

## **Morfologi dan Morfometri Nematoda Sista Kentang (*Globodera* spp.) Asal Dataran Tinggi Dieng, Jawa Tengah**

### **The Morphology and Morphometry of Potato Cyst Nematodes (*Globodera* spp.) from Dataran Tinggi Dieng, Central Java**

**Selamet, Supramana\*, Meity Suradji Sinaga,  
Ali Nurmansyah, Kikin Hamzah Mutaqin**  
Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

#### **ABSTRAK**

Di Indonesia, nematoda sista kentang (NSK) pertama kali dilaporkan pada tahun 2003 di Batu, Malang, Jawa Timur. Spesies NSK kuning *Globodera rostochiensis* telah dilaporkan di wilayah Bandung, Jawa Barat; Banjarnegara, Jawa Tengah; Batu, Jawa Timur; dan Gowa, Sulawesi Selatan. Spesies NSK putih *G. pallida* pernah dilaporkan di Dataran Tinggi Dieng, Jawa Tengah. Penelitian ini bertujuan mendeteksi dan mengidentifikasi spesies *Globodera* spp. di Dataran Tinggi Dieng secara morfologi dan morfometri. Pengambilan sampel tanah dilakukan di Dataran Tinggi Dieng pada 30 lahan contoh pada kisaran ketinggian 1 100 sampai 2 100 mdpl. Identifikasi spesies NSK didasarkan pada karakter morfologi dan morfometri sista dan juvenil 2 (J2). Dua spesies NSK berhasil diidentifikasi sebagai *G. pallida* dan *G. rostochiensis*. Ciri *G. pallida* ialah bentuk knob stilet J2 menonjol ke arah anterior, nisbah granek umumnya kurang dari 3, dan jumlah *cuticular ridges* antara anus dan *vulva basin* kurang dari 12. Nilai nisbah granek kurang dari 3 ditemukan pada 25 spesimen, sedangkan *cuticular ridges* kurang dari 12 diidentifikasi pada 10 spesimen. *G. rostochiensis* dengan bentuk knob stilet yang menonjol ke arah posterior dan nilai nisbah granek lebih besar dari 3.5 diidentifikasi pada 30 spesimen.

Kata kunci: *cuticular ridges*, knob stilet, nisbah Granek

#### **ABSTRACT**

In Indonesia, the potato cyst nematode (PCN) was first reported in 2003, at potato plantation in Batu, East Java. Golden cyst (*Globodera rostochiensis*) was detected in Bandung, West Java; Banjarnegara, Central Java; Batu, East Java; and Gowa, South Sulawesi, whereas the pale cyst (*G. pallida*) has been reported at limited distribution in Dataran Tinggi Dieng (Central Java). The aim of this research was to identify the *Globodera* species of Dataran Tinggi Dieng based on morphological and morphometrical methods. Soil samples were collected from Dieng plateau at 30 selected potato plantations ranging from 1 100 – 2 100 m above sea level. The identification of PCN was done by observing the morphological and morphometrical key characters of cysts and second juveniles (J2). Two species of *Globodera*, that are *G. rostochiensis* and *G. pallida*, were identified from soil samples. The key characters of *G. pallida* including distinct forward projection of J2 stylet knob, granek's ratio value less than 3, and number of cuticular ridges between vulval basin and anus are less than 12 were identified. There were 25 specimens that having granek's ratio less than 3, and 10 specimens having cuticular ridges number less than 12. *G. rostochiensis* which has the shape of a stylet knob protrudes posteriorly and the value of the granek's ratio greater than 3.5 was identified in 30 specimens.

Key word: *cuticular ridges*, stylet knobs, Granek's ratio

---

\*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680.  
Tel: 0251-8629364, Faks: 0251-8629362, Surel: supramana@ipb.ac.id

## PENDAHULUAN

Nematoda sista kentang (NSK) merupakan parasit utama pada tanaman kentang. Pada kondisi kering, infeksi NSK dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga 50% (Nicol *et al.* 2011). NSK juga menimbulkan kerugian 9% dari total produksi kentang di Eropa dan bahkan hingga 100% jika tidak dilakukan tindakan pengendalian (Turner dan Subbotin 2013).

Identifikasi spesies adalah salah satu langkah awal yang harus dilakukan untuk mendapatkan metode pengendalian organisme pengganggu tumbuhan yang tepat. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk identifikasi spesies *Globodera* ialah pengamatan ciri morfologi dan morfometri. Pengamatan dan pengukuran terhadap karakter morfologi NSK yang terbawa medium pembawa masih diperlukan untuk proses identifikasi karena beberapa kelebihan, antara lain waktu pengujian singkat serta bahan dan metodenya sederhana. Ciri morfologi yang dapat digunakan untuk identifikasi ialah antara lain: bentuk sista, pola perineal, nisbah granek, morfologi juvenil 2 (J2), morfologi jantan, dan morfometri sista (Hadisoeganda *et al.* 2005).

Di Indonesia NSK pertama kali ditemukan pada pertanaman kentang di Batu, Jawa Timur (Mulyadi *et al.* 2003). Identifikasi karakter morfologi terhadap NSK yang berasal dari Dataran Tinggi Dieng menunjukkan adanya *G. rostochiensis* dan *G. pallida* (Nurjanah 2009; Selamet 2012; Ushwanuuri 2012; Mulyadi *et al.* 2014; Nurjanah *et al.* 2016; Syafi'i *et al.* 2018). Penelitian ini bertujuan mendeteksi dan mengidentifikasi spesies *Globodera* di Dataran Tinggi Dieng secara morfologi dan morfometri.

## BAHAN DAN METODE

### Pengumpulan Contoh Tanah

Pengambilan contoh tanah dilakukan di sentra pertanaman kentang di Dataran Tinggi Dieng dengan ketinggian 1100–2100 m dpl. Contoh tanah diambil di 30 titik yang terbagi dalam tiga kelompok, yaitu <1500, 1500–1800, dan >1800 m dpl.

Pengambilan contoh tanah pada ketinggian kurang dari 1500 m dpl, dilakukan di Desa Buntu, Josari, Kejajar, Serang Sari (Wonosobo) dan Desa Sibebek (Banjarnegara); pada ketinggian 1500–1800 m dpl di Desa Kejajar, Tieng (Wonosobo) dan Desa Kali Putih, Batur, Sumber Rejo, Pasorenan, Gembol, Condong Campur, Pekasiran, Bakal (Banjarnegara); pada ketinggian lebih dari 1800 m dpl, di Desa: Parikesit, Dieng Wetan, Sikunang (Wonosobo) dan Desa: Kepakisan, Bakal, Karang Tengah, Dieng Kulon (Banjarnegara).

Pengambilan contoh tanah dilakukan pada tanaman yang berumur lebih dari 50 hari dan menunjukkan gejala penyakit NSK. Tanaman dicabut secara perlahan agar tidak banyak akar yang putus, kemudian dipotong pada bagian pangkal batang. Sebanyak 250 mL contoh tanah diambil pada kedalaman 10–30 cm (daerah perakaran tanaman) dan dicampur dengan bagian akar. Sista yang masih menempel dipisahkan dari akar dengan bantuan kaca pembesar atau mikroskop stereo dan dicampur dengan tanah hingga homogen (EU 2007).

### Ekstraksi Sista Nematoda

Contoh tanah disaring dengan dua saringan bertingkat berukuran 850  $\mu\text{m}$  (bagian atas) dan 300  $\mu\text{m}$  (bagian bawah). Tanah disemprot dengan air agar partikel besar dan kecil dapat terpisah. Tanah pada saringan berukuran 850  $\mu\text{m}$  dibuang dan tanah yang tertampung pada saringan berukuran 300  $\mu\text{m}$  ditiriskan pada kertas sampai kering. Selanjutnya tanah yang sudah kering direndam di dalam gelas piala berisi air dan diaduk secara perlahan. Sista yang terangkat di permukaan air dan menempel pada dinding gelas piala dikumpulkan menggunakan kuas kecil.

### Pembuatan Preparat

Sista hasil ekstraksi dikarakterisasi secara morfologi dan morfometrik. Sebanyak 10 sista pada setiap titik ketinggian diukur panjang dan lebarnya menggunakan mikroskop majemuk (HIROX KH-8700). Identifikasi karakter morfologi dan morfometri menggunakan pola perineal sista dan J2 dalam bentuk preparat dari tiga sista.

**Preparat Pola Perineal Sista.** Pembuatan preparat pola perineal sista mengikuti metode Nurjanah (2009) yang dimodifikasi dengan perendaman air dan waktu inkubasi asam laktat. Pada setiap titik ketinggian diamati masing-masing tiga sista. Sista diletakkan di atas kaca objek dan dipotong 3/4 bagian dari anterior menggunakan mikroskop stereo (Nikon SMZ800). Selanjutnya bagian anteriornya dibuang dan 1/4 bagian ujung posterior digunakan untuk identifikasi. Telur dan larva yang berada di dalam irisan 1/4 bagian ujung posterior sista dikeluarkan menggunakan kuas di dalam air dan selanjutnya ditambahkan satu tetes larutan asam laktat 45% sambil dibersihkan perlahan dengan kuas dan dibiarkan selama  $\pm$  1 jam. Asam laktat yang tersisa pada tepi preparat dibuang menggunakan kertas serap. Preparat ditambahi laktofenol, kemudian ditutup dengan kaca penutup dan disegel sisi-sisinya dengan cat kuku.

Pengamatan pola perineal sista menggunakan mikroskop compound (HIROX KH-8700) pada pembesaran sampai 1000x. Pengamatan morfometri dilakukan terhadap diameter *vulva basin* serta jarak antara anus dan *vulva basin*, serta menghitung jumlah tonjolan kutikula (*ridges*) antara anus dan *vulva basin*.

**Preparat Juvenil Instar 2.** Pengukuran terhadap J2 dilakukan terhadap 3 individu J2 dari 3 sista pada tiap ketinggian lokasi sampel, dengan cara yang sama seperti tersebut di atas.

Pengamatan morfometri dilakukan terhadap diameter dan panjang tubuh, ukuran stilet, serta bagian hialin pada ekor. Pengamatan morfologi dilakukan untuk menentukan bentuk knob stilet dari J2. Perbedaan ukuran dan bentuk knob stilet antara *G. pallida* dan *G. rostochiensis* diamati menggunakan mikroskop digital (Hirox KH-8700).

## HASIL

### Morfologi dan Morfometri Sista

Sista merupakan betina dewasa dari *Globodera* spp. yang dibentuk dari kutikula yang mengeras; di dalamnya berisi telur,

juvenil 1, dan juvenil 2 yang akan menjadi generasi berikutnya. Awalnya sista terlihat berwarna putih atau kuning keemasan ketika akar tanaman kentang yang terinfeksi NSK dicabut. Seiring waktu warna sista berubah menjadi cokelat atau cokelat kehitaman.

Sista berbentuk tidak seragam (bulat, sedikit elips atau ovoid) dan tidak memiliki *terminal (vulval) cone* (lingkaran kuning) (Gambar 1a dan 1b). Rata-rata panjang sista 593.82  $\mu$ m (381.65–776.39  $\mu$ m) sedangkan rata-rata lebar 572.00  $\mu$ m (329.90–782.08  $\mu$ m).

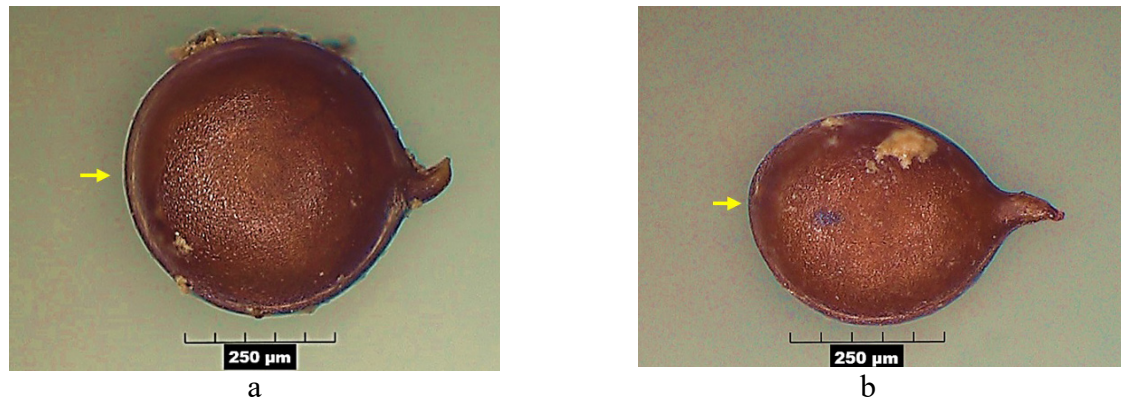
Pola perineal sista (Gambar 2) dan rata-rata jumlah *cuticular ridges*, jarak anus-*vulva basin*, diameter *vulva basin*, dan nisbah graneks pada sampel sista yang diamati menunjukkan adanya spesies campuran (Tabel 1). Pola perineal menunjukkan bahwa jumlah *cuticular ridges* ialah 9-21 dengan rata-rata 14 dari 90 sista yang diamati. Diameter *vulva basin* antara 11 dan 21  $\mu$ m, sedangkan jarak antara anus dengan *vulva basin* ialah 36–84  $\mu$ m. Data ini menunjukkan bahwa NSK yang ada di Dataran Tinggi Dieng merupakan spesies campuran antara *G. rostochiensis* dan *G. pallida* (Tabel 2).

### Morfologi dan Morfometri J2

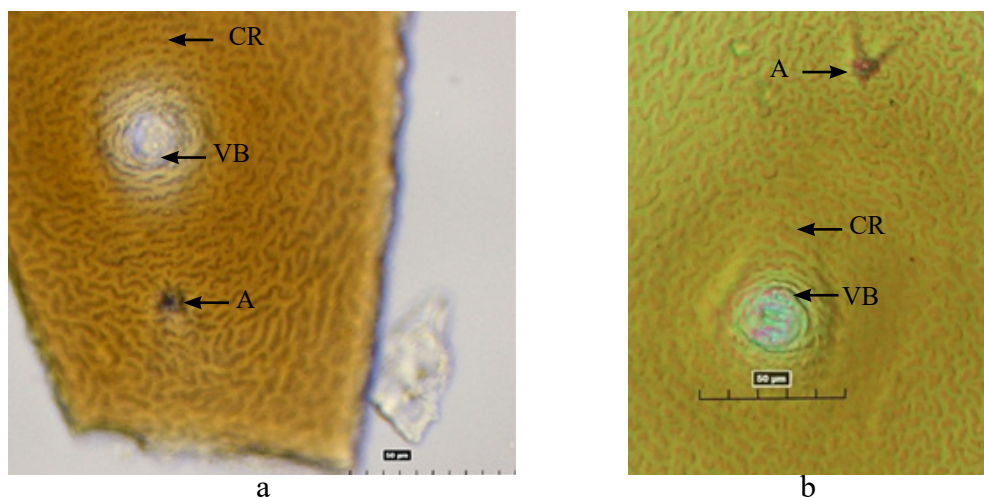
Juvenil berbentuk seperti cacing, ada yang sudah menetas serta masih berada di dalam telur di dalam sista (Gambar 3). Sebanyak 90 spesimen J2 yang dianalisis menunjukkan rata-rata panjang tubuh J2 sebesar 469.50  $\mu$ m, panjang stilet 21.63  $\mu$ m, dan panjang bagian hialin pada ekor 26.55  $\mu$ m (Tabel 3). Knob stilet pada sampel J2 berbentuk bulat dan datar hingga cekung di bagian anterior (Gambar 4). Bentuk knob stilet tersebut merupakan ciri morfologi *G. rostochiensis* dan *G. pallida*.

## PEMBAHASAN

Nematoda sista kentang masuk ke Indonesia disebabkan oleh impor benih kentang dari negara yang telah tertular NSK. Pada tahun 2016 impor kentang Indonesia berasal dari Amerika Serikat (27.40%), Jerman (18.47%), Belanda (16.99%), Kanada (11.85%), Belgia (5.47%) dan negara lainnya (19.83%) (Hakim



Gambar 1 Variasi bentuk dan ukuran sista nematoda sista kentang dari Dataran Tinggi Dieng yang tidak memiliki *terminal (vulval) cone* (tanda panah). a, Berbentuk bulat; b, Berbentuk sedikit elips atau ovoid.



Gambar 2 Pola perineal sista nematoda sista kentang dari Dataran Tinggi Dieng. a, *Globodera pallida* (jumlah *cuticular ridge* < 12); b, *G. rostochiensis* (jumlah *cuticular ridge* > 16). (VB, *vulva basin*; CR, *cuticular ridges*; A, *anus*).

dan Abiyadun 2017). Kentang yang berasal dari negara importir utama tersebut telah terinfeksi oleh *G. rostochiensis* dan *G. pallida* sehingga potensi masuk dan tersebarnya nematoda ini ke Indonesia juga tinggi (EPPO 2015).

Gejala penyakit NSK pada tanaman kentang ialah daun berwarna kuning cerah, namun tidak tersebar merata di seluruh area. Tanaman kentang yang terinfeksi berat oleh NSK menunjukkan gejala kerdil dan pertumbuhan akar terhambat. Sistem perakaran menjadi kurang berkembang yang menyebabkan terhambatnya pertumbuhan hingga kematian tanaman (Vanitha et al. 2019).

Secara umum langkah-langkah dalam identifikasi sista didasarkan pada kombinasi karakter morfologi dan morfometrik (EPPO 2017). Sista *Globodera* spp. berukuran lebih pendek dibandingkan dengan sista *Heterodera* spp. dan bentuknya lebih membulat, kecuali untuk tonjolan yang ada di bagian anterior (Flemings dan Powers 1998).

Tanpa menyertakan bagian leher, sista *G. pallida* berukuran panjang  $579 \pm 70 \mu\text{m}$  dan lebar  $534 \pm 66 \mu\text{m}$ , sedangkan *G. rostochiensis* panjang  $445 \pm 50 \mu\text{m}$  dan lebar  $382 \pm 60 \mu\text{m}$  (CABI 2007). Panjang sista NSK asal Batu (Jawa Timur) ialah 470–1008  $\mu\text{m}$  dengan rata-rata 638.08  $\mu\text{m}$ , sedangkan lebarnya 357–744  $\mu\text{m}$  dengan rata-rata 490.33  $\mu\text{m}$

Tabel 1 Morfologi dan morfometri pola perineal nematoda sista kentang dari Dataran Tinggi Dieng\*

Karakter	Ketinggian tempat (m dpl)	
	< 1500	1500–1800 > 1800
Jumlah <i>cuticular ridges</i>	14.50 ± 3.50	15.00 ± 5.00
Jarak anus <i>vulva basin</i> (µm)	68.95 ± 15.25	60.13 ± 23.57
Diameter <i>vulva basin</i> (µm)	17.60 ± 3.80	17.20 ± 4.60
Nisbah graneks	3.39 ± 0.66	3.62 ± 1.56

\*Pola perineal sista rata-rata dari 3 sista pada setiap titik ketinggian.

Tabel 2 Frekuensi spesies *Globodera rostochiensis* dan *G. pallida* pada ketinggian yang berbeda berdasarkan karakter morfologi dan morfometri sista dari Dataran Tinggi Dieng

Karakter	<i>G. rostochiensis</i>		<i>G. pallida</i>	
	Nilai <sup>a</sup>	Jumlah <sup>b</sup> < 1500 1500–1800 >1800	Nilai <sup>a</sup>	Jumlah <sup>b</sup> <1500 1500–1800 >1800
Pola Perineal				
<i>Cuticular ridges</i> antara anus dan <i>vulva basin</i>	12–31 (>14°)	8 18 12	8–20 (<14°)	5 15 16
Jarak anus – <i>vulva basin</i>	37–77 (>55°)	10 28 26	22–67 (<50°)	1 9 6
Diameter <i>vulva basin</i>	8–20 (<19°)	5 20 15	18–21 (>19°)	6 10 13
Nisbah graneks	1.5–9.5 (>3°)	12 21 26	1.2–3.5 (<3°)	2 15 8
Larva J2				
Bentuk Knob	Bagian anterior bentuknya bulat	12 36 32	Bagian anterior bentuknya datar hingga cekung	3 3 4
Panjang Stylet	21–23 (22)	6 25 17	21–26 (>23)	2 2 4

<sup>a</sup>Nilai acuan berdasarkan Fleming dan Powers (1998);

<sup>b</sup>Jumlah spesimen berdasarkan ketinggian tempat (mdpl) dan karakter;

<sup>c</sup>Angka dalam kurung adalah rata-rata nilai acuan berdasarkan Fleming dan Powers (1998).

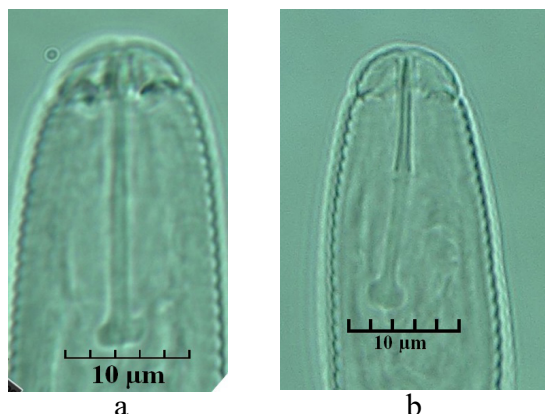


Gambar 3 Morfologi nematoda. a, Telur; b, juvenil 1 dan; c, juvenil 2 dari sista yang dipecahkan.

Tabel 3 Morfometri J2 nematoda sista kentang dari Dataran Tinggi Dieng

Karakter	Ketinggian tempat (m dpl)		
	<1500	1500–1800	>1800
Panjang tubuh (µm)	407.78 ± 126.42	645.86 ± 323.68	622.60 ± 255.14
Lebar tubuh (µm)	21.51 ± 2.68	22.44 ± 3.84	22.71 ± 3.21
Panjang stilet (µm)	22.21 ± 3.21	22.23 ± 3.30	22.05 ± 3.75
Panjang area hialin pada ekor (µm)	26.89 ± 5.12	29.92 ± 13.92	25.50 ± 6.40

Morfometri rata-rata dari 3 ekor J2 setiap sista dari 30 titik pengambilan sampel (setiap titik diamati 3 sista) yang terbagi dalam 3 kelompok ketinggian.



Gambar 4 Bentuk knob stilet J2 nematoda sista kentang asal Dataran Tinggi Dieng. a, *G. pallida* dan; b, *G. rostochiensis*.

(Mulyadi *et al.* 2003). Lisnawita *et al.* (2007) melaporkan sista NSK asal Jawa berukuran panjang (termasuk bagian leher) 412.9–514.3 µm dan lebar 267.2–476.5 µm.

Fleming dan Powers (1998) melaporkan terdapat tumpang tindih jumlah *cuticular ridges* yang dimiliki oleh *G. rostochiensis* dan *G. pallida*. *Cuticular ridge* dari *G. rostochiensis* berjumlah 12–31 sedangkan *G. pallida* 8–20. Selain itu spesies *G. pallida* mengandung *cuticular ridges* kurang dari 12 (Stone 1973).

Penggunaan kombinasi karakteristik morfologi yang terdapat pada sista dan J2

sangat direkomendasikan untuk identifikasi spesies NSK secara konvensional, terutama bentuk knob stilet dan jumlah *cuticular ridges* antara anus dan *vulva basin*. Oro *et al.* (2010); Gitty dan Maafi (2010) mengemukakan bahwa identifikasi NSK didasarkan pada kombinasi karakteristik morfologi dan morfometri dari sista dan J2. Identifikasi spesies berdasarkan pada karakter molekuler (Lisnawita *et al.* 2007; Nurjanah 2009) dan morfologi (Nurjanah 2009; Selamet 2012; Ushwanuuri 2012) menunjukkan NSK di Dataran Tinggi Dieng, Jawa Tengah merupakan populasi campuran *G. pallida* dan *G. rostochiensis*.

Morfometri J2 NSK bervariasi antar lokasi. Panjang tubuh *G. pallida* J2 ialah 440–525 µm, sedangkan *G. rostochiensis* adalah 425–505 µm (EPPO (2017)). *Globodera pallida* memiliki panjang stilet 21–26 µm (umumnya >23 µm), sedangkan *G. rostochiensis* 21–23 µm (umumnya 22 µm) (Fleming dan Powers 1998). Panjang tubuh J2 untuk *G. pallida* ialah 420–540 µm dan *G. rostochiensis* sebesar 400–630 µm, sedangkan panjang stilet dua jenis nematoda berturut-turut ialah 21.3–23.2 µm dan 18.8–23.5 (Douda *et al.* 2014). *G. rostochiensis* J2 asal Batu, Jawa Timur memiliki panjang tubuh 531–563 µm dan rata-rata

548.4  $\mu\text{m}$  dan panjang stilet sebesar 21–33  $\mu\text{m}$  dengan rata-rata 25.2  $\mu\text{m}$  (Mulyadi *et al.* 2003).

Juvenil *G. pallida* memiliki knob stilet yang bentuknya membulat ke arah anterior (agak datar/cekung), sedangkan *G. rostochiensis* membulat ke arah posterior (CABI 2007). Knob stilet *G. rostochiensis* J2 bentuknya membulat, sedangkan *G. pallida* meruncing ke arah anterior (Hadisoeganda *et al.* 2005).

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya *G. rostochiensis* dan *G. pallida* pada pertanaman kentang di Dataran Tinggi Dieng. Data hasil penelitian ini juga memberikan informasi tambahan bahwa NSK dapat ditemukan pada ketinggian mulai dari 1194 m dpl. Pihak-pihak terkait dapat memanfaatkan informasi ini sebagai strategi pengendalian penyebaran NSK ke area baru di Indonesia termasuk kebijakan impor benih kentang dari negara yang telah tertular NSK.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [CABI] CAB International. 2007. Crop Protection Compendium (CD-ROM). Wallingford (UK): CABI. 2 CD-ROM dengan penuntun didalamnya.
- Douda O, Zouhar M, Renco M, Marek M. 2014. Molecular and morphological exploration of a mixed population of two potato-parasiting nematode species, *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Helminthologia*. 51(1):3–6. DOI: <https://doi.org/10.2478/s11687-014-0201-3>.
- [EPPO] European and Mediterranean Plant Protection Organization. 2015. PQR Database (version 5.3.5). Paris (FR): EPPO.
- [EPPO] European and Mediterranean Plant Protection Organization. 2017. PM 7/40 (4) *Globodera rostochiensis* and *Globodera pallida*. OEPP/EPPO Bull. 47(2): 174–197. DOI: <https://doi.org/10.1111/epp.12391>.
- [EU] European Union. 2007. Council Directive 2007/33/EC of 11 June 2007 on the control of potato cyst nematode and repealing Directive 69/465/EEC. *J Eur Comm*. 156:12–22.
- Fleming CC, Powers TO. 1998. Potato cyst nematode diagnostic: morphology, differential hosts and biochemical techniques. Marks RJ, Brodie BB, editor. *Potato Cyst Nematoda, Biology, Distribution and Control*. New York (US): CAB International. hlm 91-114.
- Gitty M, Maafi ZT. 2010. First report of a potato cyst nematode, *Globodera rostochiensis*, on potato, in Iran. *Plant Pathol*. 59:412. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2009.02135.x>.
- Hadisoeganda W, Mulyadi, Supramana, Mustika I, Suslistyowati. 2005. *Nematoda Sista Kentang: Identifikasi, Bioekologi dan Pengelolaannya di Indonesia*. Hadisoeganda W, Suyamto, Purnomo S, editor. Jakarta (ID): Puslibanghort.
- Hakim ML, Abiyadun, editor. 2017. *Analisis Kinerja Perdagangan Komoditas Kentang*. Jakarta (ID): Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Kementan.
- Lisnawita, Sinaga MS, Wattimena GA, Supramana, Suastika G. 2007. Identification of potato cyst nematode populations prevailing in East and Central Java, Indonesia, based on morphometric and morphological characteristics. *J ISSAAS*. 13(1):33-38.
- Mulyadi, Indarti S, Rahayu BTP, Trimman B. 2014. Identifikasi molekuler dan patotipe nematoda sista kentang. *JPTI*. 18(1):17–23.
- Mulyadi, Rahayu BTP, Trimman B, Indarti S. 2003. Identifikasi nematoda sista kuning (*Globodera rostochiensis*) pada kentang di Batu, Jawa Timur. *JPTI*. 9(1):46–53.
- Nicol JM, Turner SJ, Coyne DL, Nijls LD, Hockland S, Maafi ZT. 2011. Current nematode threats to world agriculture. Jones J, Gheysen G, Fenoll C, editor. *Genomics & Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions*. London (UK): Springer. hlm 21–43. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-007-0434-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0434-3_2).
- Nurjanah. 2009. Sebaran spesies nematoda sista kentang (*Globodera pallida* (Stone) Behrens dan *Globodera rostochiensis* (Woll.) Behrens) berdasarkan ketinggian tempat di Dataran Tinggi Dieng Jawa

- Tengah [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Nurjanah, Trisyono YA, Indarti S, Hartono S. 2016. Identification, distribution and genetic diversity of the golden potato cyst nematode (*Globodera rostochiensis*) in Java Indonesia. AIP Conf. Proc. 1755:130006-1–130006-7. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.4958550>.
- Oro V, Ivanović Z, Nikolic B, Barszi L, Radivojevic M, Jovcic B. 2010. Morphological and molecular identification of potato cyst nematode populations in Serbia. Arch Biol Sci. 62(3):747-754. DOI: <https://doi.org/10.2298/ABS1003747O>.
- Selamet. 2012. Hubungan antara kerapatan populasi *Globodera* spp. dengan tingkat keparahan penyakit dan hasil umbi pada tanaman kentang [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Stone AR. 1973. *Heterodera pallida* n. sp. (Nematoda: Heteroderidae), a second species of potato cyst nematode. Nematologica. 18(4):591-606. DOI: <https://doi.org/10.1163/187529272X00179>.
- Syafi'i DS, Lisnawita, Hasanudin. 2018. Sebaran nematoda sista kentang di Wonosobo dan Banjarnegara, Jawa Tengah. J Fitopatol Indones. 14(4):111-119. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.14.4.111>.
- Turner SJ, Subbotin SA. 2013. Cyst nematodes. Di dalam: Perry RN, Moens M, editor. *Plant Nematology*. Ed ke-2. Wallingford (UK): CAB International. hlm 109–143. DOI: <https://doi.org/10.1079/9781780641515.0109>.
- Ushwanuuri RL. 2012. Prevalensi Spesies nematoda sista kentang (*Globodera* spp.) di Dataran Tinggi Dieng Jawa Tengah [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Vanitha S, Shanti A, Mhatre PH, Anita B, Kalaiarasan P, Marimuthu P, Muthamilan M. 2019. Studies on pathogenicity of potato cyst nematode, *Globodera rostochiensis* and *G. Pallida* on potato. Int J Curr Microbiol App Sci. 8(6):624-630. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.806.072>.