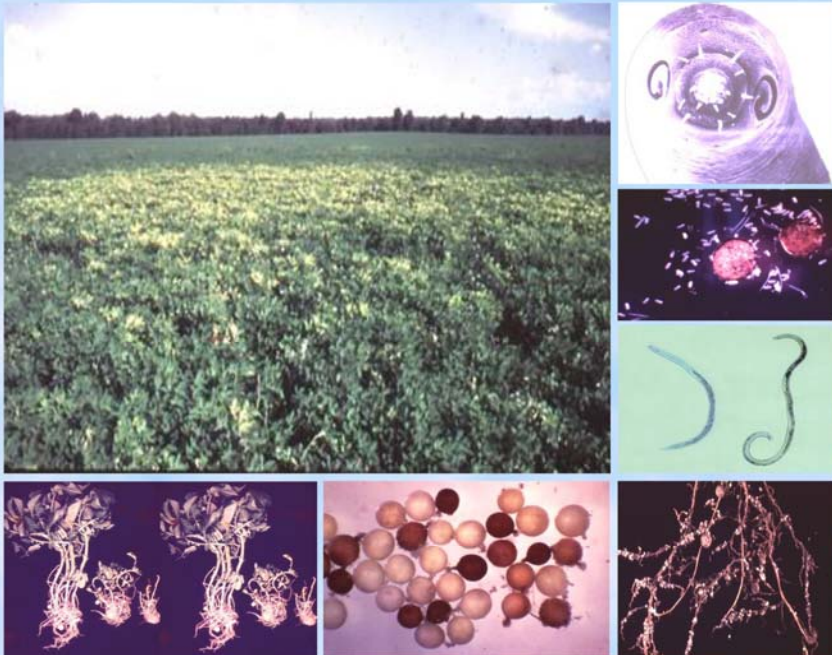




Monografi No. 29
ISBN : 979-8304-51-9

***Nematoda Sista Kentang :
Kerugian, Deteksi, Biogeografi,
dan Pengendalian Nematoda Terpadu***

Oleh :
A. Widjaja W. Hadisoeganda



**BALAI PENELITIAN TANAMAN SAYURAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HORTIKULTURA
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
2006**

Monografi No. 29, Tahun 2006

ISBN : 979-8304-51-9

***NEMATODA SISTA KENTANG :
KERUGIAN, DETEKSI, BIOGEOGRAFI, DAN
PENGENDALIAN NEMATODA TERPADU***

Oleh :

A. WIDJAJA W. HADISOEGANDA



**BALAI PENELITIAN TANAMAN SAYURAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HORTIKULTURA
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
2006**

Monografi No. 29, Tahun 2006

ISBN: 979-8304-51-9

Nematoda Sista Kentang : Kerugian, Deteksi, Biogeografi, dan Pengendalian Nematoda Terpadu

i – x + 52 halaman, 16 cm x 21 cm, cetakan pertama pada tahun 2006.
Penerbitan cetakan ini dibiayai oleh DIPA Balitsa Tahun Anggaran 2006.

Oleh :

A. Widjaja W. Hadisoeganda

Dewan Redaksi :

Widjaja W. Hadisoeganda, Azis Azirin Asandhi, Ati Srie Duriat, Nikardi
Gunadi, Rofik Sinung Basuki, Eri Sofiari, Iteu M. Hidayat, dan
Nunung Nurtika.

Redaksi Pelaksana :

Tonny K. Moekasan, Laksminiwati Prabaningrum,
dan Mira Yusandiningsih.

Tata Letak :

Tonny K. Moekasan

Kulit Muka :

Tonny K. Moekasan

Alamat Penerbit :



BALAI PENELITIAN TANAMAN SAYURAN

*Jl. Tangkuban Parahu No. 517, Lembang - Bandung 40391
Telepon : 022 - 2786245; Fax. : 022 - 2786416
e.mail : ivegri@balitsa.or.id
website : www.balitsa.or.id.*

KATA PENGANTAR

Di Indonesia kentang dimasukkan ke dalam komoditas sayuran dan sampai saat ini masih dibudidayakan di kawasan dataran tinggi. Prospek berbisnis sangat cerah karena umbi kentang adalah sumber karbohidrat yang kaya akan protein. Selain sebagai sumber karbohidrat non beras, kentang juga digunakan sebagai bahan baku berbagai macam industri makanan ringan dan restoran cepat saji. Meskipun para petani kentang umumnya relatif sudah lebih profesional dibandingkan dengan petani non sayuran lain, tetapi tingkat produktivitas kentang di Indonesia masih rendah, yaitu hanya berkisar antara 13,4 sampai 15,3 ton per ha.

Pada bulan Maret 2003, petani kentang di Desa Tulung Rejo (Kecamatan Bumi Aji, Kota Batu, Provinsi Jawa Timur) melaporkan bahwa pertanaman kentang mereka telah terserang oleh "hama gurem". Kerugian yang diakibatkannya sangat besar, yaitu dari areal seluas 1,5 ha, yang biasanya mampu memproduksi sekitar 24 ton, produksi turun sampai hanya sekitar 14 ton, bahkan tinggal sekitar 7 ton. Gejala serangan yang dilaporkan adalah : tanaman kerdil, cenderung layu, daun menguning tetapi warna kuning tersebut sangat cerah. Apabila risosfera digali maka akan terlihat perakaran yang memendek, terkesan kotor dan terlihat adanya " gurem" kecil – kecil berwarna putih, kuning muda, kuning tua, coklat muda dan coklat tua seperti warna tembaga.

Dugaan sementara "gurem" tersebut adalah sista *Globodera* dan gejala visual menunjukkan bahwa tanaman kentang tersebut diserang oleh nematoda sista kentang (NSK) yang kemungkinan terdiri dari dua spesies yaitu **golden cyst nematode** (nematoda sista emas / NSE) *Globodera rostochiensis* dan **white cyst nematode** (nematoda sista putih / NSP), *Globodera pallida*.

Monografi dengan judul **Nematoda Sista Kentang : Kerugian, Deteksi, Biogeografi, dan Pengendalian Nematoda Terpadu** yang

disusun secara teknis ini diharapkan dapat membantu meningkatkan pengetahuan para petani, penyuluh dan pelaku usahatani kentang lainnya, agar usaha pengendalian NSK dapat dilakukan secara komprehensif.

Kepada semua pihak yang telah membantu tersusunnya monografi ini kami sampaikan terima kasih. Kami menyadari bahwa materi yang disusun ini belumlah sempurna. Oleh karena itu saran dari berbagai pihak untuk penyempurnaan buku ini sangat kami harapkan.

Lembang, Juli 2006

Kepala Balai Penelitian Tanaman
Sayuran,



Ir. Rahman Suherman, M.Sc.
NIP. 080 061 070

DAFTAR ISI

Bab	Halaman
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
I. PENDAHULUAN	1
II. KERUGIAN AKIBAT SERANGAN NEMATODA SISTA KENTANG (NSK)	4
III. DETEKSI PENYEBAB MASALAH	7
3.1. Pengenalan Gejala Serangan	7
3.1.1. Gejala tingkat lapangan	7
3.1.2. Gejala tingkat individu tanaman	9
3.2. Pengambilan Contoh Tanah dan Akar	11
3.3. Ekstraksi Sista Nematoda dari Tanah	13
IV. BIOGEOGRAFI NSK	14
4.1. Distribusi Global	14
4.2. Distribusi Nasional	16
4.3. Bioekologi NSK	17
4.3.1. Klasifikasi	17
4.3.2. Identifikasi	17
4.3.3. Perbedaan antara nematoda sista emas (NSE) (<i>golden cyst nematode, G. rostochiensis</i>) dan nematoda sista putih (NSP) (<i>white cyst nematode, G. pallida</i>)	20
4.4. Identifikasi Ras/ Patotipe	21

4.5. Siklus Hidup, Kisaran Inang dan Daya Bertahan Hidup	23
V. RINGKASAN HASIL PENELITIAN NSK DI INDONESIA (2003-2006)	28
5.1. Peluang Penyebaran NSK di Indonesia	28
5.2. Identifikasi, Distribusi dan Prevalensi NSK	29
5.3. Pengaruh Frekuensi Penanaman Kentang terhadap Prevalensi, Densitas dan Jumlah Keturunan NSK ..	31
5.4. Pengaruh Elevasi terhadap Prevalensi, Densitas dan Jumlah Keturunan NSK	32
5.5. Pengaruh Jenis Iklim terhadap Prevalensi, Densitas dan Jumlah Keturunan NSK	34
5.6. Pengendalian NSK	35
VI. PENGENDALIAN NEMATODA TERPADU (PNT)	36
6.1. Pratanam (Sebelum Tanam)	37
6.2. Pemupukan Berimbang	39
6.3. Pencabutan Tanaman Sakit	39
6.4. Pengendalian Hayati	39
6.5. Pemantauan	40
6.6. Ambang Pengendalian	40
6.7. Nematisida Selektif	40
6.8. Pelarangan dan Peraturan Karantina	42
VII. PENUTUP	44
DAFTAR PUSTAKA	45

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
1.	Gejala botak (<i>patch symptom</i>) serangan nematoda pada areal tanaman yang luas	8
2.	Gejala infeksi nematoda pada individu tanaman. Dua tanaman kerdil di tengah dan kanan habitusnya lebih kacil karena terserang nematoda	9
3.	Sista NSE (<i>G. rostochiensis</i>) menempel pada perakaran kentang	10
4.	Sista NSE (<i>G. rostochiensis</i>)	10
5.	Pola pengambilan contoh tanah dan material tanaman ..	12
6.	Siklus hidup NSK	24
7.	Sista telur dan larva stadium kedua yang menetas keluar dari telur	24
8.	Bentuk vermifora : A . Larva stadium kedua, B. Nematoda jantan dewasa	25

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
1.	Biogeografi <i>G. rostochiensis</i> (NSE) (<i>golden cyst nematode</i>) skala global	15
2.	Sebaran NSE (<i>G. rostochiensis</i>) di sentra produksi kentang di Indonesia (sampai dengan Juni 2004)	16
3.	Perbedaan karakter <i>G. rostochiensis</i> dan <i>G. pallida</i>	20
4.	Uji inang diferensial untuk identifikasi ras/ patotipe <i>G. rostochiensis</i>	21
5.	Uji inang diferensial untuk identifikasi ras / patotipe <i>G. pallida</i>	22
6.	Spesies dan ras NSK di negara – negara benua Eropa..	22
7.	Distribusi, Prevalensi dan Densitas Populasi NSK di Indonesia	30
8.	Ringkasan prevalensi, densitas sista, dan jumlah telur per sista, dihubungkan dengan frekuensi penanaman kentang lima tahun terakhir	32
9.	Ringkasan prevalensi, densitas sista dan jumlah telur per sista, dihubungkan dengan elevasi	33
10.	Ringkasan prevalensi, densitas sista dan jumlah telur per sista dihubungkan dengan jenis iklim	34

I. PENDAHULUAN

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) di Indonesia dibudidayakan di kawasan dengan elevasi 900 sampai 2.000 meter dari permukaan laut. Rata-rata suhu udara tahunan di kawasan tersebut bervariasi, berkisar antara minimum 12,2 °C dan 17,5 °C, sedangkan maksimum 15,1 °C dan 18,9 °C. Untuk kawasan dengan ketinggian tempat 1.000 sampai 2.000 meter dari permukaan laut, rata-rata curah hujan tahunan sekitar 1.800 sampai 3.500 mm. Provinsi Jawa Barat dan Jawa Tengah, jumlah bulan keringnya (kurang dari 100 mm per bulan) mencapai 4 bulan per tahun, sedangkan di Provinsi Jawa Timur jumlah bulan kering tersebut 5 sampai 6 bulan per tahun (Oldeman 1977). Jenis tanah yang dominan di kawasan tersebut adalah Andosol (Tan 1965), sifatnya sangat berpori dan horizon A – nya berstruktur remah atau granular.

Pada kawasan tersebut lahan pertanian diusahakan dengan sangat intensif sepanjang tahun. Moll (1982) mencatat bahwa petani di kawasan Pangalengan (Bandung – Jawa Barat) secara kumulatif rata-rata mengelola 14 kali penanaman berbagai sayuran pada lahan yang sama sepanjang tahun. Selain kentang, jenis sayuran yang ditanam baik secara monokultur maupun polikultur adalah kacang buncis, kubis, petsai, tomat, jagung, kubis bunga, lobak, dan ketela rambat. Faktor biotik dan abiotik dari agroekosistem kawasan tersebut sangat sesuai dan kondusif untuk hidup dan berkembangnya nematoda parasit tanaman (Taylor *et al.* 1982), khususnya nematoda sista emas (NSE) *Globodera rostochiensis* dan nematoda sista putih (NSP) *G. pallida* (Mai 1977).

Di Indonesia kentang dimasukkan ke dalam komoditas sayuran dan sampai saat ini masih dibudidayakan di kawasan dataran tinggi. Prospek berbisnis sangat cerah karena umbi kentang adalah sumber karbohidrat

yang kaya akan protein, selain dapat digunakan sebagai karbohidrat non beras, kentang juga untuk bahan baku berbagai macam industri makanan ringan dan restoran cepat saji. Meskipun para petani kentang umumnya relatif sudah lebih profesional dibandingkan dengan petani non sayuran lain, tetapi tingkat produktivitas kentang di Indonesia masih rendah, yaitu hanya berkisar antara 13,4 sampai 15,3 ton per ha (Ministry of Agriculture 2003). Salah satu petani kentang di Kecamatan Pangalengan (Kabupaten Bandung) mampu menghasilkan 24 ton bahkan 35 ton per ha (Wildan 2004, komunikasi pribadi).

Banyak kendala rendahnya tingkat produktivitas kentang. Salah satunya adalah serangan organisme pengganggu tanaman (OPT). Salah satu OPT yang telah terbukti penting tetapi kehadirannya belum banyak disadari khususnya oleh petani kentang adalah nematoda parasit tanaman (Hadisoeganda 1990 b). Nematoda penyakit tanaman yang telah diteliti mampu memarasit tanaman kentang tercatat sebanyak 67 spesies yang tergabung dalam 24 genera. Dalam skala global, nematoda parasit kentang yang dianggap penting secara ekonomi, berturut – turut adalah *Globodera* (nematoda sista kentang, NSK), *Meloidogyne* (nematoda bengkak akar), *Ditylenchus* (nematoda batang dan umbi), *Pratylenchus* (nematoda peluka akar), *Trichodorus* dan *Paratrichodorus* (nematoda akar menjari) dan *Nacobbus* (nematoda bengkak akar palsu) (Jensen *et al.* 1979). Sampai saat ini, nematoda parasit yang telah diteliti mampu merugikan produksi kentang di Indonesia adalah nematoda bengkak akar *Meloidogyne* spp., yang mampu menekan produksi kentang sampai 36% (berkisar antara 20 – 40%) (Hadisoeganda 1990 a).

Pada bulan Maret 2003, petani kentang di Desa Tulung Rejo (Kecamatan Bumi Aji, Kota Batu, Provinsi Jawa Timur) melaporkan bahwa pertanaman kentang mereka telah terserang oleh "hama gurem". Kerugian yang diakibatkannya sangat besar yaitu dari areal seluas 1,5 ha; yang biasanya mampu memproduksi sekitar 24 ton, produksi turun sampai hanya sekitar 14 ton, bahkan tinggal sekitar 7 ton (Bejo 2003,

komunikasi pribadi). Gejala serangan yang dilaporkan adalah : tanaman kerdil, cenderung layu, daun menguning tetapi warna kuning tersebut sangat cerah. Apabila risosfera digali maka akan terlihat perakaran yang memendek, terkesan kotor dan terlihat adanya "gurem" kecil – kecil berwarna putih, kuning muda, kuning tua, coklat muda dan coklat tua seperti warna tembaga.

Benda "gurem" tersebut menempel pada akar, sebagian jatuh dan terserak di tanah sekitar perakaran tanaman. Dugaan sementara "gurem" tersebut adalah sista *Globodera* dan gejala visual menunjukkan bahwa tanaman kentang tersebut diserang oleh nematoda sista kentang (NSK) yang kemungkinan terdiri dari dua spesies yaitu *golden cyst nematode* (nematoda sista emas/NSE) *Globodera rostochiensis* dan atau *white cyst nematode* (nematoda sista putih/NSP) *G. pallida*. Penemuan ini merupakan "first record" (penemuan pertama) nematoda sista kentang di Indonesia. Laporan penemuan tersebut telah ditulis dan dipresentasikan pada "Seminar Penanggulangan Nematoda *Globodera rostochiensis*" di Direktorat Jenderal Bina Produksi Hortikultura, Pasarminggu, Jakarta 3 April 2003 (Hadisoeganda 2000 abc). Nematoda tersebut sebelumnya tercatat sebagai OPTK (organisme pengganggu tumbuhan karantina) kelas A 1 (belum ada di Indonesia) (Puskara 2000).

II. KERUGIAN AKIBAT SERANGAN NEMATODA SISTA KENTANG (NSK)

Penelitian yang komprehensif dan terstruktur di 75 negara tersebar di seluruh dunia menghasilkan data bahwa kerugian ekonomis yang disebabkan oleh infestasi nematoda diperkirakan lebih besar dari US \$100 milyar. Peringkat kepentingan genus *Globodera* terhadap sepuluh genera nematoda terpenting di dunia adalah peringkat ke empat. Pada skala regional Eropa *Globodera* menduduki peringkat kepentingan ke dua, setelah genus *Heterodera* (Sasser dan Freckman 1987 ; Sasser 1989). CAB (Centre for Applied Biosciences) International (2002) telah meringkas data kerugian akibat serangan hanya oleh satu spesies nematoda saja yaitu *Globodera rostochiensis* (nematoda sista emas) terhadap satu jenis komoditas yaitu kentang. Kesimpulannya antara lain adalah sebagai berikut:

- Kanada : mengalokasikan dana penelitian dan pengendalian *G. rostochiensis* sebesar \$ Canada 800 juta per tahun.
- Inggris : taksasi kerugian secara nasional sebesar 9%. Biaya aplikasi nematisida mencapai £ 210 – 250 per ha per tahun, untuk 40.000 ha areal kentang di alokasikan lebih dari £ 9 juta per tahun.
- Itali : hasil penelitian mencatat bahwa kerugian produksi kentang akibat serangan *G. rostochiensis* mencapai sekitar 76 – 85 %.
- Yunani : kehilangan hasil akibat seranga nematoda tersebut mencapai 37%. Aplikasi nematisida dapat meningkatkan produksi kentang sampai mencapai 30 ton per ha.

- Polandia : kehilangan hasil akibat serangan *G. rostochiensis* pada kentang dapat mencapai 72%.
- Belarusia : pada populasi awal 1000 larva nematoda per 100 ml tanah, kerugian kentang 17 – 20% ; pada populasi 5000, 10.000 dan 25.000 larva, kerugian tersebut mencapai 31 , 45 dan 74%.
- Jerman : berdasarkan hasil analisis regresi dari kumpulan data penelitian yang banyak dan jangka panjang disimpulkan bahwa kehilangan hasil produksi kentang oleh *Globodera* spp. mencapai 11 , 27 dan 43% pada densitas populasi nematoda 100, 1000 dan 10.000 larva per 100 cm³ tanah, kehilangan hasil mencapai 10 – 15%, sedangkan produksi kentang pada petak yang bebas nematoda tercatat sekitar 22,4 ton per ha.
- Panama : Pinochet (1998, dalam CAB Int. 2002) memperkirakan bahwa kehilangan hasil produksi kentang akibat infestasi NSK dan *Meloidogyne* spp. dapat mencapai 10 – 30 %.
- Chili : kerugian akibat infestasi NSK pada kentang yang ditanam pada musim dingin dan musim panas berbeda. Kentang yang ditanam pada musim dingin menunjukkan ambang toleransi 0,8 telur, pada musim semi 1,56 telur, sedangkan pada musim panas 1,3 telur per gram tanah. Pada musim panas tersebut penurunan produksi kentang tercatat 20, 50 dan 70% pada densitas populasi awal nematoda 12 , 32 dan 128 telur per gram tanah. Pada musim dingin, penurunan produksi tersebut tercatat 20, 50 dan 70% pada densitas populasi awal 12 , 32 dan 128 telur per gram tanah.

- Indonesia : belum ada data hasil penelitian tentang besarnya kerugian akibat serangan NSK tersebut, tetapi berdasarkan hasil wawancara terhadap 20 petani yang pertanaman kentangnya terserang oleh nematoda tersebut di Kota Batu (Provinsi Jawa Timur) dapat disimpulkan sementara bahwa kerugian yang diderita bervariasi antara 30 – 90% (Hadisoeganda 2003 abc).

III. DETEKSI PENYEBAB MASALAH

Deteksi penyebab masalah perlu didasarkan pada 5 (lima) prosedur yang dijelaskan pada uraian berikut ini.

3.1. Pengenalan Gejala Serangan

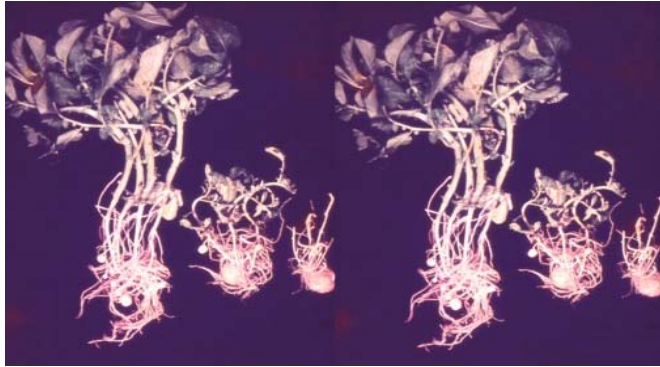
3.1.1. Gejala tingkat lapangan

- 1) Pertumbuhan tanaman terhambat, tanaman merana secara lambat laun meskipun syarat – syarat pertumbuhan sudah terpenuhi.
- 2) Gejala klorosis dan gejala penyakit fisiologis lainnya.
- 3) Daun – daun tanaman layu pada siang hari, yaitu pada periode tertentu di mana tingkat kelembaban udara, khususnya kelembaban tanah relatif rendah. Pada kondisi kelembaban tersebut, tanaman yang tidak terserang nematoda masih tetap segar. Kelayuan sementara tersebut akan segera pulih kembali apabila kelembaban tanah dan udara meningkat kembali.
- 4) Karena sebaran horizontal nematoda tidak mengikuti sebaran normal, tetapi mengikuti sebaran klaster, maka pada areal yang luas dan diamati dari jarak jauh, akan terlihat gejala botak (*patch symptom*) di mana ada sekelompok tanaman di sana – sini yang kerimbunan daunnya lebih tipis karena pertumbuhan tanamannya terhambat, kanopinya menguning (Gambar 1).
- 5) Apabila syarat – syarat pertumbuhan tanaman optimal terpenuhi (kualitas bibit bagus, persediaan air cukup, kesuburan tanah tinggi), maka serangan nematoda khususnya NSK pada perakaran belum mengakibatkan gejala visual yang mudah dicari pada tajuk tanaman. Apabila syarat – syarat pertumbuhan tersebut kritis, maka serangan NSK akan sangat memperberat penderitaan tanaman. Gejala serangan akan lebih nyata apabila persediaan makanan dalam umbi bibit sudah habis dan akar harus menyerap air dan hara dari tanah.

Pada bagian hamparan yang terserang berat (*hot spot*) tanaman habitusnya kerdil, tumbuh merana dan sebagian daun – daunnya berwarna kuning cerah. Berbeda dengan nematoda lain, serangan NSK meskipun dengan populasi rendah mampu mengakibatkan gejala kekerdilan habitus tanaman kentang (Gambar 2).



Gambar 1. Gejala botak (*patch symptom*) serangan nematoda pada areal tanaman yang luas (Sumber : IMP 1981)

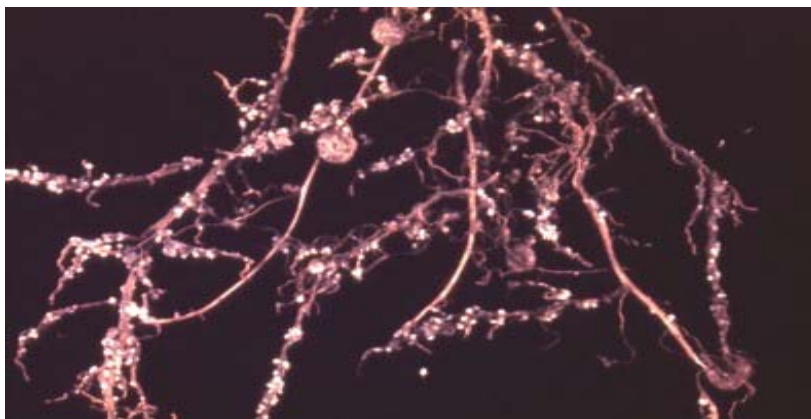


Gambar 2. Gejala infeksi nematoda pada individu tanaman. Dua tanaman kerdil di tengah dan kanan habitusnya lebih kecil karena terserang nematoda (Sumber : Hadisoeganda 2003 a)

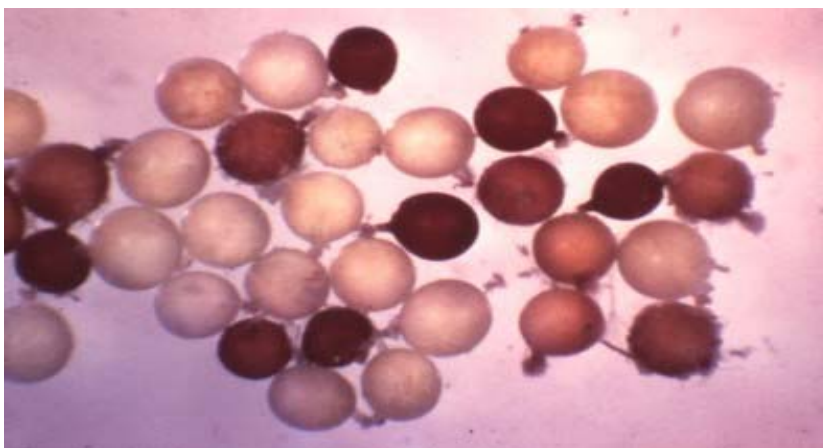
3.1.2. Gejala tingkat individu tanaman

Apabila dilakukan pengamatan yang teliti terhadap gejala – gejala khusus yang terjadi pada perakaran tanaman yang terserang NSK tersebut dibandingkan dengan tanaman yang tidak terserang, maka akan terlihat gejala – gejala antara lain :

- 1) Percabangan perakaran yang tidak normal, akar terlihat lebih gemuk, membengkak, tetapi benjolan yang kadang – kadang terbentuk tidak sehebat seperti pada serangan *Meloidogyne* spp. atau *Nacobbus* sp. (Gambar 2).
- 2) Terlihat sista menempel pada permukaan akar. Sista tersebut berbentuk bulat, berwarna kuning muda, kuning tua, kuning kecoklatan, coklat atau coklat tua mengkilat (*glossy dark brown*) (Gambar 3).
- 3) Sista tersebut dapat terlihat dengan mata telanjang, menempel berderetan pada perakaran, sebagian yang berwarna coklat jatuh ke tanah apabila perakaran digoyang – goyang. Ukuran garis tengah sista bervariasi antara 400 – 800 mikron (Gambar 4).



Gambar 3. Sista NSE (*G. rostochiensis*) menempel pada perakaran kentang (Sumber : IMP 1982)



Gambar 4.Sista NSE (*G. rostochiensis*) (Sumber : IMP 1982)

- 4) Umbi yang sempat terbentuk berukuran lebih kecil, jumlahnya sedikit, pada serangan berat produksi ubi kentang akan lebih ringan (rendah) dibandingkan dengan bobot ubi bibit yang dipakai (Mai 1977).
- 5) Apabila spesies NSK – nya bukan *G. rostochiensis* tetapi *G. pallida* maka warna sistanya adalah putih (*hyaline*) dan tetap hialin meskipun keruh apabila sista menjadi tua dan akhirnya berwarna coklat tua (*dark brown*).

3.2. Pengambilan Contoh Tanah dan Akar

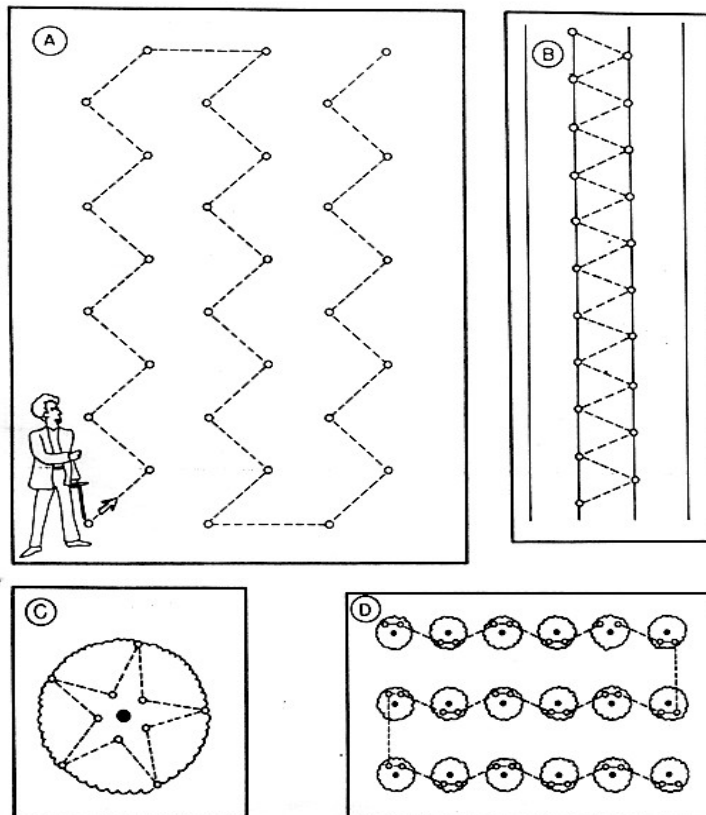
Banyak metode pengambilan contoh yang telah digunakan oleh para ahli, antara lain : Military Standard 105B (Ayoub 1977; Church *et al.* 1959) dan Rickard dan Barker (1982). Pada dasarnya metode pengambilan contoh harus sedemikian rupa, sehingga contoh yang diambil dapat mewakili populasi yang diamati. Metode pengambilan contoh pada dasarnya dapat dibagi dalam dua kategori, yaitu :

1. Sensus populasi, untuk tujuan – tujuan pelayanan dan petunjuk – petunjuk (*advisory purposes*).
2. Survai untuk tujuan – tujuan deteksi dan sertifikasi tanah dan material tanaman.

Pengambilan keputusan metode pengambilan contoh, apakah secara acak atau sistematis tergantung pada luas tanah, waktu, peralatan dan tenaga yang tersedia. Yang paling perlu diperhatikan adalah bahwa pengambilan contoh tanah harus dilakukan di daerah risosfera, yaitu daerah dimana akar tumbuh dan berkembang. Untuk diskusi yang lebih mendalam dapat dilihat pada beberapa pustaka, antara lain Rickard dan Barker (1982). Pola pengambilan contoh yang dianjurkan oleh Rickard dan Barker (1982) tertera pada Gambar 5.

Contoh metode pengambilan contoh yang dilakukan oleh Church *et al.* (1959) khusus untuk sista *G. rostochiensis* adalah sebagai berikut : Titik – titik pengambilan lebih didasarkan pada *grid* (kisi – kisi) dari pada berdasarkan transek acak (*random transect*). Jumlah tusukan sebanyak

25 – 50 per 10 acres (4,05 ha). Bobot contoh tanah sekitar 1.000 – 2.500 gram.



Gambar 5. Pola Pengambilan contoh tanah dan material tanaman
(Sumber: Rickard dan Barker 1982)

3.3. Ekstraksi Sista Nematoda dari Tanah

- 1) Kaleng Fenwick (1940 *dalam* s' Jacob dan Bezooijen 1971): teknik ini banyak dipakai untuk mengekstraksi sista *Heterodera* dan *Globodera* dari dalam tanah yang harus dikeringkan dahulu. Jumlah tanah yang akan diproses dapat mencapai 300 g.
- 2) Teknik elutriasi (Seinhorst 1964 *dalam* s' Jacob dan Bezooijen 1971): sista nematoda dipisahkan dari partikel tanah dengan kekuatan aliran air yang mengalir ke atas. Tanah yang akan diproses tidak perlu dikeringkan dahulu.

IV. BIOGEOGRAFI NSK

4.1. Distribusi Global

Diduga daerah asal NSK adalah di pegunungan Andes di Peru, Bolivia dan Argentina. Dahulu *G. pallida* disangka patotipe dari *G. rostochiensis*, tetapi penelitian – penelitian lebih lanjut membuktikan bahwa kedua jenis NSK tersebut adalah spesies yang berbeda (Stone 1973 ab), masing-masing spesies memiliki patotipe sendiri-sendiri (Tabel 6). Terpisahnya kedua spesies NSK tersebut akibat proses koevolusi dengan tanaman kentang *Solanum tuberosum* dan *Solanum* lainnya di sekitar danau Titicaca (3.850 m dpl; 15,6°LS), diduga dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain temperatur, durasi penyinaran matahari dan sistem budidaya kentang dari berbagai suku Indian (Aymara dan Qucchua) (Marks dan Brodie 1998). Dari pegunungan Andes, NSK tersebar ke Eropa terbawa bibit kentang yang diintroduksi ke Eropa dalam upaya mendapatkan gen tahan terhadap penyakit hawar daun *Phytophthora infestans*.

Meskipun introduksi kentang ke Eropa sudah terjadi sejak sekitar tahun 1570-1590, tetapi NSK baru diketahui eksistensinya di Jerman tahun 1881 dan di Inggris tahun 1890 yaitu sekitar durasi waktu 30 tahun sejak epidemi penyakit hawar daun, di Irlandia tahun 1845 dan 1846 (Marks dan Brodie 1998). Meskipun begitu diduga bahwa sebetulnya NSK tersebut telah tersebar ke hampir seluruh sentra kentang di Eropa terbawa sebaran bibit kentang (Evans dan Trudgill 1978). Sekitar interval tahun 1960-1970, NSK telah ditemukan menjadi masalah utama di berbagai sentra budidaya kentang di Canada dan pulau Vancouver (sekitar 450 mil dari California) (Mai 1977). Awal tahun 1970 NSK dikenali untuk pertama kalinya di daerah Guanajuato di Mexico (sekitar 1.000 mil jaraknya dari perbatasan California) (Alvarez 1972). Dari Amerika Serikat sebelah utara dilaporkan bahwa NSK ditemukan untuk

pertama kalinya di Nassau County (Long Island, New York) pada tahun 1941, diduga terbawa serta peralatan perang PDI yang dibawa dari Eropa kembali ke Amerika Serikat. Para petani kentang yang mendapat masalah dengan NSK migrasi ke bagian barat New York dan setelah 8-10 tahun, NSK telah merambah perkebunan kentang di bagian barat Amerika Serikat.

Saat ini NSK telah tersebar hampir ke seluruh pertanaman kentang di dunia. CAB Int. (2002) telah mencatat bahwa NSK telah ditemukan di benua Eropa, Asia, Afrika, Amerika dan Oceania (New Zealand, Australia, Kepulauan Norfolk) (Tabel 1).

Tabel 1. Biogeografi *G. rostochiensis* (NSE) (*golden cyst nematode*) skala global

No	Kawasan	Pencaran luas	Pencaran terbatas		Terdeteksi	Tanpa rincian
1.	Eropa	Austria Denmark German Iceland Italia Latvia Liechtenstein Norwegia Swedia	Albania Belgia Bulgaria Cechnia Estonia Finlandia Perancis Yunani Hungaria Irelandia Lithuania	Luxemburg Malta Belanda Polandia Portugal Rusia Slovakia Spanyol Swiss Ukraina Inggris	Belarusia Kep Faeroe Rumania Slovenia	
2.	Asia	-	Ciprus India Jepang	Srilanka Tajikistan	Armenia Libanon Oman	Pakistan Filipina Turki
3.	Afrika	-	Aljazair Afrika selatan Tunisia			Mesir Libia Siera leone
4.	Amerika	-	Kanada Chile Columbia	Equador Mexico USA	Bolivia Panama Peru	Venezuela
5.	Oceania	New Zealand	Australia		Kepulauan Norfolk	

Sumber : Diolah dari CAB Int. (2002)

Di benua Asia (sebelum 21 Maret 2003), NSK telah dilaporkan ditemukan di sentra kentang dengan sebaran yang terbatas, yaitu di

Cyprus, India, Jepang, Srilanka, Tajikistan dan meskipun tidak terlalu rinci informasinya, NSK telah ditemukan pula di Armenia, Lebanon, Oman, Pakistan, Filipina dan Turki. Pada 21 Maret 2003 NSK ditemukan di Kota Batu (Provinsi Jawa Timur), dan sejak itu Indonesia telah terjangkiti oleh OPTK ini.

4.2. Distribusi Nasional

Di Indonesia, NSK spesies *G. rostochiensis* ditemukan untuk pertama kalinya (*first record*) oleh Hadisoeganda pada tahun 2003, telah menginfeksi pertanaman kentang di Desa Tulung Rejo, Kecamatan Bumi Aji, Kota Batu, Provinsi Jawa Timur. Eksistensi NSK kemudian telah dilaporkan di sentra pertanaman kentang di Provinsi Jawa Timur (Kota Batu, Kabupaten Probolinggo, Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Malang), Provinsi Jawa Tengah, Jawa Barat dan Sumatera Utara (Kabupaten Karo, Dairi dan Tapanuli Utara) (Anon. 2003). Ringkasan eksistensi NSK di Indonesia sampai bulan Juni 2004 tercantum dalam Tabel 2.

Tabel 2. Sebaran NSE (*G. rostochiensis*) di sentra produksi kentang di Indonesia (sampai dengan Juni 2004)

Provinsi	Kabupaten / Kota	Kecamatan	Desa
Jawa Timur	Kota Batu	Bumi Aji	Tulung Rejo
	Probolinggo	3 kecamatan	-
	Pasuruan	2 kecamatan	-
	Malang	2 kecamatan	-
Jawa Tengah	Banjarnegara	Batur	Karang Tengah Balak Sumber Rejo
Jawa Barat	Bandung	Pasir Jambu	Sugih Mukti
	Garut	Pasir Wangi	Pada Awas
Sumatera Utara	Simalungun	Silimakuta	Mardinding
	Karo	Merek	Merek Pengambatan Pertibi

Sumber : Direktorat Perlindungan Hortikultura, Dirjen. Bina Produksi Hortikultura (2004)
berlanjut

Tabel 2. Sebaran NSE (*G. rostochiensis*) di sentra produksi kentang di Indonesia (sampai dengan Juni 2004) (lanjutan)

Provinsi	Kabupaten / Kota	Kecamatan	Desa
Sumatera Utara		Simpang Empat	Sukandebi Kuta Rakyat
		Tiga Panah	Tiga Panah
		Brastagi	Guru Singa
	Dairi	Parbuluan	Parbuluan I, II, III dan IV
		Pegagan Hilir	Ringga Tengah
		Kerajaan	Kuta Dame
	Tapanuli Utara	Lintang Nihuta	Nagasari

Sumber : Direktorat Perlindungan Hortikultura, Dirjen. Bina Produksi Hortikultura (2004)

4.3. Bioekologi NSK

4.3.1. Klasifikasi

- Filum : Nematoda
 Kelas : Secernentea
 Ordo : Tylenchida
 Superfamili : Heteroderoidea
 Famili : Heteroderidae
 Subfamili : Heteroderinae
 Genus : *Globodera* (*potato cysts nematode*/nematoda sista kentang / NSK)
 Spesies : *G. rostochiensis* (*golden cyst nematode* nematoda sista emas / NSE) *G. pallida* (*white cyst nematode* / nematode sista putih / NSP)

4.3.2. Identifikasi

Nematoda dapat diidentifikasi berdasarkan sifat – sifat morfologi dan anatominya. Cara yang termudah adalah dengan membandingkan spesimen yang ada dengan gambar – gambar nematoda yang tersedia di dalam pustaka, seperti dalam Mai dan Lyon (1975) dan pustaka –

pustaka lain tentang identifikasi nematoda. Untuk dapat mengidentifikasi nematoda, dibutuhkan pengetahuan yang mendalam tentang morfologi dan anatomi nematoda dan keterampilan membedakan karakter – karakter kunci morfologi dan anatomi tersebut dengan pengamatan mikroskopis.

Globodera spp. adalah salah satu genus dari keluarga *Heteroderidae*. Genera lainnya adalah *Heterodera*, *Bidera*, *Cactodera*, *Dolichodera*, *Punctodera*, *Sarisodera*, *Meloidera*, *Verutus*, *Cryphodera*, *Atalodera*, *Thecavermiculatus* dan *Hylonema*. Perbedaan utama betina dewasa genus *Globodera* dengan genera lain tersebut adalah terletak pada karakter bentuk tubuh (*spherical, without posterior protuberance*), sidik kutikula (*cuticle pattern*) (*lacelike pattern of ridges over entire body*), *vulva* (*terminal in shallow depression, vulval slit short < 15 milimikron*), *fenestration* (*circum fenestrate*), *anus* (*dorsal, not on vulvalip, anal fenestra absent*).

Khusus untuk genera *Heterodera* dan *Globodera*, salah satu cara terpenting untuk identifikasinya adalah dengan mengamati morfologi sidik pantatnya. Kulit bagian posterior sista ditandai dengan guratan – guratan kulit yang dikenal sebagai sidik pantat (*perineal pattern*).

Prosedur pemrosesan sidik pantat NSK yang sudah biasa dilakukan dikembangkan oleh Cooper (1955) sebagai berikut :

- 1) Rendam sista dalam air selama sekitar satu jam.
- 2) Potong bagian posterior sista yang mengandung vulva dengan skalpel.
- 3) Kulit sista bagian posterior tersebut dibersihkan dari sisa – sisa isi tubuh sista dan diiris – iris pinggiran kulit serapi mungkin.
- 4) Rendam potongan kulit ke dalam alkohol absolut selama beberapa menit.
- 5) Pindah kulit ke dalam minyak cengkeh (*clove oil*) dan terakhir di proses dalam balsam untuk preparat awetan.

Metode yang lebih sederhana dan cepat telah dikembangkan oleh Esser (1988), disebut dengan metode *Totomount Water Agar (the totomount water agar method)* tanpa harus memotong bagian posterior sista.

- 1) Siapkan media agar air (*water agar*) dengan konsentrasi 1,7%, tuangkan ke dalam cawan petri (*petri dish*) atau gelas objek, ukuran media agar air sekitar luas 1,5 cm² dan tebal 2 mm.
- 2) Menggunakan jarum disekting halus (*fine dissecting needle*) ujung tumpul, ke dalam media agar air dibuat sumur sedalam 1 mm, sumur tersebut ukurannya dibuat agar sedikit lebih kecil dari ukuran garis tengah sista.
- 3) Menggunakan jarum disekting tadi, sista yang akan diperiksa (3 – 6 sista per 1,5 cm² luasan media agar air) dimasukkan dan ditekan ke dalam sumur dengan posisi terjungkir, bagian anterior sista di bawah dan bagian posterior sista di atas secara tegak lurus. Diusahakan agar puncak bagian posterior sista sama dengan permukaan media agar air.
- 4) Sista – sista yang sudah tertanam terjungkir tersebut segera ditumpangi dengan gelas penutup (*cover glass*) berukuran 12 – 15 mm. Sebelum ditumpangi ke atas sista – sista, gelas penutup tersebut dibasahi dahulu dengan sedikit air.
- 5) Sidik pantat daerah vulva sista tersebut sudah siap untuk diperiksa menggunakan mikroskop stereo binokuler, dibantu dengan minyak imersi (*immersion oil*) yang diteteskan di atas gelas penutup.
- 6) Agar lebih jelas, silahkan dirujuk pustaka Esser (1988).

Perbedaan lainnya adalah pada larva stadium kedua, yaitu pada *labial disc (present with low profile)*, *esophageal glands (fill body width)*, *phasmid (without lens – like structure)*.

Perbedaan penting lainnya untuk membedakan genus *Globodera* dari genera lain sesamanya dalam famili *Heteroderidae* adalah pada karakter jantan dewasa. Jantan *Globodera* berukuran (*body length up to*)

1,5 mm, labial disc (present with low profile), longitudinal stration on basal lip annule (absent), ekor (tail) (present), spikula (spicules) (long with single pointed tips) (Hirschmann 1982).

4.3.3. Perbedaan antara nematoda sista emas (NSE) (*golden cyst nematode, G. rostochiensis*) dan nematoda sista putih (NSP) (*white cyst nematode, G. pallida*)

Sebelumnya *G. rostochiensis* dan *G. pallida* disangka satu spesies, di mana *G. pallida* disangka patotipe dari *G. rostochiensis*. Stone (1973 a) menemukan bahwa *G. pallida* adalah spesies yang berbeda, karena sistanya berwarna putih semu krem, setelah tua berganti warna menjadi coklat gelap (*dark brown*) sedangkan *G. rostochiensis* berwarna kuning emas dan berubah menjadi coklat mengkilat (*glossy brown*). Stone (1973 ab) juga menemukan perbedaan – perbedaan yang jelas antara kedua spesies tersebut. Perbedaan yang paling mudah untuk diamati tercantum dalam Tabel 3.

Tabel 3. Perbedaan karakter *G. rostochiensis* dan *G. pallida*

Parameter	<i>G. rostochiensis</i>	<i>G. pallida</i>
Sista (<i>cyst</i>)	Putih – kuning emas – coklat mengkilat (<i>glossy brown</i>)	Putih semu krem coklat (muda) gelap (<i>dark brown</i>)
Sidik pantat (<i>perineal tubercles</i>)	Kerut kulit lebih besar, lebih bersatu (<i>large and coalesced</i>)	Kerut kulit pendek kecil, banyak dan terpisah – pisah (<i>discrete</i>)
Daerah vulva (Vulval area)	Sircum fenestra (<i>Circumfenestrate</i>)	<i>Bifenestrate</i> (binestra)
Bonggol stilet (<i>stylet knob</i>)	Membulat, condong ke belakang (<i>slopped posteriorly</i>)	Membulat, condong ke depan (<i>slopped anteriorly</i>)

Sumber : Diolah dari Stone (1973 a)

4.4. Identifikasi Ras/ Patotipe

Eksistensi beberapa ras / patotipe NSK telah banyak dilaporkan oleh peneliti dari Inggris, Belanda, Jerman dan negara Eropa lainnya. Identifikasi patotipe didasarkan pada kemampuan ras NSK yang bersangkutan pada kultivar kentang yang tahan terhadap NSK. Telah dideteksi bahwa sifat tahan terhadap NSK tersimpan dalam gen. Gen tersebut antara lain dalam *Solanum tuberosum*, *S. vernei*, *S. ballsii*, *S. phureja*, *S. chreiteri*, *S. catarthum* dan *solanum – solanum* lainnya. Tanaman tersebut dapat digunakan untuk uji hayati dalam upaya mengetahui ras NSK yang akan diidentifikasi. Karena patotipe NSK tersebut memiliki patogenisitas yang berbeda – beda maka patotipe NSK tertentu mampu menginfeksi dan berkembang pada tanaman tertentu dan ras lainnya pada tanaman lain yang berbeda. Kort *et al.* (1977) di Belanda dan Canto Saenz dan Mayer de Scurrah (1977) di Peru telah meneliti uji hayati patotipe NSK dengan uji inang diferensial (Tabel 4 dan 5).

Tabel 4. Uji inang diferensial untuk identifikasi ras/ patotipe *G. rostochiensis*

Tanaman uji (<i>Solanum</i> spp.)	Metode	Patotipe				
	Canto Saenz & de Scurrah (1977)	R 1 A	R 1 B	R 2 A	R 3 A	
	Kort <i>et al.</i> (1977)	R 01	R 04	R 02	R 03	R 05
<i>S. tuberosum</i> ssp. <i>tuberosum</i>		+	+	+	+	+
<i>S. tuberosum</i> ssp. <i>andigena</i> (H_1)		-	-	+	+	+
<i>S. kurzianum</i> KTT 60.21.19		-	+	-	+	+
<i>S. vernei</i> G – LKS 58. 1642 / 4		-	+	-	-	+
<i>S. vernei</i> (VT 11) ² 62.33.3		-	-	-	-	+
<i>S. vernei</i> 65.346 / 19		-	-	-	-	-

Dari tabel tersebut terlihat bahwa nematoda sista kentang (NSK), baik *G. rostochiensis* (NSE) maupun *G. pallida* (NSP) memiliki sistem patotipe yang kompleks. Tiap patotipe memiliki daya patogenisitas yang berbeda sehingga mempunyai kemampuan untuk menginfeksi varietas yang tahan terhadap salah satu patotipe yang lain. Oleh karena itu

kegiatan penelitian dianjurkan untuk lebih dahulu ditekankan pada meneliti dan memantau penyebaran komposisi patotipe NSK.

Tabel 5. Uji inang diferensial untuk identifikasi ras / patotipe *G. pallida*

Tanaman uji (<i>Solanum</i> spp.)	Metode	Patotipe						
	Canto Saenz & de Scurrah (1977)	P1A	P1B	P2A	P3A	P4A	P5A	P6A
	Kort et al. (1977)	Pa1					Pa2	Pa3
<i>S. tuberosum</i> ssp. <i>tuberosum</i>		+	+	+	+	+	+	+
<i>S. tuberosum</i> ssp. <i>multidissectum</i> (H_2)		-	-	+	+	+	+	+
<i>S. kurzianum</i> KTT 60.21.19		+	+	-	+	+	+	+
<i>S. vernei</i> G – LKS 58. 1642 / 4		+	+	+	-	+	+	+
<i>S. vernei</i> (VT 11) ² 62.33.3		-	+	-	-	-	+	+
<i>S. vernei</i> 65.346 / 19		+	-		-	+	+	-
<i>S. tuberosum</i> ssp. <i>andigena</i> 280090.10		-	-	+	-	-	-	+

Tabel 6. Spesies dan ras NSK di negara – negara benua Eropa

Negara	<i>G. rostochiensis</i>					<i>G. pallida</i>		
	R1A	R2A	R3A	R1B	R05	P1A	P2A	P3A
Austria	X							
Belgia	X							
Denmark	X							
Finlandia	X							
Perancis	X							X
Jerman	X	X		X	X		X	X
Yunani	X							
Islandia	X							
Irlandia	X					X		X
Italia	X							X
Belanda	X	X	X	X	X	X	X	X
Norwegia	X		X			X	X	X
Portugal	X							
Spanyol	X						X	X
Swedia	X		X	X	X			X
Swis	X							X
Inggris	X					X	X	X

Sumber : Marks dan Brodie (1998)

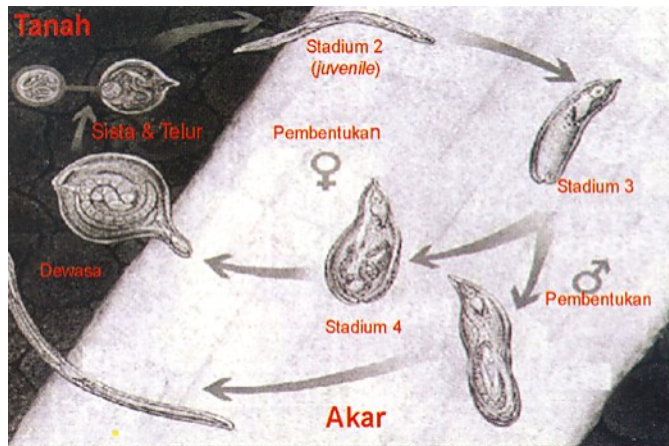
Indonesia masih banyak mengimpor bibit kentang dari negara – negara penghasil kentang di benua Eropa. Pengetahuan tentang spesies dan patotipe *Globodera* spp. yang telah diteliti di Eropa perlu diketahui dan diwaspadai (Tabel. 6).

4.5. Siklus Hidup, Kisaran Inang dan Daya Bertahan Hidup

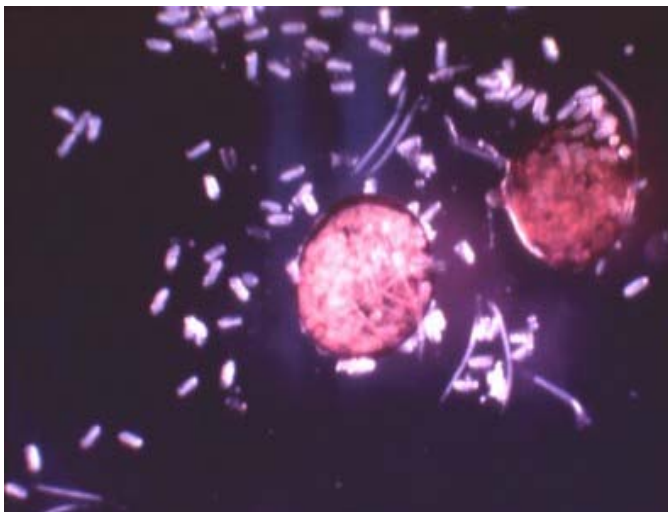
Durasi siklus hidup NSK sangat dipengaruhi oleh temperatur tanah. Biasanya periode siklus hidup (Gambar 7) tersebut berkisar antara 38 sampai 48 hari (Marks dan Brodie 1998). Daya bertahan tetap hidup (survival), pembiakan, dan dinamika populasi NSK sangat dipengaruhi oleh temperatur, kelembaban, durasi penyinaran matahari, dan faktor – faktor edafik (faktor – faktor yang terkait dengan tanah).

Telur *Globodera* spp. akan tetap mampu hidup dalam kondisi awet (dorman) di dalam sista (tubuh induk yang sudah mati) sampai lebih dari 30 tahun meskipun dalam kondisi lingkungan yang sub optimal (Winslow dan Willis 1972). Dalam situasi dorman tersebut nematoda tahan terhadap bahan aktif nematisida, suhu ekstrim (-35°C) maupun kekeringan (Spears 1968), sehingga NSK mudah tersebar luas, secara pasif baik terikut oleh benih kentang, bahan perbanyak tanaman lainnya, tanah, dan peralatan pertanian. Telur mulai berkembang melalui proses embriogenesis, membelah dari satu sel menjadi dua, empat, delapan dan seterusnya sehingga terbentuk cacing berstilet. Larva stadium kesatu berganti kulit di dalam telur dan menjadi larva stadium kedua. Telur tersebut baru akan menetas menjadi larva stadium kedua yang infeksi apabila terangsang oleh eksudat akar inang, khususnya eksudat akar kentang (PRD / *potato root diffusate*) dan suhu tanah yang menghangat (di atas 10°C) (Clarks dan Hennessy 1984).

Rangsangan eksudat akar inang tersebut mampu menyebabkan sekitar 60 – 80% telur menetas, sedangkan air hanya mampu menyebabkan sekitar 5% telur menetas.

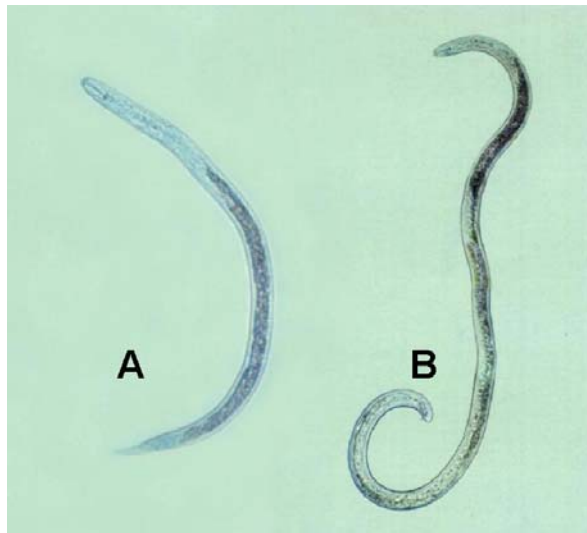


Gambar 6. Siklus hidup NSK (Sumber : Dir. Perlindungan Hortikultura 2003)



Gambar 7. Sista telur dan larva stadium kedua yang menetas keluar dari telur (Sumber : Hadisoeganda 2003 a)

Larva stadium kedua yang infeksiif menembus pucuk akar inang, menginfeksi sel korteks akar dan merangsang sel – sel tersebut menjadi sinitia yang membengkak. Isi sinitia tersebut menjadi sumber nutrisi bagi nematoda. Larva kemudian mengalami tiga kali pergantian kulit karena ukuran tubuhnya membengkak. Pada pergantian kulit ke empat nematoda betina berbentuk bulat, dan pada gilirannya nanti akan menjadi sista. Nematoda jantan mengalami metamorfosis sejati, karena berbentuk vermifora (cacing) di dalam tubuh larva stadium ke lima yang berbentuk bulat, kemudian menerobos keluar dari jaringan akar, hidup bebas di dalam tanah dan pada waktunya akan mengawini nematoda betina. Nematoda betina yang berbentuk bulat tersebut menempatkan sebagian tubuhnya berada di luar akar, menjadi *semi endoparasit* (Gambar 3).



Gambar 8. Bentuk vermifora : A . Larva stadium kedua, B. Nematoda jantan dewasa. (Sumber : Hadisoeganda 2003 a)

Jantan dewasa tidak makan (bukan parasit tanaman) tetapi perannya dalam perbanyakkan nematoda sangat besar karena sangat aktif mengawini betina (*amphimictic*). Rasio seks NSK sangat dipengaruhi oleh persediaan nutrisi. Apabila nutrisi cukup, banyak larva menjadi betina, tetapi apabila suplai nutrisi berkurang (infestasi terlalu tinggi) atau kondisi kurang menguntungkan, sering terjadi proses perubahan seks (*sex reversal*), larva yang akan jadi betina berubah menjadi jantan. Setelah terjadi perkawinan, betina akan menghasilkan sekitar 500 telur (Stone 1973 b). Nematoda betina tersebut akan mati dan memasuki periode dormansi menjadi sista. Sista muda berwarna putih hialin, berangsur – angsur menjadi kuning muda, kuning cerah (seperti emas), kuning tua, coklat muda dan terakhir coklat tua mengkilat (*glossy*) (Gambar 4). Perubahan warna sista tersebut terjadi pada spesies *G. rostochiensis* (nematoda sista emas / *golden cyst nematode*), sedangkan spesies *G. pallida* (nematoda sista putih / *white cyst nematode*) warna sistanya mula – mula berwarna putih hialin, berangsur – angsur setelah mati menjadi coklat tua biasa.

Pada dasarnya tanaman inang NSK adalah tanaman keluarga *Solanaceae*. Tiga jenis komoditas komersial yang menjadi inang NSK adalah kentang (*Solanum tuberosum*), tomat (*Lycopersicon esculentum*) dan terung (*Solanum melongena*). Meskipun begitu banyak gulma telah dilaporkan merupakan inang yang baik bagi NSK antara lain : *S. elaeagnifolium* (*silverleaf nightshade*), *S. nigrum* (*black nightshade*), *S. sarrachoides* (*hairy nightshade*), *Datura stramonium* (*jimsonweed*), *S. rostratum*, *S. triflorum* (*cutleaf nightshade*) (Goodey and Franklin 1958 1959).

Proses dormansi (diapause) dimulai dengan terjadinya perubahan daya permeabilitas dinding sista dan telur, diikuti dengan penurunan metabolisme telur atau larva ke taraf yang sangat rendah. Pada periode tersebut sista menjadi relung (*niche*) ekologi tersendiri yang sangat resisten terhadap faktor ekologis yang sub optimal (tidak baik).

Proses metabolisme telur dan larva (dalam telur) akan diaktifkan kembali oleh hadirnya senyawa aktif tertentu dalam eksudat akar inang dan suhu tanah yang menghangat.

V. RINGKASAN HASIL PENELITIAN NSK DI INDONESIA (2003-2006)

5.1. Peluang Penyebaran NSK di Indonesia

Analisis agroekosistem terhadap lokasi di mana NSK pertama kali ditemukan (Kecamatan Bumi Aji, Kota Batu, Provinsi Jawa Timur) adalah sebagai berikut :

- Tinggi tempat : 1.200 – 1.800 m d.p.l
- Lahan : Andosol (solum tebal, warna kelabu, sangat berpori, sangat gembur, struktur remah, kandungan bahan organik (8 – 30%), kisaran pH (4,5 – 6,0), daya pengikat air tinggi (Tan 1965).
- Iklim dan cuaca : tipe B (Oldeman 1975) (7 – 9 bulan basah ; 2 – 4 bulan kering per tahun, kisaran suhu udara pada ketinggian 2000 m, minimum 12,2 °C, maksimum 18,9 °C; ketinggian 1000 m. minimum 17,5 °C, maksimum 25,1 °C, RH udara 80% (Oktober), maksimum 94% (Februari).
- Faktor biotik (jenis tanaman, OPT, jasad berguna dan lain – lainnya). Untuk lebih lengkapnya periksa (Hadisoeganda 2003 c).

Faktor – faktor agroekosistem lokasi – lokasi ditemukannya NSK setelah penemuan pertama tersebut sangat mirip satu sama lain, khususnya faktor tinggi tempat, jenis tanah & iklim serta faktor biotik lainnya. Peluang untuk NSK menyebar secara cepat dan luas ke lokasi – lokasi dengan faktor agroekosistem yang mirip dengan faktor agroekosistem Kecamatan Bumi Aji sangat besar. Oleh karena itu perlu segera dibuat dan diterapkan peraturan – peraturan formal untuk mencegah masuk, tersebar dan berkembangnya suatu OPT tertentu (dalam hal ini NSK) dari satu tempat ke tempat lainnya, dan penerapan ketentuan dalam UU No. 12, tentang Budidaya Tanaman dan peraturan pelaksanaannya.

NSK hidup berkoevolusi dengan tanaman kentang. Kondisi agroekosistem yang cocok untuk kehidupan tanaman kentang juga sangat cocok untuk kehidupan NSK. Perpindahan NSK dari satu tempat ke tempat lain secara aktif sangat terbatas, tetapi sebaran NSK tersebut dapat terjadi sangat cepat dan luas secara pasif, baik terbawa air (perkolasi, aliran permukaan, banjir, aliran selokan dan sungai), tanah (erosi air, erosi angin, tanah yang menempel di alat – alat pertanian, kaki dan sepatu, ternak, mesin pertanian dan lainnya), manusia dan binatang, tanaman dan lain – lainnya.

Dinamika populasi NSK dipengaruhi oleh banyak faktor, antara lain faktor biotik (predasi, parasitisme, interaksi kompetitif, dinamika inang – non inang) abiotik (sifat tanah, iklim), kegiatan pertanian (pola tanam, boro dan lain – lainnya). Kemampuan bertahan (survival), reproduksi dan dinamika populasi NSK lebih spesifik dibandingkan dengan nematoda parasit lain yang sejenis. Siklus hidupnya sangat dipengaruhi oleh temperatur tanah, berkisar antara 38 – 48 hari. Telur tetap dorman dan berada di dalam tubuh betina dewasa yang telah mati (sista), telur tersebut tetap hidup meskipun sudah tersimpan selama 30 tahun. Telur baru menetas apabila ada stimulus eksudat akar inang. Kisaran inang NSK sempit, terbatas pada tanaman keluarga *Solanaceae* dan beberapa gulma. Sifat – sifat hidup NSK tersebut mempengaruhi biogeografi NSK. Faktor – faktor dominan yang mempengaruhi biogeografi NSK di Indonesia belum diketahui.

5.2. Identifikasi, Distribusi dan Prevalensi NSK

Berdasarkan penemuan larva dan jantan dewasa NSK dapat diketahui bahwa prevalensi NSK sekitar 16,43% artinya larva NSK dapat ditemukan dalam 88 dari 536 sampel tanah yang diteliti (Tabel 7). Densitas larva sangat bervariasi, meskipun antar contoh tanah dalam satu lokasi. Rata-rata densitas larva dan jantan NSK tercatat sekitar 114 dengan variasi dari 10 sampai 380 nematoda per 100 g tanah. Larva NSK tersebut dapat ditemukan di Provinsi Sumatera Utara (Kabupaten

Karo, Simalungun, Dairi dan Tapanuli Utara), Jawa Barat (Kabupaten Bandung, Garut dan Majalengka), Jawa Tengah (Kabupaten Temanggung, Wonosobo dan Banjarnegara), Jawa Timur (Kabupaten Pasuruan, Probolinggo, Malang Kota Batu dan Magetan).

Berdasarkan eksistensi sista, NSK memiliki prevalensi distribusi lebih rendah yaitu sekitar 8,2% dalam 44 dari 536 contoh yang diteliti. Densitas sista NSK juga sangat bervariasi dari satu lokasi ke lokasi lain, bahkan dalam satu lokasi yang sama.

Tabel 7. Distribusi, prevalensi dan densitas populasi NSK di Indonesia

No	Provinsi dan Kabupaten	Jumlah contoh	Jumlah contoh mengandung NSK		Prevalensi (%)	Densitas sista per 100 g tanah	Jumlah telur dan larva per sista
			Larva	Sista			
I.	Sumatera Utara						
	1. Karo	48	6	4	1,12	110 (90-310)	45(11-73)
	2. Simalungun	30	4	0	0,75	60 (70-140)	0
	3. Dairi	14	6	4	1,12	120 (10-260)	42 (7-69)
	4. Tapanuli Utara	8	6	4	1,15	70 (20-150)	36 (2-5)
II.	Sumatera Barat						
	5. Agam	18	0	0	0	0	0
	6. Solok	10	0	0	0	0	0
III.	Jawa Barat						
	7. Sukabumi	6	0	0	0	0	0
	8. Cianjur	12	0	0	0	0	0
	9. Bandung	54	10	5	1,87	120 (20-310)	94 (31-152)
	10. Garut	16	2	0	0,37	30 (10-60)	0
	11. Majalengka	18	2	0	0,37	50 (10-80)	0
	12. Kuningan	8	0	0	0	0	0
IV.	Jawa Tengah						
	13. Semarang	10	0	0	0	0	0
	14. Temanggung	16	2	0	0,37	90 (30-150)	0
	15. Wonosobo	28	10	4	1,87	210 (40-370)	134 (26-192)
	16. Banjarnegara	40	12	4	2,24	170 (10-350)	165 (61-217)
	17. Boyolali	12	0	0	0	0	0
	18. Magelang	14	0	0	0	0	0
	19. Karanganyar	12	0	0	0	0	0
V.	Jawa Timur						
	20. Pasuruan	16	4	2	0,75	60 (20-130)	12 (2-31)
	21. Probolinggo	26	4	2	0,75	90 (50-270)	18 (4-39)
	22. Malang	30	6	6	1,12	210 (80-310)	41 (6-74)
	23. Kota Batu	52	12	9	2,24	270 (160-380)	179 (52-268)
	24. Magetan	16	2	0	0,37	50 (40-90)	0

Sumber : Hadisoeganda (2006)

berlanjut

Tabel 7. Distribusi, prevalensi dan densitas populasi NSK di Indonesia (lanjutan)

No	Provinsi dan Kabupaten	Jumlah contoh	Jumlah contoh mengandung NSK		Prevalensi (%)	Densitas sista per 100 g tanah	Jumlah telur dan larva per sista
			Larva	Sista			
VI.	Bali						
	25. Tabanan	12	0	0	0	0	0
	26. Badung	8	0	0	0	0	0
	27. Bangli	8	0	0	0	0	0
	28. Buleleng	6	0	0	0	0	0
	Jumlah (Total number)	536 (100%)	88 (16.4%)	44 (8.2%)	16.43	Rata-rata 114 (10-380)	77 (2-268)

Sumber : Hadisoeganda (2006)

Sebagian gulma ada spesies yang termasuk dalam keluarga Solanaceae seperti *Datura stramonium* L. (Jimson weed, kecubung leutik, kecubung wulung) dan *Nicandra physalodes* (L.) Gaertn. (Apple of Peru, ceplukan, endog bangkong). Kedua jenis gulma tersebut adalah gulma yang banyak berasosiasi dengan sayuran dataran tinggi (Everaarts 1981; Hadisoeganda 1992). Lokasi tersebut antara lain adalah sebagian dari Kabupaten Simalungun, Kabupaten Garut dan Magetan (Tabel 7). Kemungkinan lain adalah bahwa baik sista, telur dan atau larva terbawa secara pasif baik melalui bahan tanaman, tanah, peralatan pertanian, aliran air maupun cara pasif yang lain dari daerah terjangkit ke lokasi-lokasi tersebut.

5.3. Pengaruh Frekuensi Penanaman Kentang terhadap Prevalensi, Densitas dan Jumlah Keturunan NSK

Makin sering satu lahan ditanami dengan kentang maka prevalensi NSK makin tinggi dan densitas sista makin banyak. Meskipun begitu jumlah kandungan telur (dan larva) per sista tidak dipengaruhi oleh frekuensi penanaman kentang tersebut. Lahan yang dalam kurun waktu lima tahun terakhir tidak ditanami kentang (frekuensi penanaman kentang 0) tetapi masih dapat ditemukan larva yaitu masing-masing satu lokasi di Kabupaten Simalungun (Dolok Silau), Kabupaten Garut (Bayongbong), Kabupaten Temanggung (Treppep) dan Kabupaten Magetan (Plaosan)

memberi petunjuk bahwa NSK dalam proses menyebar dari satu lokasi endemis ke lokasi baru. Makin banyak frekuensi penanaman kentang menyebabkan makin banyak dan makin berkesinambungan persediaan makanan sehingga prevalensi dan densitas NSK di dalam tanah juga makin banyak. Jumlah telur (keturunan) per sista sangat dipengaruhi oleh derajat keinangan tanaman inang. Apabila varietas kentang yang ditanam sama, yaitu Granola, maka derajat keinangannya sama sehingga jumlah keturunan tidak berbeda.

Tabel 8. Ringkasan prevalensi, densitas sista dan jumlah telur per sista dihubungkan dengan frekuensi penanaman kentang lima tahun terakhir

Frekuensi penanaman	Jumlah contoh	Prevalensi	Densitas sista per 100 g tanah	Jumlah telur dan larva per sista
0	4	0,7	0	0
1-2	16	3,0	152 (21-204)	352 (201-420)
3-5	31	5,8	209 (18-356)	286 (194-395)
> 5	37	6,9	243 (7-38)	309 (212-387)
Jumlah	88	16,4	Rata-rata 201 (7-356)	316 (194-426)

Sumber : Hadisoeganda (2006)

5.4. Pengaruh Elevasi terhadap Prevalensi, Densitas dan Jumlah Keturunan NSK

Prevalensi dan densitas NSK dalam tanah ditemukan lebih tinggi pada kawasan yang elevasinya lebih tinggi. Meskipun begitu, perbedaan elevasi tersebut tidak mempengaruhi jumlah keturunan (*off spring*, telur dan larva) yang terkandung dalam tiap sista. Data tentang kisaran temperatur dan kelembapan relatif udara di kawasan-kawasan tersebut tidak dicatat. Meskipun begitu, data kisaran temperatur udara di lokasi yang elevasi dan sifat iklimnya relevan dengan kawasan yang disurvei tersedia meskipun data selama tahun 1981-1986. Data dari KP. Margahayu (Lembang, Kab. Bandung, elevasi 1.200 m, tipe iklim B1) tercatat bahwa temperatur udara minimum-maksimum berkisar antara

13-24 °C. Catatan dari KP. Segunung (Pacet, Kab. Cianjur, elevasi 1.100 m, tipe iklim BI) data temperatur udara minimum-maksimum berkisar antara 14-25 °C (Hadisoeganda 1990a). Lokasi-lokasi yang disurvei mempunyai elevasi bervariasi dari sekitar 700 sampai lebih dari 1.900 m (d.p.l.). Menggunakan data kisaran temperatur di KP Margahayu dan KP Segunung dapat diperkirakan bahwa kisaran temperatur di kawasan yang disurvei tersebut sekitar 10-27 °C. Menurut Marks dan Brodie (1998) kisaran temperatur yang optimum untuk proses penetasan telur *G. rostochiensis* adalah 18-24 °C, sedangkan untuk perkembangan dan reproduksi antara 15-21 °C. Meskipun begitu tidak berarti bahwa di luar kisaran temperatur tersebut di atas, NSK tidak akan mampu berkembang dengan optimal, mengingat bahwa NSK terbukti dapat dikembangbiakkan di dalam rumah kaca di Bandung yang kisaran suhunya lebih dari 20-27 °C (Nataatmadja 2004, komunikasi pribadi). Pada penelitian ini terbukti bahwa kawasan yang lebih kondusif untuk hidup dan berkembangnya NSK adalah di kawasan dengan elevasi di atas 1.100 m (dpl). Meskipun begitu, mengingat bahwa kemampuan daya adaptasi NSK khususnya terhadap temperatur, durasi penyinaran matahari dan cara budidaya tanaman yang kuat, maka penyebaran dan masalah yang akan ditimbulkan oleh NSK terhadap budidaya kentang di kawasan lain (medium dan rendah) perlu diwaspadai.

Tabel 9. Ringkasan prevalensi, densitas sista dan jumlah telur per sista, dihubungkan dengan elevasi

Elevasi (m)	Jumlah contoh	Prevalensi (%)	Densitas sista per 100 g tanah	Jumlah telur dan larva per sista
700-900	12	2,2	87 (7-156)	-
900-1.000	25	4,7	214 (25-308)	258 (215-319)
> 1.000	51	9,5	302 (211-356)	374 (194-426)
Jumlah	88	16,4	Rata-rata 201 (7-356)	316 (194-426)

Sumber : Hadisoeganda (2006)

5.5. Pengaruh Jenis Iklim terhadap Prevalensi, Densitas dan Jumlah Keturunan NSK

Jenis iklim besar pengaruhnya terhadap prevalensi, densitas dan jumlah keturunan (telur dan larva) NSK. Kawasan berjenis iklim B1 (setahun terdiri dari 7-9 bulan basah, curah hujan lebih dari 200 mm per bulan dan kurang dari 2 bulan kering, curah hujan kurang dari 200 mm per bulan) ternyata lebih kondusif untuk hidup dan berkembangnya NSK dibandingkan dengan kawasan beriklim C2 (5-6 bulan basah, 2-3 bulan kering per tahun) prevalensinya sangat rendah yaitu 0,4% atau hanya 2 sampel dari 536 sampel mengandung NSK dan densitasnya juga rendah yaitu rata-rata 23 (berkisar antara 7-36) per 100 g tanah dan tidak dapat ditemukan telur atau larva dalam sista tersebut. Prevalensi NSK dalam kawasan beriklim B1 tercatat 10,2% (55 dari 536 sampel mengandung NSK), densitas sistanya rata-rata 349 (antara 218-350) dan jumlah keturunan per sista rata-rata 398 (antara 355-426).

Tabel 10. Ringkasan prevalensi, densitas sista dan jumlah telur per sista, dihubungkan dengan jenis iklim

Jenis iklim	Jumlah contoh	Prevalensi (%)	Densitas sista per 100 g tanah	Jumlah telur dan larva per sista
C2	2	0,4	23 (7-36)	-
B2	31	5,8	254 (21-294)	234 (194-311)
B1	55	10,2	349 (218-356)	398 (355-426)
Jumlah	88	16,4	Rata-rata 201 (7-356)	316 (194-426)

Sumber : Hadisoeganda (2006)

Faktor lingkungan abiotis yang paling berpengaruh terhadap penetasan telur, hidup dan berkembangnya NSK adalah suhu. Dasar dari klasifikasi jenis iklim oleh Oldeman (1977) adalah curah dan jumlah hari hujan. Volume curah dan jumlah hari hujan bersama-sama dengan faktor elevasi mempengaruhi fluktuasi suhu udara. Oleh karena itu dapat dimengerti bahwa volume curah dan jumlah hari hujan dan elevasi

secara tidak langsung dapat mempengaruhi prevalensi, densitas populasi dan jumlah keturunan NSK.

5.6. Pengendalian NSK

Beberapa jenis nematisida sistemik organo karbamat telah dievaluasi daya pengendaliannya terhadap NSK pada tanaman kentang. Hasilnya menunjukkan bahwa beberapa nematisida tersebut seperti Curater 36, Furadan 3 G, Petrofer 3 G, Rugby 10G dan Truper 3G menunjukkan gejala mampu menekan populasi NSK dan mempertahankan pertumbuhan tanaman kentang dari kerusakan akibat serangan NSK (Asandhi 2005).

Penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa musuh alami NSK yaitu jamur *Verticillium lecanii* dan *Arthrobotrys* sp. memiliki potensi pengendalian NSK pada tanaman kentang (Asandhi 2005).

VI. PENGENDALIAN NEMATODA TERPADU (PNT)

Pengendalian nematoda terpadu (PNT) adalah subsistem dari sistem pengendalian hama terpadu (PHT). Oleh karena itu falsafah yang mendasari PNT adalah : PNT bukan hanya suatu cara mengendalikan nematoda, melainkan suatu konsep, pandangan, pendekatan, program, suatu strategi, bahkan suatu filosofi. Konsep PNT bekerja dengan cara mendorong, mengkontribusikan, dan memadukan beberapa taktik pengendalian dalam suatu strategi yang kompatibel terpadu untuk menekan populasi nematoda (NSK), sehingga memperkecil kerusakan dan produksi tanaman (Hadisoganda 2003 a).

Dalam konsep PNT ini, pestisida (nematisida) mungkin masih diperlukan tetapi sangat selektif baik selektivitas fisiologis maupun ekologis. Perumusan konsep PNT didasarkan pada temuan – temuan "input", baik dari hasil – hasil penelitian (dalam dan atau luar negeri), hasil analisis agroekosistem (AES) setempat, maupun pertimbangan lain yang relevan.

Pada komoditas sayuran khususnya komoditas kentang, pengelolaan tingkat populasi nematoda dapat dilakukan dengan empat tindakan yang terdiri dari berbagai taktik pengendalian baik secara tunggal maupun terpadu, sebagai berikut :

- 1) Pengelolaan AES dengan praktek bercocok tanam yang baik (*good agricultural practices / GAP*).
- 2) Manipulasi (pemanfaatan) organisme berguna khususnya musuh alami sebagai agens hayati.
- 3) Kultivar / varietas resisten atau toleran.
- 4) Pestisida (nematisida) selektif, baik yang selektivitasnya fisiologis (jenis bahan aktif) maupun secara ekologis (metode aplikasi).

Karena PNT adalah subsistem dari PHT dan PHT pada tanaman kentang telah dirintis oleh Balai Penelitian Tanaman Sayuran (BALITSA) bekerjasama dengan pihak terkait dan terutama petani, maka garis besar konsep PNT disesuaikan dengan konsep PHT.

6.1. Pratanam (Sebelum Tanam)

- 1) Pilih lahan calon budidaya kentang yang bebas NSK, atau populasi awal NSK dalam lahan jumlahnya di bawah ambang ekonomi. Untuk sementara diadopsi data dari Jepang yaitu 31 sista hidup per 100 g tanah (Inagaki *et al.* 1973 dalam Barker dan Olshof 1976). Sanitasi kebun : lahan calon kentang dicangkul sedalam tanah olah (30 cm), bongkahan tanah dihancurkan, semua perakaran diangkat dan dibakar. Pekerjaan tersebut dilakukan 2 atau 3 kali dan tanah dibiarkan terkena sinar matahari. Selain itu penyiangan terhadap gulma harus dilakukan sebersih mungkin terutama gulma dari keluarga *Solanaceae*.
- 2) Pupuk organik yang digunakan harus sudah terdekomposisi sepenuhnya. Berdasarkan penelitian, berbagai pupuk organik, khususnya pupuk hijau kubis (*cabbage green manure*), *meals and oilcakes*, *mustard oilcakes*, tahi gergaji (*saw dust*), pupuk dari halaman (*farm yard manure*), kompos (*compost*) dan kemungkinan bahan organik lain mampu menekan populasi *Globodera* spp. melalui berbagai mekanisme seperti menekan pelepasan larva dari dalam sista, menekan perkembangan nematoda dalam jaringan akar, meningkatkan musuh alami nematoda, meningkatkan ketahanan akar terhadap serangan nematoda dan mekanisme lainnya (Sitaramaiah 1990).
- 3) Bibit harus bebas dan berasal dari pembibitan yang bebas NSK.
- 4) Menanam varietas / kultivar yang tahan / toleran terhadap NSK.
- 5) Berdasarkan hasil penelitian dari luar negeri, bermacam – macam varietas kentang seperti Marion, Culpa, Elvira, Gitte, Vevi, Aula, Filli tahan terhadap NSK biotipe A, sedangkan Cordia tercatat tahan

terhadap NSK biotipe B. Penelitian lain mencatat bahwa varietas Granola, Miranda, Renema dan Alexa tahan terhadap NSE biotipe A. selain itu varietas Herold, Pirola dan Dextra tercatat tahan juga terhadap NSK biotipe A (Kratzig 1974, 1975, 1977, semua dalam Jensen *et al.* 1979).

- 6) Pengolahan tanah yang baik ini disertai dengan sanitasi kebun dari sumber – sumber inokulum NSK. Pengolahan tanah dilakukan sedemikian rupa sehingga bongkah – bongkah tanah terpecah, NSK terekspose keluar dari pori – pori tanah, terkena sinar matahari sehingga lebih mudah nantinya dikendalikan dengan taktik – taktik lainnya.
- 7) Rotasi tanaman : menanam jenis tanaman yang tahan atau bukan inang NSK, digilirkan dengan tanaman pokok yaitu kentang, sehingga diharapkan jumlah populasi awal NSK sedemikian rupa rendah pada waktu tanaman kentang ditanam. Tanaman anggota rotasi harus diusahakan yang memiliki manfaat, baik langsung ataupun tidak langsung. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dirangkum dan ditulis kembali oleh Sethi dan Gaur (1990) di USA, rotasi dengan kentang varietas tahan dan gandum (oats) selama 2 tahun dapat menekan populasi NSK sangat rendah. Di USSR rotasi dengan gandum, rumput tahunan, varietas kentang tahan (Ariadna, Antinema, Specula), lupin, winter rye, barley dan clover selama 3 – 4 tahun, populasi NSK dapat ditekan sampai 98%. Di India rotasi dengan kapri (pea) dan buncis (bean) selama 4 tahun, dapat menekan populasi NSK sampai 80%. Di Maroko, rotasi dengan jagung selama 1 tahun ; di Jepang rotasi dengan gandum (wheat), bit gula (sugar beet) dan Azuki (*Phaseolus vulgaris*) selama 1 – 2 tahun dapat menekan populasinya sehingga hanya tinggal 32 – 56 saja.

6.2. Pemupukan Berimbang

Berdasarkan hasil penelitian yang sangat ekstensif yang dilakukan oleh BALITSA dan petugas lapang PHT, maka dapat direkomendasikan patokan pemupukan berimbang pada tanaman kentang adalah (Sastrosiswojo *et al.* 1993):

- Pupuk organik 30 ton per ha (20 – 30 ton)
- Pupuk anorganik urea : 200 kg per ha (200 – 300 kg)
- Pupuk anorganik ZA : 400 kg per ha (300 – 400 kg)
- Pupuk anorganik TSP : 250 kg per ha (250 – 300 kg)
- Pupuk anorganik KCl : 300 kg per ha (200 – 300 kg)

6.3. Pencabutan Tanaman Sakit

Program nasional PHT memasukkan pencabutan tanaman sakit (*roguing*) sebagai salah satu taktik PHT terhadap tanaman yang menunjukkan gejala terserang virus PLRV dan bakteri layu (*P. solanacearum*). Dalam teknologi PNT, pengendalian dua jenis penyakit tersebut mungkin perlu pula dipertimbangkan bukan hanya pencabutan tanaman sakit, tetapi juga pembongkaran perakaran tanaman dan tanah di sekitar risosfera kentang dan dimusnahkan. Perlu penelitian untuk tindakan tersebut.

6.4. Pengendalian Hayati

Dalam bidang nematologi khususnya untuk *G. rostochiensis*, kemampuan musuh – musuh alami nematoda untuk digunakan dalam pengendalian hayati masih sangat terbatas. Meskipun begitu, beberapa musuh alami NSK telah dikenali, khususnya cendawan yang mampu memarasit telur dan induk seperti *Verticillium chlamyosporum*, *Cylindrocarpon destructans*, *Acremonium strictum*, *Fusarium oxysporum*, *Catenaria auxiliaris*, *Dactillela oviparasitica* dan yang diteliti oleh Jatala *et al.* (1979) yaitu cendawan *Paecilomyces lilacinus*. Banyak dilaporkan bahwa musuh – musuh alami nematoda banyak terdapat dalam bahan organik yang telah terdekomposisi, sehingga manipulasi musuh alami

tersebut untuk mengendalikan nematoda dapat dilakukan dengan memberikan pupuk organik yang telah terdekomposisi sempurna dalam jumlah dan waktu yang tepat.

6.5. Pemantauan

Dalam teknologi pengendalian nematoda terpadu (PNT), pemantauan populasi yang diperlukan untuk pengambilan keputusan adalah populasi awal (inisial) nematoda dalam tanah pada masa pratanam. Apabila populasi awal NSK dalam tanah sudah mencapai ambang kendali (di Jepang sebanyak 31 sista hidup per 100 g tanah) (Inagaki *et al.* 1973 *cit.* Barker dan Olshof 1976), maka pengendalian perlu direkomendasikan. Oleh karena itu perlu dilakukan pemantauan populasi NSK dalam tanah terhadap lahan – lahan yang akan dibudidaya dengan kentang, bahkan merupakan syarat mutlak bagi lahan – lahan yang akan digunakan untuk penangkaran bibit.

6.6. Ambang Pengendalian

Seperti yang telah dibahas dalam nematologi, data ambang pengendalian adalah jumlah populasi awal (inisial) nematoda dalam tanah per bobot tertentu (100 g atau 1 kg) sebelum tanaman ditanam. Perlu segera dilakukan penelitian untuk mendapatkan data ambang kendali NSK pada tanaman kentang, tetapi berhubung data tersebut belum tersedia, maka untuk sementara dapat diadopsi data dari Jepang yaitu 31 sista hidup per 100 g tanah.

6.7. Nematocida Selektif

Nematocida telah terbukti mampu menekan populasi sampai jauh di bawah ambang kendali. Populasi nematoda akan segera meningkat kembali, tetapi sebelum jumlahnya mencapai ke ambang kerusakan, tanaman kentang sudah dipanen, sehingga kerugian dapat dihindari.

Yang mutlak perlu dipersiapkan agar aplikasi nematocida mampu dimanfaatkan perakaran tanaman sehingga tanaman dapat terhindar dari

serangan nematoda adalah pengolahan tanah sebelum aplikasi nematisida dan cara aplikasi nematisida tersebut.

Persiapan sebelum aplikasi nematisida.

- 1) Tanah dibajak dan dicangkul sedalam tanah olah (*top soil*), bongkah-bongkah tanah dihancurkan, sisa tanaman dibongkar, diangkat dan dimusnahkan. Tanah harus diusahakan segembur mungkin.
- 2) Setelah itu, tanah dipersiapkan seperti biasanya persiapan tanam (pemasangan pupuk organik, pembuatan guludan dan lainnya).
- 3) Setelah semua siap, nematisida dapat diaplikasikan sesuai dengan jenis nematisida, cara aplikasi, jenis tanaman, dll.

Setelah nematisida fumigan dan sebagian besar nematisida non fumigan ditarik peredarannya di Indonesia, maka sangat terbataslah persediaan nematisida bagi pertanian di Indonesia. Berdasarkan telaah pustaka, Sultanul Haq *et al.* (1990) mencatat bahwa nematisida sistemik organo karbamat (aldicarb, oxamyl, carbofuran) dan organofosfat (khususnya phenamiphos) sangat efektif mengendalikan NSK (*G. rostochiensis*) dan spesies dari genus *Heterodera* yaitu *H. avenae*, *H. schachtii*, *H. tabacum* dan *H. cruciferae* pada berbagai tanaman. Model kerja (*mode of action*) bahan aktif nematisida tersebut dalam menekan infeksi nematoda mengakibatkan perubahan perilaku nematoda (nematostatic), antara lain berupa : abnormalitas pergerakan tubuh dan stilet, penghambatan proses penetasan telur dan pergantian kulit larva nematoda.

Sampai saat ini belum tersedia data dan informasi tentang efektivitas nematisida terhadap NSK pada kentang di Indonesia. Oleh karena itu perlu segera dilakukan penelitian nematisida menyangkut perihal selektivitas, efektivitas dan efek sampingnya terhadap lingkungan.

Hasil penelitian, pada gilirannya dapat dipadukan dengan taktik pengendalian lainnya dalam sistem PNT. Perlu segera diteliti efektivitas nematisida yang sampai saat ini direkomendasikan untuk *Meloidogyne*

spp. (nematoda bengkak akar), antara lain adalah karbofuran 3G, ethoprophos 10G, kadusafos 10G dan lain – lainnya.

6.8. Pelarangan dan Peraturan Karantina

Apabila suatu negara masih dinyatakan bebas dari NSK (NSK termasuk dalam OPT kelas A1) maka peraturan karantina yang ketat diharapkan mampu mencegah masuknya NSK ke dalam negara tersebut. Tetapi apabila NSK tersebut sudah terlanjur masuk ke Indonesia (OPT kelas A2) tetapi distribusinya masih terbatas, maka peraturan karantina domestik diharapkan dapat memperlambat atau menunda tersebar luasnya NSK tersebut. Apabila sebaran NSK tersebut sudah meliputi kawasan yang luas, maka peraturan karantina domestik sudah tidak akan efektif lagi (Evans dan Stone 1977).

Berdasarkan infestasi NSK pada saat ini, maka peraturan karantina domestik harus diberlakukan disertai sanksi, dipandu dengan tindakan pemantauan penyebaran NSK (*surveillance*) dan tindakan eradikasi (bila diperlukan untuk lokasi – lokasi tercemar yang luasannya terbatas).

- Melarang (tidak mengizinkan) impor benih kentang yang bersifat komersial dari negara yang sudah terjangkit NSK. Apabila impor benih tersebut untuk tujuan penelitian maka harus dalam kuantum sangat terbatas dilengkapi dengan ketentuan perkarantinaaan yang berlaku untuk tujuan penelitian tersebut.
- Hanya benih kentang impor yang disertai dengan sertifikat kesehatan tanaman (*phytosanitary certificate*) dan telah lolos uji masuk yang diperkenankan masuk ke Indonesia.
- Menerapkan dengan konsekuen peraturan karantina bagi kawasan/ lokasi yang sudah dinyatakan terjangkit NSK.
- Memberdayakan dengan konsekuen ketentuan yang ada dalam UU No. 12 tentang Budidaya Tanaman dengan semua peraturan pelaksanaannya yang erat kaitannya dengan kasus NSK.

- Pelarangan usaha produksi benih kentang diberlakukan pada lokasi yang sudah terjangkit, dan benih kentang yang sudah diproduksi tidak diberi sertifikasi serta dilarang beredar di kawasan lain.
- Pelarangan peredaran benih kentang yang tidak bersertifikat dari satu sentra produksi ke sentra produksi kentang lainnya.

VII. PENUTUP

Informasi tentang NSK dalam monografi ini sebagian besar hasil studi pustaka temuan penelitian yang berasal dari luar Indonesia. Oleh karena itu penelitian biologi NSK dan aspek terpenting yang terkait dengan cara pengendaliannya perlu segera dilakukan. Meskipun begitu tindakan cepat telah dilakukan oleh Kelompok Kerja Nasional Penanggulangan Nematoda Sista Kentang antara lain melakukan tindakan *surveillance* ke sentra produksi kentang untuk terus menerus melacak penyebaran NSK di dalam negeri dan tindakan eradikasi. NSK pada lokasi yang secara cermat telah ditemukan NSK (lokasi asal muasal eksistensi NSK di dalam negeri) dengan menggunakan fumigan metil bromida yang dilakukan oleh operator terlatih dan bersertifikat dengan metode dan peralatan khusus ; pemberdayaan petugas dan petani pengguna ; pengaturan lalu lintas benih kentang dan pelarangan penanaman benih kentang dari kawasan terjangkit ke daerah lain yang belum tertular ; karantina antar negara dan domestik ; dan penelitian baik skala laboratorium, rumah kaca maupun lapangan terhadap bioekologi NSK dan aspek – aspek terpenting yang erat kaitannya dengan pengendalian nematoda terpadu.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvarez, M. G. 1972. Planning for the campaign against the golden nematode. Guanajuato: XX Mexican – American Plant Protection Work Conference.
- Ayoub, S. M. 1977. Plant Nematology and Agricultural Training Aid. State of California, Dept. of Food Agric, Div. of Plant Industry, Lab. Service. Nematology, 1270. N Street, Sacramento, California 95814. 15 pp.
- Asandhi, A.A. 2005. Beberapa hasil penelitian upaya pengendalian nematoda sista kuning (*Globodera rostochiensis*) pada kentang (*Solanum tuberosum* L.). Makalah disampaikan dalam kajian-kajian penanggulangan NSK pada kentang, Malang 22 Sept. 2005.
- Barker, K. R. and T.H.A. Olshof. 1976. Relationship between nematode population densities and crop responses. Ann. Rev. Phytopathology 14: 327 – 353.
- CAB International. 2002. Crop protection compendium (compact disc). Centre for Applied Bioscience International.
- Canto Saenz, M. A. and M. Mayer de Scurrah. 1977. Races of the potato cyst nematode in the Andean region and new system of classification. Nematologica 23 : 340 – 349.
- Church, B.M., H.C. Gough and V.F. Southey. 1959. Soil sampling procedure for potato root eelworm cysts. Plant Pathol. 8 : 146 – 151.

- Clarks and Hennessy 1984. Movement of *Globodera rostochiensis* (Wollenweber) Juveinks stimulated by potato-root exudate. *Nematologica* 30 : 206-212.
- Cooper, B.A. 1955. Mounting technique for identification of *Heterodera* eelworm cysts. p. 419 – 420 *In* D.K. Mc Kevan (ed). Soil zoology. Academic Press, New York and London.
- Direktorat Perlindungan Hortikultura. 2003. Nematoda Sista Kuning (NSK), *Globodera rostochinensis* pada Tanaman Kentang (leaflet).
- Direktorat Perlindungan Hortikultura. 2004. Pengenalan dan Pengendalian Nematoda Sista Kuning *Globodera rostochiensis* Edisi Revisi. Dir. Jen. Bina Prod. Hortikultura dan JICA. 38 hal.
- Esser, R.P. 1988. A simple method for examination of the vulva area of mature cysts of *Heterodera* spp. *J. Nematol.* 20 (3) : 497 – 498.
- Evans, K. and D.L. Trudgill. 1978. Chapter 12. Pest aspects of potato production. Part I Nematode pest of potatoes. p. : 440 – 469. *In* P.M. Haris (ed.). The potato crop, the scientific basis for improvement. London Chapman & Hall. John Willey & Sons, New York.
- Everaarts, A.P. 1981. Weeds of vegetables in the highlands of Java. Hort. Res. Institute, Pasar Minggu, Jakarta (Printed in the Netherlands) : 74-77.
- Goodey, J.B. and M.T. Franklin. 1958. The Nematode parasites of plants catalogned under their hosts. Farnham, England: Commonwealth. Agric. Bureaux. 140 pp.

_____. 1959. Supplement of the nematode parasites of plants catalogued under their hosts. Farnham, England : Commonwealth. Agric. Bureaux. 66 pp.

Hadisoeganda, A. Widjaja W. 1990a. nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* sp.) pada sayuran dataran tinggi : Identifikasi, pencaran dan penelitian lain yang berhubungan dengan pengendaliannya. Disertasi Gelar Doktor dalam ilmu pertanian, UNPAD Bandung 1990 : 343-345.

----- 1990 b. Nematoda parasit kentang dan cara pengendaliannya. hal. 151 – 163. *Dalam* A.A. Asandhi, S. Sastrosiswojo, Suhardi, Z. Abidin, Subhan(ed.). Kentang (Edisi kedua). Badan Litbang Pertanian, Balithort Lembang, Jl. Tangkuban Perahu 517, Lembang, Jawa Barat.

----- 1992. Uji ketahanan gulma utama sayuran dataran tinggi terhadap nematoda bengkak akar (*Meloidogyne* spp.) dievaluasi berdasarkan reproduksi nematoda pada tanaman inang. Bul. Penel. Hort. XXIV (2) : 27-34.

_____ 2003 a. Pengendalian terpadu nematode sista emas (*golden cysts nematode, Globodera rostochiensis*) pada Tanaman Kentang. Makalah dalam Seminar Penanggulangan Nematoda *Globodera rostochiensis*. Direktorat Perlindungan Hortikultura, Dir. Jen. Bina Prod. Hort., Jakarta 3 April 2003. 16 hal (mimeograf).

_____ 2003 b. Hubungan antara populasi awal nematoda sista emas *Globodera rostochiensis* dan produksi tanaman kentang. Makalah dalam Seminar Penanggulangan Nematoda *Globodera rostochiensis*. Direktorat Perlindungan Hortikultura, Dir. Jen. Bina Prod. Hort., Jakarta 3 April 2003. 14 hal (mimeograf).

_____ 2003 c. Analisis agroekosistem untuk menyusun konsep pengendalian nematoda terpadu. Makalah dalam Seminar Penanggulangan Nematoda *Globodera rostochiensis*. Direktorat Perlindungan Hortikultura, Dir. Jen. Bina Prod. Hort., Jakarta 3 April 2003. 16 hal (mimeograf).

----- 2006. Distribusi, Identifikasi dan Prevalensi Nematoda Sista Kentang (Potato Cyst nematode) *Globodera* spp. di Sentra Daerah Produksi Kentang di Indonesia. *J. Hort.* 16 (3) : 208-219.

Haq, Sultanul; S.K. Saxena and M. Wajid Khan. 1990. Chemical control of plant nematodes in relation to environmental pollution. p. 297 – 320. *In* S.K. Saxena, M.W. Khan, A. Rashid, R.M. Khan (ed.) *Progress in plant nematology*. CSB Publisher and Distributors Pvt, Ltd.

Hirschmann, H. 1982. Taxonomy of the Cysts and Root – Knot Nematode. p. 54 – 70. *In* R.D. Riggs (ed.). *Nematology in the southern region of the United States*. Comm. S–76 and S–154. Southern Coop. Series Bull. 276.

Jatala, P., R. Kaltenbach and M. Bocangel. 1979. Biological control of *Meloidogyne incognita acrita* and *Globodera pallida* on potatoes. *J Nematol.* 11 : 303.

- Jensen, H.J., J. Armstrong, P. Jatala. 1979. Annotated bibliography of nematodes pest of potato. A joint publ. of the Int. Potato Centre, Apartado 5969, Lima, Peru and Oregon sty. Univ. Agric. Exp. Sta. Corvallis, Oregon 97331. 315 pp.
- Kort, J., H. Ross, H.J. Rumpenhurst and A.R. Stone. 1977. An international scheme for identifying and classifying pathotypes of potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *G pallida*. *Nematologica* 23: 333 – 339.
- Mai, W.F. 1977. Worldwide distribution of potato cyst nematodes and their importance in crop production. *J. of Nematol.* 9 : 30 – 34.
- May and Lyon. 1975. Pictorial key to the genera of plant parasitic nematodes. 4th ed. Revised, Cornell Univ. Press, Ithaca and London. 219 pp.
- Marks, R.J. and B.B. Brodie. 1998. Potato cysts nematodes : Biology distribution and control. CAB International, Wallingford : 76 – 82.
- Ministry of Agriculture. 2003. Agricultural Statistics, Statistical Pocketbook of Indonesia 2003. Agric. Data and Information. Ministry of Agric. Republic of Indonesia. 227 pp.
- Moll, H.A.J. 1982. Potato production on small farms in Pangalengan,, West Java. p. 433 – 443. *In* L.J. Harmsworth. J.A.T. Woodford and M.E. Marvel (ed.). Potato production in humid tropics. Proc. Third Int. Symps. of Potato prod. for the Southeast Asia and Pacific Regions. PCARRD. Los Banos, Laguna, The Philippines
- Oldeman, L.R. 1977. Climate of Indonesia. Proc. 6th As.Pac. Weed Sci. Soc. Conf. : 14 – 30.

- Puskara. 2000. Daftar organisame pengganggu tumbuhan potensial yang dilaporkan telah terdapat di dalam wilayah Republik Indonesia. 328 hal.
- Rickard, D.A and K.R. Barker. 1982. Nematodes assays and advisory services. p. 8 – 20 *In* R.D. Riggs (ed.). *Nematology in the southern region of the United States.* Comm. S – 76 and S – 154. Southern Coop. Series Bull. 276.
- Sasser, J.N. 1989. Plant-parasitic nematodes : The Farmer hidden enemy. A. Coop. Publ. of the Dept Plant Path & The Consortium for Int. Crop Protection Univ. Graphics North Carolina State Univ. Raleigh, North Carolina.
- Sasser, J.N. and D.W. Freckman. 1987. World perspective on nematology : the role of the society. p. 17 – 14. *In* J.A. Veech & D.M. Dickson (ed.). *Visitas on nematology : a Commemoration in the Twenty – fifth Annyversary of the society of nematologists.* Society of Nematologists.
- Sastrosiswojo S., Tonny K.M. dan Wiwin Setiawati 1993. PHT-SDT/SDR RINTISAN/Pengendalian Hama terpadu-Sayuran Dataran Tinggi/Rendah Rintisan) Kubis, Kentang, Tomat, Bawang merah dan Kacang Panjang. Program Nasional Pelatihan dan Pengembangan Pengendalian Hama terpadu. Bagian Proyek Pengendalian Hama Terpadu/BAPPENAS 1993. 85 hal.
- Sethi, C.L. and H.S. Gaur. 1990. Population dynamics of plant parasitic nematodes in relation to cropping systems. p. 223 – 262. *In* S.K. Saxena, M.W. Khan. A Rashid, R.M. Khan (ed.). *Progress in plant nematology.* CBS Publishers and Distribution Pvt, Ltd.

- Sitaramiah, K. 1990. Mechanism of reduction of plant parasitic of nematodes in soils amended with organic materials. p: 263 – 295
In . S.K. Saxena, M.W. Khan, A Rashid, R.M. Khan (ed). Progress in plant nematology CBS Publishers and Distribution Pvt, Ltd.
- s' Jacob, J.J. and J.V. Bezooijen. 1971. A manual for practical work in nematology. Wageningen, 1971. 66 pp.
- Spears, J.F. 1968. "The golden nematode handbook : survey, laboratory, control, and quarantine procedure." USDA Agriculture Handbook. No. 353.
- Stone, A.R. 1973a. *Heterodera pallida* n. Sp. (Nematoda : *Heteroderidae*), a second species of potato cyst nematode. *Nematologica* 18 : 591 – 606
- _____. 1973b. CIH descriptions of plant parasitic nematodes. Commonwealth, Agricultural Bureaux, Set 2, 17 : 2.
- Tan, K. H. 1965. The andosols in Indonesia. Metting on the classification and correlation of soils from volcanic ash. FAO Report 14 : 30 – 35.
- Taylor A.L., J.N. Sasser and L.A. Nelson. 1982. Relationship of climate and soil characteristics to geographical distribution of *Meloidogyne* species in agricultural soils. A coop.Publ.Dept.Plant Path. And the USAID, N.C. State Univ. Graphics : 63 pp.
- Winslow, R.D and R.J. Willis. 1972. Nematode disease of potatoes II. Potato cysts nematode, *Heterodera rostochiensis*. p. 18 – 34. *In* J. Webster (ed.). Economic Nematology.. Academic Press. New York.

MONOGRAFI YANG TELAH DITERBITKAN OLEH BALITSA

- Monografi No. 1, 1996 Rampai - rampai Kangkung (*Anna L.H. Dibiyantoro*)
- Monografi No. 2, 1996 Pembentukan Hibrida Cabai (*Yenni Kusandriani*)
- Monografi No. 3, 1996 Teknik Perbanyak Kentang Secara Cepat (*Sudjoko Sahat dan Iteu M. Hidayat*)
- Monografi No. 4, 1996 Bayam : Sayuran Penyangga Petani di Indonesia (*A. Widjaja W. Hadiseganda*)
- Monografi No. 5, 1996 Varietas Bawang Merah di Indonesia (*Sartono Putrasamedja dan Suwandi*)
- Monografi No. 6, 1997 Metode Wawancara Kelompok Petani : Kegunaan dan Aplikasinya dalam Penelitian Sosial-Ekonomi Tanaman Sayuran (*Rofik Sinung Basuki*)
- Monografi No. 7, 1997 Budidaya Bawang Putih di Dataran Tinggi (*Yusdar Hilman, A. Hidayat, dan Suwandi*)
- Monografi No. 8, 1997 Pengeringan Cabai (*Nur Hartuti dan R.M. Sinaga*)
- Monografi No. 9, 1998 Irigasi Tetes pada Budidaya Cabai (*Agus Sumarna*)
- Monografi No.10, 1998 Pestisida Selektif Untuk Menanggulangi OPT pada Tanaman Cabai (*Euis Suryaningsih dan Laksmiawati Prabaningrum*)
- Monografi No.11, 1998 Thrips pada Tanaman Sayuran (*Anna L.H. Dibiyantoro*)
- Monografi No.12, 1998 Kripik Kentang, Salah satu Diversifikasi Produk (*Nur Hartuti dan R.M. Sinaga*)
- Monografi No.13, 1998 Aneka Makanan Indonesia dari Kentang (*Nur Hartuti dan Enung Murtiningsih*)
- Monografi No.14, 1998 *Liriomyza* sp. Hama Baru pada Tanaman Kentang (*Wiwin Setiawati*)
- Monografi No.15, 1998 SeNPV, Insektisida Mikroba Untuk Mengendalikan Hama Ulat Bawang, *Spodoptera exigua* (*Tonny K. Moekasan*)
- Monografi No.16, 1998 Pemasaran Bawang Merah dan Cabai (*Thomas Agoes Soetiarso*)
- Monografi No.17, 1998 Perbaikan Kualitas Sayuran Berdasarkan Preferensi Konsumen (*Mieke Ameriana*)

MONOGRAFI YANG TELAH DITERBITKAN OLEH BALITSA :

Monografi No. 18, 1998

**Pengendalian Hama Penggerek Umbi/ Daun Kentang
(*Phthorimaea operculella* Zell.) dengan Menggunakan Insektisida
Mikroba Granulosis Virus (PoGV)**

(W. Setiawati, R.E. Soeriaatmadja, T. Rubiati, dan E. Chujoy)

Monografi No. 19, 2000/ 2005

Penerapan PHT pada Sistem Tanam Tumpanggilir Bawang Merah dan Cabai
(Tonny K. Moekasan, Laksmiawati Prabaningrum, dan Meitha Lussia Ratnawati)

Monografi No. 20, 2000

**Biji Botani Kentang (True Potato Seed = TPS) :
Bahan Alternatif dalam Penanaman Kentang**

(Nikardi Gunadi)

Monografi No. 21, 2000/ 2005

Penerapan Teknologi PHT pada Tanaman Kubis
(Sudarwohadi Sastrosiswojo, Tinny S. Uhan, dan Rachmat Sutarya)

Monografi No. 22, 2000

**Stat-RIV 2.0, Program Komputer Pengolah Data Analisis Probit
dan Petunjuk Penggunaannya**

(Tonny K. Moekasan dan Laksmiawati Prabaningrum)

Monografi No. 23, 2001

Penerapan Teknologi PHT pada Tanaman Tomat
(Wiwin Setiawati, Ineu Sulastrini, dan Neni Gunaeni)

Monografi No. 24, 2004

**Pemanfaatan Musuh Alami dalam Pengendalian Hayati Hama
pada Tanaman Sayuran**

(Wiwin Setiawati, Tinny S. Uhan, dan Bagus K. Udiarto)

Monografi No. 25, 2004

Mengenal Sayuran Indijenes
(Suryadi dan Kusmana)

Monografi No. 26, 2004

**Pestisida Botani untuk Mengendalikan Hama dan Penyakit
pada Tanaman Sayuran**

(Euis Suryaningsih dan Widjaja W. Hadisoeganda)

Monografi No. 27, 2005

Budiadaya Tanaman Sayuran dengan Sistem Hidroponik
(Rini Rosliani dan Nani Sumarni)

Monografi No. 28, 2006

Penerapan Teknologi PHT pada Tanaman Kentang
(Ati Srie Duriat, Oni Setiani Gunawan, dan Neni Gunaeni)

Monografi No. 29, 2006

**Nematoda Sista Kentang : Kerugian, Deteksi, Biogeografi, dan
Pengendalian Nematoda Terpadu**

(A. Widjaja W. Hadisoeganda)