

# STATUS PEMULIAAN TANAMAN KEDELAI TAHAN PENYAKIT KARAT DAUN

Gatut Wahyu Anggoro Susanto

Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian

## ABSTRAK

Penyakit karat merusak tanaman kedelai sejak daun pertama sampai menjelang panen, menyebabkan penurunan hasil biji hingga 80%. Penanaman varietas tahan merupakan salah satu alternatif dalam menekan penurunan hasil akibat penyakit karat daun tersebut. Terdapat tiga hal penting dalam pemuliaan tanaman kedelai tahan penyakit karat daun, yaitu 1) hasil penelitian menunjukkan bahwa cara pewarisan sifat ketahanan penyakit karat daun pada kedelai dikendalikan secara genetik, 2) sebagian besar referensi menunjukkan adanya gen kendali monogenik sehingga dapat diterapkan metode seleksi pedigri atau silang balik, 3) pemuliaan ketahanan penyakit karat memiliki harapan yang besar karena sumber ketahanan, pola pewarisan, dan metode seleksi yang tepat telah diketahui.

**Kata kunci:** Kedelai, pemuliaan, penyakit karat

## ABSTRACT

**Soybean Breeding Status of Resistance for Leaf Rust Disease.** Soybean rust disease damage soybean plant started from first leave stage until late harvest, resulting in decreased grain yield by 80%. Planting resistant varieties is one of the alternatives in suppressing grain yield decrease due to leaf rust disease are three important things in soybean breeding for leaf rust disease resistance, namely; 1) research result that inheritance of leaf rust disease resistance in soybean is genetically controlled, 2) most those references reported dominant monogenic control which mean that breeding method with pedigree selection and backcrossing can be applied, 3) soybean rust disease resistance breeding have great expectations since source genes are available, inheritance mode and the right selection method have been determined.

**Keywords:** Soybean, breeding, rust disease.

## PENDAHULUAN

Penyakit karat adalah penyakit daun kedelai yang disebabkan oleh jamur *Phakopsora pachyrhizi* sydow (Semangun 1991), yang merupakan penyakit utama kedelai dan selalu terdapat pada berbagai ekosistem. Penyakit karat pada tanaman kedelai pertama kali dilaporkan awal tahun 1900 di belahan bumi bagian timur, dan terdapat dua spesies yaitu *P. pachyrhizi* dan *P. Meibomiae* (Sweets *et al.* 2007). Spesies *P. pachyrhizi* dilaporkan merusak tanaman kedelai di Indonesia pada tahun 1960 (Yang 1991), namun pada waktu itu tidak berdampak terhadap penurunan hasil.

Gejala awal penyakit karat sudah terlihat pada daun pertama kedelai (APHIS 2007). Penyakit ini mampu menurunkan produksi kedelai, bahkan intensitas penularannya di Asia mencapai 80% (Sweets *et al.* 2007). Sudjono *et al.* (1993)

bahkan melaporkan bahwa penyakit karat daun mampu menurunkan produksi kedelai hingga 90%. Penyakit karat daun kedelai umumnya dikendalikan secara kimiawi, namun juga melalui pengaturan waktu tanam, sanitasi, dan penggunaan varietas tahan. Penggunaan varietas tahan merupakan cara yang paling mudah dan bebas dari pencemaran lingkungan. Hingga saat ini di Indonesia belum tersedia varietas tahan penyakit karat daun.

Untuk mendapatkan varietas tahan penyakit karat daun diperlukan langkah-langkah dan prosedur pemuliaan tanaman. Salah satu metode yang dapat dilakukan adalah melalui program pemuliaan konvensional. Bromfield dan Hartwig (1980); Mc Lean dan Byth (1980); Hartwig dan Bromfield (1983); dan Kiryowa *et al.* (2008) menyatakan bahwa sifat tahan tanaman kedelai terhadap penyakit karat daun dikendalikan secara genetik. Ketahanan genetik tanaman terhadap suatu penyakit dapat diwariskan (Allard 1960), sehingga terdapat peluang dalam perakitan varietas unggul kedelai tahan penyakit karat daun.

Program perbaikan ketahanan tanaman kedelai terhadap penyakit karat diarahkan kepada penemuan varietas tahan penyakit karat. Dalam program tersebut, informasi penting yang perlu diketahui antara lain adalah tipe ketahanan tanaman, sumber ketahanan genetik, dan kajian tentang karakter ketahanan tanaman kedelai terhadap penyakit karat daun yang diperlukan dalam program perakitan varietas tahan.

## KETAHANAN TERHADAP PENYAKIT KARAT

Ketahanan genetik tanaman terhadap penyakit dapat dibedakan menjadi ketahanan vertikal atau spesifik dan ketahanan horizontal atau nir spesifik. Tipe ketahanan vertikal atau spesifik (ketahanan gen mayor atau ketahanan oligogenik) dikendalikan oleh gen tunggal (monogenik) atau beberapa gen (oligogenik) dan seringkali hanya efektif terhadap beberapa jenis ras fisiologis patogen, tetapi tidak memiliki ketahanan terhadap ras lainnya. Selain itu, bahwa sifat ketahanan ini dapat menunda awal terjadinya epidemi ras tertentu, namun apabila terjadi epidemi dengan tingkat kenaikan penularan penyakit lebih tinggi dari sebelumnya tidak berbeda dengan kultivar yang rentan (Van der Plank 1963 dalam Sutopo dan Saleh 1992). Konsekuensi dari adanya pengendali gen tunggal terhadap penyakit karat antara lain sebagai berikut:

- a) Relatif mudah diidentifikasi dan banyak dipakai dalam program perbaikan ketahanan genetik.
- b) Ketahanan vertikal atau spesifik biasanya dikaitkan dengan hipotesis gen for gen dari Flor.
- c) Menghasilkan ketahanan genetik tingkat tinggi, tidak jarang mencapai immunitas. Jika timbul strain patogen baru yang lebih virulen, maka tipe ketahanan vertikal mudah dipatahkan dan biasanya tanaman kemudian akan menjadi sangat rentan terhadap strain patogen baru tersebut.

Tipe ketahanan horizontal atau nir spesifik disebut juga tipe ketahanan kuantitatif, karena cara kerjanya adalah dengan mengurangi atau memperlambat pengaruh infeksi dan kolonisasi serta produksi inokulum pada tanaman

inang. Tanaman yang memiliki ketahanan horisontal masih menunjukkan sedikit kepekaan terhadap penyakit, tetapi mampu memperlambat laju perkembangan epidemi. Varietas dengan tipe ketahanan tersebut tidak memiliki ketahanan penuh terhadap penyakit. Secara teoritis, ketahanan horizontal efektif terhadap semua jenis strain atau ras patogen tertentu. Oleh karena itu, ketahannya sulit dipatahkan meskipun muncul strain/ras baru yang lebih virulen. Meskipun demikian masih terbuka kemungkinan, cepat atau lambat ketahanan tersebut akan patah apabila muncul ras baru yang lebih virulen (Sutopo dan Saleh 1992).

Mc Intosh *et al.* (1997), Kolmer dan Liu (2002), dan Ahamed *et al.* (2004) mengkaji genetika ketahanan tanaman gandum terhadap penyakit karat daun dan diketahui bahwa karakter ketahanannya dikendalikan secara genetik. Ketahanan genetik tanaman terhadap penyakit dapat diwariskan sebagai sifat monogenik sederhana dengan gen-gen penentunya, mungkin dominan sebagian atau penuh atau resesif (Allard 1960). Pada tanaman kedelai, ketahanan tanaman terhadap penyakit karat dikendalikan oleh gen tunggal bersifat dominan sempurna (Kiryowa, 2008). Metode persilangan antara dua tetua yang berbeda dapat menghasilkan kesimpulan yang berbeda, seperti halnya pada gen pengendali penyakit karat. Menurut Calvo (2008), ketahanan tanaman terhadap penyakit karat dikendalikan oleh gen tunggal bersifat resesif.

Pada banyak kasus terdapat gen-gen minor atau modifier yang ikut serta bekerja bersama dengan gen major dalam menentukan sifat ketahanan pada tanaman (Hooker 1967 dalam Sutopo dan Saleh 1992). Ketahanan genetik tanaman mungkin pula bersifat kompleks dan dikendalikan oleh beberapa atau banyak gen dan dikenal sebagai pola pewarisan oligogenik atau poligenik (Simons 1972 dalam Sutopo dan Saleh 1992). Dalam pewarisan ketahanan penyakit karat, pendugaan efek aditif dan dominan ternyata berperan penting dalam menentukan ketahanan tanaman kedelai terhadap penyakit karat daun (Kiryowa *et al.* 2008), sehingga pemilihan sifat ketahanan tanaman terhadap penyakit karat daun lebih efektif dibanding bila sifat tersebut terdapat efek epistasis.

## SUMBER KETAHANAN PENYAKIT KARAT DAUN

Program peningkatan varietas tahan penyakit karat daun pada tanaman kedelai memerlukan tersedianya sumber genetik tahan. Menurut Borojevic (1990), terdapat tiga konsep dalam memilih bahan tetua persilangan, yaitu (1) konsep varietas, dengan asumsi bahwa kombinasi karakter yang diinginkan dapat terhimpun pada varietas yang diinginkan; (2) konsep karakter, menitikberatkan pada pemahaman tentang karakter yang akan dihimpun pada varietas yang diinginkan; (3) konsep gen, yaitu mendasarkan pemahanan tentang konstitusi genetik karakter yang akan dituju. Kasno *dkk.* (1999) dan Chahal dan Gosal (2002) mengemukakan bahwa penilaian tetua-tetua materi persilangan dapat dilakukan melalui analisis dialel, yang merupakan rancangan genetik dari suatu perkawinan beberapa tetua dengan menggunakan daya gabung sebagai kriteria.

Identifikasi tanaman kedelai terhadap penyakit karat di Indonesia masih terbatas. Hasil pengujian di luar negeri menghasilkan tiga asesi kedelai, yaitu

PI200492, Tainung 3 dan Tainung 4 yang diidentifikasi tahan terhadap penyakit karat daun (McLean dan Byth 1980). Lebih lanjut, diperoleh varietas Kawi yang menunjukkan reaksi tahan penyakit karat daun (Yang 1991). Berdasarkan skrining, Sudjono *et al.* (1993) memperoleh lima genotipe yang berreaksi tahan terhadap penyakit karat daun, yaitu Petek, Mojosari, No. 29, No. 986, dan No. 862. Di antara genotipe yang diuji ketahanannya terhadap penyakit karat daun terdapat dua varietas, yaitu Kawi dan Petek yang telah dilepas sebagai varietas unggul.

## METODE SELEKSI

Akibat tekanan faktor alam, patogen penyebab penyakit tanaman kadang memiliki kemampuan untuk berubah secara genetik dengan menghasilkan ras-ras baru yang lebih ganas. Kemampuan efektif suatu varietas baru yang tahan terhadap suatu penyakit bergantung pada sumber genetik dari ketahanan yang digunakan, kemampuan patogen untuk menghasilkan ras yang lebih ganas, dan keadaan lingkungan tempat tanaman tumbuh. Ciri penting dari ketahanan genetik adalah kestabilannya supaya potensi produktivitas dapat tercapai. Supaya ketahanan genetik mempunyai nilai yang berarti dalam pengendalian penyakit tanaman, maka ketahanan genetik tersebut harus dapat memberikan perlindungan yang baik dan menyeluruh dari kemungkinan kerusakan yang dapat diakibatkan oleh penyakit. Suatu varietas tanaman yang tahan penyakit seharusnya mampu menunjukkan potensi daya hasil, baik pada saat ada atau tidak adanya penyakit. Ketahanan terhadap penyakit dapat bervariasi dari ketahanan yang tidak nyata sampai imun (kebal). Apabila tidak ditemukan ketahanan yang tinggi terhadap suatu penyakit, sering digunakan ketahanan yang bersifat sedang atau toleran (Sutopo dan Saleh 1992).

Ketahanan tanaman terhadap penyakit karat bersifat dominan dan dikendalikan oleh gen tunggal. Dalam keadaan demikian, metode pemuliaan dengan cara pedigree atau silang balik dapat diterapkan (Sumarno 1992; Kolmer dan Liu 2002). Apabila ketahanan terhadap penyakit ditentukan oleh banyak gen yang bersifat aditif (saling menguatkan) maka menurut Sumarno (1992) teknik penerapannya dengan cara seleksi berulang (*recurrent selection*). Seleksi bertujuan untuk memisahkan genotipe yang memiliki sifat yang diinginkan dengan genotipe yang memiliki sifat yang tidak diinginkan. Apabila tetua yang digunakan berupa varietas yang sifat agronomisnya inferior (kurang baik, tidak adaptif, jenis liar), maka silang balik dengan menggunakan tetua *recurrent* varietas unggul dapat dianjurkan (Sumarno 1992).

Selain itu, prosedur pemuliaan paling efisien dalam pemilihan genotipe yang superior pada tanaman menyerbuk sendiri, seperti tanaman kedelai, bergantung pada varian genetik aditif dari sifat yang diinginkan. Dalam pewarisan sifat ketahanan tanaman kedelai terhadap penyakit karat diketahui kontribusi variasi lingkungan berperan lebih besar dibandingkan dengan variasi genetik (Kiryowa *et al.* 2008). Dengan demikian, dalam seleksi populasi segregasi sebaiknya dilakukan pada generasi lanjut ( $F_4$  atau  $F_5$ ) atau cara bulk atau seleksi massa. Apabila cara penularan penyakit dilakukan secara alamiah di lapangan tanpa

inokulasi buatan, akan lebih tepat bila seleksi dilakukan dengan cara bulk atau massa. Apabila gen tersebut memiliki heritabilitas tinggi dan jelas terlihat, metode pedigree dapat diterapkan (Sumarno 1991).

Untuk menduga penyebab variasi yang muncul, apakah pewarisan karakter ketahanan tanaman kedelai dikendalikan oleh faktor genetik atau karena perbedaan lingkungan, maka dapat diduga dengan nilai heritabilitas. Menurut Kearsey dan Pooni (1996) apabila memenuhi metode perhitungannya maka pendugaan heritabilitas dalam arti sempit dapat diterapkan, yang merupakan salah satu dasar prosedur pemuliaan tanaman yang digunakan untuk menduga seberapa besar varian aditif atau sifat yang diturunkan dibanding varian fenotipe atau faktor lingkungannya. Pendugaan nilai heritabilitas dalam populasi bersegregasi dapat menggambarkan kemampuan tanaman ke arah perbaikan karakter melalui kegiatan seleksi tanaman sehingga dapat berjalan dengan efektif, mudah, dan hemat biaya.

Nilai duga heritabilitas yang tinggi berdampak pada kemajuan seleksi yang tinggi pula. Hal ini mengindikasikan adanya peran gen aditif. Nilai harapan kemajuan genetik bertujuan untuk menduga berapa besar pertambahan nilai sifat tahan tanaman akibat seleksi dari nilai rata-rata populasi. Populasi tanaman hasil persilangan dimana faktor varian aditif sebagian besar berperan menyusun keragaman genetik, maka pemulia tanaman dapat membuat perencanaan perakitan varietas yang diinginkan dengan jalan mengumpulkan alel-alel yang baik pengaruhnya ke dalam suatu tanaman. Peranan nilai varian aditif yang lebih besar daripada komponen genetik lainnya, maka harapan kemajuan genetik yang tinggi diharapkan dapat memperbaiki rata-rata populasi.

## HASIL PEMULIAAN TANAMAN TAHAN PENYAKIT KARAT

Pengkajian genetik untuk karakter penyakit karat belum banyak dilakukan di Indonesia. Sementara Sudjono *et al.* (1993) menyebutkan bahwa genotipe No. 986 memiliki ketahanan terhadap penyakit karat dan dikendalikan oleh dua gen (digenik). Di luar negeri, McLean dan Byth (1980) melaporkan genotipe PI200492 dan Tainung 3 memiliki sifat ketahanan dengan gen tunggal yang bersifat dominan, sedangkan Tainung 4 mengandung dua gen ketahanan yang bersifat dominan terhadap penyakit karat daun. Hartwig (1986); McLean dan Byth (1980); AVRDC (1990); dan Kiryowa *et al.* (2008) mengemukakan bahwa sifat tahan tanaman kedelai terhadap penyakit karat daun dikendalikan oleh satu gen, yang bersifat dominan. Menurut Welsh (1991) dan Murti *et al.* (2004), jika suatu karakter dikendalikan oleh satu gen dominan maka karakter tersebut dikendalikan pada satu lokus dua alel per lokus dan terjadi interaksi antar alel pada lokus yang sama (intralokus), sehingga sifat tersebut mengikuti segregasi Mendel dengan nisbah 3 : 1. Karakter yang dikendalikan dua lokus oleh dua alel pada setiap lokus, apabila terdapat interaksi epistasis dominan akan menghasilkan segregasi fenotipe 12:3:1. Perbedaan penelaahan sifat tahan tanaman kedelai dimungkinkan karena materi atau tetua berbeda dan gen pengendalinya diduga juga berbeda. Hal tersebut juga dikemukakan oleh Bromfield dan Hartwig (1980); Hartwig dan Bromfield (1983); dan Hartwig (1986).

## METODE PEMULIAAN SIFAT KETAHANAN PENYAKIT

Untuk mempertimbangkan metode pemuliaan sifat ketahanan penyakit tergantung pada berbagai hal (pemulia, sarana, tempat, biaya, dan waktu), yang penting cara yang dipilih harus efektif dan efisien sehingga tujuan untuk mendapatkan karakter yang diinginkan dapat diperoleh dengan prosedur pemuliaan yang benar. Sumarno (1992) mengemukakan bahwa secara prinsip prosedur pemuliaan tanaman untuk ketahanan penting memperhatikan hal-hal berikut:

1. Pola pewarisan sifat tahan penyakit apakah monogenik, oligogenik atau poligenik.
2. Cara pembiakan tanaman, dalam hal ini kedelai merupakan tanaman menyerbuk sendiri.
3. Sifat unggul salah satu tetua. Sifat-sifat unggul tanaman dipertahankan untuk mendapatkan varietas unggul.
4. Adaptasi dan sifat agronomis tetua yang menjadi sumber gen ketahanan.
5. Aksi gen dari gen-gen penentu ketahanan penyakit.
6. Heritabilitas dan keragaan gen penentu ketahanan.
7. Teknik penularan penyakit dan cara skrining.
8. Keinginan dan preferensi pemulia. Dengan mempertimbangkan berbagai hal, peneliti akan memiliki preferensi yang berbeda-beda, dan dapat dibenarkan asal cara yang dipilih benar-benar efektif dan efisien.

Menurut Sumarno (1992), dalam pelaksanaan program pemuliaan ketahanan perlu memperhatikan hal-hal berikut:

- Akibat penularannya pada tanaman menyebabkan penurunan hasil
- Cara pengendalian masih mengandalkan pestisida
- Bioekologi penyakit terhadap tanaman harus diketahui secara jelas
- Tersedianya sumber gen ketahanan
- Cara penilaian dan seleksi dapat dilakukan secara praktis
- Tersedia fasilitas, sarana, dana, dan tenaga peneliti
- Sifat tahan pada tanaman yang diperoleh tidak dibarengi sifat negatif lain

Dalam pelaksanaan program pemuliaan kedelai tahan penyakit karat pada masa yang akan datang masih perlu telaahan lebih mendalam, terutama sumber gen tahan. Belum diperolehnya kriteria seleksi sebagai sifat tahan pada tanaman menyebabkan kesulitan dalam pemilihan genotipe-genotipe. Untuk itu program pemuliaan ketahanan tersebut harus dilakukan secara terus menerus dan berkesinambungan.

## KESIMPULAN

Terdapat tiga hal penting dalam pemuliaan tanaman kedelai tahan penyakit karat daun, yaitu:

1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cara pewarisan sifat ketahanan penyakit karat daun pada kedelai dikendalikan secara genetik,

2. Sebagian besar referensi menunjukkan adanya gen kendali monogenik sehingga dapat diterapkan metode seleksi pedigree atau silang balik
3. Pemuliaan ketahanan penyakit karat memiliki harapan yang besar karena sumber ketahanan, pola pewarisan, dan metode seleksi yang tepat telah diketahui.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allard, R.W. 1960. *Dasar-dasar Pemuliaan Tanaman*. Diterjemahkan oleh Manna dan Mulyani Tahun 1988. Rineka Bina Aksara. Jakarta.
- APHIS. 2007. Animal and Plant Health Inspection Service. [www.aphis.usda.gov/.../detection4.htm](http://www.aphis.usda.gov/.../detection4.htm). 15 Februari 2007.
- AVRDC. 1990. Breeding for soybean rust tolerance. 1990. Progress Report AVRDC. Shanhua, Tainan. P. 87–89.
- Borojevic, S. 1990. *Principles and Methods of Plant Breeding*. Elsevier Science Pub. Co. Inc.
- Bromfield, K.R. and Hartwig, E.E. 1980. Resistance to soybean rust and mode of resistance. *Crop Sci.* 20: 254–255.
- Calvo, E.S., Romeu A.S. Kiihl, A. Garcia, A. Harada and D.M. Hiromoto. 2008. Two Major Recessive Soybean Genes Conferring Soybean Rust Resistance. *Crop Sci.* 48:1350–1354.
- Chahal, G.S. and S.S. Gosal. 2002. Principles and procedures of plant breeding: assesment of general combining ability. *Alpha Sci. Int. Ltd.* p. 339–341
- Frederick, R. 2007. U.S. Department of Agriculture (USDA). Agricultural Research Service, United States. <http://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=1265016>. 16 Februari 2007.
- Hartwig, E.E. 1986. Identification of a fourth gene conferring resistance to soybean rust. *Crop Sci.* 26: 1135 – 1136.
- Hartwig, E.E. and K.R. Bromfield. 1983. Relationship among three genes conferring specific resistance to rust in soybeans. *Crop Sci.* 23:237–239
- Kasno, A., Trustinah dan Moedjiono. 1999. Pemilihan tetua kacang panjang melalui silang dialel dan pendugaan parameter genetik. *Edisi Khusus Balitkabi Malang. Puslitbangtan.* 16:306–320.
- Kearsey, J.M., and S.H. Pooni,. 1996. *The Genetical Analysis of Quantitative Traits*. 1st Ed. Chapman and Hall. Boundary Row, London, UK.
- Kiryowa, M, P. Tukamuhabwa and E. Adipala. 2008. Genetic analysis of resistance to soybean rust disease. *African Crop Science Journal.* 16 (3):211–217
- Kolmer, J. A and J. Q. Liu. 2002. Inheritance of leaf rust resistance in the wheat cultivar AC Majestic, AC Splendor, and AC Karma. *Can. J. Pathol.* 24: 327–331.
- Lal Ahamed, M., S.S. Singh, J.B. Sharma, and R.B. Ram. 2004. Evaluation of inheritance to leaf rust in wheat using area under disease progress curve. *Hereditas.*141(3):323–7.<http://www.ihop-net.org/UniPub/iHOP/pm/427819.html?pmid=15703050>. 16 Februari 2007.

- McIntosh, R.A, P.L. Dyck and G.J. Green. 1977. Inheritance of leaf rust and stem rust resistances in wheat cultivars Agent and Agatha. *Green Australian Journal of Agricultural Research*. 28(1) 37–45. <http://www.publish.csiro.au/paper/AR9800951.htm>. 16 Februari 2007.
- McLean, R.J., and D.E. Byth . 1980. Inheritance of resistance to rust in soybean. *Australian Journal of Agricultural Research*. 31(5): 951–956. <http://www.publish.csiro.au/paper/AR9800951.htm>. 15 Februari 2007.
- Miles, M.R., R.D. Frederick, and G.L. Hartman. 2007. Soybean Rust. <http://www.soybeanrust.org/historyanddistribution.htm>. 16 Februari 2007.
- Murti, R.H., T. Kumiawati dan Nasrullah. 2004. Pola pewarisan karakter buah tomat. *Zuriat*. 15(2):140 – 149.
- Patzoldt, M.E., R.K. Tyagi, T. Hymowitz, M.R. Miles, G.L. Hartman and R.D. Frederick. 2007. Soybean rust resistance derived from *Glycine tomentella* in amphiploid hybrid lines. *Crop Sci*. 47 : 158–161. <http://www.invasive.org/browse/detail.cfm?imgnum=1265014>. 16 Februari 2007.
- Semangun, H. 1991. Penyakit-penyakit tanaman pangan di Indonesia. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 449 Hal.
- Sudjono, M.S., M. Amir, dan R. Martoatmodjo. 1993. Penyakit kedelai dan penanggulangannya. *Dalam Kedelai*. (S. Somaatmadja, M. Ismunaji, Sumarno, M. Syam, S.O. Manurung dan Yuswadi (Penyunting)). Puslibangtan. Bogor. Hal. 331–355.
- Sumarno. 1992. Pemuliaan untuk ketahanan terhadap hama. Makalah Balittan Malang No. 91–27. Disampaikan pada Simposium Pemuliaan Tanaman I. Malang 27–28 Agustus 1991. Balittan Malang.
- Sutopo, L dan N. Saleh. 1992. Pemuliaan untuk ketahanan terhadap penyakit. Makalah Balittan Malang No. 91–27. Disampaikan pada Simposium Pemuliaan Tanaman I. Malang 27–28 Agustus 1991. Balittan Malang.
- Sweets, L.E., A. Wrather and S. Wright. 2007. Soybean Rust. U.S. Department of Agriculture (USDA). [muextension.missouri.edu/.../crops/g04442.htm](http://muextension.missouri.edu/.../crops/g04442.htm). 15 Februari 2007.
- Welsh, J.R. 1991. Dasar- Dasar Genetika dan Pemuliaan Tanaman. Diterjemahkan oleh Moge. Erlangga. Jakarta. 224 Hlm.
- Yang, C.Y. 1991. Soybean rust cause by *Phakapsora pachyrhizi*. Paper presented at the First Soybean Rust workshop held March 21–27, 1991 in Wuhan, Hubei, China