

Ekplorasi, Skrining, dan Aplikasi Bakteri Pelarut Silika dan Pupuk Silika untuk Menekan Perkembangan Penyakit Layu Fusarium pada Pisang Abaka

Exploration, Screening, and Application of Silica Solubilizing Bacteria and Silica Fertilizer to Suppress Fusarium Wilt Disease in Abaca

**Cyrilla Kinanti Werdiningtyas, Arif Wibowo*,
Siti Subandiyah, Ani Widiastuti**
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 55281

ABSTRAK

Pisang abaka (*Musa textilis*) merupakan penghasil serat alam berkualitas tinggi dengan permasalahan utama penyakit layu fusarium oleh *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* TR4. Penelitian ini bertujuan memperoleh bakteri pelarut silika (BPS), menentukan pengaruh aplikasi BPS dan pupuk silika untuk menghambat serangan fusarium serta memacu pertumbuhan tanaman pisang. Sebanyak enam isolat BPS diperoleh dari tanah rizosfer pisang abaka sehat, tiga di antaranya memiliki aktivitas antagonis terhadap *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4. Empat perlakuan yang dicobakan menunjukkan keparahan penyakit layu fusarium yang tidak berbeda. Demikian juga keempat perlakuan tidak menunjukkan perbedaan pada peubah pertumbuhan yang diamati. Bakteri pelarut silika dan pupuk silika belum mampu mengendalikan *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4. Oleh karena itu, pisang abaka terbukti rentan terhadap *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4.

Kata kunci: antagonis, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* TR4, keparahan penyakit, pengendalian, respons rentan

ABSTRACT

Abaca (*Musa textilis*) is producing high quality natural fibre with the main problem is fusarium wilt disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* TR4. The study aims to obtain silica solubilizing bacteria (SSB), determine the role of SSB and silica fertilizer to inhibit fusarium and to stimulate plant growth. Six isolates of SSB were obtained from healthy abaca rhizosphere, three of them had antagonistic activity against *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4. The four treatments tested showed no different severity of fusarium wilt. Likewise, the four treatments did not show any difference in the observed growth variables. Silica solubilizing bacteria and silica fertilizer have not been able to control *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4. Therefore, abaca proved to be susceptible to *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4.

Keywords: antagonistic, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* TR4, disease severity, controlling, susceptible response

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jalan Flora no. 1, Bulaksumur, Sleman, Yogyakarta 55281.
Tel: 0274-523926. Surel: arif_wibowo@ugm.ac.id

PENDAHULUAN

Pisang abaka terkenal sebagai tanaman penghasil serat alam berkualitas tinggi yang diperoleh dari pseudostem (Bledzki *et al.* 2007). Salah satu permasalahan utama tanaman pisang abaka ialah penyakit layu fusarium yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* TR4 (Ploetz 2015). Gejala layu fusarium diawali dengan menguningnya tepi daun yang lebih tua, lalu berkembang ke daun termuda, kemudian tangkai daun menjadi layu dan patah. Gejala internalnya adalah perubahan warna jaringan pembuluh pseudostem dari kuning pucat menjadi merah tua/cokelat (CABI 2020).

Silika merupakan unsur kedua paling banyak di dalam tanah, namun sebagian besar tidak tersedia bagi tanaman karena kelarutannya rendah (Peera *et al.* 2016). Bakteri pelarut silika (BPS) melarutkan silika yang tidak terlarut menjadi terlarut bagi tanaman sehingga meningkatkan mekanisme pertahanan tanaman (Vasanthi *et al.* 2018). Silika meningkatkan pertumbuhan dan mengurangi timbulnya penyakit dengan cara memperkuat dinding sel tanaman (Fauteux *et al.* 2005). Natrium silika dimanfaatkan sebagai pupuk untuk meningkatkan ketahanan terhadap penyakit layu fusarium (Safari *et al.* 2012). Pemberian silika dan pupuk kandang menekan perkembangan layu fusarium pisang (Wibowo *et al.* 2014). Penelitian ini bertujuan menentukan ketahanan pisang abaka terhadap layu fusarium, peranan BPS dan pupuk silika terhadap pengendalian *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4, dan pertumbuhan pisang abaka.

BAHAN DAN METODE

Bibit pisang abaka yang digunakan ialah kultivar Tangongon hasil kultur jaringan CV Agribiotech. Medium tanam pisang abaka merupakan campuran humus dan arang sekam (3:1). Humus diperoleh dari CV INRA dan arang sekam dari kelompok tani di Bantul. Pupuk silika yang digunakan ialah pupuk Na_2SiO_3 cair.

Fusarium oxysporum f. sp. *cubense* TR4 berasal dari Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan UGM. Bakteri pelarut silika diisolasi dari tanah rizosfer pisang abaka sehat di Pakem, Yogyakarta.

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian disusun dalam rancangan acak lengkap dengan 6 ulangan. Empat perlakuan yang diuji ialah (1) BPF: BPS + Pupuk silika + *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4, (2) BP0F: BPS + Tanpa pupuk silika + *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4, (3) B0PF: Tanpa BPS + Pupuk silika + *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4, dan (4) B0P0F: Tanpa BPS + Tanpa pupuk silika + *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4.

Bibit pisang diaklimatisasi dan dipindahkan ke pot plastik berisi medium tanam. Medium tanam diberi BPS sesuai perlakuan dengan menyiramkan 20 mL suspensi sel dengan kepadatan 10^8 cfu mL⁻¹. Perlakuan tanpa BPS disiram dengan air saja. Pupuk silika yang digunakan sebanyak 1 mL per tanaman. Satu minggu setelah penanaman, pisang abaka diinokulasi dengan *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4.

Isolasi Bakteri Pelarut Silika

Sampel tanah rizosfer pisang abaka sehat diambil secara acak dalam satu wilayah. Sebanyak 500 g tanah per tanaman dikering-anginkan dan disimpan pada suhu 15 °C. Selanjutnya sampel tanah dikompositkan untuk diisolasi bakterinya menggunakan metode pengenceran. Medium yang digunakan ialah agar-agar glukosa yang dimodifikasi dengan penambahan natrium silika 0.25% (Vasanthi *et al.* 2013). Medium dilengkapi natrium silika untuk mendapatkan BPS. Masa inkubasi selama 4–7 hari pada suhu 28 °C dan koloni tunggal yang memiliki zona bening dimurnikan pada medium agar-agar nutrisi.

Uji Kemampuan Bakteri Pelarut Silika

Kemampuan bakteri melarutkan silika diuji pada medium agar-agar glukosa yang ditamahi kalsium silika 0.25% dan magnesium trisilika 0.25% yang diinkubasi selama 7 hari

pada suhu 30±1 °C (Vasanthi *et al.* 2013). Kemudian, bakteri akan membentuk zona bening di sekitar koloninya. Indeks kelarutan silika ditentukan dengan rumus:

$$\text{Indeks kelarutan (SI)} = \frac{\text{diameter zona bening (mm)}}{\text{diameter koloni (mm)}}$$

dengan ketentuan kemampuan: SI < 2.0, rendah; 2.0 < SI < 4.0, sedang; dan SI > 4.0, tinggi (Santi dan Goenadi 2017).

Uji Reaksi Hipersensitif

Suspensi BPS dengan kerapatan 10⁸ sel disuntikkan pada daun tembakau hingga menyebar di dalam jaringan daun. Hasil positif ditunjukkan dengan adanya gejala nekrosis pada daun dalam waktu 24–48 jam.

Uji Antagonis *in Vitro*

Pengujian antagonisme antara cendawan *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4 dan BPS dilakukan dengan metode biakan ganda (Purnomo dan Mukarlina 2017).

Persentase penghambatan oleh BPS dihitung dengan rumus:

$$\text{persen penghambatan} = \frac{(r_1 - r_2)}{r_1} \times 100\%, \text{ dengan}$$

r₁, jari-jari pertumbuhan *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4 ke arah tepi cawan dan r₂, jari-jari pertumbuhan *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4 ke arah BPS.

Inokulasi *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* TR4

Inokulasi *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4 dilakukan pada bibit pisang yang telah diberi perlakuan BPS dan pupuk silika. Sebanyak

20 mL suspensi spora cendawan dengan kepadatan 10⁷ cfu mL⁻¹ disiramkan ke daerah perakaran yang telah dilukai. Bibit disimpan di rumah kaca.

Gejala Internal

Pengamatan gejala busuk/*rhizome discolorization index* (RDI) dilakukan pada minggu ke-8 setelah inokulasi, gejala internal kemudian dianalisis mengikuti skala Kiswanti *et al.* (2010) (Tabel 1).

Penghitungan Indeks Keparahan Penyakit

Indeks keparahan penyakit (IKP) dihitung berdasarkan data RDI menggunakan rumus:

$$\text{IKP} = \frac{\sum (\text{skor} \times \text{jumlah tanaman pada skor tersebut})}{\sum (\text{jumlah semua tanaman yang diuji})}$$

Indeks keparahan penyakit ditentukan berdasarkan hasil perhitungan RDI mengikuti metode Kiswanti *et al.* (2010) (Tabel 2).

Perkembangan Penyakit

Perkembangan penyakit diamati berdasarkan jumlah daun yang menguning pada satu tanaman (Wibowo *et al.* 2001). Penilaian skor daun menguning pada tanaman pisang

Tabel 2 Skala indeks keparahan penyakit layu fusarium (Kiswanti *et al.* 2010)

Skala IKP	Kriteria ketahanan
0	Tahan
0.1–2.0	Moderat
2.1–4.0	Rentan
4.1–7.0	Sangat Rentan

Tabel 1 Skala gejala pembusukan pada rimpang akibat layu fusarium

Skala	Keterangan
0	Tidak ada perubahan warna/pembusukan pada rimpang
1	Perubahan warna hanya ditemukan pada cabang akar saja
2	Perubahan warna/pembusukan hingga 5% pada rimpang
3	Perubahan warna/pembusukan hingga 6%–20% pada rimpang
4	Perubahan warna/pembusukan hingga 21%–50% pada rimpang
5	Perubahan warna/pembusukan hingga > 50% pada rimpang
6	Pembusukan pada seluruh bagian rimpang dan perakaran
7	Tanaman mati

berdasarkan pada skala keparahan penyakit layu fusarium (Tabel 3).

Keparahan penyakit diamati pada tanaman berumur 8 minggu dan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$KP = \frac{\sum(n_i \times v_i)}{N \times Z} \times 100\%, \text{ dengan}$$

KP, keparahan penyakit; n_i , jumlah daun pada setiap skor; v_i , skor penyakit pada setiap daun; Z, skor tertinggi; dan N, jumlah daun yang diamati.

Peubah Pengamatan

Peubah pengamatan yang diamati ialah virulensi *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4, indeks keparahan penyakit, perkembangan penyakit, gejala internal penyakit, dan pertumbuhan tanaman. Peubah pertumbuhan tanaman yang diamati ialah tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, bobot basah tanaman, dan panjang akar. Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang hingga pucuk tertinggi. Panjang akar diukur dari pangkal akar hingga ujung akar setelah akar dicuci. Pengamatan dilakukan pada umur 8 minggu.

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan ANOVA. Jika terdapat perbedaan nyata maka dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil pada taraf 5%.

HASIL

Bakteri Pelarut Silika

Sebanyak 6 koloni BPS dengan morfologi berbeda berhasil diisolasi dari medium dengan dua sumber silika (Tabel 4). Pelarut silika PAK 2, 4, 5, dan 6 melarutkan silika pada medium yang dilengkapi kalsium silika, sedangkan seluruh bakteri dapat melarutkan

Tabel 3 Skala keparahan penyakit layu fusarium

Skala	Persentase keparahan penyakit
0	Daun sehat
1	1 daun menguning/layu
2	2-3 daun menguning/layu
3	4-5 daun menguning/layu
4	> 5 daun menguning/layu

silika pada medium yang mengandung magnesium trisilika. Bakteri tersebut membentuk zona bening di sekitar koloninya.

Enam BPS ini tidak menunjukkan gejala nekrosis pada daun tembakau pada uji hipersensitif, dengan demikian semua isolat menandakan bukan bakteri patogen. Pelarut silika PAK 3, 5, dan 6 memiliki aktivitas antagonis menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4 lebih dari 60% (Tabel 5).

Keparahan Penyakit

Semua perlakuan menunjukkan status rentan hingga sangat rentan (> 2) (Tabel 6). Nilai keparahan penyakit dan semua peubah pertumbuhan tanaman dari 4 perlakuan yang diuji tidak berbeda (Tabel 7). Perlakuan BPF cenderung lebih tinggi daripada perlakuan lainnya.

Pertumbuhan Tanaman Pisang Abaka

Semua peubah pertumbuhan—bobot basah, tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang

Tabel 4 Nilai indeks solubilisasi bakteri pelarut silika

Isolat bakteri silika	Rata-rata indeks solubilisasi		Keterangan
	Kalsium silika	Magnesium trisilika	
PAK 1	-	0.56	Rendah
PAK 2	1.06	0.31	Rendah
PAK 3	-	1.00	Rendah
PAK 4	0.57	0.26	Rendah
PAK 5	1.32	0.42	Rendah
PAK 6	0.48	0.33	Rendah

Tabel 5 Penghambatan pertumbuhan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* TR4 oleh bakteri pelarut silika

Bakteri pelarut silika	Penghambatan pertumbuhan (%)
Kontrol	0.00
PAK 3	71.25
PAK 5	62.62
PAK 6	68.05
Konsorsium	70.29

akar—yang diuji tidak berbeda nyata pada semua perlakuan. Hanya diameter batang pada perlakuan yang menunjukkan beda nyata antarperlakuan. Perlakuan tanpa BPS + tanpa pupuk silika + *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4 menunjukkan diameter batang terkecil (Tabel 7).

PEMBAHASAN

Bakteri pelarut silika yang ditumbuhkan pada medium yang ditambah magnesium trisilika mampu melarutkan silika lebih baik dibandingkan dengan kalsium silika. Pada penelitian ini kedua mineral yang digunakan menghasilkan kemampuan melarutkan silika yang rendah. Mineral yang banyak digunakan untuk mengisolasi BPS ialah magnesium trisilika (Raturi *et al.* 2021). Vasanthi *et al.* (2018) melaporkan bakteri *Bacillus* sp., *B. flexus*, *B. megaterium*, *B. mucilaginosus*, *Pseudomonas* sp., dan *P. fluorescens* memiliki aktivitas pelarutan silika yang berbeda berdasarkan pada mineral yang digunakan, di antaranya ialah ukuran zona bening yang terbentuk.

Tabel 6 *Rhizome discolorization index* pada rimpang abaka karena penyakit layu fusarium

Perlakuan ^a	RDI	Keterangan
BPF	3.67	Rentan
BP0F	2.67	Rentan
B0PF	4.67	Sangat rentan
B0P0F	4.00	Rentan

^aBPF (BPS + Pupuk Silika + Foc TR4), BP0F (BPS + Tanpa Pupuk Silika + Foc TR4), B0PF (Tanpa BPS + Pupuk Silika + Foc TR4), dan B0P0F (Tanpa BPS + Tanpa Pupuk Silika + Foc TR4).

Semua BPS menunjukkan kemampuan untuk menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4 di laboratorium, namun hasil pengujian secara *in planta* di rumah kaca menunjukkan bahwa aplikasi BPS dan pupuk silika belum mampu menekan infeksi *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4. Kondisi lingkungan yang tidak sesuai atau ketidakmampuan BPS untuk berkompetisi dengan mikrob di sekitar perakaran pisang diduga menjadi penyebab BPS menjadi kurang dapat berkembang. Pengujian terhadap kemampuan BPS untuk bertahan dan berkembang di perakaran pisang akan dilakukan untuk memastikan dugaan ini.

Sebagian besar BPS menunjukkan aktivitas antagonis terhadap cendawan patogen dengan memproduksi enzim hidrolitik, siderofor, HCN, dan antibiotik (Naureen *et al.* 2015). Yulianti *et al.* (2019) melaporkan bahwa hingga saat ini belum ada pisang kultivar abaka yang tahan terhadap *F. oxysporum* f. sp. *cubense*. Kultivar yang tergolong rentan ialah UB8 dan Tangongon, sedangkan kultivar yang sangat rentan antara lain ialah Cilacap, UB4, Tangongon 70-3-1-1-2, UB-7, UB-11, dan UB-5.

Bobot basah, tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang akar pisang abaka seluruh perlakuan tidak berbeda nyata antarperlakuan, hanya diameter batang yang berbeda nyata. Hal ini diduga karena kemampuan BPS yang rendah dalam melarutkan silika sehingga silika kurang optimal diserap tanaman. Pemberian pupuk silika tidak berpengaruh nyata terhadap peubah pertumbuhan tanaman

Tabel 7 Pengaruh perlakuan bakteri pelarut silika dan pupuk silika terhadap keparahan penyakit dan pertumbuhan tanaman pisang abaka

Perlakuan ^a	KP minggu terakhir ^b	Bobot basah (g) ^b	Diameter batang (cm) ^b	Tinggi tanaman (cm) ^b	Jumlah daun ^b	Panjang akar (cm) ^b
BPF	71% a	124.83 a	8.08 a	21.92 a	9.17 a	42.50 a
BP0F	67% a	126.00 a	7.83 a	20.17 a	9.00 a	54.33 a
B0PF	67% a	128.67 a	7.83 a	17.33 a	9.33 a	42.33 a
B0P0F	58% a	99.33 a	6.83 b	12.50 a	8.33 a	55.00 a

^aBPF (BPS + Pupuk Silika + Foc TR4), BP0F (BPS + Tanpa Pupuk Silika + Foc TR4), B0PF (Tanpa BPS + Pupuk Silika + Foc TR4), dan B0P0F (Tanpa BPS + Tanpa Pupuk Silika + Foc TR4).

^bRerata yang diikuti huruf sama pada kolom menunjukkan tidak ada beda nyata antarperlakuan berdasarkan uji LSD pada jenjang nyata 5%.

pakcoy (Taufiq *et al.* 2020), sedangkan Adhikari *et al.* (2020) melaporkan perlakuan BPS *Enterobacter ludwigii* dan silika dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman padi karena menghasilkan hormon IAA serta giberelin. Menurut Marschner (2012) peningkatan diameter batang disebabkan silika pada dinding sel primer mengikat pektin dan polifenol sehingga meningkatkan elastisitas sel selama pembesaran organ. Tanaman merespons lebih cepat terhadap pemupukan melalui daun daripada tanah. Oleh sebab itu, perlakuan BPS dan pupuk silika belum mampu menekan *F. oxysporum* f. sp. *cubense* TR4 meskipun dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman pisang abaka.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Program SIMLITABMAS - DIKTI skema PTUPT 2020 dengan no kontrak 2882/UN1.DITLIT/DITLIT/PT/2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari A, Lee KE, Khan MA, Kang SM, Adhikari B, Imran M, Jan R, Kim KM, Lee IJ. 2020. Effect of silicate and phosphate solubilizing rhizobacterium *Enterobacter ludwigii* GAK2 on *Oryza sativa* L. under cadmium stress. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 30(1):118–126. DOI: <https://doi.org/10.4014/jmb.1906.06010>.
- Bledzki AK, Mamun AA, Faruk O. 2007. Abaca fibre reinforced PP composites and comparison with jute and flax fibre PP composites. *eXPRESS Polymer Letters*. 1(11):755–762. DOI: <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2007.104>.
- [CABI] Centre for Agriculture and Bioscience International. 2020. *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* tropical race 4 (TR4). <https://www.cabi.org/isc/datasheet/59074053> [diakses 14 Mar 2022].
- Fauteux F, Rémus-Borel W, Menzies JG, Bélanger RR. 2005. Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. *FEMS Microbiology Letters*. 249(1):1–6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.femsle.2005.06.034>.
- Kiswanti D, Suryanti S, Sumardiyono C. 2010. Identifikasi dan virulensi *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* RAS 4. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 16(1): 28–32.
- Marschner P. 2012. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. Ed ke-3. Waltham (MA): Elsevier. https://home.czu.cz/storage/737/65060_Mineral-Nutrition-of-higher-plants-Marschner-2012.pdf [diakses 31 Maret 2022].
- Naureen Z, Hafeez FY, Hussain J, Al Harrasi A, Bouqellah N, Roberts MR. 2015. Suppression of incidence of *Rhizoctonia solani* in rice by siderophore producing rhizobacterial strains based on competition for iron. *European Scientific Journal*. 11(3):186–207. DOI: <https://ejournal.org/index.php/esj/article/view/4997>.
- Peera SKPG, Balasubramaniam P, Mahendran PP. 2016. Effect of silicate solubilizing bacteria and fly ash on silicon uptake and yield of rice under lowland ecosystem. *Journal of Applied and Natural Science*. 8(1):55–59. DOI: <https://doi.org/10.31018/jans.v8i1.746>.
- Ploetz RC. 2015. Management of *Fusarium* wilt of banana: A review with special reference to tropical race 4. *Crop Protection*. 73:7–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.01.007>.
- Purnomo E, Mukarlina R. 2017. Uji antagonis bakteri *Streptomyces* spp. terhadap jamur *Phytophthora palmivora* BBK01 penyebab busuk buah pada tanaman kakao. *Jurnal Protobiont*. 6(2):1–7.
- Raturi G, Sharma Y, Rana V, Thakral V, Myaka B, Salvi P, Singh M, Dhar H, Deshmukh R. 2021. Exploration of silicate solubilizing bacteria for sustainable agriculture and silicon biogeochemical cycle. *Plant Physiology and Biochemistry*. 166:827–838. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.06.039>.
- Safari S, Soleimani MJ, Zafari D. 2012. Effects of silicon pretreatment on the activities of defense-related enzymes in cucumber

- inoculated with *Fusarium oxysporum*. *Advances in Environmental Biology*. 6(12):4001–4007.
- Santi LP, Goenadi DH. 2017. Solubilization of silicate from quartz mineral by potential silicate solubilizing bacteria. *E-Journal Menara Perkebunan*. 85(2):95–104. DOI: <https://doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v85i2.247>.
- Sumardiyono C, Widyastuti SM, Assi Y. 2001. Pengimbasan ketahanan pisang terhadap penyakit layu *Fusarium* dengan *Pseudomonas fluorescens*. Di dalam: *Prosiding Kongres Nasional XVI dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia*. hlm 257–259.
- Taufiq F, Kristanto BA, Kusmiyati F. 2020. Pengaruh pupuk silika terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai pada tanah salin. *Agrosains*. 22(2):88–93. DOI: <https://doi.org/10.20961/agsjpa.v22i2.43385>.
- Vasanthi N, Saleena LM, Anthoni RS, Rom S, Biootech V, Vijay DR, Pvt B. 2013. Evaluation of media for isolation and screening of silicate solubilising bacteria. *International Journal of Current Research*. 5(2):3–5.
- Vasanthi N, Saleena LM, Raj SA. 2018. Silica solubilization potential of certain bacterial species in the presence of different silicate minerals. *Silicon*. 10(2):267–275. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12633-016-9438-4>.
- Wibowo A, Suryanti, Sumardiyono C. 2001. Patogenisitas 6 isolat *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* penyebab penyakit layu *Fusarium* pada pisang. Di dalam: *Kongres XVI dan Seminar Nasional PFI*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Wibowo A, Utami SNH, Subandiyah S, Somala MUA, Pattison A, Forsyth L, Molina A. 2014. The effect of silica and manure addition into suppressive and conducive soil on the incidence of fusarium wilt disease of banana. *Acta Horticulturae*. 1026:55–60. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1026.5>.
- Yulianti T, Wijayanti KS, Suhara C, Setyobudi U, Murtojo M. 2019. Ketahanan delapan klon abaka (*Musa textilis*) terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat dan Minyak Industri*. 11(1):1–7. DOI: <https://doi.org/10.21082/btism.v11n1.2019.1-7>.