

STATUS DAN STRATEGI TEKNOLOGI PENGENDALIAN PENYAKIT UTAMA TEBU DI INDONESIA

Status and Control Strategy of Important Sugarcane Diseases In Indonesia

TITIEK YULIANTI

Balai Penelitian Tanaman Pamanis dan Serat

Indonesian Sweetener and Fiber Crops Research Institute

Jalan Raya Karangploso, Kotak Pos 199, Malang 65152 - Indonesia

tyuliant@gmail.com

ABSTRAK

Sejak tebu dibudidayakan untuk menghasilkan gula di Indonesia pada tahun 1650, tercatat lebih dari 30 jenis penyakit yang pernah ditemukan. Namun, hanya beberapa jenis penyakit yang berpotensi menurunkan produktivitas tebu dan mutu nira bahkan kerugiannya bisa mencapai 20%. Jenis penyakit tersebut antara lain adalah: penyakit sereh yang disebabkan oleh Phytoplasma, pokkah boeng yang disebabkan oleh *Fusarium moniliformae*, blendok oleh bakteri *Xanthomonas albineans*, luka api oleh jamur *Sporisorium scitamineum*, pembuluh oleh bakteri *Leifsonia xyli* sub sp *xyli*, lapuk akar dan pangkal batang oleh jamur *Xylaria warbugii*, mosaik dan mosaik bergaris oleh virus. Dominasi penyakit-penyakit tersebut berbeda dari waktu ke waktu akibat perubahan sistem tanam, perubahan ekosistem lahan sawah ke lahan tegal dan tadah hujan yang lebih kering, pergantian jenis varietas yang ditanam, serta akibat terjadinya perubahan iklim. Sampai saat ini pengendalian penyakit tebu yang paling efektif adalah penanaman varietas tahan, penggunaan benih yang sehat bebas patogen dan karantina. Saat ini penyakit luka api dan mosaik bergaris merupakan penyakit yang belum bisa diatasi dan cenderung meningkat kejadian dan penyebarannya. Tulisan ini mengulas perkembangan dan hasil penelitian pengendalian penyakit yang pernah menjadi masalah penting pada periode waktu tertentu karena menurunkan produksi tebu secara nyata sejak tebu dibudidayakan secara komersial di Indonesia serta strategi pengendalian yang harus dilakukan secara terpadu demi kelangsungan perkebunan tebu dalam mendukung industri gula nasional.

Kata kunci: penyakit tebu, periode, varietas, karantina

ABSTRACT

There were more than 30 diseases have been recorded since sugarcane grown for sugar in Indonesia. And

yet, only few diseases considered as major diseases since they decreased productivity up to 20% and sugar content significantly. They were: sereh caused by Phytoplasma, pokkah boeng caused by *Fusarium moniliformae*, leafscald caused by *Xanthomonas albineans*, smut caused by *Sporisorium scitamineum*, ratoon stunting caused by *Leifsonia xyli* sub sp *xyli*, root and basal stem rot by *Xylaria warbugii*, mosaic, and streak mosaic caused by virus. Domination of the diseases was different from time to time due to the change of cropping system, change of ecosystem from wetland (sawah) to drier rainfed area, shift of varieties, and also the occurrence of climate change. The most effective controls of sugarcane disease were the use of resistant varieties, healthy seed, and quarantine. At the moment smut and streak mosaic have not effectively controlled and tend to increase their occurrence and distribution. This paper reviews the development of important diseases which have significantly reduced sugarcane production since sugarcane commercially cultivated in Indonesia and integrated disease control strategies to support the sustainability of sugarcane industry.

Keywords: sugarcane disease, period, variety, quarantine

PENDAHULUAN

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) diperkirakan berasal dari Papua, tetapi pertama kali dibudidayakan untuk menghasilkan gula dilakukan oleh Pemerintah Hindia Belanda di Jawa pada tahun 1650 (Knight, 2018). Pada awal pengembangan tebu, varietas yang ditanam oleh perusahaan gula umumnya hanya *Black Chirebon* dan *White Jepara* (van der Eng 1996). Saat ini perkebunan tebu sudah berkembang dengan luas areal 415.660 ha dengan produksi gula sebesar 2.171.726 ton (BPS, 2019) dengan jumlah varietas

unggul yang dikembangkan juga cukup banyak dan berganti dari waktu ke waktu.

Sejak tebu dikembangkan oleh pemerintah Hindia Belanda ditemukan lebih dari 30 jenis penyakit, namun tidak semuanya mempengaruhi produktivitas tebu dan mutu nira. Beberapa penyakit penting pernah menjadi endemik pada periode tertentu akibat perubahan sistem tanam, perubahan dari lahan sawah ke lahan tadah hujan, pergantian jenis varietas yang ditanam, serta terjadinya perubahan iklim.

Penyakit penting pada tanaman tebu di Indonesia antara lain adalah: Penyakit sereh, pokkah boeng, luka api dan mosaik bergaris. Penyakit sereh menyebabkan kerugian hasil yang besar pada pertanaman tebu di jaman Belanda. Penyakit pokkah boeng pernah menyebabkan kematian sampai 38% akibat penanaman varietas yang rentan. Berdasarkan pengalaman PG Prajean, kerugian yang ditimbulkan oleh penyakit ini adalah penurunan produksi sebesar 0,35-0,85% pada 1% kejadian penyakit, terutama pada fase busuk pucuk (Anonim, 2012). Sedangkan penyakit yang paling merugikan dan endemik di hampir semua lokasi pengembangan tebu saat ini adalah luka api dan mosaik bergaris. Menurut Putra et al. (2013) kehilangan hasil akibat penyakit mosaik mencapai 20% pada tingkat kejadian penyakit di atas 50%, terutama pada varietas rentan seperti PS 864.

Tulisan ini mengulas tentang beberapa penyakit penting tebu yang pernah dan atau menjadi kendala produksi tebu dan industri gula di Indonesia sejak tebu dibudidayakan pada tahun 1650, perkembangan hasil penelitian pengendaliannya serta strategi pengendalian untuk mencegah terjadinya ledakan penyakit agar perkebunan tebu tetap berlangsung untuk mendukung industri gula nasional.

PERKEMBANGAN PENYAKIT PENTING TEBUDAN PENGENDALIANNYA

Perkembangan penelitian dan pengendalian beberapa penyakit penting tebu di Indonesia, yaitu penyakit sereh, pokkahboeng, blendok, mosaik, luka api, pembuluh, lapuk akar dan pangkal batang, serta mosaik bergaris diuraikan

berdasarkan periode terjadinya, kecuali terjadi bersamaan:

1. Penyakit Sereh

Penyakit yang paling menghebohkan dan mengubah sejarah tebu di dunia adalah penyakit Sereh, meskipun distribusi penyakit ini awalnya hanya ditemukan di Indonesia, khususnya Jawa dan Sumatera (CABI, 2014). Kejadian penyakit sereh yang muncul dan endemik pada tahun 1880-an memaksa pemerintah Belanda untuk mendirikan suatu Lembaga Riset untuk menanggulangnya.

Penyakit Sereh merupakan penyakit yang disebabkan oleh *Phytoplasma* (CABI, 2014) atau *East Indian Virus* (Yamane, 2018) yang hingga masalah ini terkendalikannya belum pernah diketahui cara penyebaran dan vektornya (Abbott, 1953), kecuali melalui benih. Gejala penyakit sereh sangat khas, yakni tanaman tebu tidak mampu tumbuh normal (kerdil) dan membentuk rumpun seperti tanaman sereh (Gambar 1). Berkas pembuluh berwarna kemerahan akibat adanya semacam getah pada pembuluh. Pada bagian bawah daun tumbuh akar adventif (Smith, 1972). Pada awal penelitian, seleksi dan persilangan yang dilakukan hanya menghasilkan varietas yang responsif terhadap pupuk dan produksi tinggi, namun tidak tahan terhadap penyakit Sereh. Penelitian juga menunjukkan bahwa penyakit sereh tidak berkembang di dataran tinggi, sehingga pengendalian yang disarankan saat itu adalah dengan menanam bibit di dataran tinggi sebelum ditransplanting ke lahan tebu yang umumnya ditanam di dataran rendah. Selain itu juga diterapkan pelarangan kepras/ratoon untuk menghindari terjadinya kerugian akibat kejadian penyakit yang meningkat (Summers et al., 1948; McCook, 2002).

Varietas yang tahan baru diperoleh tahun 1921, yaitu POJ 2878, yang dihasilkan oleh Proefstation Oost Java (sekarang bernama Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia atau lebih dikenal dengan P3GI). Varietas POJ 2878 merupakan salah satu varietas hibrida tersukses di dunia di antara persilangan antar spesies, dengan produktivitas 20 ton gula kristal/ha pada tahun 1940 jika dibandingkan Black Chirebon

yang hanya 2 ton gula kristal/ha yang ditanam sejak tahun 1840 (Kochhar, 2016). Salah satu induk POJ 2878 berasal dari persilangan antara tebu (*S. officinarum*) dengan glagah (*S. Spontaneum*) yang merupakan spesies tebu liar. Secara bertahap *Black Chirebon* kemudian diganti varietas POJ 2878 yang memiliki produktivitas tinggi dan tahan terhadap penyakit Sereh dan mosaik. Sejak itu penyakit sereh di Indonesia belum pernah muncul kembali.



Gambar 1. Penyakit Sereh Sumber: Foto Istimewa (Galikano, 2017)

Menurut Toharisman dan Triantarti (2014) pada tahun 1930 produktivitas tebu POJ 2878 mencapai 14 ton/ha sehingga pada saat itu, Indonesia menjadi negara pengekspor gula kedua terbesar setelah Cuba. Produksi gula yang dihasilkan mencapai 2.9 juta ton gula, 2.2 juta ton diekspor ke Eropa. Hampir 90% dari 200.000 ha area perkebunan tebu di Jawa ditanami POJ 2878.

Keberhasilan Indonesia tersebut kemudian dimanfaatkan oleh perkebunan tebu di Argentina, Louisiana, dan Cuba yang pada tahun 1930 sampai pertengahan 1950 juga menderita akibat penyakit sereh dan mosaik, dengan menggunakan POJ 2878 sebagai varietas tebu andalan (Mutsaer, 2007; van Schendel, 2017). Bahkan Australia juga memanfaatkan POJ 2878

beserta turunannya dalam pengembangan tebutnya (Henzell, 2007). Namun, penanaman POJ 2878 yang intensif dan terus menerus di Jawa kemudian memicu ledakan beberapa penyakit, antara lain Pokkah boeng dan Blendok.

2. Penyakit Pokkah boeng

Pokkah boeng yang disebabkan oleh jamur *Fusarium moniliforme* Sheldon menjadi masalah dan menyebabkan kematian batang tebu 10-38% POJ 2878 (Martin et al., 1989). Pokkah boeng sendiri merupakan istilah bahasa Jawa yang berarti penyakit yang menyerang bagian pucuk. Ada tiga stadia gejala pokkah boeng, yaitu: Fase 1 (*Pb1*): Helaian daun tebu muda yang terserang *F. moniliforme* biasanya menunjukkan gejala khlorosis, yang terkadang kemudian berkembang sehingga daun muda mengerut, tidak bisa membuka, terpelintir/membelit, dan memendek sampai berubah bentuk dan rusak dan terkadang tampak garis-garis merah (Gambar 2a dan b). Fase 2 (*Pb2*) merupakan stadium di mana ruas-ruas batang tebu menjadi pendek, pipih dan terkadang bengkok. Jika dibelah bagian dalam batang terlihat luka yang menyerupai anak tangga. Pelepah daun tidak mampu tumbuh dengan baik. Sedangkan gejala *Pb3* biasanya berbentuk busuk pucuk (Gambar c dan d). Namun, semakin tua umur tanaman, semakin tahan terhadap penyakit ini.



Gambar 2. Gejala Penyakit Pokkahboeng, daun pucuk khlorosis dan mengerut (a), tidak bisa membuka, terpelintir/membelit (b) dan busuk pucuk (c-d) (Foto: Yulianti)

Penelitian secara intensif terhadap penyakit ini baru dilakukan oleh Bolle mulai tahun 1927-1937 ketika terjadi endemi, meskipun penyakit ini

telah dilepas pada tahun 1998 oleh P3GI, VMC 71-238 yang dilepas tahun 2015 oleh P3GI dan PTPNX (Anonim, 2018).



Gambar 3. Gejala Penyakit Blendok (Foto: Yulianti)

sudah terdeteksi di Jawa dan dilaporkan pertama kali oleh Walker dan Went pada tahun 1886. Kondisi yang hangat saat musim hujan atau pemberian air irigasi berlebihan merupakan kondisi yang sangat cocok bagi perkembangan penyakit, terutama pada saat pertumbuhan vegetatif (Whittle dan Irawan, 2000), ketika tanaman berumur 3-7 bulan. Kumar et al. (2018) melaporkan bahwa suhu optimum untuk perkembangan penyakit ini adalah 24-29°C dan semakin lembab kondisi tanah, kejadian penyakit Pokkah boeng akan semakin parah. Kejadian penyakit Pokkah boeng paling banyak ditemukan pada tanah lempung liat berpasir dengan pH berkisar antara 6,5-7,5.

Pemanfaatan jamur antagonis *Trichoderma* spp memiliki prospek untuk dimanfaatkan dalam mengendalikan Pokkah boeng, meski saat ini masih dalam taraf skala percobaan (Pratiwi et al., 2013). Arya et al. (2017) mengklaim bahwa konsorsium jamur dan bakteri antagonis mempunyai prospek yang lebih baik untuk diaplikasikan di lapang. Diantara fungisida yang pernah diuji, fungisida berbahan aktif tembaga oksiklorid menunjukkan yang paling efektif menekan penyakit Pokkah boeng (Kumar et al., 2018). Namun harga fungisida yang mahal menyebabkan pengendalian ini tidak dianjurkan. Pengendalian yang paling efektif adalah dengan mengganti varietas POJ 2878 dengan varietas tahan, terutama untuk daerah-daerah yang endemik Pokkah boeng. Varietas yang tahan Pokkahboeng antara lain adalah PS 862 yang

3. Penyakit Blendok

Penyakit Blendok pertama kali dideteksi oleh Wilbrink tahun 1920 di Perkebunan tebu di Jawa pada varietas POJ 2878, namun masih belum menjadi masalah serius (Ricaud and Ryan, 1989). Menurut Sutarman (2015), penyakit mulai berpengaruh secara ekonomi sejak varietas POJ 2967 dan POJ 3067, yang rentan, ditanam dalam skala luas menggantikan POJ 2878 yang rentan terhadap Pokkah Boeng. Penyakit Blendok disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas albineans*. Biasanya gejala mulai terlihat ketika tanaman berumur enam minggu sampai dua bulan. Gejala awal penyakit blendok biasanya pada helaian daun tebu terlihat satu atau lebih garis khlorosis sejajar tulang daun selebar pensil (1-2 mm), dekat dengan ibu tulang daun ke tepi daun (Gambar 3.). Garis khlorosis tersebut kemudian mengering. Jika serangan parah, maka akan tumbuh tunas-tunas samping yang juga khlorosis. Jika perkembangan penyakit lambat, tajuk mengering perlahan akibat aliran air ke atas dalam pembuluh batang terhambat sehingga tanaman nantinya akan mati. Dengan pergantian varietas yang lebih tahan, penyakit ini sekarang bukan menjadi ancaman yang serius bagi perkebunan tebu. Namun, karena sifatnya yang laten perkembangan penyakit tetap perlu diwaspadai.

4. Penyakit Mosaik

Sekitar tahun 1970-an terjadi ledakan penyakit mosaik, terutama pada tiga varietas yang mendominasi perkebunan tebu di Jawa, yaitu POJ 3016, POJ 3067, dan PS41 (Putra dan Damayanti, 2012), meskipun gejala mosaik sudah terdeteksi oleh Van Musscrebroek di Jawa Tengah pada tahun 1892 (Summers et al., 1948). Hasil survei yang dilakukan oleh Sholeh et al. (2019) di empat lokasi Pabrik Gula di Jawa Timur (Asembagus, Prajekan, Jatiroto, dan Semboro) menunjukkan bahwa semua varietas yang ditanam (Bululawang, HW Merah, NXI 1-3 dan NXI-4T, yang merupakan varietas modifikasi genetik) bergejala mosaik dengan tingkat keparahan tertinggi pada varietas NXI-4T (18,53%). Sebelumnya Addy et al. (2017) juga melakukan survei di perkebunan Tebu di Jawa Timur dan mendapatkan bahwa varietas- varietas NXI-1T, VMC 7616, COKRO, PS 881 dan PS 864 mengalami gejala mosaik dengan kejadian penyakit antara 26 sampai 78%. Saat ini penyakit mosaik sudah menyebar di seluruh perkebunan tebu di Indonesia (Putra dan Damayanti, 2012).

Handoyo et al. (1978) menyebutkan bahwa serangan virus mosaik di atas 50% akan menurunkan produksi gula sebesar 10–22%. Pernyataan tersebut diperkuat oleh Magarey et al. (2010) yang melaporkan bahwa kerugian yang diakibatkan oleh serangan virus mosaik di perkebunan tebu di Jawa ini bisa lebih dari 10% dengan tingkat kejadian penyakit di atas 30-50%.

Addy et al. (2017) menyebutkan bahwa ada beberapa jenis virus yang menjadi penyebab penyakit mosaik pada tanaman tebu, yaitu Virus Mosaik Tebu atau *Sugarcane mosaic virus* (SCMV), Virus Mosaik Bergaris Tebu atau *Sugarcane streak mosaic virus* (SCSMV), dan Virus Mosaik Sorgum atau *Sorghum mosaic virus* (SrMV), namun yang dominan menyerang tebu di Indonesia adalah SCMV dan SCSMV. Secara morfologi gejalanya agak sulit dibedakan karena dipengaruhi oleh waktu infeksi, lingkungan dan varietas (Xu et al., 2008). Biasanya gejala terlihat pada daun-daun muda (ke2-4) pada tanaman yang masih muda. Gejala penyakit mosaik berupa garis-garis dan noda-noda berwarna hijau muda sampai kuning (Gambar 4). Penyakit mosaik menurunkan

jumlah khlorofil daun sehingga cahaya matahari yang terabsorpsi berkurang (Addy et al., 2017) akibatnya potensi fotosintesa CO₂ juga menurun. Kondisi ini otomatis akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman, jumlah anakan, dan produksi gula (Viswanathan dan Balamuralikrishnan, 2005).

Untuk mengatasi penyakit mosaik, selain penggunaan benih sehat yang bebas virus, juga penggunaan varietas yang lebih tahan, misalnya M442-51. Perendaman bagal ke dalam air panas 50°C belum mampu mengeliminasi virus, karena suhu untuk inaktivasi virus adalah 55°C (Damayanti et al., 2010). Perendaman bagal tebu pada suhu tersebut akan mengurangi viabilitasnya. Oleh karena itu diperlukan deteksi dini keberadaan virus pada bagal untuk memastikan benih yang akan digunakan sehat dan bebas penyakit. Beberapa peneliti sudah mengembangkan metode deteksi virus mosaik tebu secara molekular yang mampu mendeteksi keberadaannya meskipun dalam populasi yang sangat rendah.

Menurut Putra dan Damayanti (2012), varietas M44251 paling banyak ditanam di hampir semua perkebunan tebu di Jawa sampai tahun 1990-an sebelum diganti dengan PS 864 dan PS JT 941 karena ternyata M442-51 rentan terhadap penyakit luka api.



Gambar 4. Gejala Penyakit Mosaik (Foto:Yulianti)

5. Penyakit Luka Api

Penyakit luka api yang disebabkan oleh *Sporisorium scitamineum* (sinonim: *Ustilago scitaminea* (Sydow)) sudah ditemukan pada tahun 1881. Penyakit ini baru menjadi kendala produksi gula ketika endemik di Wilayah Utara Jawa Tengah pada awal tahun 1980. Pada saat itu tingkat serangannya mencapai 40% (Putra dan Damayanti, 2012). Penyakit ini memiliki gejala yang khas, yaitu munculnya cambuk berwarna hitam yang merupakan perubahan bentuk dari daun termuda (Gambar 5a). Bagian ini menjadi bulat memanjang dengan pusat agak keras dengan diameter sekitar 1cm (sebesar pensil) dengan panjang bervariasi mulai beberapa cm sampai 1,5 m (Semangun, 2000). Rumpun tebu yang sakit memiliki anakan banyak dengan batang-batang yang mengecil sehingga menyerupai rumput, dan beberapa pucuknya membentuk cambuk (Gambar 5b) (Comstock, 2000). Warna hitam pada cambuk merupakan kumpulan spora jamur yang jika masak akan pecah dan menyebar, terutama oleh angin. Penyakit ini mempengaruhi pertumbuhan tebu

(Martinez et al., 2000) dan kualitas nira (De Armas et al., 2007).



Gambar 5. Gejala Khas Penyakit Luka Api. Cambuk Hitam pada Ujung Daun Tebu (a) dan Tunas Samping yang Berubah Bentuk Penuhi dengan Jutaan Spora Hitam Jamur (b) (Foto: Yulianti)

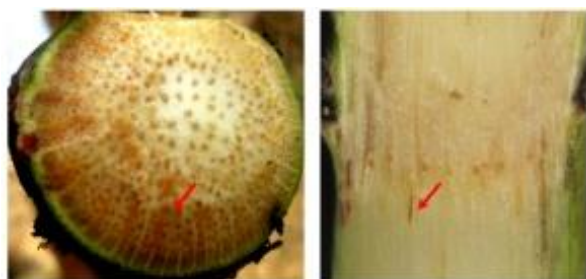
Sejak saat itu penyakit luka api menyebar ke seluruh pulau Jawa, Sumatera dan Sulawesi Selatan dan Tenggara dan merupakan penyakit paling penting pada tahun 1990-an akibat penanaman varietas rentan M442-51 yang cukup luas di area tadah hujan (Putra dan Damayanti, 2012).

Tahun 2000-2008 kejadian penyakit luka api menurun (2-5%) seiring dengan penggunaan varietas tahan (PS 864 dan PSJT 941) (Kristini et al., 2008). Namun, di beberapa tahun terakhir ini kejadian penyakit luka api kembali meningkat. Tahun 2014 dan 2015 luka api endemik di Kabupaten Indramayu dan Cirebon. Sekitar 90% dari 500 ha pertanaman tebu di Indramayu mengalami kejadian luka api dengan intensitas yang cukup berat (Wibawanti, 2014). Tahun 2017 dilaporkan bahwa perkebunan tebu di Jawa Timur dan Madura serta Sulawesi Selatan menderita penyakit luka api cukup parah. Varietas Bululawang yang sebelumnya merupakan varietas tahan juga terserang luka api. Diduga menanam varietas yang sama secara terus menerus menyebabkan jamur *S.*

scitamineum bermutasi sehingga mampu menyerang varietas yang sebelumnya tahan. Menurut (Comstock, 2000), jamur ini memiliki beberapa strain, dan satu varietas bisa memiliki ketahanan yang berbeda terhadap strain yang berbeda. Cuaca yang kering dan berangin merupakan kondisi yang kondusif bagi penyebaran penyakit. Penggunaan bibit yang berasal dari tanaman sakit akan menyebarkan penyakit luka api ke daerah baru. Luka api juga ditemukan di Perkebunan baru milik PT Jonlin di Bombana (Sulawesi Tenggara) karena menggunakan benih yang sakit.

6. Penyakit Pembuluh (Ratoon Stunting Disease)

Penyakit pembuluh ditemukan pertama kali oleh Han pada tahun 1960 (Han, 1960). Penyakit ini disebabkan oleh bakteri *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* (Lxx). Gejala penyakit pembuluh secara visual sulit dilihat. Kejadian yang parah biasanya baru terlihat karena tinggi tanaman dalam satu hamparan tampak tidak seragam. Jika batang tebu dibelah, akan tampak pada bagian buku bergaris-garis merah (Gambar 6). Kerugian akibat penyakit pembuluh biasanya lebih tinggi di lahan tegal dibandingkan dengan yang di lahan sawah. Selain itu penurunan produksi cenderung lebih tinggi pada tanaman keprasan dibandingkan dengan tanaman awal (Urashima et al., 2019).



Gambar 6. Garis Merah pada RuasTebu (tanda panah) merupakan Gejala Internal Penyakit Pembuluh (Foto: Yulianti)

Pada pertengahan tahun 1970-an diperkirakan 55% perkebunan tebu di Jawa sudah terinfeksi bakteri ini. Survei yang dilakukan pada tahun

2000 melaporkan bahwa intensitas penyakit pembuluh berkisar 1.5-74% terutama di daerah tadah hujan pada varietas M442-51. Bahkan pengamatan di pembenihan menunjukkan kejadian penyakit sudah ada yang mencapai 54% (Putra dan Damayanti, 2012).

Salah satu pengendalian yang efektif adalah dengan menggunakan benih yang sehat dan bebas patogen. Perendaman bagal tebu yang berasal dari tanaman sakit dengan air panas suhu 50°C selama dua jam mampu menurunkan infeksi Lxx menjadi 3-6%. Sementara yang tidak direndam air panas, infeksi Lxx mencapai 70-78% (Yulianti et al., 2020). Hasil penelitian ini hampir sama dengan yang diperoleh Johnson dan Tyagi (2010) yang menyatakan terapi air panas 50°C selama 2-3 jam mampu membunuh bakteri Lxx.

Saxena et al. (1983) melaporkan bahwa penambahan amonium sulfat pada tanaman yang terinfeksi Lxx selain meningkatkan jumlah anakan dan produksi, belerangnya juga meningkatkan kadar khlorofil daun tebu yang terinfeksi Lxx.

7. Penyakit Lapuk Akar dan Pangkal batang

Penyakit lapuk akar dan pangkal batang pada tebu pertama kali muncul di PG Gunung Madu, Lampung pada tahun 1993, kemudian terdeteksi di PG Cintamanis, Palembang Sumatera Selatan tahun 2013 dengan luas areal yang terinfeksi sekitar 20% dari 1500 ha perkebunan tebu (Yulianti, 2017). Disebut demikian, karena patogen menyerang jaringan akar sehingga rusak/lapuk dan pangkal batangnya busuk berwarna coklat muda kemerahan (Gambar 7.). Bagian atas tanaman layu dan kering karena tidak mendapat pasokan hara. Penyakit ini disebabkan oleh jamur *Xylaria* cf. *warburgii*. Penyakit ini cukup merugikan, karena pada tingkat keparahan penyakit 26% akan menurunkan produksi gula sampai 15% (Sitepu et al., 2010). Meskipun penyakit ini hanya ditemukan di Sumatera Selatan dan Lampung, namun penyebarannya terus meluas dan pengendalian yang efektif belum ditemukan.



Gambar 7. Gejala Lapuk Akar dan Pangkal Batang (Foto: Yulianti)

8. Penyakit Mosaik Bergaris

Penyakit mosaik bergaris merupakan penyakit yang relatif baru, karena dilaporkan pertama kali ditemukan di Pakistan dan India oleh Hall et al. (1998), beberapa tahun kemudian Chatenet et al. (2005) melaporkan keberadaan penyakit ini di Bangladesh, Sri Lanka, Vietnam, dan Thailand. Pada tahun 2005 penyakit mosaik bergaris ditemukan di perkebunan tebu di Jawa Timur, terutama pada varietas PS 864 dengan tingkat kejadian yang lebih tinggi di lahan sawah dibandingkan di lahan tadah hujan (Damayanti dan Putra, 2011). Diperkirakan penyakit ini masuk ke Indonesia bersamaan dengan masuknya benih tebu (set) yang terinfeksi (Damayanti et al., 2010). Hasil penelitian Magarey et al. (2018) menunjukkan bahwa kehilangan hasil akibat penyakit ini bisa mencapai 22%.

Gejala penyakit mosaik bergaris sedikit berbeda dengan penyakit mosaik. Pada penyakit mosaik bergaris gejalanya berupa garis-garis halus pada helaian daun tebu yang bewarna hijau

muda, kuning atau putih yang berselang seling dengan warna hijau yang normal pada daun tebu (Gambar 8.).



Gambar 8. Gejala Penyakit mosaik Bergaris (Foto: Yulianti)

Pada tahun 2008/2009 sekitar 30% perkebunan tebu milik 28 pabrik gula di Jawa bergejala mosaik bergaris yang kemudian menyebar di 59 perkebunan tebu dengan tingkat keparahan penyakit 1–62% (Putra et al., 2013). Dari survei di seluruh perkebunan tebu di Pulau Jawa tersebut, hanya dua lokasi yang belum ditemukan, yaitu di Subang dan Jati Tujuh di Jawa Barat, namun pada survei di tahun 2011 penyakit mosaik bergaris sudah ditemukan di perkebunan tebu Jati Tujuh dan Papua Barat (Damayanti dan Putra, 2011). Magarey et al. (2010) melaporkan bahwa 90% dari 930 perkebunan tebu di Jawa bergejala mosaik bergaris. Survei tahun 2016 dan 2017 di Subang, Sumatera dan Sulawesi menunjukkan bahwa penyakit mosaik bergaris telah menyebar di daerah tersebut kecuali di Gorontalo (Magarey et al., 2018). Penyebaran penyakit ini ke luar Jawa adalah akibat pengiriman benih yang terinfeksi virus mosaik bergaris dari Jawa. Penyakit mosaik bergaris ini menjadi sangat penting karena penyebarannya yang sangat cepat melalui benih yang terinfeksi, peralatan pertanian yang terkontaminasi dan mampu menyebar ke tanaman lain juga tebu liar dan kerabatnya. Menurut Putra et al. (2015), virus mosaik bergaris ini menginfeksi tanaman sorgum (*Sorghum bicolor*), jagung (*Zea mays*), dan kerabat tebu *Saccharum spontaneum*, *S. robustum*, *S. sinense*, *S. barberi* dan *Mischantus* serta beberapa jenis gulma

seperti *Brachiaria moniliformis*, *Panicum repens*, *Paspalum conjugatum*, dan *Rottboelia exaltata*. Menurut Viswanathan et al. (2008) virus mosaik bergaris terdeteksi pada kutu tebu *Melanaphis indosacchari*. Namun, hasil penelitian Magarey et al. (2018) menyatakan sampai saat ini di Indonesia belum ditemukan serangga vektor yang menjadi medium penular virus tersebut. Oleh karena itu upaya pengendalian secara terpadu, seperti memonitor keberadaan dan kejadiannya di lapang, penggunaan varietas tahan, sanitasi kebun, penggunaan benih sehat bebas penyakit sangat diperlukan.

STRATEGI PENCEGAHAN PENYAKIT

Mengingat terjadinya penyakit yang selalu berubah-ubah dari waktu ke waktu, maka beberapa usaha untukantisipasi terjadinya ledakan suatu penyakit harus dilakukan secara terus menerus. Langkah-langkah tersebut antara lain adalah: monitoring, karantina, penggunaan benih sehat serta pergantian varietas secara berkala.

1. Karantina Tumbuhan dan Sistem Keamanan Hayati

Untuk mencegah penyebaran suatu penyakit ke daerah baru, maka karantina merupakan langkah yang harus dilakukan secara tegas dan disiplin. Langkah pertama adalah melakukan kerjasama antara Lembaga Penelitian Pertanian dengan Badan Karantina Pertanian untuk mendeteksi kesehatan benih yang baru diimpor. Lembaga penelitian dan karantina harus memiliki fasilitas dan sumber daya manusia yang mampu mendeteksi keberadaan suatu patogen penyebab penyakit secara akurat dan efisien meskipun populasinya sangat rendah. Sebelum metode biologi molekuler berkembang, deteksi secara konvensional dilakukan dengan isolasi benih. Benih tebu baru yang berasal dari luar daerah/negeri harus dikarantina dengan menanamnya setidaknya selama dua tahun di daerah yang terisolasi untuk memastikan benih tersebut sehat dan bebas patogen sebelum disebar dan ditanam secara luas untuk tujuan komersial. Saat ini metode deteksi yang

dikembangkan cukup banyak, baik melalui metode serologi maupun molekular biologi yang cepat dan akurat.

Perlakuan air panas pada suhu yang tepat untuk mengeliminasi jamur ataupun bakteri, serta perbanyakan melalui kultur meristem untuk mengeliminasi virus dalam benih tebu yang baru diimport jika hasil diagnosa menunjukkan adanya infeksi patogen baru, merupakan prosedur wajib yang harus dilakukan sebelum benih tersebut ditanam di perkebunan tebu.

Kesadaran akan pentingnya pencegahan masuknya penyakit baru bukan hanya menjadi tanggung jawab lembaga penelitian dan karantina saja, namun juga para pelaku yang terlibat dalam industri gula, baik di tingkat pengambil kebijakan, manager, sampai petani. Fungsi dan manajemen keamanan hayati perlu ditingkatkan dan diingatkan secara rutin kepada semua pihak untuk menjaga agar tidak terjadi masuknya penyakit baru. Munculnya gejala baru yang belum pernah ditemui harus segera dilaporkan agar segera dilakukan identifikasi dan tindakan preventif serta kemungkinan perlunya pemusnahan tanaman.

2. Penggunaan benih sehat dan bebas penyakit

Benih tebu biasanya berupa bagal atau plantlet yang diperoleh dari bagian tanaman tebu dan digunakan untuk perbanyakan tanaman. Benih yang sehat dan tidak mengandung patogen akan menghasilkan tanaman yang sehat dan berproduksi sesuai dengan potensinya. Penyakit-penyakit tebu yang menjadi masalah di perkebunan tebu Indonesia umumnya merupakan penyakit sistemik yang ditularkan terutama melalui benih. Oleh karena itu, penyediaan benih sehat dan bebas patogen harus dimulai dari kebun benih pokok, nenek, induk, sampai kebun benih datar. Syarat benih yang ditetapkan dalam SNI 7312:2008 harus secara ketat dan disiplin diterapkan. Untuk menghindari penyebaran penyakit sistemik, tingkat keparahan penyakit mosaik, blendok, luka api, atau pembuluh harus di semua tingkat kebun benih harus 0%. Selain itu, lokasinya bukan bekas ditanamani tebu selain untuk

menjaga kemurnian varietas, juga agar penyakit yang pernah menyerang pada tanaman tebu sebelumnya tidak menular ke tanaman berikutnya.

Deteksi dini keberadaan patogen dalam batang tebu yang akan digunakan sebagai benih harus dilakukan untuk memastikan batang tebu yang akan digunakan benar-benar bebas patogen. Perawatan benih menggunakan air panas harus sesuai prosedur, mengingat suhu dan lama perendaman merupakan faktor kritis keberhasilan dalam mengeradikasi hama/patogen. Namun, perlakuan benih dengan air panas baru mampu mengeliminasi hama, patogen yang disebabkan jamur dan bakteri. Eliminasi virus penyebab penyakit tebu biasanya dilakukan dengan kultur meristem dan atau kemoterapi. Balamuralikrishnan et al. (2002) menyatakan bahwa penambahan ribavirin 50 ppm pada medium MS untuk menumbuhkan meristem tebu mampu mengeliminasi virus mosaik sampai 95% tanpa menimbulkan fitotoksisitas pada plantlet yang dihasilkan. Subba-Reddy dan Sreenivasulu (2011) melaporkan bahwa kultur meristem saja mampu mengeliminasi virus mosaik bergaris sampai 92%, namun jaringan meristem sebelumnya diperlakukan dengan larutan anti nekrotik yang merupakan kombinasi dari senyawa asam askorbat, sistin hidroklorida, dan perak nitrat. Namun, Roostika et al. (2016) memperoleh hasil yang sedikit berbeda. Mereka menyatakan bahwa kultur meristem saja tidak mampu mengeliminasi virus mosaik bergaris tebu, namun ketika media ditambah dengan ribavirin 25 ug/L, plantlet mampu tumbuh normal dan virus tereliminasi 44,4%. Jadi perbaikan metode kultur meristem masih perlu dilakukan untuk memperoleh benih bebas virus mengingat penyakit ini sekarang sudah mulai menyebar.

Urashima et al. (2019) menyebutkan bahwa sanitasi kebun bibit merupakan faktor utama yang harus diperhatikan jika tidak ingin menyebarkan penyakit sistemik pada daerah perkebunan tebu yang baru. Dengan demikian deteksi dini secara rutin terhadap keberadaan penyakit sistemik merupakan hal yang harus diperhatikan.

3. Pergiliran Varietas dan Penggunaan Varietas tahan

Pengendalian penyakit yang paling efektif adalah dengan menggunakan varietas yang tahan. Sampai saat ini, hampir semua varietas komersial tebu yang ditanam induknya merupakan persilangan dari dua spesies, yaitu *S. officinarum*, yang merupakan tanaman tebu penghasil gula, dan *S. spontaneum*, kerabat tebu yang tanamannya lebih kecil, namun memiliki ketahanan terhadap penyakit dan cenderung lebih toleran terhadap deraan lingkungan (Carl, 2018). Kontribusi khromosome di dalam nukleus sekitar 80% berasal dari *S. officinarum*, 10–20% berasal dari *S. spontaneum*, dan kurang dari 5–17% berasal dari rekombinan keduanya (Hoang et al., 2015).

Setiap pelepasan suatu varietas baru hendaknya diuji juga ketahanannya terhadap penyakit-penyakit penting yang pernah ada. Mengingat proses terbentuknya suatu varietas baru dari suatu persilangan membutuhkan waktu sekitar 10-15 tahun dalam kurun waktu tersebut, terbentuknya khromosom rekombinan sangat kecil sehingga populasi yang terbentuk memiliki dasar genetik yang sempit (Hoang et al., 2015), maka sebelum melakukan program perakitan varietas, sebaiknya dilakukan identifikasi gen ketahanan induknya terhadap suatu penyakit (Scortecci et al., 2012). Sakaigaichi et al. (2019) menyebutkan bahwa mereka harus menyeleksi plasma nutfah *S.spontaneum* yang memiliki ketahanan sangat tinggi terhadap luka api terlebih dahulu, karena hasil persilangan yang dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa varietas yang dihasilkan dari persilangan dengan *S.spontaneum* memiliki biomasa tinggi namun sangat rentan terhadap luka api. Kini, aplikasi molekular biologi dan bioteknologi, sudah menggantikan sistem pemuliaan konvensional yang biasanya mengacu kepada pendekatan histopatologi dan biokimia. Jadi identifikasi dan pemetaan gen sumber ketahanan dapat dilakukan sebelum melakukan persilangan. Dengan demikian, dalam program perakitan varietas tebu selain untuk memperoleh produktivitas dan kandungan nira tinggi juga memiliki ketahanan terhadap hama dan

penyakit. Dalam memperoleh varietas unggul baru, terutama kaitannya dengan ketahanan terhadap suatu penyakit, para pemulia harus mempertimbangkan kemungkinan terjadinya evolusi patogenesitas patogen pada tebu dan mekanisme serta sistem ketahanan tanaman tebu terhadap patogen, pengetahuan tentang dinamika patogen, serta interaksi patogen dengan inangnya (Rameshsundar et al., 2015). Saat ini lebih dari 100 varietas yang beredar di perkebunan tebu di Indonesia, namun tidak semuanya memiliki informasi ketahanan terhadap penyakit, terkadang informasi yang ada adalah kejadian penyakit saat dilakukan uji multilokasi (Tabel 1.). Varietas TLH 3, TLH4, dan TLH 5 juga tidak diuji ketahanannya. Informasi yang diperoleh hanya menunjukkan bahwa varietas-varietas tersebut saat uji multilokasi di lapang bebas dari serangan luka api (0%).

Beberapa varietas hanya diuji ketahanannya terhadap penyakit-penyakit yang endemik di daerah di mana varietas tersebut akan dikembangkan. Misalnya varietas GMP diuji ketahanannya terhadap penyakit karat, noda daun, dan daun hangus. Namun tidak diuji terhadap mosaik atau mosaik bergaris karena penyakit tersebut tidak ditemukan di perkebunan tebu milik PT GMP.

Berdasarkan data pada Tabel 1, hanya 3 varietas yang diketahui ketahanannya terhadap mosaik bergaris karena penyakit ini relatif baru. Varietas-varietas tersebut adalah: PS 864 dan PSBK 061 yang merupakan varietas yang rentan. Sedangkan satu varietas lagi adalah PSBK 051 yang merupakan varietas yang sangat tahan.

Varietas-varietas tersebut di atas merupakan hasil dari: P3GI; Propinsi JATIM; PG RAJAWALI NUSANTARA; PTPN X; PT GMP; PT PG

Tabel 1. Ketahanan Varietas Tebu di Indonesia terhadap Penyakit

No	Varietas	Pokkah bung	Blendok	Luka api	Mosaik	Daun hangus	Karat	Noda Cincin	Noda Merah	Noda Kuning
1.	PS 862	T	T		T					
2.	PS 851	R	T		T					
3.	PS861	R	AT		T					
4.	PS863	R	T		T					
5.	PSBM901	T	T	AT	T	T				
6.	PS921	T	T	AR	T					
7.	PS864	Tlr	T	T	T					
8.	BL	M	T	T ⁾	T					
9.	PSJT941		T	T						
10.	PS865	T	T							
11.	PS881		T	Tlr	T	T				
12.	PS882		T	T	T	T				
13.	PSJK922	T	T		T					
14.	PSDK923	TLR	T	T	T					
15.	PSBK 061	T	ST	M						
16.	PSBK 051	T	R	SR						
17.	KIDANG KENCANA	T	T	T						
18.	KENTHUNG	T	T	T	T					
19.	GMP1		T			T	T	T		
20.	GMP2		T				T	T		
21.	GMP3			T		T				
22.	GMP4			T		T				
23.	GMP5	T	T	T		T				
24.	GMP6	T	T	T		T				
25.	GMP7	T	T	T		T				
26.	TLH1	ATlr	ATlr	ATlr		ATlr	ATlr		AR	ATlr
27.	TLH2	AT	AT	AT		AT	AT			AT
28.	CENNING	T		T	T					
29.	VMC 76-16	T	T	T	T					
30.	VMC 86-650	T	T	T	T					
31.	VMC 71-238	T	T	T	T					
32.	NXI 4T	M	R	T	M		M			
33.	PA028			T						
34.	PA 0218			T						
35.	CMG AGRIBUN	0	0,56	0	0					
36.	AAS AGRIBUN	0,06	0	2,88	0					
37.	AMS AGRIBUN	0,2	0,25	4,42	0					
38.	ASA AGRIBUN	0	1,07	1,12	0					

Sumber: <http://www.kebun-varietas.com/tebu/> [20 November 2019]

Keterangan: ST: Sangat Tahan; T: Tahan; M: Moderat; AT: Agak Tahan; Tlr: Toleran; ATlr: Agak toleran; R: Rentan; SR: Sangat Rentan.

Angka pada No35-38 merupakan persentase kejadian penyakit di alapang (bukan tigkat ketahanan)

GORONTALO; Disbun sulsel; PTPN X; PTPN XI; PG RAJAWALI II; BADAN LITBANG, dll.

Mengingat sejarah penyakit di perkebunan tebu di Indonesia di mana penyakit-penyakit baru akan timbul setelah varietas baru ditanam secara luas dan dalam kurun waktu yang lama, maka perlu adanya pergiliran varietas untuk menghindari mutasi atau evolusi patogen. Penataan varietas selain mempertimbangkan kemasakan tebu, juga diversifikasi dan variasi varietas dalam suatu lahan.

RISET YANG PERLU DIPRIORITASKAN

Untuk mendukung program pengendalian penyakit secara terpadu sebagaimana yang tersebut di atas dan untuk meningkatkan kewaspadaan terhadap timbulnya penyakit baru dan penyebarannya, maka diperlukan penelitian-penelitian yang bertujuan memperoleh metode penyediaan benih/bagal bebas penyakit serta deteksi dini keberadaan suatu pathogen secara molekuler yang cepat dan dapat dilakukan di lapang, terutama untuk penyakit-penyakit dengan gejala laten atau kurang terlihat secara visual.

Keragaman genetik varietas tebu yang ada saat ini cenderung sempit. Oleh karena itu untuk menambah koleksi dan keragaman genetik bagi pemulia sebagai sumber persilangan ketika melakukan perakitan varietas, maka diperlukan program pertukaran plasma nutfah tebu. Pertukaran varietas dengan negara-negara penghasil gula dapat digunakan sebagai sumber ketahanan terhadap penyakit eksotik. Mengingat sejarah POJ 2878 yang sering disebut sebagai *wondercane of Java* merupakan terobosan hibrida antar spesies, maka untuk memperoleh varietas unggul baru dengan keragaman genetik yang lebih luas, diperlukan persilangan tebu dengan kerabat liarnya. Salah satu kerabat liar tebu yang memiliki ketahanan baik terhadap penyakit adalah *Erianthus*. Menurut Putra et al. (2015), virus mosaik bergaris tidak mampu menginfeksi *Erianthus*. Shen et al. (2014) menyilangkan tebu dengan *Erianthus* dan hasil persilangannya memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap luka api yang disebabkan oleh *S. scitamineum* dibandingkan tetuanya. Ram et al. (2001) juga mendapatkan bahwa ketahanan hasil

persilangan tebu dengan *Erianthus* terhadap penyakit nanas yang disebabkan oleh *Colletotricum falcatum* juga meningkat. Li et al. (2013) menyeleksi 33 plasma nutfah *E. arundinaceus* dan 37 plasma nutfah *S. spontaneus*. *E. arundinaceus* memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap virus mosaik sorgum dibandingkan *S. spontaneus*. Jumlah yang sangat tahan-moderat tahan juga lebih banyak (67%) dibandingkan *S. spontaneum* (46%). Indonesia memiliki sebaran *Erianthus* sp. yang cukup luas sehingga memiliki potensi yang tinggi sebagai sumber ketahanan terhadap penyakit-penyakit penting. Oleh karena itu penting untuk menyeleksi ketahanan kerabat tebu liar terhadap penyakit sebelum digunakan sebagai tetua ketika melakukan persilangan untuk merakit suatu varietas tebu.

KESIMPULAN

Penyakit merupakan salah satu penyebab penurunan produksi dan kualitas nira tebu. Penyakit yang mendominasi tebu dari waktu ke waktu berbeda akibat perubahan sistem tanam, perubahan dari lahan sawah ke lahan tadah hujan, pergantian jenis varietas yang ditanam, serta terjadinya perubahan iklim. Sampai saat ini pengendalian yang paling efektif adalah dengan penanaman varietas tahan. Namun, penggunaan varietas yang tahan terhadap suatu penyakit secara luas dan dalam kurun waktu yang lama akan menimbulkan ledakan penyakit baru lainnya. Oleh karena itu, diperlukan pergiliran dan penataan varietas yang bijaksana demi kelangsungan perkebunan tebu dan meningkatkan produksi gula nasional. Penggunaan benih sehat melalui perawatan benih tebu dengan air panas (HWT), deteksi dini keberadaan suatu patogen dalam bahan benih serta sanitasi kebun benih harus dilakukan oleh perusahaan/petani penangkar benih. Peran pemerintah dalam hal ini Balai Karantina dalam mencegah sebaran penyakit juga sangat diperlukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Prof. Subiyakto dan Prof. Deciyanto

Soetopo yang telah mendorong saya untuk menulis naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, E., 1953. The United States. Agriculture Department, in: Stefferud, A. (Ed.), Plant Diseases. The Yearbook of Agriculture. The United States. Agriculture Department, pp. 526–535.
- Addy, H., Nurmalasari, Wahyudi, A., Sholeh, A., Anugrah, C., Iriyanto, F., Darmanto, W., Sugiharto, B., 2017. Detection and Response of Sugarcane against the Infection of Sugarcane Mosaic Virus (SCMV) in Indonesia. *Agronomy* 7, 50. <https://doi.org/10.3390/agronomy7030050>
- Anonim, 2018. Deskripsi Varietas Tebu. Sistem Informasi Varietas Unggul Tanaman Perkebunan [WWW Document]. URL <http://www.kebun-varietas.com/tebu/> (accessed 11.20.19).
- Anonim, 2012. Penyakit Pokkahbung. Litbang Pradjekan. PG Pradjekan. PTPN XI. [WWW Document]. URL <http://qc-pgpradjekan.blogspot.com/2012/10/penyakit-pokkahbung.html> (accessed 11.20.19).
- Arya, A., Sharma, R., Sharma, G., Kabdwal, B., Negi, A., Mishra, B., 2017. Evaluation of fungal and bacterial antagonists for managing phytopathogen *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* Sheldon, causing Pokkah Boeng disease of sugarcane. *J. Biol. Control* 31, 217–222. <https://doi.org/doi:10.18311/jbc/2017/15456>
- Balamuralikrishnan, M., Doraisamy, S., Ganapathy, T., Viswanathan, R., 2002. Combined effect of chemotherapy and meristem culture on sugarcane mosaic virus elimination in sugarcane. *Sugar Tech* 4(1)19-25. 4, 19–25. <https://doi.org/DOI:10.1007/BF02956875>
- BPS, 2019. Statistik Tebu Indonesia 2018. BPS RI/BPS – Statistics Indonesia.
- CABI, 2014. Sugarcane Sereh Disease. Plant Protection Compendium. No.AQB CPC record pp.Sheet 2255 [WWW Document].
- Carl, R., 2018. Success is sweet: Researchers unlock the mysteries of the sugarcane genome. *Sci. Dly.*
- Chatenet, M., Mazarin, C., Girard, J., Fernandez, E., Gargani, D., Rao, G., Royer, M., Lockhart, B., Rott, P., 2005. Detection of Sugarcane streak mosaic virus in sugarcane from several Asian countries. *Sugar Cane Int.* 23, 12-15.
- Comstock, J., 2000. Smut, in: Rott, P., Comstock, J., Croft, B., Saumtally, A. (Eds.), *A Guide to Sugarcane Diseases*. CIRAD/ ISSCT, Montpellier, pp. 181–185.
- Damayanti, T., Putra, L., 2011. First occurrence of Sugarcane Streak Mosaic Virus infecting sugarcane in Indonesia. *J. Gen. plant Pathol.* 77, 72–74. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10327-010-0285-7>
- Damayanti, T., Putra, L., Giyanto., 2010. Hot water treatment of cutting-cane infected with Sugarcane Streak Mosaic Virus (SCSMV). *J. Int. Soc. Southeast Asian Agric. Sci.* 16, 17–25.
- De Armas, R., Santiago, R., Legaz, M., Vicente, C., 2007. Levels of phenolic compounds and enzyme activity can be used to screen for resistance of sugarcane to smut (*Ustilago scitaminea*). *Aust. Plant Pathol.* 36, 32–38.
- Galikano, S., 2017. Cerita Gemilang Industri Gula Pasuruan. [WWW Document]. URL <https://silviagalikano.com/2017/01/25/cerita-gemilang-industri-gula-pasuruan> (accessed 10.10.18).
- Hall, J., Adams, B., Parsons, T., Frech, R., Lane, L., Jensen, S., 1998. Molecular cloning, sequencing and phylogenetic relationships of a new potyvirus: sugarcane streak mosaic virus, and a reevaluation of classification of the Potyviridae. *Mol. Phylogenetic Evol.* 10, 323–332.
- Han, L., 1960. Penyakit Pembuluh. *Berita-Berita dari Perusah. Gula di Indones.* 1, 1–27.
- Handojo, I., Siswojo, I., Legowo, L., 1978. Penyakit mosaik kerugian dan pengujian resistensi. *Maj. Perusah. Gula* 17, 1–5.
- Henzell, T., 2007. *Australian Agriculture: Its History and Challenges*. CSIRO Publishing, Collingwood Australia.

- Hoang, N., Furtado, A., Botha, F., Simmons, B., Henry, R., 2015. Potential for genetic improvement of sugarcane as a source of biomass for biofuels. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 3, 182. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fbioe.2015.00182>
- Johnson, S., Tyagi, A., 2010. Effect of Ratoon Stunting Disease of Sugarcane yield in Fiji. *South Pacific J. Nat. Appl. Sci.* 28, 69–73.
- Knight, R., 2018. Indonesia's Colonial Industry. *Oxford Res. Encycl.* <https://doi.org/doi:10.1093/acrefore/9780190277727.013.44>
- Kochhar, S., 2016. *Economic Botany: A Comprehensive Study*, 5th editio. ed. Cambridge University Press.
- Kristini, A., Achadian, E., Irawan, Putra, L., Pratiwi, T., Mulyadi, M., 2008. An overview of sugarcane disease in Java: Penyebaran dan dominasi penyakit penting pada tanaman tebu. *Maj. Penelit. Gula* 44, 205–218.
- Kumar, V., Singh, V., Kumar, B., S, S., Kumar, B., 2018. Effect of Soil Properties and Chemotherapeutants on Pokkah Boeng Disease of Sugarcane. *Plant Pathol. J.* 17, 51–58. <https://doi.org/doi:10.3923/ppj.2018.51.58>
- Li, W., Wang, X., Huang, Y., Shan, H., Luo, Z., Ying, X., Zhang, R., Shen, K., Yin, J., 2013. Screening sugarcane germplasm resistant to Sorghum mosaic virus. *Crop Prot.* 43, 27–30. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cropro.2012.09.005>
- Magarey, R., Kristini, A., Achadian, E., Thompson, N., Wilson, E., Reynolds, M., Sallam, N., Goebel, F.-R., Putra, L., 2018. Sugarcane streak mosaic. Researching a relatively new disease in Indonesia, in: *Annual ASSCT Conference*. pp. 257–266.
- Magarey, R., Kristini, A., Sallam, N., Samson, P., Achadian, E., Mcguire, P., Goebel, R., Lonie, K., 2010. IPM strategies for pest and disease control in Indonesia: Project overview and outcomes from recent Aciar-funded research, in: *Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists*. pp. 169–180.
- Martin, J., Handojo, H., Wismer, C., 1989. Pokkah Boeng, in: Ricaud, C., Egan, B., Gillaspie, A., Hughes, C. (Eds.), *Diseases of Sugarcane: Major Diseases*. Elsevier Science Publishing Co. Inc., NewYork., pp. 157–168.
- Martinez, M., Medina, I., Naranjo, S., Rodríguez, C., de Armas, R., Piñón, D., Vicente, C., Legaz, M., 2000. Changes of some chemical parameters, involved in sucrose recovery from sugarcane juices, related to the susceptibility or resistance of sugarcane plants to smut (*Ustilago scitaminea*). *Int. Sugar J.* 102, 445–448.
- McCook, S., 2002. *State of Nature: Science, Agriculture and Environment in the Spanish Caribbean, 1760-1940*. University of Texas Press, Austin.
- Mutsaer, H., 2007. *Peasants, Farmers, and Scientists: A Chronicle of Tropical Agricultural Science in the Twentieth Centuries*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Pratiwi, B., Sulistyowati, L., Muhibuddin, A., Kristini, A., 2013. Uji pengendalian penyakit Pokahbung (*Fusarium moniliformae*) pada tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) menggunakan *Trichoderma* sp. indigenous secara in vitro dan in vivo. *J. HPT* 1, 119–129.
- Putra, K., Astono, T., Rasminah, S., Syamsidi, C., Djauhari, S., 2015. Investigation on transmission modes and host range of Sugarcane streak mosaic virus in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) in Indonesia. *J. Agric. Crop Res.* 3, 59–66.
- Putra, L., Damayanti, T., 2012. Major Diseases Affecting Sugarcane Production in Indonesia. *Funct. Plant Sci. Biotechnol.* 6, 124–129.
- Putra, L., Kristini, A., Achadian, E., Damayanti, T., 2013. Sugarcane streak mosaic virus in Indonesia: Distribution, Characterization, Yield Losses and Management Approaches. *Sugar Tech* 16, 392–399. <https://doi.org/doi.org/10.1007/s12355-013-0279-9>
- Ram, B., Sreenivasan, T., Sahi, B., Singh, N., 2001.

- Introgression of low temperature tolerance and red rot resistance from *Erianthus* in sugarcane. *Euphytica* 122, 145–153.
- Rameshsundar, A., Ashwin, N., Ebinezer, L., Malathi, P., Viswanathan, R., 2015. Disease resistance in sugarcane – An overview. *Sci. Agrar. Parana.* 14, 200–212.
- Ricaud, C., Ryan, C., 1989. Leaf Scald, in: Ricaud, C., Egan, B., Gillaspie Jr, A., Hughes, C. (Eds.), *Sugarcane Major Diseases*. Elsevier Science Publishing Co. Inc., Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo, pp. 39–58.
- Roostika, I., Hartono, S., Efendi, D., Sukmadjaja, D., Suhara, C., 2016. Uji Efikasi Teknik Kultur Meristem dan Kemoterapi untuk Eliminasi Sugarcane Streak Mosaic Virus (SCSMV) pada Tebu. *Bul. Tanam. Tembakau, Serat Miny. Ind.* 8, 55–64. <https://doi.org/doi:10.21082/btism.v8n2.2016.55-64>
- Sakaigaichi, T., Terajima, Y., Matsuoka, M., Irei, S., Fukuhara, S., Mitsunaga, T., Tanaka, M., Tarumoto, Y., Terauchi, T., Hattori, T., Ishikawa, S., Hayano, M., 2019. Evaluation of sugarcane smut resistance in wild sugarcane (*Saccharum spontaneum* L.) accessions collected in Japan. *Plant Prod. Sci.* 22, 327–332. <https://doi.org/Doi:10.1080/1343943X.2018.1535834>
- Saxena, Y., Singh, K., Shukla, U., Pandey, H., Madan, V., 1983. Biochemical studies on sugarcane. Effect of sulphur application in ratoon stunting disease affected sugarcane. *Sugarcane* 2, 9–11.
- Scortecchi, K., Creste, S., Calsa Jr., T., Xavier, M., Landell, M., Figueira, A., Benedito, V., 2012. Challenges, Opportunities and Recent Advances in Sugarcane Breeding, in: Abdurakhmonov, I. (Ed.), *Plant Breeding*. pp. 267–296.
- Semangun, H., 2000. *Penyakit-Penyakit Tanaman Perkebunan di Indonesia*. Gadjah Mada University Press.
- Shen, W., Deng, H., Li, Q., Yang, Z., Jiang, Z., 2014. Evaluation of BC1 and BC2 from the crossing *Erianthus arundinaceus* with *Saccharum* for resistance to sugarcane smut caused by *Sporisorium scitamineum*. *Trop. Plant Pathol* 39, 368–373.
- Sholeh, A., Sugiharto, B., Addy, H., 2019. Monitoring Sugarcane mosaic virus (SCMV) on Recent Sugarcane Varieties in East Java, Indonesia. *J. Appl. Sci.* 19, 647–653. <https://doi.org/doi:10.3923/jas.2019.647.653>
- Sitepu, R., Sunaryo, K., Widyatmoko, Purwoko, H., 2010. Root and Basal Stem Rot Disease of Sugarcane in Lampung, Indonesia, in: *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.* 27: pp. 1–7.
- Smith, K., 1972. *A Text Book of Plant Virus Diseases*, Third Edit. ed. Academic press, New York – London.
- Subba-Reddy, C., Sreenivasulu, P., 2011. Generation of Sugarcane streak mosaic virus-free sugarcane (*Saccharum* spp. hybrid) from infected plants by in vitro meristem tip culture. *Eur. J. Plant Pathology* 130, 597–604. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10658-011-9781-7>.
- Summers, E., Brandes, E., Rands, R., 1948. Mosaic Sugarcane in the United States, with Special Reference to Strain of the Virus (No. 955), Technical Buletin.
- Sutarman, A., 2015. Penyakit Blendok pada tanaman Tebu. *Bahan Penyuluhan. Kementerian Pertanian* [WWW Document]. URL cybex.pertanian.go.id/materi/penyuluhan/cetak/10411 (accessed 1.3.19).
- Toharisman, A., Triantarti, 2014. Rise and fall of Indonesian sugar industry (No. 116).
- Urashima, A., Silva, M., Coraini, N., Gazaffi, R., 2019. Temporal incidence of *Leifsonia xyli* subsp. *xyli* in sugarcane propagating materials of Brazilian cultivars. *Crop Prot.* 128, 104976. <https://doi.org/doi:10.1016/j.cropro.2019.104976>
- van der Eng, P., 1996. *Agricultural Growth in Indonesia: Productivity Change and Policy Impact since 1880*. McMillan Press

- Ltd., London.
- van Schendel, W., 2017. *Embedding Agricultural Commodities: Using Historical Evidence, 19840s-1940-s*. Routledge Taylor & Francis Group, London & New York.
- Viswanathan, R., Balamuralikrishnan, M., 2005. Impact of mosaic infection on growth and yield of sugarcane. *Sugar Tech* 7, 61–65. <https://doi.org/10.1007/BF02942419>
- Viswanathan, R., M, B., Karuppaiah, R., 2008. Characterization and genetic diversity of sugarcane streak mosaic virus causing mosaic in sugarcane. *Virus Genes* 36, 553–564.
- Whittle, P., Irawan, 2000. Pokkah boeng, in: Rott, P., Bailey, R., Comstock, J., Croft, B., Saumtally, A. (Eds.), *A Guide to Sugarcane Diseases*. CIRAD & ISSCT, Montpellier, pp. 136–140.
- Wibawanti, R., 2014. *Luka Api Serang Pertanaman Tebu di Indramayu-Jabar* [WWW Document]. Kementeri. Pertanian. Direktorat Jenderal Perkebunan. Direktorat Perlindungan Tanam. URL <http://ditjenbun.pertanian.go.id/perlindungan/berita-388-luka-api-serang-pertanaman-tebu-di-indramayujabar.html> (accessed 8.12.15).
- Xu, D., Park, J., Mikrov, T., Zhou, G., 2008. Viruses causing mosaic disease in sugarcane and their genetic diversity in Southern China. *Arch. Virol.* 153, 1031–1039.
- Yamane, T., 2018. *Sugarcane Plant*. Encycl. Britanica Inc.
- Yulianti, T., 2017. Perkembangan penyakit lapuk akar dan pangkal batang tebu (*Xylaria warbugii*) di Sumatera dan strategi pengendaliannya. *Perspektif* 16, 122 – 133. <https://doi.org/DOI:http://dx.doi.org/10.21082/psp.v16n2.2017>, 122 -133
- Yulianti, T., Wijayanti, K., Supriyono, 2020. Management of ratoon stunting disease by hot water treatment to provide healthy cane seed, in: *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* Vol 418: p. 012063. <https://doi.org/doi:10.1088/1755-1315/418/1/012063>