisme oksidatif (Dutta *et al.*, 2019).

Aktivitas biosidal GSL dapat dipengaruhi oleh struktur kimianya. GSL dengan rantai samping alkil yang mengandung unsur sulfur, seperti glukoserusin dan glukoserin, serta GSL dengan gugus hidroksifungsional, seperti epiprogoitrin dan progoitrin, diketahui memiliki tingkat toksisitas paling tinggi terhadap nematoda. Penelitian oleh Avato *et al.* (2013) mengemukakan bahwa mekanisme kerja dari kedua kelompok GSL ini berkaitan dengan aktivitas biosidalnya, yang muncul setelah senyawa tersebut mengalami hidrolisis dan menghasilkan isotiosianat (ITS).

Senyawa ITS memiliki gugus fungsional $N=C=S$ yang berperan dalam aktivitas biologisnya, dengan karbon pusat yang bersifat elektrofilik dan mampu berikatan dengan situs nukleofilik pada nematoda. Senyawa seperti glukoserusin, glukoserin, epiprogoitrin, dan progoitrin, beserta produk ITS-nya, juga mengandung pusat reaksi nukleofilik tambahan yang berpotensi memicu berbagai jenis interaksi biologis lainnya. Hal ini diduga menjadi penyebab utama tingginya kemampuan nematisidal senyawa tersebut. Efektivitas limbah tanaman sawi sebagai biofumigan sangat ditentukan oleh kadar glukosinolat (GSL) serta profil kimianya, yang dipengaruhi oleh faktor genetik (spesies/genotipe), kondisi lingkungan, fase pertumbuhan tanaman, dan bagian tanaman yang digunakan (Avato *et al.*, 2013).

Kesimpulan

Aplikasi limbah cacahan sawi pahit terbukti efektif dalam menekan populasi NPA serta mengurangi tingkat keparahan penyakit pada tanaman seledri, semakin tinggi dosis yang diberikan, semakin rendah Tingkat keparahan penyakit dan jumlah populasi NPA.

Daftar Pustaka

- Adawiyah, R., dan M. Afa. 2018. *Pertumbuhan Tanaman Seledri (*apium graveolens* L.) pada Berbadai Media Tanam Tanpa tanah denga Aplikasi Pupuk Organik Cair (POC)*. Biowallacea. 5:750-760
- Avato P, T., D'Addabbo, P. Leonetti, M. P., Argentieri. 2013. Nematicidal potential of *Brassicaceae*. *Phytochemistry Reviews*. 12:791–802. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11101-013-9303-7>.
- Badan Pusat Statistik. 2016. Produksi sayuran di Indonesia tahun 2016. Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura. Dalam *Jurnal Sumberdaya HAYATI Desember 2023*. Vol 9 No4, hlm 134-137
- Bones, A.M. and J.T. Rossiter. 1996. *The myrosinase-glucosinolate system, its organisation and biochemistry*. *Physiologia plantarum* 97: 194–208.
- Bridge, J dan S.L.J. Page. 1980. *Estimation of Root Nematode Infestation Level; on Roots Using a Rating Chart*. *Tropical Part. Management*. 26 : 296-298.
- Brown J dan M.J. 2005. *Glucosinolate Containing Seed Meal as a Soil Amendment to Control Plant Pest*. National Renewable Energy Laboratory, University of Idaho. Moscow. Idaho (RU).
- Crow WT., R. A. Dunn. 2019. *Soil Organic Matter, Green Manures, and Cover Crops for Nematode Management*. Florida (FL): The Institute of Food and Agriculture Science.

- Damayanti AP., B.T. Rahardjo., dan H. Tarno. 2018. Pengaruh Pemberian Plant Growth Promoting Rhizobacteria (*Pseudomonas fluorescens*) terhadap Nematoda Puru Akar *Meloidogyne* spp. pada Tanaman Tomat. *J HPT*. 6(1):26–34.
- Dhea, D. Y. 2023. Tingkat Kerusakan Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* spp.) Pada Tanaman Seledri Di Desa Sukamaju Ujung Landasan Ulin Utara. *Skripsi*. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru
- Dutta T.K., M.R. Khan, V. Phani. 2019. Plant parasitic nematode management via biofumigation using brassica and non brassica plants: current status and future prospects. *Current Plant Biology*. 17:17–32. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2019.02.001>.
- Sasser and C. C. Carter (Ed.), 1985. *An Advanced Treatise on Meloidogyne, Volume 1: Biology and Control*. United States: North Carolina State University Graphics.
- Fenwick, G. R., R.K. Heaney, and W.J. Mullin. 1983. *Glucosinolates and their breakdown products in food and plants*. *Food Science and Nutrition* 18:123-201.
- Fitriyanti, D., dan N. Aidawati. 2022. *Meloidogyne* spp. as the causal agent of root knot on celery in Landasan Ulin Utara, Banjarbaru. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 18(2): 85-90.
- Griffiths HM, Gies D, dan Zitter TA. 2011. *Brassicas sebagai biofumigan untuk mengendalikan organisme yang ditularkan melalui tanah dalam produksi kentang di bagian utara*. New York dan Pennsylvania utara.
- Halkier, B.A. and L.C. Du. 1997. *The biosynthesis of glucosinolates*. *Trends Plant Science* 2:425-431
- Harborne, J.B., H. Baxter, and G.P. Moss. 1999. *Pytochemical Dictionary: A Handbook of Bioactive Compounds from Plants*. 2nd Edition: Taylor and Fransic Ltd. London.
- Heavez, S. dan P. Sundararaj. 2009. *Soil Fumigation. A Tool for Sugarbeet Cyst Nematode Management*. Univ. Of Idaho, College of Agricultural and Life Sciences.
- Lopez- Perez J, Roubtsova T, dan Ploeg A. 2005. *Pengaruh tiga sisa tanaman dan kotoran ayam yang digunakan sebagai biofumigan pada tiga suhu pada Infestasi Meloidogyne incognita pada tomat dalam percobaan rumah kaca*. *J.Nematol*. 37: 489–494.
- Luc, M., Sikora, R. A., dan J. Bridge. 1995. *Nematoda Parasitik Tumbuhan di Pertanian Subtropik dan Tropik*. Penerjemah: Supratoyo. Gajah Mada University Press. Jogjakarta.
- Luc, M., Sikora, R. A., dan Brigde, J. 2005. *Plnt Parasitic Nematodes in Subtropical and tropical Agriculture, 2nd Edition*. CABI Publishing. Wallingford (US).
- Nur, M. J., Supramana dan Munif, A. 2016. *Keefektifan Limbah Tanaman Brassicaceae Untuk Pengendali Nematoda Puru Akar (Meloidogyne SPP) Pada Mikroplot di Lapangan*. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Rask L, E. Andreasson, and B. Ekbom. 2000. *Myrosinase: gene family evolution and herbivore defense in Brassicaceae*. *Plant Molecular Biology* 42: 93-113.
- Rinaldi SH, Kurnani BA, dan Sudiarti B, 2015. *The Influence of Comparative Treatment between Dairy Cattle Farm Waste and Cabbage (Brassica oleracea) Waste in Making Liquid Organic on the N, P and K Tesis*. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Rosa, E.A.S. and P.M.F. Rodriguez. 1999. *Towards more sustainable agriculture*

- system: *The effect of glucosinolates on the control of soilborne diseases*. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 74: 667-674
- Roubtsova T, Lopez- Perez J, S. A. Edwards, dan Ploeg. 2007. *Pengaruh jaringan Brokoli (Brassica oleracea), dimasukkan pada kedalaman berbeda dalam kolom tanah tentang penyamaran Meloidogyne*. J.Nematol. 39: 111–117.
- Sarma K.M dan G.M Bankobeza. 2000. *Montreal Protocol that Deplete the Ozon Layer*. United Nations Environment Programme. UNON Press, Nairobi, Kenya
- Sastrahidayat, I.R. 2010. *Fitopatologi: Ilmu penyakit Tumbuhan*. Universitas Brawijaya Press. Malang.
- Stetina, S. R., E. C. Mc Gawley, and J. S. Russin. 1997a. *Extraction of root associated Meloidogyne incognita and Rotylenchulus reniformis*. Journal of Nematology 29:209-215.
- Sunarjono, H. (2010). *Bertanam 30 Jenis Sayur*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Swibawa IG & Oktarino H. 2010. Pengaruh Kadar air Tanah Terkontrol terhadap Kelimpahan Nematoda Parasit Tumbuhan. Dalam: P. S. Teknologi-III (Ed.). Prosiding ilmiah Peran Strategis Sains dan Teknologi dalam Mencapai Kemandirian Bangsa. pp. 213–219 Bandar Lampung, Lembaga Penelitian Universitas Lampung. 18-19 Oktober 2010.
- Taylor, A.L. and J.N. Sasser. (1978). *Biologi, Identification And Control Of Root Knot Nematodes (Meloidogyne spp.)*. North Carolina State University Graphics. USA.
- Thorup-Kristensen, K., L.S. Jensen, and J. Magid. 2003. *Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones*. Advance Agronomy 79: 227-300
- Titiek. Y, dan Supriadi. 2009. *Biofumigan Untuk Pengendalian Patogen Tular Tanah Penyebab Penyakit Tanaman Yang Ramah Lingkungan*. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat. Malang. Jawa Timur.
- Tsao R, Yu Q, Friesen I, Potter J, & Chiba M. 2000. Factors affecting the dissolution and degradation of oriental mustard derived sinigrin and allyl isothiocyanate in aqueous media. J. Agric. Food Chem. 48(5): 1898–1902
- Wahyuni SL. 2014. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kubis (Brassica oleracea Var.Capitata L. terhadap Bakteri Escherichia coli. Ciputat. UIN Syarif HidayatullahWilliamson, V. M. dan R.S Hussey. 1996. *Nematode pathogenesis and resistance in plants*. The Plant Cell. 8: 1735–1745.
- Youssef M.M.A dan A.M.S. Lashein. 2013. *Pengaruh residu daun kubis (Brassica oleracea) sebagai biofumigan terhadap nematoda simpul akar, Meloidogyne incognita menginfeksi tomat*. J. Prot Tanaman. Res. 53:271-274.
- Yulianti T. 2009. Biofumigan untuk pengendalian pathogen tular tanah penyebab penyakit tanaman yang ramah lingkungan. *Jurnal Balai Penelitian*