

## **Ketahanan Beberapa Varietas Padi Lokal terhadap Virus Tungro Isolat Muara**

### **Resistance of Several Local Rice Varieties to Isolate Tungro Virus from Muara**

**Reymas Ruimassa<sup>1\*</sup>, Ifa Manzila<sup>2</sup>, I Gede Rai Maya Temaja<sup>3</sup>, I Made Sudana<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universitas Papua, Manokwari 98312

<sup>2</sup>Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor 16111

<sup>3</sup>Universitas Udayana, Bali 80234

#### **ABSTRAK**

Penyakit tungro merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman padi karena menimbulkan gejala tanaman kerdil dan mampu menyebabkan kehilangan hasil yang nyata. Penanaman varietas tahan merupakan strategi pengendalian yang direkomendasikan untuk mengatasi penyakit tungro. Penelitian dilakukan untuk mencari sumber ketahanan genetik dari varietas padi lokal yang dapat digunakan dalam perakitan varietas tahan penyakit tungro. Percobaan disusun dalam rancangan penelitian deskriptif dengan teknik observasi. Observasi dilakukan terhadap 16 varietas padi lokal dengan setiap varietas terdiri atas 30 tanaman contoh sehingga jumlah keseluruhan tanaman yang digunakan sebanyak 480 tanaman. Isolat virus tungro dari pertanaman padi di Muara, Bogor diinokulasikan ke tanaman uji melalui serangga vektor wereng hijau (*Nephotettix virescens*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketahanan varietas lokal bervariasi berdasarkan nilai indeks penyakit, insidensi penyakit dan penyusutan tinggi tanaman. Varietas TN1 merupakan varietas pembanding dengan reaksi rentan, sedangkan varietas padi lokal dibedakan atas tahan ('Utri Merah'), moderat ('Karau', 'Bekongan', 'Bujang Berinai', 'Srogel Abang', 'Pulut Garu', 'Randu Kisaran', 'Siredep', 'Katimpung', 'Pulut Sawijan', 'Dube'), moderat cenderung rentan ('Blumbungan', 'Tjere bandung', 'Sempor') dan rentan ('Rumbai'). Semua varietas dapat terinfeksi (insidensi penyakit 27–76%), tetapi indeks keparahan penyakit sangat bervariasi (3–7). Semakin berat keparahan penyakit menyebabkan penyusutan tinggi tanaman semakin tinggi. 'Srogel Abang' merupakan varietas yang bermanfaat untuk perakitan varietas padi unggul tahan penyakit tungro karena bersifat moderat dengan persentase penyusutan tinggi tanaman yang rendah (36%) sehingga produktivitas tanaman masih dapat dipertahankan.

Kata kunci: indeks penyakit, insidensi penyakit, penyusutan tinggi tanaman, tanaman kerdil, wereng hijau

#### **ABSTRACT**

Tungro disease is one of the important diseases in rice because it causes stunted plants and may induce significant yield losses. Planting resistant varieties is a recommended control strategy to overcome tungro disease. The research was conducted to find sources of genetic resistance from local rice varieties that can be used in breeding of tungro disease resistant varieties. The experiment was arranged in a descriptive research design with observational techniques. Observations were made on 16 local rice varieties with each variety consisting of 30 sample plants so that the number of plants used was 480 plants. The isolate of tungro virus collected from rice field in Muara, Bogor was inoculated to

\*Alamat penulis korespondensi: Laboratorium Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Papua. Jalan Gunung Salju Amban, Manokwari, Papua Barat, 98312.  
Tel: 082197773707, Surel: reinhardruimassa78@gmail.com

the test plants through the insect vector, green leafhopper (*Nephotettix virescens*). The results showed that the resistance of local varieties varied based on the value of disease index, disease incidence and plant height reduction. 'TN1' was the check susceptible variety against tungro virus, while the local rice varieties were differentiated into resistant ('Utri Merah'), moderate ('Karau', 'Bekongan', 'Bujang Bernai', 'Srogel Abang', 'Pulut Garu', 'Randu Range', 'Siredep', 'Katimpung', 'Pulut Sawijan', 'Dube'), moderate tend to be susceptible ('Blumbungan', 'Tjere bandung', 'Sempor') and susceptible ('Rumbai'). All varieties can be infected (disease incidence 27 – 76%), but disease severity varies greatly (3–7). The more severe the disease, the higher the plant height reduction. 'Srogel Abang' is a variety that is useful for breeding rice varieties resistant to tungro disease because it showed moderate response with a low percentage of plant height reduction (36%) so that plant productivity can still be maintained.

Keywords: disease incidence, disease index, green leafhopper, plant height reduction, stunted plant

## PENDAHULUAN

Penyakit tungro disebabkan oleh interaksi dua spesies virus yang tidak memiliki hubungan kekerabatan, yaitu *Rice tungro bacilliform virus* (RTBV) anggota famili Caulimoviridae dan *Rice tungro spherical virus* (RTSV) anggota famili Sequiviridae (Choi 2008; Macovei *et al.* 2018; Senoaji *et al.* 2021). Penyakit tungro berpotensi merugikan tanaman padi di kawasan Asia Tenggara dan Asia Selatan termasuk Indonesia. Hidayat *et al.* (2016) melaporkan insidensi penyakit tungro berkisar antara 10% dan 100% pada varietas padi yang umum dibudidayakan di Indonesia. Pengendalian penyakit tungro menggunakan varietas tahan merupakan cara pengendalian yang sering direkomendasikan. Penggunaan padi varietas tahan dapat mengurangi infeksi penyakit tungro antara 80% dan 100% (Rosida *et al.* 2020b).

Padi varietas tahan seperti 'Bundoyudo', 'Kalimas', dan 'Tukad Unda' termasuk varietas tahan penyakit tungro, tetapi Suprihanto *et al.* (2010) melaporkan indeks penyakit yang tinggi pada varietas-varietas tersebut dengan insidensi penyakit berkisar antara 50% dan 100%. Respons varietas tahan berubah menjadi tidak tahan dapat disebabkan oleh virus maupun serangga vektornya sangat mudah beradaptasi terhadap mekanisme ketahanan padi yang baru (Rosida *et al.* 2020b).

Padi varietas "Utri Merah" merupakan jenis padi merah yang bersifat toleran terhadap RTBV, tahan terhadap RTSV dan

telah digunakan sebagai salah satu sumber ketahanan dalam perakitan varietas padi di International Rice Research Institute (IRRI)-Filipina. Namun demikian, varietas-varietas yang berpotensi sebagai penyumbang genetik tahan penyakit tungro perlu terus dicari karena kemampuan virus membentuk galur baru untuk melanjutkan patogenisitasnya (Lindbo dan Falk 2017). Varietas spesifik lokasi sangat berpotensi untuk dikembangkan menjadi varietas tahan tungro atau digunakan sebagai sumber ketahanan (Ladja dan Widiarta 2012; Caguiat 2020). Oleh karena itu, penelitian dilakukan untuk mengevaluasi respons beberapa varietas padi lokal terhadap virus tungro.

## BAHAN DAN METODE

### Perbanyak Wereng Hijau (*Nephotettix virescens*)

Wereng hijau diperbanyak dalam kotak-kotak pemeliharaan berukuran 50 cm × 50 cm × 50 cm, yang terbuat dari kain kasa. Wereng daun tersebut diberi pakan berupa tanaman padi berumur 14 hari untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangannya. Wereng daun yang digunakan dipelihara pada kotak-kotak pemeliharaan yang sebelumnya sudah diisi dengan pakan, diinkubasikan selama kira-kira empat sampai lima generasi. Hal ini bertujuan mengadaptasikan wereng daun pada kondisi baru, yaitu di dalam kotak pemeliharaan dan menjaga ketersediaan wereng daun selama proses pemurnian. Dari populasi wereng daun tersebut diambil sepasang jantan dan betina,

dimasukkan ke dalam kotak steril yang baru, dan dikembangkan sampai jumlahnya memenuhi yang dibutuhkan. Wereng daun jantan dan betina dapat dibedakan berdasarkan ukuran tubuhnya, yaitu wereng daun jantan bertubuh kecil sedangkan wereng daun betina bertubuh besar (Supriyadi dan Wijayanti 2010).

### Perbanyak Tanaman Padi Sumber Inokulum Virus

Isolat virus diambil dari Desa Muara, Kabupaten Bogor. Tanaman padi yang menunjukkan gejala tungro dicabut beserta akar dan tanah sawahnya, dimasukkan ke dalam ember-ember, dipelihara dan diperbanyak. Perbanyak virus sumber inokulum dilakukan pada varietas TN1 yang berumur lebih dari 30 hari setelah tanam dengan cara penularan melalui wereng hijau. Tanaman yang telah menunjukkan gejala penyakit tungro dipelihara untuk digunakan pada pengujian varietas.

### Penularan Virus pada Tanaman Uji

Sebanyak 16 varietas padi lokal yang digunakan ialah 'Srogel Abang', 'Blumbungan', 'Tjere Bandung', 'Bekongan', 'Katimpung', 'Randah Kisaran', 'Siredep', 'Pulut Sawijan', 'Pulut Garu', 'Sempor', 'Bujang Berinai', 'Rumbai', 'Dube', 'Karau', 'Utri Merah', dan 'Taichung Native 1' (TN1). Varietas uji ditumbuhkan di dalam kotak kurungan kedap serangga untuk menghindari terjadinya kontaminasi oleh penyakit tungro ataupun virus padi lainnya. Penularan virus dilakukan pada bibit padi berumur 14 hari.

Tahap penularan virus diawali dengan memberikan wereng hijau periode makan akuisisi pada tanaman sumber inokulum selama 72 jam atau selama tiga hari berturut-turut. Setelah itu, wereng hijau dipindahkan ke dalam tabung reaksi yang telah berisi bibit padi dengan medium air. Di dalam masing-masing tabung reaksi diisi dengan dua bibit padi, dua ekor wereng hijau dengan periode makan inokulasi selama 24 jam. Setelah periode makan inokulasi, bibit padi dikeluarkan dari dalam tabung reaksi dan ditanam pada pot-pot dengan medium tanam lumpur sawah.

### Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada saat tanaman berumur 30 hari setelah tanam (HST) yang meliputi insidensi penyakit (IP), indeks keparahan penyakit (IKP), dan persentase penyusutan tinggi tanaman (PPTT). Data hasil pengamatan ditabulasi dengan program Excell versi 2016 dan dianalisis secara deskriptif.

Insidensi penyakit (IP) diukur menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$IP = \frac{n}{N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

IP, insidensi penyakit; n ialah jumlah tanaman terserang dan, N ialah jumlah seluruh tanaman uji yang diamati.

Indeks keparahan penyakit (IKP) ditentukan berdasarkan INGER (1996).

$$IKP = \frac{n(1)+n(3)+n(5)+n(7)+n(9)}{TN}, \text{ dengan}$$

n(1), n(3), n(5), n(7) dan, n(9) adalah jumlah tanaman yang menunjukkan gejala pada skala 1, 3, 5, 7, dan 9 sedangkan TN adalah jumlah tanaman yang diamati. Deskripsi gejala dengan tingkatan skala 1 sampai dengan 9 diuraikan pada Gambar 1 dan Tabel 1. Kategori ketahanan varietas padi ditentukan berdasarkan nilai IKP seperti diuraikan INGER (1996), yaitu resisten (IKP 0–3), moderat (IKP 4–6) dan rentan (IKP 7–9).

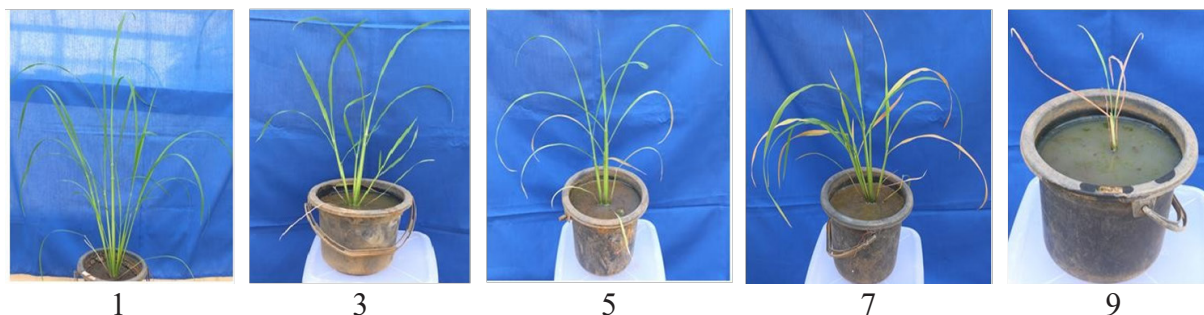
Tinggi tanaman diukur pada 30 HST dan persentase penghambatan tinggi tanaman (PPTT) diukur sebagai berikut:

$$PPTT = \frac{TTK - TTG}{TTK} \times 100\%, \text{ dengan}$$

TTK merupakan tinggi tanaman kontrol dan TTG adalah tinggi tanaman bergejala.

### HASIL

Pada umumnya gejala penyakit tungro muncul pada tanaman 7 HST atau 14 hari setelah inokulasi virus tungro. Gejala tersebut tidak muncul secara serentak, tetapi secara bertahap. Pertumbuhan tanaman terinfeksi mengalami penghambatan (kerdil) yang disusul dengan munculnya klorosis pada bagian daun muda dan gejala klorosis bertahan sampai daun tua (Gambar 2). Tingkatan



Gambar 1 Tingkatan gejala penyakit tungro padi dengan lima skala: skala 1, 3, 5, 7 dan 9.

Tabel 1 Nilai skala persentase penyusutan tinggi tanaman padi

Nilai skala	Penyusutan tinggi tanaman (%)	Keterangan
1	0	Tidak menunjukkan gejala
3	1–10	Kerdil, belum terjadi perubahan warna daun menguning sampai oranye secara jelas
5	11–30	Kerdil, belum terjadi perubahan warna daun menguning sampai oranye secara jelas
7	31–50	Kerdil, pada daun sudah terjadi perubahan warna daun berwarna kuning sampai oranye
9	>50	Kerdil, terjadi perubahan warna daun yaitu berwarna kuning sampai oranye

Sumber: INGER 1996

gejala penyakit tungro, skala 1 sampai 9, menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat indeks keparahan penyakit maka semakin rentan tanaman padi terhadap penyakit tungro. Pada skala 1 tanaman tidak menunjukkan gejala penyakit, mungkin tanaman sudah terinfeksi, tetapi tanpa gejala; sedangkan pada skala 9 tanaman menunjukkan gejala kematian (Gambar 1).

Indeks keparahan penyakit merupakan suatu variabel yang mengukur keparahan penyakit tungro pada tanaman tertentu. Selain sifat ketahanan tanaman, umur tanaman dapat berpengaruh terhadap keparahan penyakit. Pada kasus penyakit tungro, tingkat keparahan ditunjukkan oleh intensitas klorosis. Sebagai contoh, varietas ‘TN1’ menunjukkan klorosis berwarna oranye tua dengan IKP 7 pada 30 HSI; sedangkan pada varietas Utri Merah intensitas klorosisnya agak berbeda bukan oranye tetapi kuning muda atau kuning keputih-putihan dengan IKP 3 pada 30 HST (Tabel 2).

Insidensi penyakit menunjukkan kejadian penyakit tanaman dalam suatu populasi tertentu dalam suatu wilayah dan tidak



Gambar 2 Gejala penyakit tungro. a, Klorosis atau *chlorotic mottle* (←); dan b, Nekrosis (←).

berkaitan dengan nilai indeks penyakit. Insidensi penyakit pada varietas uji berkisar antara 27% dan 76% yang mengindikasikan bahwa secara umum varietas-varietas padi lokal memiliki kerentanan sangat tinggi terhadap virus tungro. ‘Utri Merah’ memiliki tingkat IP paling rendah (27%) dan tergolong varietas dengan sifat tahan terhadap virus tungro; sedangkan ‘TN1’ sebagai varietas



rujukan dengan sifat rentan terhadap virus tungro memiliki nilai IP paling tinggi (76%).

Penghambatan tinggi tanaman merupakan variabel yang berkaitan erat dengan indeks keparahan penyakit. Kedua-duanya terjadi dalam hubungan sebab akibat, yaitu keparahan penyakit tungro pada suatu tanaman padi akan berdampak terhadap kekerdilan tanaman tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa pada tingkat keparahan penyakit tungro yang tinggi maka varietas tersebut semakin kerdil; sebaliknya, semakin rendah tingkat keparahan penyakit maka tingkat kekerdilan juga semakin rendah. Varietas 'Utri Merah' memiliki nilai PTT dan IKP paling rendah, yaitu berturut-turut 28% dan 3; sedangkan varietas 'TN1' memiliki nilai PTT dan IKP paling tinggi, berturut-turut 65% dan 7. 'Srogel Abang' merupakan varietas yang bermanfaat untuk perakitan varietas padi unggul tahan penyakit tungro dengan PTT yang rendah (36%) sehingga produktivitas tanaman masih dapat dipertahankan.

Sifat ketahanan varietas padi lokal terhadap tungro didasarkan pada nilai IKP. Berdasarkan variabel tersebut, respons varietas padi yang diuji terhadap virus tungro dikelompokkan menjadi empat kategori, yaitu kelompok tahan

('Utri Merah'), kelompok moderat ('Karau', 'Bekongan', 'Bujang Berinai', 'Srogel Abang', 'Pulut Garu', 'Randu Kisaran', 'Siredep', 'Katimpung', 'Dube' dan 'Rumbai') dan kelompok rentan ('Blumbungan', 'Tjere Bandung', 'Pulut Sawijan', 'Sempor' dan 'TN1') (Tabel 2).

## PEMBAHASAN

Penyebaran penyakit tungro di persawahan ialah melalui wereng hijau *N. virescens* secara semi persisten. Srilatha *et al.* (2019) menjelaskan bahwa RTBV berperan pada pengembangan gejala tungro pada tanaman terinfeksi, sedangkan RTSV pada penyebaran penyakit dari satu tanaman ke tanaman lain. Gejala utama penyakit tungro ialah kerdil dan klorosis. Menurut Abbas (2020) gejala penyakit tungro dicirikan dengan perubahan warna daun dari hijau ke kuning oranye dan pertumbuhan tanaman yang kerdil, kemudian dengan seiring bertambahnya umur tanaman akan muncul bercak-bercak nekrotik pada daun. Lebih lanjut dijelaskan oleh Srilatha *et al.* (2019) bahwa pemunculan gejala disebabkan oleh gangguan pada beberapa komponen seperti biosintesis klorofil, dan karatenoid,

Tabel 2 Indeks keparahan penyakit (IKP), Insidensi penyakit (IP), Penyusutan tinggi tanaman (PTT) dan Respons 16 varietas padi terhadap penyakit tungro

Varietas	IKP (%)	IP (%)	PTT (%)	Respons tanaman
'Utri Merah'	3	27	28	Tahan
'Karau'	5	49	43	Moderat
'Bekongan'	6	59	54	Moderat
'Bujang Berinai'	5	57	45	Moderat
'Srogel Abang'	5	63	36	Moderat
'Pulut Garu'	6	63	44	Moderat
'Randu Kisaran'	5	47	44	Moderat
'Siredep'	6	50	40	Moderat
'Blumbungan'	7	73	51	Rentan
'Tjere Bandung'	7	59	53	Rentan
'Katimpung'	6	50	43	Moderat
'Pulut Sawijan'	7	63	50	Rentan
'Sempor'	7	63	50	Rentan
'Dube'	6	57	56	Moderat
'Rumbai'	6	62	50	Moderat
'TN1'	7	76	65	Rentan

mesin fotosintesis, homeostatis Fe/Zn dan gen-gen yang berperan menghasilkan enzim dalam metabolisme tanaman.

Perkembangan penyakit tungro ditentukan oleh empat faktor utama, yaitu virulensi galur virus tungro, kesesuaian kondisi lingkungan, kerentanan varietas padi, dan umur tanaman. Isolat virus yang digunakan pada penelitian ini berasal dari daerah Muara, Bogor, Jawa Barat. Menurut penelitian Suprihanto *et al.* (2013) isolat Jawa Barat merupakan isolat atau galur virus yang paling virulen jika dibandingkan dengan isolat dari Bali, Jawa Tengah, Jawa Timur, Kalimantan Selatan, Sulawesi Selatan dan Nusa Tenggara Barat.

Secara umum varietas padi lokal yang diuji merupakan varietas dengan sifat moderat dan rentan, walaupun satu varietas yaitu 'Utri Merah' terbukti memiliki sifat tahan. Abbas *et al.* (2020) dan Nihad *et al.* (2021) juga menggolongkan ketahanan padi terhadap penyakit tungro menjadi 3 kelompok, yaitu rentan, moderat tahan, dan tahan. Hasil penelitian Nihad *et al.* (2021) menunjukkan bahwa 'Utri Merah' merupakan salah satu varietas yang tergolong tahan berdasarkan analisis indeks keparahan penyakit dan jarak genotipnya dengan 44 varietas padi uji lainnya. Sifat ketahanan tanaman terhadap penyakit berkaitan dengan sifat genetik yang dimiliki oleh tanaman (Dey 2016; Rosida *et al.* 2020a). Muliadi *et al.* (2011) menyatakan bahwa sifat ketahanan galur padi OBSTG02-28 dikendalikan oleh gen mayor, yaitu dua gen komplementer yang terdapat di dalam lokus yang sama dan sifat ketahanan tersebut dapat diwariskan.

Salah satu faktor yang memicu timbulnya sifat ketahanan tanaman padi terhadap virus tungro ialah terjadinya integrasi fragmen sekuens RTBV ke dalam genom tanaman padi. *Rice tungro bacilliform virus* termasuk kelompok pararetrovirus yang mampu mengintegrasikan genomnya ke dalam genom inangnya melalui rekombinasi *non-homologous end joining* (Liu *et al.* 2012). Kehadiran *endogenous* virus tersebut diduga memicu dihasilkannya berbagai bahan fenolik pengendali virus tungro, di antaranya asam

salisilat. Senyawa asam salisilat tergolong aspartat protease dan dihasilkan melalui lintasan *aberrant growth and death2 (AGD2)-like defence response protein1*. Dilaporkan pula bahwa *AGD2-like defense response protein 1 (ALDI1)-dependent pipecolate pathway* menghasilkan suatu senyawa yang disebut pipecolic (Pip) yang berperan khusus dalam mengendalikan penyakit tanaman (Galili 2011; Yang dan Ludewig, 2014). Tidak adanya senyawa-senyawa tersebut menyebabkan penyakit tungro meningkat secara terus-menerus sejak tanaman terinfeksi. Lebih jauh Kumar dan Dasgupta (2021) menyatakan bahwa pada varietas yang tahan, senyawa-senyawa seperti *cellulosa synthase*, *expansins*, *glycosyl hydrolases*, *exostosins*, dan *xyloglucan galactosyl transferase* mengalami penurunan respons, sedangkan protein-protein yang mengaktifkan sifat ketahanan tanaman mengalami peningkatan.

Varietas padi lokal merupakan kekayaan plasma nutfah yang dapat digunakan untuk perakitan varietas unggul padi tahan tungro. Pengujian 16 varietas padi lokal terhadap virus tungro menunjukkan respons ketahanan yang beragam. 'Utri Merah' merupakan varietas tahan, sedangkan 'Karau', 'Bekongan', 'Bujang Berinai', 'Srogel Abang', 'Pulut Garu', 'Randu Kisaran', 'Siredep', 'Katimpung', 'Dube' dan 'Rumbai' tergolong varietas moderat. Varietas-varietas ini dapat dimanfaatkan dalam proses perakitan varietas unggul padi tahan tungro.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas S, Sulandari S, Hartono S, Trisnoyo YA. 2020. Molecular detection and resistance respons of six rice varieties to tungro virus from South Sulawesi. *JPTI* 24(1):89–97. DOI: <https://doi.org/10.22146/jpti.47355>.
- Caguat XGI, Waing FP, Millas RA, Aquino JD, Tabanao DA. 2020. Genetic diversity of the coat protein gene of *Rice tungro bacilliform virus* in the Philippines. *Philip J Sci.* 149(3):511–520.
- Choi IR. 2008. Sequiviruses. *Encyclopedia of Virology*. Ed ke-3. Los Baños (PH):

- Academic Press. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-012374410-4.00462-3>.
- Dey SR. 2016. Green leafhopper (GLH), *Nephotettix virescens* (Distant) and rice tungro disease (RTD). *Beats Nat Sci.* 3(3–4):1–7.
- Galili G. 2011. The aspartate family pathway of plants. *Plant Signal Behav.* 6(2):192–195. DOI: <https://doi.org/10.4161/psb.6.2.14425>.
- [INGER] International Network for Genetic Evaluation of Rice. 1996. Standard Evaluation System for Rice. Ed ke-1. Los Baños (PH): Academic Press.
- Kumar G, Dasgupta I. 2021. The titer of *Rice tungro bacilliform virus* dictate the expression level of genes related to cell wall dynamics in rice plant affected by tungro disease. *Arch Virol.* 166(5):1325–1336. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00705-021-05006-0>.
- Ladja FT, Widiarta IN. 2012. Varietas unggul baru untuk mengatasi ledakan penyakit tungro. *IPTEK Tanaman Pangan* 7(1): 18–24.
- Lindho JA, Falk BW. 2017. The impact of “coat protein mediated virus resistance” in applied plant pathology and basic research. *Phytopatology.* 107(6):624–634. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-16-0442-RVW>.
- Liu R, Koyanagi KO, Chen S, Kishima Y. 2012. Evolutionary force of AT-rich repeats to trap genomic and episomal DNAs into the rice genome: lessons from endogenous pararetrovirus. *Plant J.* 72(5):817–828. DOI: <https://doi.org/10.1111/tpj.12002>.
- Macovei A, Sevilla NR, Cantos C, Gilda B, Jonson GB, Slamet-Loedin I, Cermak T, Voytas DF, Choi IR and Chadha- Mohanty P. 2018. Novel alleles of rice eIF4G generated by CRISPR/Cas9- targeted mutagenesis confer resistance to Rice tungro spherical virus. *Plant Biotechnol. J.* 16:1918–1927. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbi.12927>.
- Muliadi A, Nasrullah, Sumardiyono YB, Trisnoyo YA. 2011. Pewarisan ketahanan penyakit tungro pada galur padi OBST602-28. *Penel Pert Tan Pangan.* 30(2):121–440.
- Nihad SAI, Manidas AC, Hasan K, Hasan MdA, Honey O, Latif MAI. 2021. Genetic variability, heritability, genetic advance and phylogenetic relationship between rice tungro virus resistance and susceptible genotypes revealed by morphological traits and SSR markers. *Curr Plant Biol.* 25(100194):1–9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2020.100194>.
- Rosida N, Komalasari E, Praptana RH. 2020a. Preferensi wereng hijau (*Nephotettix virescens* Distant.) terhadap galur-galur harapan padi tahan tungro. *JUPI.* 32(2):105–120. DOI: <https://doi.org/10.24246/agric.2020.v32.i2.p105-120>.
- Rosida N, Kuswinanti T, Amin N, Nasrudin A. 2020b. Epidemiological study on the current status of rice tungro disease in South Sulawesi, Indonesia. *J Biol Sci.* 20(4):221–231. DOI: <https://doi.org/10.3844/ojbsci.2020.221.231>.
- Senoaji W, Raharjo BT, Tarno H. 2021. Hubungan antara profil protein populasi vektor wereng hijau *Nephotettix virescens* dan gejala penularan tungro pada tanaman padi. *JPPTP.* 5(1):25–36. DOI: <https://doi.org/10.21082/jpptp.v5n1.2021.p25-36>.
- Srilatha P, Yousuf F, Methre R, Vishnukiran T, Agarwal S, Poli Y, Raghurami MR, Vidyasagara B, Shanker C, Krishnaveni D, Trivenia S, Brajendra, Praveenc S, Balachandran SM, Subrahmanyam D, Mangrauthia SK. 2019. Physical interaction of RTBV ORFI with D1 protein of *Oryza sativa* and Fe/Zn homeostasis play a key role in symptoms development during rice tungro disease to facilitate the insect mediated virus transmission. *J Virol.* 526:117–124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.virol.2018.10.012>.
- Suprihanto, Nurhayati E, Harjosudarmo J. 2013. Virulensi Isolat *Rice tungro virus* dari beberapa daerah endemis tungro di Indonesia. *J Fitopatol Indonesia* 9(1): 29–37. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.9.1.29>.

- Suprihanto, Widiarta IN, Kusdianan D. 2010. Evaluasi virulensi virus tungro dari beberapa daerah endemi dan uji ketahanan plasmanutfah padi. JPTI. 16(1):33–41. DOI: <https://doi.org/10.22146/jpti.11749>.
- Supriyadi, Wijayanti R. 2010. Karakterisasi individu wereng hijau *Nephotettix virescens* Distant. penular aktif virus tungro padi. JHPT Trop. 10(2):116–467. DOI: <https://doi.org/10.23960/j.hptt.210116-122>.
- Yang H, Ludewig U. 2014. Lysine catabolism, amino acid transport, and systemic acquired resistance. J Plant Signal Behav. 9(e28933):1–4. DOI: <https://doi.org/10.4161/psb.28933>.