

Genetika Ketahanan Tanaman Kenaf Terhadap Nematoda Patogen

Parnidi, Lita Soetopo², Damanhuri², dan Marjani

1. Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jln. Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang 65152
2. Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya
E-mail: nikicro@yahoo.co.id

Diterima: 29 Juli 2019; direvisi: 2 Nopember 2019; disetujui: 27 Nopember 2019

ABSTRAK

Nematoda puru akar merupakan salah satu nematoda parasit pada tanaman yang menyerang akar tanaman. Penurunan hasil pertanian diseluruh dunia akibat gangguan nematoda patogen mencapai 19-67%. Penggunaan tanaman resisten terhadap nematoda merupakan cara pengendalian yang efektif untuk menekan kepadatan populasi nematoda dan membatasi kerusakan, sehingga dapat menekan kehilangan hasil tanaman. Tulisan ini merupakan tinjauan yang membahas genetika ketahanan tanaman kenaf terhadap nematoda patogen. Untuk mengetahui ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit tidak dapat terlepas dari pola pewarisan ketahanan genetik dari tanaman itu sendiri. Pola pewarisan sifat ketahanan suatu varietas terhadap nematoda puru akar, tipe ketahanan, mekanisme ketahanan, dan sumber ketahanan genetik perlu diketahui sebelum memulai program perbaikan ketahanan tanaman. Pola pewarisan genetik atau heritabilitas merupakan parameter yang menggambarkan daya waris individu kepada keturunannya atau derajat kemiripan diantara keduanya untuk sifat tertentu dalam menganalisis pengaruh genetik dan lingkungan terhadap kemiripan tersebut. Pola pewarisan ketahanan genetik tanaman terhadap nematoda puru akar bersifat monogenik sederhana, oligogenik atau bahkan poligenik. Jumlah gen pengendali sifat ketahanan tanaman terhadap nematoda patogen berkisar antara satu hingga empat gen. Ketahanan tanaman kenaf terhadap nematoda patogen yang dikendalikan oleh gen monogenik adalah sebesar 52%, oligenik sebesar 28% dan sebesar 20% dikendalikan oleh gen poligenik. Ketahanan tanaman kenaf terhadap nematoda *Meloidogyne* sp. dikendalikan oleh gen monogenik yang bersifat dominan.

Kata Kunci: heritabilitas genetik, kenaf, nematoda patogen.

Genetic Resistance of Kenaf to Root-knot Nematode

ABSTRACT

Root-knot nematode is one of the parasitic nematodes in plants that attack plant roots. Decline in agricultural yields worldwide due to pathogenic nematode infection reaches 19–67%. The use of plants resistant to nematodes is an effective control method to reduce the population density of nematodes and limit damage, so as to reduce the loss of crop yield. This paper is a review that discusses the genetic of kenaf resistance to pathogenic nematodes. To find out the resistance of plants to pests and diseases can not be separated from the inheritance patterns of genetic resistance of the plants themselves. The inheritance pattern of a variety's resistance characteristics to root-knot nematodes, the type of resistance, the mechanism of resistance, and the source of genetic resistance need to be known before starting a plant resistance improvement program. The pattern of genetic inheritance or heritability is a parameter that describes an individual's inheritance to his offspring or the degree of similarity between the two for certain traits in analyzing genetic and environmental influences on these similarities. The pattern of inheritance of plant genetic resistance to root purebred nematodes is simple, oligogenic or even polygenic. The number of genes controlling the nature of plant resistance to pathogen nematodes ranges from one to four genes. The resistance of kenaf plants to pathogenic nematodes controlled by monogenic genes is 52%, oligenic is 28% and 20% is controlled by

polygenic genes. The resistance of kenaf plants to *Meloidogyne* sp. nematodes is controlled by dominant monogenic genes.

Keywords: genetic heritability, kenaf, pathogenic nematode

PENDAHULUAN

Kenaf merupakan tanaman penghasil serat yang diperoleh dari batangnya dengan cara perendaman dan penyesetan. Salah satu kendala dalam pengembangan tanaman kenaf adalah adanya infeksi nematoda patogen yang menyerang pada akar. Gejala infeksi nematoda patogen pada tanaman kenaf beragam dan seringkali bersifat tidak spesifik. Gejala tanaman yang terinfeksi nematoda patogen adalah pertumbuhan terhambat, layu, terdapat puru pada akar dan rentan terhadap patogen lain (Tahery et al., 2011a; Tahery et al., 2011b). Kerusakan tanaman kenaf akibat infeksi nematoda meningkat seiring dengan peningkatan jumlah nematoda yang menginfeksi jaringan akar.

Menurut Tahery et al., (2011b) menyatakan bahwa tinggi tanaman, diameter batang, bobot batang dan akar kenaf mengalami pengurangan pada populasi nematoda 5000/500 cm³ tanah. Hasil penelitian Dalmadiyo et al. (1989) menyatakan bahwa kerapatan populasi awal 40 juvenil/100 ml tanah mampu menurunkan produksi kenaf. Zhang & Noe (1996) menyatakan bahwa pemberian *Meloidogyne incognita* dan *M. arenaria* dengan kerapatan populasi 10.000 telur/tanaman pada tanaman kenaf menyebabkan terjadinya penurunan tinggi tanaman sebesar 25%, penurunan diameter batang sebesar 19% dan penurunan berat kering tajuk sebesar 65%. Tahery et al., (2011b) menambahkan bahwa kepadatan populasi nematoda di tanah menyebabkan terjadinya penurunan produksi tanaman kenaf hingga 32%–67%.

Beberapa metode pengendalian yang dapat dilakukan untuk mengendalikan nematoda patogen pada kenaf diantaranya adalah penggunaan nematisida kimia, rotasi tanaman dan penggunaan tanaman yang

resisten. Penggunaan nematisida kimia dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dan kesehatan manusia karena toksisitasnya yang tinggi, sehingga saat ini penggunaan nematisida dibatasi. Pengendalian dengan rotasi tanaman bukan inang atau tanaman antagonis terhadap nematoda merupakan praktek pengendalian yang paling efektif, namun untuk melakukan rotasi yang efektif bukan hal yang mudah karena membutuhkan waktu yang lama, keterbatasan lahan serta sulitnya mendapatkan tanaman bukan inang yang bernilai ekonomi tinggi karena beragamnya tanaman inang nematoda khususnya nematoda puru akar (Yulianti & Supriyono, 2009).

Penggunaan varietas kenaf resisten terhadap nematoda merupakan cara pengendalian yang efektif untuk menekan kepadatan populasi nematoda dan membatasi ambang kerusakan, sehingga mampu menekan kehilangan hasil kenaf. Akan tetapi, hingga saat ini informasi varietas tanaman kenaf yang tahan terhadap nematoda masih terbatas. Kajian tentang penggunaan tanaman tahan terhadap nematoda telah dilakukan diantaranya pada tanaman kedelai dan kapas. Penggunaan tanaman kedelai tahan terhadap *H. glycines* yang ditumbuhkan pada tanah yang terinfeksi mampu memproduksi kedelai lebih tinggi 10–50% dibandingkan dengan penggunaan tanaman rentan (Barker et al., 1998). Sementara itu, kehilangan produksi kapas akibat penggunaan varietas rentan mencapai 65% dibandingkan dengan penggunaan varietas yang tahan terhadap nematoda *Meloidogyne incognita* (Alves et al., 2017).

Pola pewarisan sifat ketahanan terhadap hama dan penyakit, tipe ketahanan, mekanisme ketahanan, dan sumber ketahanan genetik perlu diketahui sebelum memulai program perakitan varietas untuk memperbaiki sifat

ketahanan tanaman kenaf. Dengan mengetahui pola pewarisan sifat ketahanan maka program pemuliaan kenaf akan lebih mudah dan terarah. Beberapa penelitian tentang pola pewarisan sifat ketahanan tanaman terhadap nematoda patogen telah dilakukan. Pola pewarisan sifat ketahanan tanaman terhadap nematoda diduga bersifat monogenik dan poligenik (Simons, 1993). Gen-gen yang menentukan pola pewarisan sifat ketahanan tersebut diduga bersifat dominan sebagian, dominan penuh atau resesif (Allard, 1960). Berdasarkan latar belakang tersebut dalam tinjauan ini akan membahas genetika ketahanan tanaman kenaf terhadap nematoda patogen.

MEKANISME KETAHANAN TANAMAN TERHADAP PATOGEN

Secara alamiah tanaman memiliki mekanisme ketahanan tertentu terhadap patogen. Tanpa memiliki mekanisme ketahanan tertentu maka tanaman akan mengalami penularan berat oleh patogen. Mekanisme ketahanan yang dimaksud ialah mekanisme ketahanan yang diatur secara genetik oleh gen, sehingga mekanisme ketahanan tersebut dapat diwariskan kepada keturunannya. Perkembangan gen ketahanan pada tanaman merupakan hasil koevolusi antara inang dengan patogen yang telah berlangsung lama (Rahim et al., 2012). Menurut Muhuria (2003); Sutopo (2012); Nugrahaeni (2015); Yuliani & Rohaeni (2017) menyatakan bahwa ketahanan tanaman bersifat (1) genik, yaitu sifat tahan yang diatur oleh sifat genetik yang dapat diwariskan, (2) morfologik, yaitu sifat tahan karena sifat morfologi tanaman yang tidak menguntungkan bagi hama/patogen, dan (3) kimiawi, yaitu sifat tahan karena zat kimia yang dihasilkan tanaman.

Berdasarkan susunan dan sifat gen, ketahanan genetik dapat dibedakan menjadi: (1) monogenik, yaitu sifat tahan yang diatur oleh satu gen dominan atau resesif, (2)

oligogenik, yaitu sifat tahan yang diatur oleh beberapa gen yang saling menguatkan, dan (3) poligenik, yaitu sifat tahan yang diatur oleh banyak gen yang saling menambah dan masing-masing gen memberikan reaksi yang berbeda sehingga timbul ketahanan dengan spektrum luas. Ketahanan genetik dibedakan menjadi beberapa tipe: (1) vertikal, yaitu bersifat sangat tahan namun mudah patah (menjadi tidak tahan) oleh munculnya biotipe/patotipe baru patogen, (2) horizontal, yaitu memiliki tingkat ketahanan dengan status "agak tahan", dan (3) ganda atau multilini, yaitu campuran beberapa galur dengan komponennya masing-masing memiliki fenotipe yang sama namun gen yang berbeda memiliki ketahanan terhadap beberapa jenis hama/patogen (Sutopo, 2012; Shodiq, 2009).

Ketahanan vertikal terdapat pada varietas tanaman yang memiliki ketahanan terhadap satu atau beberapa ras patogen dan bersifat mengurangi inokulum awal yang bersifat infeksi dari patogen sehingga mengurangi tingkat keparahan penyakit. Ketahanan horizontal terjadi apabila tanaman inang memiliki tingkat efektifitas yang sama terhadap semua ras patogen dan memiliki daya kerja yang dapat menurunkan epidemi setelah terjadi perkembangan patogen. Varietas dengan ketahanan vertikal mudah patah sehingga perlu diupayakan melepas varietas yang memiliki ketahanan horizontal atau ketahanan ganda (*multiple resistance*) atau multilini sebagai suatu upaya untuk mengurangi kepekaan genetik yang biasa dialami oleh varietas dengan ketahanan vertikal (Sutopo, 2012; Sodik, 2009; Muhuria 2003). Penanaman varietas yang memiliki ketahanan horizontal diharapkan dapat mengurangi kepatahan akibat patogen. Pendekatan genetik dan patologis dalam perakitan varietas dengan ketahanan horizontal berperan penting dalam mengurangi kerusakan tanaman akibat patahnya ketahanan vertikal yang dihasilkan oleh keragaman tingkat patogenisitas bakteri patogen. Seperti pada ketahanan horizontal,

ketahanan poligenik juga terjadi jika tanaman inang memiliki efektif yang sama terhadap semua ras patogen dan memiliki daya kerja yang dapat menurunkan epidemi setelah terjadi perkembangan patogen.

Penanaman varietas yang memiliki ketahanan horizontal diharapkan dapat mengurangi kerusakan akibat patogen. Ketahanan sering dikendalikan secara poligenik dan perbedaan antara tanaman tahan dengan tanaman rentan dalam populasi bersegregasi tidak jelas. Dalam hal ini, wujud penampilan ketahanan merupakan ragam kontinu dengan perubahan perbedaan ketahanan yang kecil. Namun, varietas yang memiliki resistensi poligenik (resistensi lapangan) mampu memelihara interaksi hama/penyakit secara mantap (Shodiq, 2009; Alves et al., 2017).

Selain itu perlu pula dipelajari hubungan fisiologis dan ultrastruktur tanaman dengan inang parasit (Fitriyanti et al., 2009). Aspek fisiologis berperan dalam perkembangan patogen dan ketahanan tanaman. Wijayanti et al., (2016) menyatakan bahwa tanaman kenaf tahan terhadap nematoda *Meloidogyne incognita* menghasilkan fenol pada akar yang lebih tinggi dibanding tanaman kenaf yang rentan. Hasil penelitian Fitriyanti et al., (2009) menunjukkan bahwa pada tanaman kentang yang memiliki ketahanan terhadap nematoda sista kuning memiliki asam klorogenat pada akar yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang tidak tahan.

HERITABILITAS KETAHANAN

Heritabilitas atau pewarisan genetik sifat ketahanan tanaman kenaf terhadap hama dan penyakit, tipe ketahanan, mekanisme ketahanan, dan sumber ketahanan genetik perlu diketahui sebelum memulai program perbaikan ketahanan tanaman. Heritabilitas merupakan parameter yang menggambarkan daya waris individu kepada keturunannya atau derajat kemiripan diantara keduanya untuk sifat tertentu dalam menganalisis pengaruh genetik dan lingkungan terhadap kemiripan

tersebut (Syukur et al., 2015; Yuliani & Rohaeni, 2017).

NILAI DUGA HERITABILITAS

Untuk meningkatkan efektivitas seleksi terhadap suatu karakter diperlukan parameter yang dapat menjelaskan perbedaan antar individu yang disebabkan oleh perbedaan genetik. Parameter tersebut ialah nilai duga heritabilitas yang merupakan proporsi varian genetik terhadap varian fenotipe dalam suatu populasi biologis (Yuliani & Rohaeni, 2017). Heritabilitas terbagi menjadi dua, yakni heritabilitas arti sempit (*narrow-sense heritability*, h^2) dan heritabilitas arti luas (*broad-sense heritability* - H^2). Respon seleksi dan nilai korelasi antarkarakter dipengaruhi oleh heritabilitas arti sempit (h^2) (Syukur et al., 2015). Nilai heritabilitas arti sempit merupakan proporsi dari keragaman gen aditif yang diturunkan dan relatif dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan memberikan perkiraan akurat dalam proses seleksi. Nilai duga heritabilitas rendah jika $H^2_{bs} < 20\%$, sedang jika $20\% < H^2_{bs} < 50\%$, dan tinggi jika $H^2_{bs} > 50\%$ (Saputra et al., 2014; Syukur et al., 2015; Sidiq, 2016). Informasi ini dapat membantu dalam perencanaan perakitan varietas tahan.

Nilai heritabilitas yang tinggi berperan penting dalam meningkatkan efektivitas seleksi. Jika karakter memiliki heritabilitas tinggi maka seleksi dapat berlangsung efektif dan dapat dilakukan pada generasi awal karena pengaruh lingkungan relatif kecil, sehingga faktor genetik lebih dominan (Lestari et al., 2012; Syukur et al., 2015). Menurut Daradjat et al., (2009), semakin banyak varietas yang beradaptasi baik pada lingkungan tertentu semakin meningkat variabilitas genetik tanaman. Kondisi ini mampu memperkecil tekanan seleksi terhadap hama dan atau penyakit tanaman yang secara tidak langsung juga memperkecil peluang munculnya biotipe hama dan atau strain penyakit yang baru.

Faktor yang mempengaruhi nilai duga heritabilitas ialah ragam genetik, ragam ling-

kungan, ragam interaksi k dengan lingkungan (G x E), dan tipe persilangan. Karakter yang dipengaruhi oleh aksi gen aditif akan memiliki nilai duga heritabilitas yang tinggi, sedangkan apabila karakter dikendalikan oleh aksi gen nonaditif maka nilai duga heritabilitas akan rendah. Pengaruh lingkungan dan interaksi G x E berdampak negatif terhadap nilai heritabilitas (Suwanto & Nasrullah 2011; Syukur et al., 2015). Dengan demikian, semakin tinggi ragam lingkungan dan ragam interaksi G x E akan semakin kecil nilai heritabilitas. Selain itu, pada beberapa tanaman resiprokal juga berpengaruh terhadap heritabilitas.

TINDAK GEN SIFAT KETAHANAN KENAF TERHADAP NEMATODA

Ketahanan genetik tanaman terhadap hama atau penyakit dapat diwariskan sebagai sifat monogenik sederhana dengan gen-gen penentunya mungkin dominan sebagian atau sempurna ataupun resesif. Pewarisan sifat monogenik/oligogenik mengikuti pola pewarisan sifat gen-gen mayor maka seringkali disebut juga ketahanan gen mayor (Sutopo, 2012). Ketahanan yang dikendalikan oleh satu atau beberapa gen mayor, gen-gen tersebut mempunyai efek nyata, seringkali dominan atau hipersensitif, biasanya spesifik patotipe. Menurut beberapa penelitian, menyatakan bahwa jumlah gen yang mengendalikan sifat ketahanan tanaman terhadap nematoda patogen berkisar antara satu hingga empat gen (Fery & Dukes, 1996; Cervigni et al., 2007; Zhang et al., 2007; Shrestha et al., 2012). Boerma & Hussey (1995) menyatakan bahwa sifat ketahanan tanaman terhadap nematoda patogen dikendalikan oleh gen monogenik sebesar 52%, oligogenik sebesar 28% dan sebesar 20% dikendalikan oleh gen poligenik. Menurut Falusi (2008) dan Wilson & Menzel (1967) menyatakan bahwa tindak gen yang mengatur mekanisme sifat ketahanan tanaman kenaf terhadap nematoda *Meloidogyne* sp dikendalikan oleh gen monogenik dengan aksi gen dominan.

SUMBER GEN DAN PERBAIKAN KETAHANAN KENAF TERHADAP NEMATODA

Tanaman kenaf pada umumnya memiliki ketahanan yang rentan sampai dengan sangat rentan terhadap nematoda. Hasil pengujian terhadap koleksi plasma nutfah dan varietas unggul kenaf menunjukkan sifat ketahanan agak tahan, rentan hingga sangat rentan terhadap nematoda patogen (Setyo-Budi et al., 2009; Yulianti & Supriyono, 2009; Supriyono & Suhara, 2007; Supriyono & Hidayah, 2004). Untuk menghasilkan tanaman yang memiliki ketahanan terhadap nematoda dapat dilakukan melalui persilangan intra-spesifik ataupun interspesifik dengan tanaman yang memiliki gen ketahanan terhadap nematoda.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kerabat dekat kenaf yang memiliki ketahanan terhadap nematoda adalah *H.sabdariffa*, *H. acetocella* dan *H. radiatus* (Hartati, 2004; Falusi, 2008; Setyo-Budi et al., 2009; Satya et al., 2013; Satya et al., 2015). Hibridisasi interspesifik pada *Hibiscus* sp. telah lama diupayakan oleh para pemulia untuk menghasilkan tanaman hibrid yang memiliki potensi serat tinggi dan tahan terhadap lingkungan biotik maupun abiotik yang kurang menguntungkan (Ahmad et al., 2018). Beberapa penelitian untuk perbaikan ketahanan varietas kenaf terhadap nematoda patogen telah dilakukan, di antaranya dilakukan oleh Setyo-Budi et al., (2009). Setyo-Budi et al., (2009) melaporkan bahwa generasi F1 hasil persilangan *H. radiatus* x *H. cannabinus* memiliki ketahanan terhadap nematoda dilahan endemik nematoda menunjukkan tanaman tetap terserang oleh nematoda. Hasil penelitian Aurangzeb (1996) menyatakan bahwa populasi F3 hasil persilangan *H. acetocella* x F1 (*H. radiatus* x *H.cannabinus*) merupakan tanaman yang tahan terhadap nematoda dan tanaman tidak bercabang.

KESIMPULAN

Nematoda patogen mengganggu tanaman dengan merusak bagian tanaman baik, akar, batang maupun daun. Gejala tanaman yang terinfeksi nematoda adalah pertumbuhan terhambat, layu, terdapat puru pada akar dan rentan terhadap patogen lain. Secara alamiah tanaman memiliki kemampuan untuk bertahan terhadap patogen. Tanpa memiliki sifat ketahanan maka tanaman akan mengalami penularan berat oleh patogen. Ketahanan alamiah merupakan ketahanan tanaman yang dikendalikan secara genetik, sehingga sifat ketahanannya akan diwariskan kepada keturunannya. Sifat ketahanan tanaman kenaf terhadap nematoda patogen dikendalikan oleh satu sampai dengan beberapa gen mayor dominan sebagian sampai dengan dominan penuh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih Prof. Ir. Nurindah, PhD. dan Dr. Titiek Yulianti atas saran dan masukannya dalam penulisan review ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, B. A. Raina and S. Khan, 2018. Impact of biotic and abiotic stress on plants and their responses. Disease resistance in crop plants. molecular, genetic and genomic perspectives. Editor: Shabir Hussain Wani. Springer Nature Switzerland . pp: 1-20 ISBN. 978-3-030-20727-4.
- Allard, R.W. 1960. Principles of plant breeding. John Wiley and Son, Inc. New York. p: 336.
- Alves. G. C.S. V.H.S. Barbosa. M. Giband. P.A.V. Barroso. F. Rodrigues & M.R. da Rocha. 2017. Inheritance of resistance to *Meloidogyne incognita* race 3 in cotton accession TX 25. Acta Scientiarum Agronomy.39 (3):331–337.
- Aurangzeb, S.1996. Progress and prospects of interspecific hybridization in *Corchorus* and *Hibiscus*. Proceeding of the Regional Training Course on Jute and breeding (project of IJO)" di Bangladesh Jute Research Institute, Dhaka, 3–5 Agustus 1996.
- Barker K.R. Pederson, G.A. Windham G.L., eds. 1998. Plant and nematode interactions. American Society of Agronomy. Medison USA. p. 771.
- Boerma, H.R., and Hussey, R.S. 1995. Breeding Plants for Resistance to Nematodes. J. Nematology 24(2):242–252.
- Cervigni, G.D.L., Schuster, I., Sedyama, C.S. Barros, E.G.D. & Moreira, M.A., 2007. Inheritance pattern and selection criteria for resistance to soybean cyst nematode races 3 and 9. Pesq Agrop Brasileira. 42:1413–1419.
- Dalmadiyo, G.N. Pusposendjojo & B. Rahayu T.P. 1989. Pengaruh kerapatan populasi awal Nematoda Puru akar (*Meloidogyne* spp.) terhadap pertumbuhan dan hasil Tanaman Kenaf (*H. cannabinus* L.). J. Berkala Penelitian Pasca Sarjana (Seri B) 2(1): 165-175. <http://i-lib.ugm.ac.id/jurnal/detail.php?dataId=195>.
- Daradjat, A.A., S. Silitonga & Nafisah. 2009. Ketersediaan plasma nutfah untuk perbaikan varietas padi. Dalam Padi "Inovasi Teknologi dan Ketahanan Pangan". Daradjat A.A., A. Setyono, A.K. Makarim, dan A. Hasanuddin (Editor). Buku 2. P: 1–27.
- Davis, R.F. & Stefina, S.R. 2016. Resistance and tolerance to nematodes in cotton In. R. Galbieri and J.L. Belot (Ed). Nematoides fitoparasitas do algodoeiro nos cerrados brasileiros: Biologia e medidas de controle. Editoes.Rafael GalBieri e Jean Louis Belot. Mato Grosso, MT: IMAMT. Pp: 166-243.ISBN. ISBN. 978-85-66457-10-0
- Falusi. O.A. 2008. Inheritance of characters in kenaf (*H. cannabinus* L.). short communication. African Journal of Biotechnology vol 7 (7):904–906.
- Fery R.I. & Dukes, P.D., 1996. The inheritance of resistance to the southern root-knot nematode in "Carolina Hot" Cayenne pepper. J. Am Soc Hortic Sci. 121:1024–1027.
- Fitriyanti, D. Mulyadi & Sumardiyono, C. 2009. Mekanisme ketahanan kentang (*solanum tuberosum*) terhadap nematoda sista kuning(*globodera rostochiensis*). J. HPT Tropika. 9(1):46–53.
- Hartati, Rr. S. 2004. Penggunaan *colchicine* dalam penggandaan kromosom hasil hibridisasi interspesifik pada *Hibiscus* sp. untuk mengatasi sterilisasi F1. Tesis. Program studi

- Ilmu Tanaman. Program Pascasarjana Univ. Brawijaya Malang.
- Lestari, A.P., E. Lubis, Supartopo & Suwarno. 2012. Heritabilitas dan korelasi berbagai karakter galur-galur harapan padi gogo. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Padi "Inovasi Teknologi Padi Mengantisipasi Cekaman Lingkungan Biotik dan Abiotik. Buku 2. p: 371–379. Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Muhuria, L. 2003. Strategi perakitan gen-gen ketahanan terhadap hama. Pengantar Falsafah Sains. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor. p: 19. http://www.rudict.com/PPS702-ipb/07134/la_muhuria.pdf.
- Nugrahaeni, N. 2015. Pemuliaan kacang tanah untuk ketahanan terhadap cekaman biotik. Penyunting. Astanto Kasno *et al.* Kacang Tanah. Monograf Balitkabi No.13-2015: pp: 94–113. ISBN. 978-602-95497-7-5.
- Yulianti, T. & Supriyono, 2009. Penyakit tanaman kenaf dan pengendaliannya. In Sulistyowati *et al.* (Eds). Kenaf: Monograf Balittas. Pp.93-105. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang.
- Rahim, A., A.R. Khaeruni dan M. Taufik. 2012. Reaksi ketahanan beberapa varietas padi komersial terhadap patotipe *Xanthomonas oryzae pv. oryzae* isolat sulawesi tenggara. Berkala Penelitian Agronomi 1(2):132–138.
- Saputra, H.E. M. Syukur & S.I. Aisyah. 2014. Pendugaan daya gabung dan heritabilitas komponen hasil tomat pada persilangan dialel penuh. *J. Agron Indonesia*. 42(3):202–209.
- Satya, P. & Mridul Chakraborti. 2015. Development and utilization of DNA markers for genetic improvement of bast fibre crops. Application of Molecular Markers in Plant Genome Analysis and Breeding. Editor: Ksenija Taški-Ajduković. Kerala. India. pp: 119–142. ISBN: 978-81-308-0560-3.
- Satya, P. Maya Karan. C.S. Kar. Jiban Mitra. D. Sarkar. P.G. Karmar. M.K. Sinha & B.S. Mahapatra. 2013. Development and molecular characterization of interspecific hybrid of *Hibiscus cannabinus* and *H. radiatus*. *J. Plant Breeding*. 12:343–349.
- Supriyono & Hidayah, N. 2004. Evaluasi ketahanan aksesori kenaf terhadap nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp.). Laporan Hasil Penelitian. Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat Malang.
- Supriyono & Suhara, C. 2008. Evaluasi ketahanan plasma nutfah kenaf dan kerabatnya terhadap *Fusarium* sp. dan nematoda puru akar (*Meloidogyne* spp). Laporan Hasil Penelitian. Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat Malang.
- Syukur. M.S. Sujiprihati & R. Yuniarti. 2015. Teknik Pemuliaan Tanaman. Institut Pertanian Bogor.
- Setyo-Budi, U., Sudjindro & R.D. Purwati. 2009. Variasi ketahanan genotipe kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) terhadap nematoda puru akar (*Meloidogyne incognita*), *Jurnal Littri* 15(2):60–65.
- Shrestha, S. Kumar, R, Behera, T.K. Sharma, H.K. 2012. Inheritance of resistance to root-knot nematode (*M. incognita* race 1) in tomato (*S. lycopersicum* L.) Pusa 120. *J.Hortic Sci Biotechnol*. 87:211–216.
- Sidiq, A. F. 2016. Pendugaan parameter genetik dan seleksi karakter kuantitatif cabai rawit (*capsicum annum* L.) populasi F3. Thesis. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor: 1–75.
- Simons, P.C. 1993. Plant nematode inter-actions. *Plant Molecular Biology*, 23:917–931.
- Sodiq, M. 2009. Ketahanan Tanaman Terhadap Hama. Penerbit: UPN Press. Surabaya. p. 80. ISBN. 978-979-3100-53-1.
- Sutopo, 2012. Pemuliaan ketahanan genetik tanaman terhadap faktor biotik, Malang. UB press. pp. 20–25.
- Suwarto & Nasrullah. 2011. Genotype x environment interaction for iron concentration of rice in Central Java of Indonesia. *Rice Science* 18:75–78.
- Tahery, Y., Aini, N.A., Abdul-Hamid, H., Puad, N.A., and B. Norlia., 2011a. Status of root knot nematode disease on kenaf cultivated on bris soil in kuala terengganu, Malaysia. *J. World Appl. Sci.* 15 (11):1537–1546.
- Tahery, Y., Aini, N.A., Abdul-Hamid, H., Puad, N.A., and B. Norlia., 2011b. Effect of root knot nematode on growth and agronomic traits of *Hibiscus cannabinus* L. varieties. *J. World Appl. Sci.* 15 (9):1287–1295.
- Wijayanti, K.S., B.T. Rahardjo & T. Himawan. 2016. Pengaruh PGPR terhadap penekanan populasi nematoda puru akar (*Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) chitwood) pada tanaman

- kenaf. *Buletin Tanaman Tembakau, serat dan Minyak Industri* 8(1):30–39.
- Wilson F.D. & Menzel, M.Y. 1967. Interspecific hybrids between kenaf (*Hibiscus cannabinus*) and roselle (*H. sabdariffa*). *Euphytica* 16 (1):33–44.
- Yuliani, D & W.R. Rohaeni. 2017. Heritabilitas, sumber gen, dan durabilitas ketahanan varietas padi terhadap penyakit hawar daun bakteri. *J. Litbang Pertanian* 36(2):99–108.
- Yulianti, T., dan Supriyono, 2009. Penyakit tanaman kenaf dan pengendaliannya. In Sulistyowati *et al.* (Eds). *Kenaf: Monograf Balittas*. p. 93–105. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang.
- Zhang, J.F. Waddell, C. Sengupta-Gopalan, C. Potenza, C. Cantrell R.G. 2007. Diallel analysis of root-knot nematode resistance based on galling index in upland cotton. *Plant Breed* 126:164–168.