

## Pengaruh Umur Kematian Tanaman Sumber Inokulum *Banana Bunchy Top Virus* Terhadap Efisiensi Penularannya

Titi Tricahyati<sup>1\*</sup>, Suparman<sup>2</sup>, Chandra Irsan<sup>3</sup>  
\*e-mail: titi.tricahyati@gmail.com

<sup>1</sup> Program Studi Ilmu Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya  
<sup>2,3</sup> Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

### ABSTRACT

BBTV is one of the important diseases in banana plants, the transmission of BBTV can be carried out by *Pentalonia nigronervosa*. In some banana plantations infected plants are usually cut down because they are considered unable to produce optimal production. The felled plants will then be placed around healthy plantations, this situation is thought to have the potential as a place for *P. nigronervosa* to temporarily live and spread the virus to other healthy plants. This study aims to determine the ability of dead plants that host *P. nigronervosa* to re-transmit the virus to healthy plants. The study was conducted using a Randomized Block Design (RAK) with six treatments on the day of death of infected plants, namely, 0, 5, 10, 15, 20, and 25 days, with five replications. From the results of the study, it was found that plants infected by BBTV still had potential to transmit the virus to healthy plants through the *P. nigronervosa*. Transmission of BBTV from dead plants on the fifth day resulted in the highest average of BBTV infection. The incubation period of virus in plants ranged from 30-53 days after inoculation. From this research, it is hoped that farmers will pay more attention to thoroughly eradicate banana plants infected by BBTV, removed all plant and suckers thoroughly together with their corms.

**Keywords:** BBTV, *Pentalonia nigronervosa*, dead banana plant

### ABSTRAK

BBTV merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman pisang, penularan BBTV dapat dilakukan oleh *Pentalonia nigronervosa*. Pada beberapa perkebunan pisang tanaman terinfeksi biasanya ditebang karena dianggap tidak mampu menghasilkan produksi secara optimal. Tanaman yang ditebang kemudian akan diletakan disekitaran pertanaman sehat, keadaan tersebut diduga berpotensi sebagai tempat *P. nigronervosa* menumpang hidup sementara dan kembali menyebarkan virus ke tanaman sehat lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kemampuan tanaman mati yang menjadi inang keberadaan *P. nigronervosa* apakah mampu kembali menularkan virus ke tanaman sehat. Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan enam perlakuan hari kematian tanaman terinfeksi yaitu, 0, 5, 10, 15, 20, dan 25 hari, dengan lima kali ulangan. Dari hasil penelitian didapati tanaman yang terserang BBTV masih memiliki potensi menularkan virus ke tanaman sehat melalui vektor *P. nigronervosa*. Penularan BBTV dari tanaman mati lima hari menghasilkan rerata serangan penyakit *Banana Bunchy Top Virus* tertinggi. Masa inkubasi virus pada tanaman berkisar antara 30-53 hari setelah inokulasi. Dari penelitian ini diharapkan petani lebih memperhatikan eradikasi tanaman pisang yang terserang BBTV, memusnahkan semua tanaman pisang di rumpun yang terserang termasuk semua anakannya sampai ke bagian umbinya.

**Kata Kunci:** BBTV, *Pentalonia nigronervosa*, tanaman pisang mati

## PENDAHULUAN

Beberapa penyakit penting yang ditemui diperkebunan pisang seperti penyakit bercak daun sigatoka (*Pseudocercospora musicola*), layu fusarium, layu bakteri, bakteri moko, banana streak virus (BSV) dan banana bunchy top virus (BBTV) (Saúco, 2020; Ramakrishna *et al.*, 2020). BBTV merupakan salah satu penyakit yang paling dominan dan penyebarannya dapat mempengaruhi produksi pisang (Tongo *et al.*, 2014). Penyakit BBTV pertama kali ditemukan di Fiji pada 1889 dan teridentifikasi di Indonesia pada 1989 (Kiritani & Su, 1999). BBTV berasal dari Genus Babuvirus famili Nanoviridae (King *et al.*, 2012). Nanovirus memiliki genom DNA untai tunggal multipartit dan secara alami ditransmisikan ke tanaman melalui berbagai spesies kutu dengan cara non-propagatif sirkulatif (Grigoras *et al.*, 2018). Nanovirus atau nanoviridae terbagi menjadi dua genus yaitu Nanovirus dan Babuvirus, Nanovirus menyerang tanaman dikotil, dominan pada tanaman leguminase, sedangkan babuvirus menyerang tanaman monokotil (Timchenko *et al.*, 1999).

Gejala pertama terdiri dari beberapa garis dan titik hijau tua di bagian bawah lamina dan tangkai daun, menjadi lebih umum pada daun selanjutnya (Thomas, 2008). Pisang yang terinfeksi BBTV akan menunjukkan gejala berupa daun yang mengecil di bagian petiol memendek dan daun akan menggerombol (Nelson, 2004). Gejala parah yang khas termasuk garis-garis hijau tua dengan panjang yang bervariasi di urat daun, pelepah dan tangkai daun. Namun, garis-garis ini mungkin jarang atau tidak ada pada beberapa kultivar pisang, abaca (*Musa textilis*) dan *Ensete* spp. Daun menjadi semakin pendek dan berkembang menjadi klorosis marginal. Seperti penyakit berkembang, daun

menjadi lebih tegak atau 'berkumpul' di puncak tanaman (Thomas, 2010). Tanaman dapat terinfeksi pada setiap tahap pertumbuhan, dan munculnya gejala awal dapat bergantung pada cara infeksi.

BBTV dapat ditularkan oleh serangga vektor seperti *Pentalonia nigronervosa* (Department of Health, 2016). *P. nigronervosa* adalah hama utama pada pisang dan memiliki sebaran yang luas di dunia (Mathers *et al.*, 2020). Penyebaran diawali dari kutu yang menghisap cairan pisang sakit kemudian menyebarkan BBTV ke tanaman sehat (Jekayinoluwa *et al.*, 2021). *P. nigronervosa* ditemukan di tanaman pisang, dari famili Zingiberaceae, dan Araceae (Footitt *et al.*, 2010). Keberadaan rumput liar dan tanaman lainnya disekitar perkebunan pisang juga dapat menjadi inang alternatif dari hama (Montong *et al.*, 2015).

Kegiatan eradikasi yang rutin merupakan salah satu alternatif pencegahan penyebaran *P. nigronervosa* (Halbert, 2015). Dengan dilakukan tindakan eradikasi jumlah tanaman terserang BBTV di Australia mengalami penurunan (Dale, 1987). Monitoring untuk memastikan lahan pisang yang bebas dari *P. nigronervosa* merupakan salah satu upaya mengurangi penyakit BBTV (Jacobsen *et al.*, 2019). Tanaman inang, vektor, dan virus yang saling berkaitan penting untuk diperhatikan agar pengendalian *P. nigronervosa* terjadi (Stechmann & Völkl, 1990). Jumlah aphid yang tinggi juga akan berdampak pada persebaran penyakit (Pitan & Filani, 2013).

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui apakah pisang yang sudah mati masih berpotensi sebagai media penyebaran virus melalui *P. nigronervosa* ke tanaman sehat.

## BAHAN DAN METODE

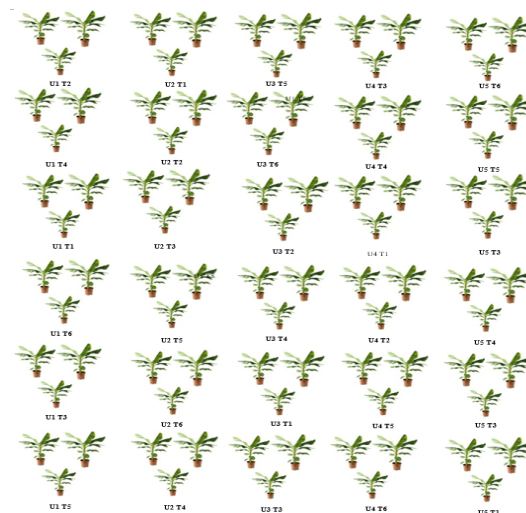
Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fitopatologi dan di Lahan Percobaan Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya, pada Juni 2021 – April 2022. Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu ATK, cangkul, kamera, kain kasa, kuas, mikroskop, meteran, parang, pisang sehat, pisang terinfeksi BBTV, *polybag* 5 kg, kantong plastik, sekop, dan toples.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK), dengan menggunakan 6 perlakuan, setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali dengan jumlah perunit perlakuan sebanyak 3 tanaman.

Tabel 1. Notasi perlakuan

Perlakuan	Keterangan
T1	Umur kematian tanaman terinfeksi BBTV 0 hari
T2	Umur kematian tanaman terinfeksi BBTV 5 hari
T3	Umur kematian tanaman terinfeksi BBTV 10 hari
T4	Umur kematian tanaman terinfeksi BBTV 15 hari
T5	Umur kematian tanaman terinfeksi BBTV 20 hari
T6	Umur kematian tanaman terinfeksi BBTV 25 hari

Denah percobaan di lapangan adalah seperti tercantum pada gambar berikut:



Gambar 1. Denah percobaan pengaruh umur kematian tanaman pisang terinfeksi terhadap efisiensi penularan BBTV oleh *Pentalonia nigronervosa*  
Keterangan: U= Ulangan (1,2,3,4,5), T=Treatment/ perlakuan umur kematian.

### Prosedur Kerja

#### Persiapan Tanaman Sehat

Pemilihan benih pisang putri sehat dilakukan secara mikropropagasi pada media tanam tanah dan pupuk kandang (1:1). Setelah satu bulan benih yang tumbuh sehat dan seragam yang dipilih, dan dipindahkan ke dalam *polybag* yang berisi tanah dan pupuk kandang (1:1).

#### Pemilihan Tanaman Terinfeksi BBTV

Pemilihan tanaman terinfeksi BBTV dilakukan dengan melihat gejala yang nampak dari tanaman berupa daun yang mengerdil, warna daun menguning, dan daun yang bergerombol dibagian atas. Tanaman di tebang dan diletakkan di Laboratorium Fitopatologi.

#### Inokulasi

Inokulasi dilakukan dengan memindahkan *P. nigronervosa* ke tanaman mati berdasarkan perlakuan (Tabel 1), selama 24 jam. Setelah 24 jam *P. nigronervosa* dipindahkan ke tanaman sehat di lapangan, dengan 10 ekor *P. nigronervosa* pada setiap tanaman sehat. Setelah itu diamati perkembangan gejala BBTV pada tanaman yang telah diinokulasi tersebut.

#### Pengamatan

Pengamatan dilakukan untuk mengetahui persentase keberhasilan penularan BBTV dengan mencatat waktu

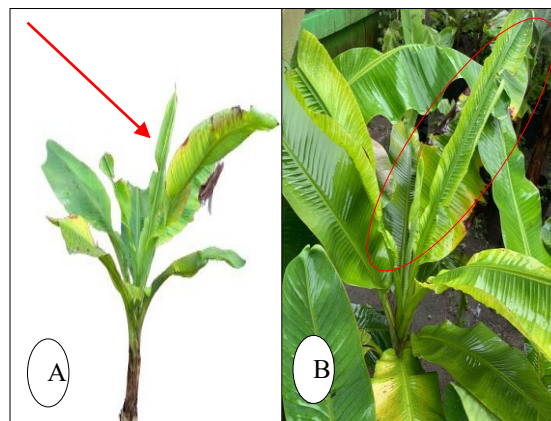
munculnya gejala pertama setelah inokulasi, persentase serangan dan tipe gejala yang muncul. Data dianalisis dengan ANOVA untuk rancangan acak kelompok dengan 6 perlakuan dan 5 ulangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

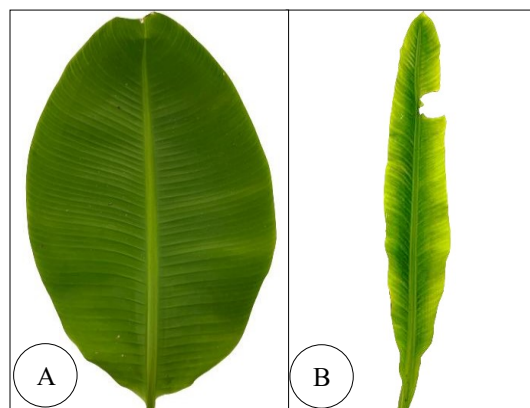
Dari hasil penelitian didapati tanaman yang terinfeksi *Banana Bunchy Top Virus* hasil penularan melalui vektor *Pentalonia nigronervosa* dari tanaman mati ke tanaman sehat (Gambar 2). Tanaman yang terserang menunjukkan gejala abnormal berupa bagian daun terserang menjadi menyempit, berwarna kekuningan, dan menjadi tidak normal seperti daun tanaman sehat lainnya.

Dari hasil penelitian *Pentalonia nigronervosa* yang ditularkan dari tanaman dengan umur kematian yang berbeda mampu menularkan BBTV ke tanaman sehat (Gambar 2). Gejala pertama muncul pada 30 DAA (*Days After Application*), gejala selanjutnya nampak pada 37, 42, 49, dan 53 DAA, dari penelitian sebelumnya didapati gejala BBTV akan muncul pada 25 – 85 hari setelah tanaman terpapar virus (Hooks *et al.*, 2008). Hal tersebut menunjukkan kemampuan *P. nigronervosa* dalam mempertahankan virus dan menyebarkan virus, *P. nigronervosa* mampu mempertahankan virus didalam tubuhnya selama 15-20 hari dan selama waktu tersebut kutu dapat menularkan virus ke tanaman sehat melalui proses makan kutu dengan menghisap cairan dipisang tersebut (Hu *et al.*, 1996). Keberhasilan penularan BBTV dilakukan setelah mengakuisisi *P. nigronervosa* pada tanaman mati setelah 24 jam. Penularan BBTV oleh *P. nigronervosa* dapat mencapai 100% dengan masa akuisisi 2-21 jam (Staton *et al.*, 2021). Lama vektor hidup dan kebiasaannya merupakan parameter yang berperan penting dalam transmisi dan penyebaran

virus (Jeger, 2020). BBTV bersifat sistemik di dalam pisang tanaman, dan setelah inokulasi kutu, gejala tidak muncul sampai setidaknya dua daun baru telah diproduksi (pisang menghasilkan satu daun baru secara berurutan dari meristem basal) (Gambar 2).



Gambar 2. Gejala serangan *Banana Bunchy Top Virus*. A. Pisang terserang *Banana Bunchy Top Virus* B. Bagian pucuk daun pisang yang terserang *Banana Bunchy Top Virus* dari penularan melalui *Pentalonia nigronervosa* yang diakuisisi pada tanaman mati



Gambar 3. Daun pisang. A. Daun pisang sehat, B. Daun pisang terserang *Banana Bunchy Top Virus*

Dari hasil penelitian didapati daun pisang yang terserang akan menunjukkan gejala seperti menyempit, kerdil, adanya *J morse* pada daun muda yang baru tumbuh, sedangkan daun yang sehat akan terus berkembang dengan normal

(Gambar 3). Dari hasil penelitian King *et al.*, (2012), didapati gejala yang nampak sama dari serangan BBTV berupa tanaman yang mengerdil, daun menguning dan guratan hijau tua yang terdapat pada pseudostem, petiol, dan daun pisang. Pada beberapa kasus tanaman terserang BBTV bagian pseudostem akan mengalami penghambatan pertumbuhan, seiring dengan dikutinya tanaman baru yang terserang BBTV (Nurhayati, 2003). BBTV adalah virus yang menyerang floem dengan konsentrasi paling tinggi pada bagian midrib, virus paling tinggi ditemui pada bagian daun muda (Molina *et al.*, 1998). Tanaman yang baru terinfeksi lebih menularkan dibanding tanaman yang sudah tua, nimfa lebih efektif menjadi virus dibandingkan kutu dewasa. *P. nigronervosa* mampu mempenetrasi jaringan floem, kemudian jaringan yang rentan terhadap inokulasi virus (Magnaye & Valmayor, 2003). Penyebaran virus lebih mudah melalui tanaman yang terinfeksi, bibit yang diperoleh secara vegetatif, dan penularan melalui serangga vektor (Su *et al.*, 2007). Pada keadaan tanaman yang stres berupa kekurangan unsur hara, BBTV akan lebih mudah menyerang tanaman tersebut (Haq, 2015). Penularan BBTV ke berbagai tempat dari perdagangan dan pengangkutan dari tanaman terinfeksi dan serangga vektor (Kakati *et al.*, 2018).

Dari hasil penelitian didapatkan data rerata serangan BBTV paling tinggi terdapat pada perlakuan kedua yaitu,  $68.33 \pm 7.44$  a, dan yang paling rendah terdapat pada perlakuan pertama yaitu,  $11.97 \pm 9.56$  b (Tabel 2). Rerata masa inkubasi tertinggi terdapat pada perlakuan kedua yaitu,  $13.79 \pm 0.14$  a, dan yang paling rendah terdapat pada perlakuan pertama yaitu,  $6.52 \pm 1.52$  b (Tabel 3).

Tabel 2. Rerata serangan *Banana Bunchy Top Virus* dari penularan melalui vektor *Pentalonia nigronervosa* dari tanaman mati ke tanaman sehat

Perlakuan	Mean ± SE
T1	$11.97 \pm 9.56$ b
T2	$68.33 \pm 7.44$ a
T3	$46.95 \pm 17.57$ ab
T4	$29.46 \pm 16.16$ ab
T5	$22.66 \pm 11.71$ b
T6	$22.66 \pm 11.71$ b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 0.05

Tabel 3. Rerata masa inkubasi *Banana Bunchy Top Virus* dari penularan melalui vektor *Pentalonia nigronervosa* dari tanaman mati ke tanaman sehat

Perlakuan	Mean ± SE
T1	$6.52 \pm 1.52$ b
T2	$13.79 \pm 0.14$ a
T3	$10.45 \pm 2.05$ ab
T4	$8.62 \pm 2.08$ ab
T5	$8.13 \pm 1.81$ ab
T6	$8.03 \pm 1.75$ b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 0.05

Dari hasil penelitian ini *P. nigronervosa* sangat berperan penting dalam penularan BBTV dilapangan. Meskipun virus tidak bereplikasi dalam tubuh *P. nigronervosa* dan tidak dapat ditularkan dari imago kepada keturunannya (Thomas, 2010), namun virus tanaman dan kutu hidup berdampingan pada tanaman inang dan berdampak merugikan bagi tanaman tersebut dan tanaman disekitarnya (Calvo & Fereres, 2011). Jumlah *P. nigronervosa* akan meningkat pada musim panas, jumlah yang bersayap juga akan meningkat pada musim panas (Niyongere *et al.*, 2013). Pemahaman tentang keberadaan *P. nigronervosa* yang makan pada tanaman sakit baik

sebelum, selama ataupun setelah akuisisi sangatlah penting (Yahya, 2019).

Dari gejala yang nampak pada tanaman, pertumbuhan yang terhambat, morfologi yang tidak sempurna diduga akan memicu gangguan pada saat tanaman akan berbuah nantinya. Menurut Sutrawati & Ginting (2020), BBTV yang menyerang pada fase vegetatif dapat menyebabkan tanaman tidak menghasilkan buah, apabila menyerang pada fase generatif maka buah yang akan dihasilkan kerdil dan tidak layak untuk dipanen. Tanaman yang terlihat sehat masih dapat menjadi sumber keberadaan virus, seperti yang terjadi pada pisang 'Saba' (ABB/ BBB genom) (Molina *et al.*, 2009). Lahan pisang yang terinfeksi BBTV, dan dilakukan pembersihan membutuhkan waktu 3 bulan untuk dapat kembali ditanami dengan tanaman sehat (Jacobsen *et al.*, 2019).

BBTV yang di transmiskan vektor ke tanaman pada saat inokulasi akan menghasilkan partikel virus yang menyebar ke bagian pseudostem menuju jaringan meristem yang menyebar ke akar dan daun (Hafner *et al.*, 1995). Cara yang paling tepat untuk menekan penyebaran BBTV adalah dengan memberantas keberadaan vektor (Jekayinoluwa *et al.*, 2020). Untuk mengetahui keberadaan *P. nigronevosa* dilapangan biasanya ditemukan bersamaan dengan beberapa koloni semut yang hidup di tanaman pisang. *P. nigronevosa* menghasilkan embun madu yang akan menarik kedatangan dari *P. nigronevosa* lainnya, dan beberapa semut yang kemudian akan hidup berdampingan di tanaman pisang (Pinto & Kraft, 2014). Pengamatan dilapangan tentang tanaman disekitar perkebunan pisang juga perlu dilakukan, karena *P. nigronevosa* diketahui memiliki beberapa inang alternatif selain pisang. Beberapa tanaman dari famili selain Musaceae seperti *Alpinia zerumbet*, *Colocasia esculenta* dan *Conna indica* memiliki potensi sebagai

inang alternatif dari BBTV dari isolat pisang di Jepang dan Philippines (Pinili *et al.*, 2013).

Beberapa cara dilakukan untuk menekan keberadaan BBTV dilapangan, pengendalian berupa penggunaan musuh alami, secara fisik maupun kimia juga dilakukan. Pengendalian secara fisik dengan membuang tanaman sakit, secara budidaya dengan menggunakan tanaman bebas virus, secara kimia menggunakan aphicides, dan secara pengendalian hayati dengan menggunakan parasitoid perpaduan tersebut dapat diaplikasikan untuk mengendalikan vektor (Picaza & Doloriel, 2018). Menurut Shiragi (2010), eradikasi virus dari tanaman sakit menggunakan kultur meristem juga merupakan langkah yang baik untuk menghilangkan virus dan memperbaiki produksi pisang, sebanyak 83.33% tanaman dengan media tanam pasir, tanah, dan kotoran sapi (1:1:1) mampu resisten terhadap virus. Membersihkan kemudian membakar seluruh sisa tanaman setelah musim tanam selesai, membersihkan rumput dari pertanaman dapat menurunkan tingkat serang virus (El-DougDoug, 2011). Pemberantasan tanaman sakit dilakukan dengan menggali dan membakar pisang yang terinfeksi BBTV (Ranasingh, 2007). Pada beberapa kasus kegiatan eradikasi mampu menurunkan insidensi serangan penyakit BBTV, namun hal tersebut belum begitu banyak dilakukan karena minimnya pengetahuan tentang pengelolaan penyakit tersebut (Thomas, 2008). Pemberantasan sumber infeksi dan pengamatan dari walayah terserang BBTV sejauh 100 – 200 m (Pekin, 2015). Hasil PCR virus-indexing menunjukkan hilangnya partikel virus dilapangan setelah dilakukan pembersihan lahan dari tanaman terinfeksi (Singh *et al.*, 2022). Penggunaan PCR untuk identifikasi awal sangat baik mulai dilakukan dari tanaman muda yang belum menunjukkan gejala (Pinili *et al.*, 2011).

Pengendalian secara kimia juga dilakukan seperti pemberian imidacloprid foliar untuk penekanan *P. nigronevosa* mampu menurunkan populasi *P. nigronevosa*, namun tidak berpengaruh pada daun muda yang baru tumbuh hal tersebut dapat memicu persebaran virus baru pada daun muda (Robson *et al.*, 2007). Akumulasi dari carotenoids dan aktivasi dari POX tergantung pada penghambatan proses fisiologis yang berbeda akibat infeksi virus, hilangnya sistem biologis tersebut memicu gejala pertama dari infeksi BBTV yang kemudian akan kehilangan hasil dan memicu kematian tanaman (Shahrukh *et al.*, 2014).

Beberapa kultivar pisang tahan terhadap serangan BBTV (Jones, 2021). Beberapa tanaman pisang transgenik resisten terhadap serangan BBTV (Borth *et al.*, 2011). Dari hasil penelitian Damasco *et al.* (2019), menunjukkan tanaman resisten menunjukkan reaksi kebal terhadap virus dengan keberadaan BBTV yang rendah bahkan ketika berada di antara wilayah dengan keberadaan penyakit BBTV yang tinggi. Penggunaan varietas tahan terhadap BBTV dan pengembangan metode pengendalian hayati yang sesuai dapat digunakan sebagai tindakan pengendalian penyakit (Tongo *et al.*, 2014).

## KESIMPULAN

Tanaman pisang yang terserang *Banana Bunchy Top Virus* masih memiliki potensi menularkan virus ke tanaman sehat melalui vektor *P. nigronevosa*. Penularan BBTV setelah tanaman tersebut mati sampai hari ke 25 setelah kematiannya meskipun efisiensinya terus menurun. Penularan dari tanaman pisang mati lima hari menghasilkan rerata serangan penyakit *Banana Bunchy Top Virus* tertinggi. Masa inkubasi virus pada tanaman

berkisar antara 30-53 hari setelah inokulasi.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Dr. Ir. Suparman SHK dan Dr. Ir. Chandra Irsan, M.Si. Selaku pembimbing atas perhatiannya telah memberikan arahan dari mulai perencanaan, pelaksanaan, pendanaan, analisis data penelitian hingga akhir penyusunan dan penulisan artikel.

## DAFTAR PUSTAKA

- Borth, W., Perez, E., Cheah, K., Chen, Y., Xie, W. S., Gaskill, D., Khalil, S., Sether, D., Melzer, M., Wang, M., Manshardt, R., Gonsalves, D., & Hu, J. S. (2011). Transgenic banana plants resistant to Banana Bunchy top virus infection. *Acta Horticulturae*, 897, 449–458. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2011.897.61>
- Calvo, D., & Fereres, A. (2011). The performance of an aphid parasitoid is negatively affected by the presence of a circulative plant virus. *BioControl*, 56(5), 747–757. <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9354-x>
- Dale, J. L. (1987). Banana bunchy top: An economically important tropical plant virus disease. *Advances in Virus Research*, 33(C), 301–325. [https://doi.org/10.1016/S0065-3527\(08\)60321-8](https://doi.org/10.1016/S0065-3527(08)60321-8)
- Damasco, O. P., Cueva, F. M. Dela, Descalsota, J. C., & Tayobong, R. R. P. (2019). Gamma Radiation and In Vitro Induced Banana Bunchy Top Virus ( BBTV ) Resistant Mutant Lines of Banana cv ‘ Lakatan ’ ( *Musa sp.*, AA ). *Philippine Journal of Science*, 149(Psa 2018), 159–173.
- Department of Health. (2016). *The biology of Musa L (banana)* (Issue January, pp. 1–77).

- <http://www.ogtr.gov.au>
- El-DougDoug, Kh. A. (2011). Management of viral disease in banana using certified and virus tested plant material. *African Journal of Microbiology Research*, 5(32), 5923–5932. <https://doi.org/10.5897/ajmr11.966>
- Footitt, R. G., Maw, H. E. L., Pike, K. S., & Miller, R. H. (2010). The identity of *Pentalonia nigronervosa* Coquerel and *P. caladii* van der Goot (Hemiptera: Aphididae) based on molecular and morphometric analysis. *ZOOTAXA*, 115(2884), 25–38.
- Galán Saúco, V. (2020). Broad overview of the subtropical banana industry. *Acta Horticulturae*, 1272, 1–12. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1272.1>
- Grigoras, I., Vetten, H. J., Commandeur, U., Ziebell, H., Gronenborn, B., & Timchenko, T. (2018). Nanovirus DNA-N encodes a protein mandatory for aphid transmission. *Virology*, 522(May), 281–291. <https://doi.org/10.1016/j.virol.2018.07.001>
- Hafner, G. J., Harding, R. M., & Dale, J. L. (1995). Movement and transmission of Banana bunchy top virus DNA component one in bananas. *Journal of General Virology*, October. <https://doi.org/10.1099/0022-1317-76-9-2279>
- Halbert, Susan E., Baker, Carlye A. (2015.) Banana bunchy top virus and its vector *Pentalonia nigronervosa* (Hemiptera : Aphididae )<sup>1</sup>. *Pathology Circular*, 417, 1-7
- Haq, I. (2015). Aseptic Growth Attributes of PEG-Stressed and BBTV-Infected Plants of Banana. *International Journal of Science and Research*, 4(6), 76–80.
- Hooks, C. R. R., Wright, M. G., Kabasawa, D. S., Manandhar, R., & Almeida, R. P. P. (2008). Effect of banana bunchy top virus infection on morphology and growth characteristics of banana. *Annals of Applied Biology*, 153(1), 1–9. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2008.00233.x>
- Hu, J. S., Wang, M., Sether, D., Xie, W., & Leonhardt, K. W. (1996). Use of polymerase chain reaction (PCR) to study transmission of banana bunchy top virus by the banana aphid (*Pentalonia nigronervosa*). *Annals of Applied Biology*, 128(1), 55–64. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1996.tb07089.x>
- Jacobsen, K., Omondi, B. A., Almekinders, C., Alvarez, E., Blomme, G., Dita, M., Iskra-Caruana, M. L., Ocimati, W., Tinzaara, W., Kumar, P. L., & Staver, C. (2019). Seed degeneration of banana planting materials: strategies for improved farmer access to healthy seed. *Plant Pathology*, 68(2), 207–228. <https://doi.org/10.1111/ppa.12958>
- Jeger, M. J. (2020). The epidemiology of plant virus disease: Towards a new synthesis. *Plants*, 9(12), 1–50. <https://doi.org/10.3390/plants9121768>
- Jekayinoluwa, T., Tripathi, J. N., Dugdale, B., Obiero, G., Muge, E., Dale, J., & Tripathi, L. (2021). Transgenic Expression of dsRNA Targeting the *Pentalonia nigronervosa* acetylcholinesterase Gene in Banana and Plantain Reduces Aphid Populations. *Plants*, 10(613), 1-20. <https://doi.org/10.3390/plants10040613>
- Jekayinoluwa, T., Tripathi, L., Nath, J., Otang, V., George, N., Edward, O., & James, M. (2020). RNAi technology for management of banana bunchy top disease. *Food*



- and Energy Security, August, 1–15.  
<https://doi.org/10.1002/fes3.247>
- Jones, R. A. C. (2021). Global plant virus disease pandemics and epidemics. *Plants*, 10(2), 1–41.  
<https://doi.org/10.3390/plants10020233>
- Kakati, N., Dutta, P., Das, P., & Nath, P. D. (2018). Compatibility of Entomopathogenous Fungi with Commonly used Insecticides for Management of Banana Aphid transmitting Banana bunchy Top virus (BBTV) in Assam Banana Production System. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(11), 2507-2513.  
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.711.285>
- King, A., Adams, M., Lefkowitz, E., & Carstens, E. (2012). *Virus Taxonomy: Ninth Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses* (A. M. Q. King, M. J. Adams, E. B. Carstens, & E. J. Lefkowitz (eds.)). Elsevier Academic Press.
- King, A. M. Q., Adams, M. J., Carstens, E. B., & Lefkowitz, E. J. (2012). *Virus Taxonomy* (A. M. Q. King, M. J. Adams, E. B. Carstens, & E. J. Lefkowitz (eds.)). Academic Press is an imprint of Elsevier.
- Kiritani, K., & Su, H. J. (1999). Papaya ring spot, banana bunchy top, and citrus greening in the Asia and Pacific region: Occurrence and control strategy. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 33(1), 23–30.
- Magnaye, L. V., & Valmayor, R. V. (2003). BBTV, CMV and other viruses affecting banana in Asia and the Pacific. *FTTC Extension Bulletins*, 1–6.  
[http://en.fttc.org.tw/htmlarea\\_file/library/20110712065812/eb418.pdf](http://en.fttc.org.tw/htmlarea_file/library/20110712065812/eb418.pdf)
- Mathers, T. C., Mugford, S. T., Hogenhout, S. A., & Tripathi, L. (2020). Genome sequence of the banana aphid, *Pentalonia nigronervosa* coquerel (hemiptera: Aphididae) and its symbionts. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 10(12), 4315–4321.  
<https://doi.org/10.1534/g3.120.401358>
- Molina, a B., Roa, V. N., Carpio, a T., & Joven, J. E. a. (1998). Managing banana and citrus diseases. *Proceedings of a Regional Workshop on Disease Management of Banana and Citrus through the Use of Disease-Free Planting Materials Held in Davao City, Philippines - 14-16 October 1998, October*, 163.
- Molina, A. B., Sinohin, V. G. O., Dela Cueva, F. M., Esguerra, A. V., Crucido, S. S., Vida, E., Temanel, B. E., Anit, E. A., & Eusebio, J. E. (2009). Managing banana bunchy top virus in smallholdings in the Philippines. *Acta Horticulturae*, 828, 383–388.  
<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.828.39>
- Montong, V. B., Maramis, R. T. D., Pelealu, J., & Christina, L. (2015). *Involvement Of Insects In The Transmission Of Banana Blood Disease*. 3(1), 41–44.
- Nelson, S. C. (2004). Banana bunchy top: detailed signs and symptoms. *Knowledge Creation Diffusion Utilization*, 1–22.
- Niyongere, C., Losenge, T., Ateka, E. M., Ntukamazina, N., Ndayiragije, P., Simbare, A., Cimpaye, P., Nintije, P., Lepoint, P., & Blomme, G. (2013). Understanding banana bunchy top disease epidemiology in Burundi for an enhanced and integrated management approach. *Plant Pathology*, 62(3), 562–570.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2012.02676.x>
- Nurhayati, E. (2003). Incidence of

- Banana Bunchy Top Disease In West Java, Indonesia. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 9(2), 81–86.
- Pekin, J. (2015). *Final Report Banana Bunchy Top Virus - Phase 2*. Horticulture Innovation Australia Limited.
- Picaza, A. R., & Doloriel, D. M. (2018). An Agent-Based Computer Simulation on Banana Bunchy Top Disease. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3(2), 637–640. <https://doi.org/10.22161/ijeab/3.2.43>
- Pinili, M. S., Nyoman, D., Ana, N., Suastika, G., & Natsuaki, K. T. (2011). Molecular Analysis of Banana bunchy top virus First Isolated in Bali, Indonesia. *J. Agric. Sci.. Tokyo Univ. Agric*, 56(2), 125–134.
- Pinili, M. S. P., Agashima, I. N., Izon, T. O. D., & Atsuaki, K. T. N. (2013). Cross-Transmission and New Alternate Hosts of Banana bunchy top virus. *Tropical Agriculture and Development*, 57(1), 1–7. <https://doi.org/10.11248/jsta.57.1>
- Pinto, L. J., & Kraft, S. K. (2014). Integrated pest management training manual. *Integrated Pest Management for Citrus, University of California*, 24–119.
- Pitan, O. O. R., & Filani, C. O. (2013). Assessment of Insect Spectrum, and Insect-Induced Damage at Different Growth Stages of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) In A Rainforest Transition Zone Of Nigeria. *Annals of Tropical Research*, 68, 60–68. <https://doi.org/10.32945/atr3524.2013>
- Ramakrishna, A., Reddy, B. D., & Khaire, P. B. (2020). *Integrated Disease Management Strategies of Banana Diseases*. 1(05), 26–30.
- Ranasingh, N. (2007). Field Diagnosis and Management of Banana Bunchy Top Disease. *Orisa Review*, 78–80.
- Robson, J. D., Wright, M. G., & Almeida, R. P. P. (2007). Effect of imidacloprid foliar treatment and banana leaf age on *Pentalonia nigronervosa* (Hemiptera, aphididae) survival. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 35(4), 415–422. <https://doi.org/10.1080/01140670709510209>
- Shahrulkh, I.-H., Um-E-Aiman, Saifullah, K., Nazia, P., Madiha, F., & Muhammad, U. D. (2014). Certain growth related attributes of bunchy top virus infected banana under ex-vitro conditions. *African Journal of Biotechnology*, 13(18), 1876–1882. <https://doi.org/10.5897/ajb11.2093>
- Shiragi, M. H. K., Baque, M. a, & Nasiruddin, K. M. (2010). Eradication of Banana Bunchy Top Virus (BBTV) Through Meristem Culture of Infected Plant Banana cv. Sabri. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 51(3), 212–221.
- Singh, V., Adil, S., & Quraishi, A. (2022). Elimination of BBTV via a systemic in vitro electrotherapy approach. *Journal of Virological Methods*, 300(September 2021), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2021.114367>
- Staton, T., Walters, R., Smith, J., Breeze, T., & Girling, R. (2021). Management to promote flowering understoreys benefits natural enemy diversity, aphid suppression and income in an agroforestry system. *Agronomy*, 11(4), 1–17. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040651>
- Stechmann, D. -H, & Völkl, W. (1990). A preliminary survey of aphidophagous insects of Tonga, with regards to the biological control of the banana aphid. *Journal of Applied Entomology*, 110(1–5),

- 408–415.  
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1990.tb00139.x>
- Su, H.-J., Hwang, A.-S., Lee, S.-Y., & Chao, C.-P. (2007). Conservation, Disease-indexing and Utilization of Pathogen-free Citrus and Banana Genetic Resources in Taiwan. In *The Conservation and Utilization of Tropical/Subtropical Plant Genetic Resources*.  
<http://210.69.150.18:8080/handle/345210000/2857>
- Sutrawati, M., & Ginting, S. (2020). First report of banana bunchy top disease on banana in Bengkulu. *Plant Disease*, 3(2), 82–87.  
<https://doi.org/10.1094/PDIS.1997.81.9.1096A>
- Thomas, J. E. (2008). Banana Bunchy Top Virus. *Encyclopedia of Virology*, 272–279.  
<https://doi.org/10.1016/B978-012374410-4.00636-1>
- Thomas, J. E. (2010). Technical Guidelines for the Safe Movement of Musa Germplasm. In *Biodiversity International* (Issue 20).  
<http://www.worldcofoaoundation.org/scientific-research/research-library/documents/End2010.pdf>
- Timchenko, T., de Kouchkovsky, F., Katul, L., David, C., Vetten, H. J., & Gronenborn, B. (1999). A Single Rep Protein Initiates Replication of Multiple Genome Components of Faba Bean Necrotic Yellows Virus, a Single-Stranded DNA Virus of Plants. *Journal of Virology*, 73(12), 10173–10182.  
<https://doi.org/10.1128/jvi.73.12.10173-10182.1999>
- Tongo, M. L. F., Muengula, M., Zinga, I., Kalonji, A., Iskra-Caruana, M. L., & Bragard, C. (2014). Occurrence and Distribution of Banana bunchy top virus Related Agro-Ecosystem in South Western, Democratic Republic of Congo.
- Yahya, Z. G. A. (2019). *Plant virus identification and virus-vector-host interactions*. Retrieved from ORCID Digital Dissertation. (ORCID 0000-0002-7833-1542)