

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Taksonomi Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.)

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan tanaman perkebunan semusim yang di dalam batangnya terdapat gula dan merupakan keluarga rumput-rumputan (graminae) seperti halnya padi dan jagung (Plantamor, 2012).

Klasifikasi ilmiah tebu adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermathophyta
Sub Divisi : Angiospermae
Kelas : Monocotyledone
Ordo : Glumiflorae
Famili : Graminae
Genus : *Saccharum*
Spesies : *Saccharum officinarum* L. (Wijayanti, 2008).

2.2 Morfologi Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.)

Sebagaimana dinyatakan oleh Indrawanto *et al.* (2010), morfologi tanaman tebu dapat dibagi menjadi beberapa bagian, di antaranya:

2.2.1 Akar

Tanaman tebu memiliki akar yang tumbuh dari cincin tunas anakan dan disebut sebagai akar serabut tidak memanjang. Ada juga akar yang tumbuh dari atas sebagai akibat dari aplikasi tanah. Pertumbuhan akar dari atas terjadi pada tahap pertumbuhan batang. Morfologi akar menurut Kartawijaya (2018) lebih jelas ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Akar Tanaman Tebu

Sumber : Kartawijaya, 2018

2.2.2 Batang

Batang tebu tumbuh dari mata tunas di dalam tanah dan membentuk rumpun. Batang tebu beruas-ruas dibatasi oleh buku-buku. Batang tebu tinggi dan lurus. Batangnya berdiri tegak, tinggi dan tidak bercabang. Diameter batang tebu bervariasi antara 3 hingga 5 sentimeter. Lebih jelas morfologi batang SB 27 umur 52 MST disajikan dalam gambar 2.2.



Gambar 2.2 Batang Tanaman Tebu Klon SB 27 umur 52 MST

Sumber : Dokumentasi Pribadi, Juni 2022

2.2.3 Daun

Tanaman tebu memiliki daun berbentuk busur panah yang menyerupai pita berseling kanan dan kiri. Daun tebu berbentuk menjari dan tidak bertangkai, seperti daun jagung. Tepi daunnya memiliki bulu-bulu yang keras dan pinggiran daunnya juga terkadang bergelombang.. Lebih jelas morfologi daun SB 27 umur 52 MST disajikan dalam gambar 2.3.



Gambar 2.3 Daun Tanaman Tebu

Sumber : Dokumentasi Pribadi, Juni 2022

2.2.4 Bunga

Bunga tebu malai panjangnya lima puluh hingga delapan puluh sentimeter, dengan benang sari, dua kepala putik, dan bakal biji. Cabang bunga berbentuk karangan bunga pada tahap pertama dan tandan dengan dua bulir panjangnya sekitar tiga sampai empat milimeter pada tahap berikutnya. Lebih jelas morfologi bunga ditunjukkan dalam gambar 2.4.



Gambar 2.4 Bunga Tanaman Tebu

Sumber : Dokumentasi Pribadi, Juni 2022

2.3 Syarat tumbuh Tanaman Tebu

Penyediaan unsur hara yang seimbang pada tanah merupakan faktor penting bagi keberhasilan suatu tanaman. Jika unsur hara dalam tanah tersedia dalam keadaan seimbang dan dapat dengan mudah dikonversi menjadi anion dan kation, maka pertumbuhan dan produktivitas tanaman dapat dicapai pada tingkat yang paling optimal. (Budi & Sari, 2015). Tanaman tebu dapat tumbuh dengan baik pada daerah tropis dan subtropis, yaitu pada daerah 19 derajat LU dan 35 derajat LS.

2.3.1 Tanah

1. Sifat Fisik Tanah

Tanah yang cocok untuk penanaman tebu adalah tanah yang memiliki struktur tanah yang gembur. Hal ini dimaksudkan agar aerasi udara dan perakaran tanaman dapat berkembang dengan sempurna, maka dari itu usaha pemecahan bongkahan tanah menjadi partikel kecil sangat dianjurkan supaya akar dapat menerobos tanah dengan mudah. Tekstur tanah yang dikehendaki untuk penanaman tebu adalah tekstur tanah ringan hingga agak berat dengan kapasitas menahan air yang cukup dan porositas 30%.

Tebu membutuhkan setidaknya 50 cm solum tanah dan 40 cm permukaan air. jadi pertimbangkan untuk membajak lebih dalam jika tanah lapisan atas relatif tipis di daerah kering. Demikian pula, jika ada lapisan kedap air di dalam tanah, lapisan tersebut harus dipecah untuk memungkinkan aerasi yang baik, kelembaban tanah, serta pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman yang baik.

Pengolahan tanah yang intensif mempengaruhi kondisi tanah. Pengolahan tanah yang sering dilakukan akan meningkatkan penguraian bahan organik. Selain mengurangi kandungan bahan organik tanah, agregat tanah yang terbentuk sebelumnya juga hancur, sehingga ruang pori tanah berkurang (Soepardi, 1983).. Kerusakan tanah akibat pengolahan tanah yang dilakukan secara intensif dapat diperbaiki dengan cara melakukan kombinasi pengolahan tanah dan memanfaatkan bahan organik dari limbah tebu yang telah digiling yaitu blotong dan abu ketel. Pengolahan tanah akan memperbaiki kualitas sifat fisik tanah seperti meningkatkan porositas dan aerasi tanah sementara waktu, sedangkan pemanfaatan bahan organik blotong dan abu ketel mampu memperbaiki sifat fisik tanah dalam jangka waktu yang lama (Nita *et al*, 2015).

2. Sifat Kimia Tanah

Tanaman tebu membutuhkan pH tanah 6 hingga 7,5, tetapi juga dapat mentoleransi pH tanah 8,5 atau lebih tinggi tetapi kurang dari 4,5. pH yang lebih tinggi akan mengurangi ketersediaan unsur hara. Sebuah pH di bawah 5 dapat menyebabkan keracunan Fe dan Al pada tanaman., sehingga kapur (CaCO_3) harus digunakan. Hal ini dimaksudkan supaya unsur Fe dan Al dapat dikurangi. Klor

(Cl), bahan racun utama dalam tanah, jika memiliki kadar sekitar 0,06 hingga 0,1% dalam tanah. Pada tanah di tepi pantai, kadar klor sangat tinggi karena rembesan air laut.. Pada tanaman tebu sumber dan takaran P berbeda dapat meningkatkan jumlah anakan, tinggi tanaman dan hasil tebu (Tsado *et al.*, 2013), serta signifikan mempengaruhi rendemen dan kemurnian tebu.

3. Sifat Biologi Tanah

Secara ilmiah apabila didalam tanah ketersediaan dan jumlah bahan organik didalam tanah mencapai diatas 5 persen, maka tanah tersebut dikatakan subur. Bahan organik dalam tanah berperan sebagai perekat (pengikat) pertikel tanah sehingga agregasi tanah menjadi baik, ruang pori tanah meningkat dan berat isi menurun (Zulkarnain *et al*, 2013). Kesuburan ini menyangkut tersedianya unsur hara makro dan mikro. Secara spesifik ketersediaan unsur hara didalam tanah ini baru dapat diabsorpsi akar tanaman apabila unsur tersebut berubah menjadi anion dan kation. Perubahan unsur hara menjadi ion dan kation ini dikerjakan oleh mikroorganisme. Mikroorganisme yang berperan dalam perubahan unsur menjadi ion dan kation ini diantaranya : 1) Bakteri, 2) Fungi, 3) Aktinomycetes, 4) Virus. Banyaknya ion dan kation yang ada didalam tanah sangat tergantung populasi dan aktivitas mikroorganisme tersebut. Dengan demikian keunggulan mikroorganisme tersebut sangat menentukan banyak atau sedikitnya ketersediaan ion dan kation di dalam tanah.

Supriyadi, dkk (2018) memaparkan penelitian yang telah dilakukan mengenai pertumbuhan tebu, produktivitas tebu dan hasil klon tebu masak awal-tengah pada tanah inceptisol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa klon PS 06 188 menghasilkan produktivitas 121.85 ton/ha dengan rendemen 9.74% dan hasil hasil klon 11.88 ton/ha.

4. Tanah Grumusol

Tanah grumusol adalah tanah liat yang mengandung lebih dari 30% lempung dan seringkali berwarna gelap (Hebat, 2014). Jenis lempung pada tanah grumusol biasanya berjenis montmorillonit atau lempung-silika 2:1 yang memiliki sifat mengembang pada cuaca basah dan mengerut pada cuaca kering, sehingga lengket pada musim hujan dan sangat keras pada musim kemarau dengan retakan-retakan sedalam 1 meter (Mulyanto, 2013). Tanah grumusol atau tanah Magalith

merupakan tanah lempung yang bertekstur halus. Jenis tanah ini berwarna kelabu kehitaman dan subur serta tersebar luas di Jawa Tengah, Jawa Timur, Madura, Nusa Tenggara, dan Sulawesi Selatan. Tanaman yang tumbuh di tanah grumusol adalah padi, jagung, kacang-kacangan, tebu, kapas, tembakau dan jati.

Menurut (Dharmawijaya, 2000), kandungan bahan organik biasanya antara 1,5-4%. Warna tanah dipengaruhi oleh kandungan humus dan kapur. Tanah yang kaya akan kalsium biasanya berwarna hitam, sedangkan tanah yang berwarna abu-abu biasanya bersifat asam. Tanah grumusol mengandung kalsium dan magnesium yang tinggi dan dalam beberapa kasus dapat terbentuk kristal kapur dan endapan kapur lunak. Kondensasi batu kapur ditemukan di lapisan atas dan meningkat dalam jumlah dan ukuran saat tanah semakin dalam. Ciri khas tanah grumusol, yang telah lama digunakan sebagai tanah pertanian, adalah kandungan fosfatnya yang rendah, dan grumusol muda mengandung sisa-sisa abu vulkanik atau batuan yang kaya fosfat. Dalam beberapa kasus, terdapat korelasi antara kandungan fosfat dan kandungan kapur, yang berarti bahwa tanah yang kaya fosfat umumnya bersifat basa sehingga unsur hara tidak terserap dengan baik. Tanah yang telah berkembang juga umumnya kekurangan nitrogen, namun dalam jumlah yang lebih besar.

5. pH Tanah

Nilai pH, yang menunjukkan banyaknya konsentrasi ion hidrogen (H^+) di dalam tanah, menunjukkan sifat kemasaman atau alakalinitas tanah. Semakin banyak ion H^+ yang ditemukan di dalam tanah, semakin masam tanah tersebut. Pada tanah yang masam, jumlah ion H^+ lebih banyak daripada OH^- , sedangkan pada tanah alkalis (basa), jumlah ion OH^- lebih sedikit daripada H^+ . Jika kandungan H^+ tanah sama dengan OH^- , tanah tersebut bereaksi netral. Aktivitas dan perkembangan mikroorganisme sangat dipengaruhi oleh reaksi tanah. Dalam kebanyakan kasus, pH yang diinginkan oleh tumbuhan sangat mirip dengan pH yang diinginkan oleh mikroorganisme di tanah. Jika pH tanah turun, aktivitas jasad renik akan menurun.

Tanaman tebu dapat beradaptasi dengan tingkat kemasaman tanah (pH) antara 5-8. Jika pH tanah kurang dari 4,5, kemasaman tanah akan menghambat pertumbuhan tanaman, yang kadang-kadang disebabkan oleh efek toksik unsur

aluminium (Al) bebas. Menurut Farid (2003), hasil tebu terbaik dicapai apabila ketersediaan hara makro primer (N, P, K), hara makro sekunder (Ca, Mg, S), dan hara mikro (Si, Cu, Zn) dalam tanah lebih tinggi dari batas kritisnya.

6. Air Tanah

Air tanah (groundwater) merupakan air yang berada di bawah permukaan tanah. Air tanah ditemukan pada akifer pergerakan air tanah sangat lambat kecepatan arus berkisar antara $10^{-10} - 10^{-3}$ m/detik dan dipengaruhi oleh porositas, permeabilitas darilapisan tanah, dan pengisian kembali air. Air tanah dibagi menjadi dua, air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal merupakan air yang berasal dari air hujan yang diikat oleh akar pohon. Air tanah ini terletak tidak jauh dari permukaan tanah serta berada diatas lapisan kedap air. Sedangkan air tanah dalam adalah air hujan yang meresap kedalam tanah lebih dalam lagi mealui proses absorpsi serta filtrasi oleh batuan dan mineral di dalam tanah. Sehingga berdasarkan prosesnya air tanah dalam lebih jernih dari air tanah dangkal (Kumalasari dan Satoto, 2011).

2.3.2 Suhu

Tanaman tebu membutuhkan suhu 24–34°C, dengan perbedaan suhu siang dan malam tidak lebih dari 10°C. Pada tanaman tebu. Proses pembentukan sukrosa berlangsung pada siang hari dan akan berjalan lebih optimal pada suhu 30°C. Sukrosa yang terbentuk selanjutnya ditimbun atau disimpan pada batang dimulai dari ruas paling bawah pada malam hari. Proses penyimpanan sukrosa ini paling efektif dan optimal berlangsung pada suhu 15°C. Perkembangan dan pembentukan sukrosa pada tebu sangat dipengaruhi oleh suhu.

Fageria, Baligar dan Jones (2010) menemukan bahwa suhu optimum untuk tebu adalah 32–38°C. Suhu di atas 38°C meningkatkan respirasi tetapi mengurangi laju fotosintesis. Bahkan suhu di atas 35°C berbahaya bagi tunas dan daun yang masih muda. Di sisi lain, Gouvêa dkk. (2009) memperkirakan bahwa peningkatan suhu akan meningkatkan potensi produksi tanaman tebu karena peningkatan suhu akan meningkatkan efisiensi fotosintesis tanaman C4.

Hasil penelitian Rochimah dkk, 2015 menunjukan bahwa pada periode tahun 2009/2010 pada suhu udara 23,55°C, kelembaban 79,75°C dan radiasi matahari 328,55 Kal/cm² mendapatkan produktivitas 1045,35 kuintal/ha dengan

rendemen 6,1% sedangkan pada periode tanam 2013/2014 dengan suhu udara 23,08°C, kelembaban 75,21°C, dan radiasi matahari 352,07 Kal/cm² mempunyai produktivitas 943,77 kuintal/ha dan rendemen 8,1%. Dalam hal ini bahwa curah hujan dapat mempengaruhi secara signifikan hasil dan rendemen tebu.

2.3.3 Kelembapan

Kelembapan dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman karena dapat mempengaruhi proses fotosintesis. Jika kelembapan rendah, tanaman akan transpirasi dengan lebih banyak air jika laju fotosintesis lebih tinggi. Karena kelembapan yang terlalu rendah atau terlalu tinggi akan menghambat pertumbuhan, tanaman membutuhkan tingkat kelembapan yang ideal. Oleh karena itu, agar proses fisiologis pada tanaman dapat berjalan dengan baik, kelembapan yang ideal diperlukan (Nurnasari dan Djoko, 2015; Nurnasari dan Djumali, 2010). Jumlah uap air di udara sangat terkait dengan kelembapan. Kelembapan udara yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan jamur, yang dapat mengurangi rendemen dan produktivitas tebu. Tanaman tebu dapat tumbuh bahkan ketika kelembapan udara hanya 70%. (Rochimah *et al.* 2014). Tanaman tebu dapat tumbuh dan beradaptasi pada daerah yang memiliki kelembapan dengan rH 40- 60% dan masih dapat tumbuh dengan baik pada kelembapan rH 70%.

2.3.4 Curah Hujan

Jika curah hujan berkisar antara 1.000 hingga 1.300 milimeter per tahun dan setidaknya tiga bulan kering, tanaman tebu akan tumbuh dan berkembang dengan baik. Saat tanaman tebu memasuki periode pertumbuhan vegetatif, dibutuhkan curah hujan yang cukup tinggi, kira-kira 200 milimeter per bulan, selama sekitar lima hingga enam bulan. Kemudian selama dua bulan berikutnya dengan curah hujan 125 mm dan pada saat periode selanjutnya pada saat berumur 4 - 5 bulan memerlukan curah hujan yang kurang dari 75 mm/bulan yang merupakan periode kering. Pada saat periode ini, tanaman tebu mengalami periode pertumbuhan generative serta pemasakan tebu.

Kondisi lahan dengan drainase atau got yang kurang baik dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman tebu kurang baik. Hanafiah (2005), untuk menjamin tercukupinya tanaman, suplai air harus di berikan apabila 50- 85% air

tersedia ini telah habis terpakai. Air yang di tahan di atas titik layu permanen merupakan air tak tersedia (air kapiler dan hidroskopis). Kemudian jika status kadar air tanah suatu lahan berada pada jenuh, diperlukan drainase pada lahan tersebut hingga berada pada kapasitas lapang sehingga pertumbuhan tanaman dapat optimal.

Habibi (2018) menjelaskan penelitian yang dilakukan di Kebun Kwala Madu, PT. Perkebunan II Persero Kabupaten Langkat, tentang bagaimana curah hujan dan hari hujan memengaruhi produksi tebu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa afdeling C memiliki produktivitas tebu rata-rata 88,3 t/ha pada tahun 2010 pada lahan seluas 141 ha; memiliki curah hujan rata-rata 1535 mm/tahun dan jumlah hari hujan rata-rata 73 hari per tahun, yang menunjukkan bahwa curah hujan memberikan kontribusi terhadap produktivitas tebu yang tinggi. sesuai dengan penelitian Deptan (2013) yang menunjukkan bahwa pada umumnya tanama tebu dipengaruhi oleh curah hujan.

2.3.5 Sinar Matahari

Tanaman tebu membutuhkan 12–14 jam penyinaran setiap hari. Jika daun tanaman mendapatkan radiasi panas matahari secara penuh, proses asimilasi akan berjalan dengan baik. Pada siang hari, cuaca berawan dapat memengaruhi fotosintesis dan intensitas penyinaran. sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman dapat terhambat.

Dalam proses pertumbuhan tebu, sinar matahari memainkan peran yang sangat penting, terutama dalam fase fotosintesis, yang mengatur pertumbuhan tunas dan pemanjangan batang serta membantu dalam fase pemanjangan batang. Apabila cuaca berawan dan sinar matahari berkurang akan mengurangi pertumbuhan anakan pada setiap rumpunan hal ini dikarenakan proses fotosintesis terhambat. Tanaman tebu sangat membutuhkan kondisi yang cukup akan sinar matahari. Tanaman tebu sangat sesuai pada daerah yang mendapatkan sinar matahari > 1800 jam/tahun. Tanaman tebu akan tumbuh dengan subur dibawah cahaya matahari 12-14 jam setiap hari minimal 7-9 jam/hari.

2.4 Klon Tebu

Klon adalah perbanyakan tanaman dengan karakteristik yang berbeda, stabil dan seragam dalam satu spesies. Perbanyakan vegetatif adalah perbanyakan tanaman dengan menggunakan bagian tanaman seperti batang, cabang, ranting, tunas, daun, umbi, dan akar untuk menghasilkan tanaman baru dengan karakteristik yang berbeda, stabil, dan seragam dengan tanaman induk. Dalam program penataan varietas, varietas unggul ditawarkan berdasarkan jenis tanah, tingkat kematangan, masa tanam, dan masa panen. Pemilihan varietas memperhatikan bahwa masa produksi varietas tebu unggul biasanya hanya lima tahun dan masih ada sedikit varietas tebu yang tersedia secara lokal (Prihartono, Sudhirman, & Azis, 2016).

Klon 104, 212, dan PBG 2 menghasilkan produktivitas tebu (97.42-98.26 ton ha⁻¹) tidak berbeda dengan varietas Cennings (105.42 ton ha⁻¹) tetapi lebih tinggi dibanding varietas PS 881 (75.68 ton ha⁻¹). Potensi rendemen (9.43-9.46%) klon 104 dan PBG 2 lebih besar dibanding Cennings (6.94%) tetapi lebih kecil dibanding PS 881 (11.66%), (Djumali, Heliyanto, & Khuluq, 2018).

Klon SB-11 memiliki potensi produktivitas lebih unggul daripada tetua cennings dari semua variabel namun tidak lebih tinggi dari tetua VMC76-16. Nilai rendemen SB-11 sebesar 8,63% dibawah nilai rendemen tetuannya sebesar 10,97% (Rahmah, 2021).

Hasil analisis yang dilakukan di PTPN X PG Gempol Kerep didapatkan hasil produktivitas tanaman tebu Klon SB01 dengan nilai brix 22%, bobot klon 1069 ku/ha, rendemen 8,14 % dan hablur 86,23 ku/ha. Produktivitas klon SB03 nilai brix 23%, bobot klon 883 ku/ha, rendemen 8,93% dan hablur 78,73 ku/ha. Produktivitas klon SB12 nilai brix 23%, bobot klon 1.196 ku/ha, rendemen 9,05 % dan hablur 108,27 ku/ha (Nurazizah, 2021).

Lebih dari 70 klon tebu unggul telah dilepas di Indonesia, masing-masing dengan karakteristik yang berbeda. Ada beberapa klon yang dapat tumbuh subur di lingkungan kering, sementara klon lainnya membutuhkan lingkungan yang lembab atau cukup air (Muttaqin *et al.*, 2016). MLG 52 dan MLG 55 adalah dua klon masak awal dan tengah yang dapat dirilis pada 2018/2019 dengan

produktivitas berkisar antara 127 hingga 136 t/ha, rendemen 7,5 hingga 10%, hablur 9,9 hingga 10,2 t/ha, dan kadar serat 14% (Pertanian B, 2018).

2.5 Varietas Unggul Tebu

Menurut Budi et al. (2014), benih unggul bersertifikat dapat diperoleh dengan mengikuti Standar Operasional Prosedur (SOP), mengoptimalkan sumber daya manusia dan kinerja peralatan (BOR, pengobatan air panas, tray pot), dan menggunakan teknologi yang tepat. Beberapa penyebab rendahnya efisiensi industri gula di dalam negeri antara lain varietas tebu yang digunakan tidak seimbang dalam hal komposisi kemasakan antara kemasakan awal, sedang, dan akhir. Untuk memilih varietas tebu yang berkualitas, perlu diperhatikan karakteristik yang unggul. Berdasarkan kemasakannya, varietas tebu dibagi menjadi tiga kelompok utama, yaitu varietas genjah (masak awal), yang mencapai kemasakan optimal dalam waktu kurang dari 12 bulan, varietas kemasakan sedang, yang mencapai kemasakan optimal dalam waktu 12-14 bulan, dan varietas akhir, yang mencapai kemasakan optimal dalam waktu 12-14 bulan. Varietas dalam, juga dikenal sebagai masak akhir, mencapai kematangan ideal pada usia 14 bulan atau lebih (Indrawanto et al., 2010).

Tebu varietas kenthung memiliki kelebihan yaitu tahan terhadap cekaman kekeringan yang memiliki produktivitas 97,03 ton/ha dengan rendemen 9,45% serta hablur gula 9,16 ton/ha (Supriyadi, Khuluq, & Djumali, 2018). Menurut Djumali, dkk (2018) bahwa varietas cenning memiliki produktivitas 105,42 ton/ha dengan rendemen 6,94% serta hablur gula 7,47 ton/ha. Sedangkan tebu varietas PS 881 memiliki produktivitas 75,68 ton/ha dengan rendemen 11,66% serta hablur gula sebesar 8,84 ton/ha (Djumali, Heliyanto, & Khuluq, 2018).

Berdasarkan SK Mentan varietas bululawang varietas ini menghasilkan rendemen sebanyak 7,51 %. Pada penelitian yang telah dilakukan satu varietas tebu yang mendekati rendemen tebu varietas bululawang yaitu pada aksesori tebu lambau sebanyak 7,33 %, oleh karena itu varietas tebu lambau ini sudah mendekati varietas unggul (Tia, 2017).

Menurut Setyo Budi (2016), ketersediaan bibit tanaman tebu unggul berkualitas yang tepat sangat menentukan optimalisasi pertumbuhan dan

produktivitas. Ketepatan menjadi panglima dalam meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas masing-masing varietas yang ditanam sesuai potensi yang dimiliki. Secara praktis setiap pembudidaya tanaman tebu diharuskan mengetahui secara cermat potensi varietas yang akan ditanam melalui pendekatan deskripsi tanaman tebu dan informasi dari masyarakat pembudidaya tanaman tebu yang dapat dipercaya.

2.6 Klasifikasi Penyakit Luka Api

Kingdom	: Fungi
Filum	: Basidiomycota
Subfilum	: Ustilaginomycotina
Kelas	: Ustilaginomycetes
Subkelas	: Ustilaginomycetidae
Ordo	: Ustilaginales
Famili	: Ustilaginaceae
Genus	: Ustilago
Spesies	: <i>Ustilago scitaminea</i> (Anonim, 2015)

2.7 Penyakit Luka Api

Penyakit luka api disebabkan oleh jamur *Ustilago scitaminea* Sydow. Penyakit luka api tersebar melalui spora dan penyebarannya cepat karena spora *U. scitaminea* tersebar oleh bantuan angin, hujan, dan alat-alat pertanian. Infeksi *U. scitaminea* melalui mata tunas, baik mata tunas yang telah tumbuh maupun yang masih dalam bentuk bibit bagal. Penyakit luka api tebu secara signifikan dapat mempengaruhi pertumbuhan tebu, mengurangi hasil dan kualitas tebu (Nzioki et al, 2010).



Gambar 2.5 Penyakit Luka Api

Sumber : Sundar, Ramesh, Leonard, Malathu dan Viswanathan, 2012

Penyakit luka api tebu menyebabkan pertumbuhan anakan yang sangat besar dan menghambat pertumbuhan tebu, jika dibandingkan dengan tanaman tebu yang sehat (Sundar *et al.*, 2012). Kumpulan sporangia (sori) yang berkembang secara struktur dan isi pada bagian apikal atau titik tumbuh tebu disebut cambuk luka api. Ini menunjukkan penyakit luka api pada tebu. (Devnairai, 2010).

2.8 Mekanisme Infeksi *Ustilago scitamineum* Pada Tanaman Tebu

Parasit *S.scitamineum* hidup dalam jaringan meristematik. Jamur hanya dapat masuk melalui bagian bawah tunas yang berada di bawah sisik-sisik. Jika tunas yang terinfeksi mulai tumbuh, jamur juga berkembang tepat di belakang titik tumbuh tanaman. Meristem apikal akan terstimulasi untuk membentuk organ tambahan yang mirip dengan cambuk, di dalamnya terdapat klamidospora. Jamur klamidospora tinggal di tanah yang kering atau pada sisa-sisa tanaman yang sakit. Selain itu, mereka dapat bertahan sebagai infeksi laten dalam bentuk miselium tanaman atau spora pada bibit. Klamidospora memiliki permukaan licin atau tonjolan-tonjolan halus dan berwarna hijau zaitun sampai cokelat dengan garis tengah 5-10 μm dan bentuk bulat atau tidak teratur. Banyak sel steril, hialin atau cokelat, berkumpul di antara spora. Promiselium pendek klamidospora terdiri dari tiga hingga empat sel.. Tiap sel dapat membentuk satu sporidium atau lebih atau membentuk hifa yang menginfeksi. Hifa atau sporidium sekunder dapat dibentuk oleh sporidium bulat panjang dan tidak berwarna. Klamidospora dalam tanah dapat menyebar melalui air dan menginfeksi tunas muda dari stek, baik di atas

maupun di bawah tanah. Infeksi sangat mudah menyerang mata yang mulai berkembang menjadi tunas. Sebagian besar infeksi terjadi dengan hifa dari promiselium yang dibentuk oleh spora.



Gambar 2.6 Proses Infeksi Jamur *S. scitamineum* Pada Tanaman Tebu 1) Klamidospora *S. scitamineum*; 2) Jamur mulai menginfeksi tanah dan tanaman tebu; 3) Klamidospora berkecambah; 4) Pembentukan hifa infeksi; 5) Hifa menginfeksi jaringan meristem dan titik tumbuh tebu; 6) Pembentukan sorus (struktur yang mirip cambuk)

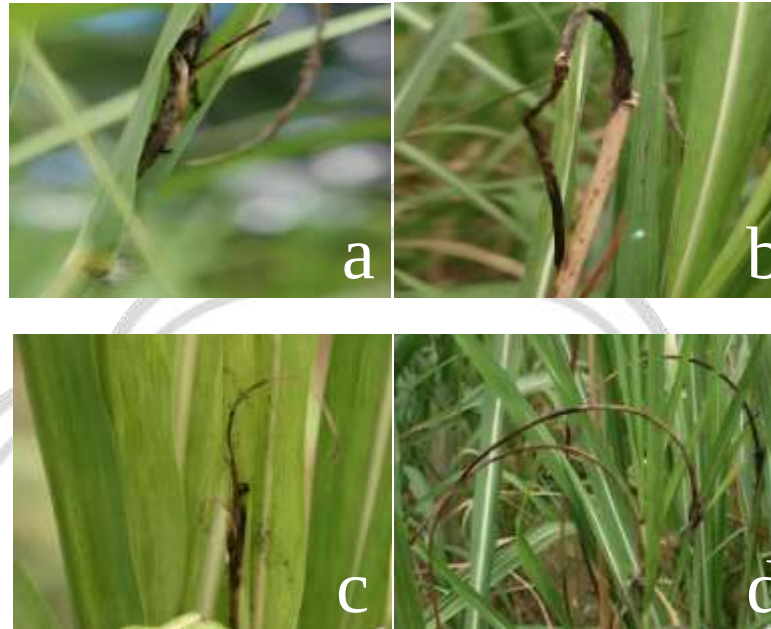
Sumber : Hidayah, 2020

Di lapangan, kejadian penyakit luka api meningkat pada cuaca panas dan kering. Penyakit luka api ini ditularkan melalui bibit tanaman yang berpenyakit luka api melalui spora jamur *Ustilago scitaminea* yang menyebar melalui udara, kontak langsung antar tanaman, dan penularan melalui spora yang terdapat di tanah. Penularan tanaman dapat terjadi melalui mata tebu, baik mata tebu yang telah tumbuh maupun bagal bibit yang akan ditanam di tanah yang terdapat spora penyakit luka api. Infeksi dapat juga terjadi melalui luka pangkas pada bagal atau luka-luka pada bagian tanaman lainnya. Serangan penyakit luka api banyak terjadi pada musim kemarau / iklim kering. Menurut Achadian (2011), luka api dapat menyebarkan bagian tanaman yang sakit melalui angin, air hujan, bibit, air drainase, dan penularan melalui tanah.

2.9 Gejala Penyakit Luka Api

Pertumbuhan struktur dan kandungan sori (kelompok sporangia) di bagian atas atau titik tumbuh tebu adalah tanda luka api tebu. Daun muda yang berubah fungsi sebenarnya adalah cambuk berwarna hitam dengan bentuk bulat memanjang di bagian apikal. (Nzioki *et al.*, 2010). ukuran cambuk seukuran

pensil, tidak bercabang dan tampak kaku. Melekat pada cambuk adalah jutaan klamidospora yang dilapisi dengan membran tipis tak berwarna. Ketika masak, selaput tersebut pecah dan melepaskan sejumlah besar spora seperti jelaga.



Gambar 2.7 Beberapa Bentuk Morfologi Cambuk Pada Tebu Yang Terserang Luka Api; a) Cambuk tertutup; b) Cambuk melingkar; c) Cambuk pendek; d) Cambuk dalam jumlah banyak

Sumber : Sundar *et al*, 2012

Secara umum, tebu yang terkena luka api memiliki batang yang kecil, daun yang kecil dan sempit, dan anakan yang banyak dan cepat tumbuh. Batang tebu yang terserang menghasilkan tunas samping, yang kadang-kadang membentuk cambuk hitam. (Devnarai, 2010).

Jamur *Sporisorium scitamineum* juga menyebabkan penyakit luka api, yang menyebar melalui tunas tanaman. Tanaman yang terinfeksi menunjukkan gejala yang sangat khas, yaitu cambuk di ujungnya. Cambuk ini ditularkan oleh angin dan terdiri dari teliospora jamur. Penyakit luka api lebih mudah berkembang di tempat yang panas dan kering. Saat ini, hampir semua perkebunan tebu di Indonesia terkena penyakit luka api. Sekarang bahkan ada laporan bahwa varietas tebu yang dikenal tahan terhadap penyakit luka api. Untuk memilih pengendalian yang tepat untuk penyakit luka api pada tanaman tebu, penting untuk memahami jamur *S. scitamineum* dan infeksi.



Gambar 2.8 Gejala Yang Tidak Biasa Akibat Penyakit Luka Api. a) Perubahan bentuk apikal; b) Infeksi bunga; c) Gelendong cacat; d) Proliferasi tunas

Sumber : Sundar *et al*, 2012

Penyakit luka api menyebabkan kerusakan di perkebunan tebu di Jawa Timur, Madura, dan Sulawesi Selatan pada tahun 2017. Varietas Bululawang yang lebih tahan lama juga rentan terhadap penyakit luka api. Diduga bahwa penanaman berulang telah mengubah jamur *S. scitamineum*, memungkinkannya menyerang jenis yang sebelumnya tahan terhadap infeksi. Jamur ini memiliki banyak strain, dan ketahanan antara strain berbeda-beda. (Comstock, 2000). Penyebaran penyakit ini dibantu oleh cuaca yang kering dan berangin. Penggunaan bibit dari tanaman yang sakit dapat menyebabkan penyebaran penyakit luka api ke area baru.

2.10 Persentase Serangan Penyakit Luka Api

Penyakit luka api dapat menyebabkan kerugian yang cukup besar pada produksi tebu, tidak hanya secara kuantitas tetapi juga kualitas tebu yang dihasilkan termasuk rendemen tebunya. Serangan penyakit luka api pada varietas tebu yang rentan dapat menyebabkan kehilangan hasil lebih dari 60 %. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa potensi kehilangan hasil perkebunan tebu akibat luka api pada tanaman raton lebih tinggi dibandingkan dengan plant-cane. Kehilangan hasil pada tanaman PC (Plant-Cane) mencapai 8%, sedangkan pada tanaman raton luka api menyebabkan kerugian sebesar 16-20%.

Menurut data yang dikumpulkan oleh DITLINBUN (2021), luas area yang terdampak serangan luka api di Indonesia bervariasi antara tahun 2012-2021. Pada tahun 2012, luas area yang terserang penyakit luka api mencapai 175 ha dan meningkat pada tahun 2013. Angka ini merupakan yang tertinggi dalam 10 tahun

terakhir dan kemudian menurun hingga mencapai 57,50 ha pada tahun 2016. Setelah tahun 2016, kembali meningkat pada tahun 2017 dan kemudian menurun ke angka yang tidak terlalu signifikan pada tahun 2018. Pada tahun 2019 meningkat menjadi 216,81 ha dan pada tahun 2020 mengalami penurunan sebesar 38%. Sedangkan pada tahun 2021 belum ada angka pasti karena data yang masuk adalah dari laporan triwulan pertama.



Gambar 2.9 Serangan Luka Api pada tanaman Tebu dan Rerata Suhu di Indonesia selama 10 Tahun Terakhir

Sumber : Diyasti *et al*, 2021

Di Indonesia, pengamatan luka api pada pertanaman tebu di daerah pengembangan di Sulawesi menunjukkan bahwa kejadian penyakit tersebut dapat mencapai 16%. Menurut Kristini (2022), Penyakit luka api dapat menyebabkan kehilangan hasil bobot tebu sebesar 73% yang mana setiap serangan 2% menyebabkan kehilangan hasil sebesar 5%. Berdasarkan pemantauan penyakit luka api PTPN X tahun 2017 (Dita, 2017), varietas Bululawang (12,55%) memiliki tingkat serangan penyakit luka api tertinggi pada umur 10 bulan dibandingkan dengan varietas PS 862, PS 882, dan PS 881. Varietas Bululawang merupakan varietas yang tahan lama dan PS 882 digunakan sebagai pengganti varietas Bululawang yang rentan terhadap penyakit luka api terutama pada lahan yang memiliki tingkat serangan luka api yang tinggi. Pada tahun 2018, penggunaan PS 882 di lahan percobaan berhasil menurunkan tingkat serangan luka api tebu hingga 0,4% pada bulan keempat pertumbuhan tebu, dan berharap tingkat serangan luka api akan terus menurun.

Berdasarkan Sugar Research Australia Information Sheet (2013), tanaman tebu yang terserang penyakit luka api memiliki kondisi fisik sangat kerdil, dan menyebabkan penurunan produksi hingga 30-100% pada varietas yang peka. Prosentase kehilangan produktivitas tebu diestimasi mencapai 0,6% per 1% tingkat serangan.

2.11 Pengendalian Penyakit Luka Api

Pemilihan benih dan roguing yang baik terhadap rumpun tebu yang terserang luka api akan menjamin tanaman sehat. Pengamatan berkala terhadap tanaman yang terserang dan menghilangkan cambuk luka api tebu akan mengurangi jumlah inokulum patogen. Sebuah studi melaporkan bahwa teliospora luka api tidak memiliki dormansi dan tidak dapat hidup di tanah tanpa adanya tunas. Kegiatan pembajakan dan pengairan di kebun akan memungkinkan perkecambahan teliospora dan akhirnya mati karena tidak ada inang (Sundar et al., 2012).

Seed dressing atau seed treatment, yaitu perawatan bibit dengan air panas / Hot Water Treatment (HWT), yaitu perawatan bibit selama 30 menit pada suhu kurang lebih 52°C, telah ditunjukkan untuk mengendalikan patogen penyebab luka api secara fisik.

Pengendalian luka api secara kimiawi dengan Bayleton. Pengendalian dengan Bayleton dapat menghambat perkembangan patogen penyebab luka api pada bibit tebu yang terinfeksi dengan perendaman bibit tebu dalam air dengan suhu 52°C selama 30 menit dengan penambahan fungisida menggunakan bahan aktif 0,1% Triademiphon - Bayleton (Sundar et al., 2012). Fungisida ini diharapkan dapat mengurangi sumber inokulum awal dan laju perkembangan penyakit (Putra & Damayanti, 2012). Menurut Rajput et al. (2019), fungisida dapat menghilangkan jamur dari tanaman apabila digunakan sebelum tanam dan juga dapat mencegah infeksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perendaman tebu dalam larutan fungisida dalam air panas (52°C) selama tiga puluh menit lebih efektif daripada perendamannya dalam air pada suhu normal.

Ada dua jenis pola tanam tebu di Indonesia: pola A (Mei hingga Agustus) dan pola B (Oktober hingga Desember). Seperti yang disebutkan sebelumnya, tebu yang memiliki dua jenis ketahanan, internal dan eksternal, sangat

menjanjikan untuk dikembangkan. Oleh karena itu, penting bagi kita untuk memiliki dan memahami varietas tebu yang memiliki jenis ketahanan tersebut. Namun, jika hanya memiliki satu jenis ketahanan, maka harus disesuaikan dengan pola tanamnya. Misalnya, varietas tebu yang ditanam pada pola A memiliki ketahanan eksternal karena pola tanam ini berada pada musim kering, yang mendorong perkembangan penyakit luka api. Varietas tebu yang ditanam pada pola B, di sisi lain, memiliki ketahanan eksternal, yang memungkinkan tanaman untuk terlindungi sejak patogen berhasil masuk ke dalam jaringannya.

Untuk menangani luka api, upaya pengendalian harus dilakukan, menurut Wibawanti (2014) :

1. Sanitasi atau eradikasi, yang berarti membuang tanaman yang sakit, menjaga kebun bebas dari sisa tanaman dan inang alternatif yang sakit, dan memusnahkan tanaman yang sakit.
2. Meningkatkan kondisi tanaman dengan menggunakan pupuk hayati mikoriza dan *Trichoderma harzianum*. Pupuk hayati mikoriza dapat mempercepat laju pertumbuhan, meningkatkan kualitas bibit, dan meningkatkan daya hidupnya.
3. Hindari ratoon-2 dan ratoon-3 terutama di daerah endemik.
4. Pengamatan OPT berkala dan berkelanjutan
5. Seed dressing dan seed treatment, yaitu perawatan bibit dengan pengobatan air panas atau air hangat selama tiga puluh menit pada suhu sekitar lima puluh derajat Celcius.

Pembakaran tanaman yang terkena luka api dapat dilakukan jika serangan masih dianggap ringan dengan daerah penyebaran yang sedikit. Tanaman tebu yang terserang penyakit ini dapat dicegah dengan membakar tanaman yang terserang dan dibungkus dengan lastik agar spora tidak menyebar. Karena tidak membutuhkan biaya yang signifikan, metode ini adalah yang paling sederhana dan murah yang dapat digunakan oleh petani.

2.12 Faktor-Faktor Utama Pertumbuhan Tanaman Tebu

2.12.1 Faktor Genetik

Gen mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan karena mereka membawa sifat yang diwariskan dalam sel. Gen mengkodekan aktivitas dan

karakteristik pertumbuhan dan perkembangan. Untuk mendapatkan tanaman dengan pertumbuhan dan hasil yang optimal, genotipe sangat memengaruhi tanaman. rekayasa genetika digunakan untuk mendapatkan induk yang lebih baik atau genotipe yang lebih baik.

S.officinarum berasal dari introgresi *S.spontaneum*, *Erianthus arundinaceus*, dan *Miscanthus sinensis* yang kompleks. Proses nobilisasi, yang terjadi pada induk betina, merupakan hasil persilangan antara spesies *Saccharum* yang dibudidayakan saat ini (*S.officinarum* dengan *S. spontaneum* atau *S. robustum*). *S. officinarum* menyumbang kualitas atau kadar gula, dan tetua jantan menyumbang kekuatan pertumbuhan dan ketahanan penyakit untuk keturunannya.

S. officinarum memiliki jumlah kromosom $2n=80$ dengan jumlah kromosom dasar (x) 10 sehingga termasuk poliploidi (lebih dari 2 set kromosom misalnya octaploidi ($2n=80$, 8 set kromosom lengkap). *S. officinarum* bukan poliploidi sederhana tetapi merupakan spesies hibrida kompleks yang berbeda karena autopoliploidi (lebih dari 2 set kromosom homolog berasal dari 1 spesies) dan juga allopoliploidi (memiliki 2 atau lebih set kromosom) (Sreenivasan et al., 1987 dalam Australia Government, 2008). Tebu merupakan salah satu yang memiliki genom kompleks, membawa jumlah variabel kromosom (umumnya $2n=100-130$) dengan kandungan DNA cukup besar (Lu et al., 1994 dalam Singh, 2014). Ukuran genom dasar pada tebu berkisar 930 Mbp untuk *S. officinarum* dan 750 untuk *S. spontaneum* mirip dengan sorgum (800 Mbp) dibandingkan dengan padi (430 Mbp) dan jagung (1.250 Mbp) (D'Hont dan Glaszman, 2001). Tanaman tebu (*Saccharum* spp. hibrid) merupakan tanaman rerumputan yang kompleks secara genetis karena daerah asal multi spesiesnya yang menghasilkan kromosom mosaik (umumnya $2n = 100 - 130$). Disebabkan tingginya tingkat ploidi dan genom yang kompleks, maka perkembangan dalam pemecahan genetik tebu dirasakan lambat.

Faktor genetik yang disebabkan oleh persilangan adalah sifat bawaan dari tanaman tebu. Faktor genetik yang disebabkan oleh persilangan juga mencakup varietas, metode budidaya, dan interaksi mereka. Dibandingkan dengan metode budidaya yang hanya mengembangkan tanaman tebu yang sesuai dengan proses produksi di daerah yang sedang berkembang, varietas tebu biasanya memiliki

pengaruh yang lebih besar terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman tebu. (Rokhman, 2014).

Variasi tebu dalam penggunaan sangat berubah-ubah. Varietas yang digunakan pada setiap musim selama satu tahun tidak selalu menguntungkan. Karena kualitas genetik yang menurun, kerentanan terhadap hama, dan penyakit yang dapat menurunkan rendemen gula, varietas-varietas ini menjadi tidak menguntungkan. Oleh karena itu, untuk menghindari kondisi tersebut, regenerasi varietas harus dilakukan di lapangan untuk menyiapkan varietas alternatif untuk diambil. Tidak disarankan untuk menanam varietas tebu yang berusia lebih dari delapan tahun. Dalam sepuluh tahun terakhir, varietas telah dimodifikasi secara intensif, dan banyak varietas telah dilepas dan sekarang dapat ditemukan di lapangan. Salah satu keuntungan memiliki varietas yang beragam adalah pengelola tebu di lapangan dapat dengan mudah memilih varietas yang paling cocok dengan kondisi lingkungan mereka (Disbun Jatim, 2010).

Selain itu, Khuluq dkk. (2016) menyelidiki bagaimana memperkirakan hasil mata tunas benih tebu dengan menggunakan teknik analisis regresi. Dalam penelitian ini, varietas PSJT 941 digunakan untuk mengukur perbedaan jumlah mata pada tebu dalam tiga kategori: satu mata, dua mata, dan tiga mata. Hasil menunjukkan bahwa tebu bagal dua memiliki jumlah mata tunas tertinggi, dengan rata-rata 9,6 batang/m, 0,38/m juring, dan 9,2 mata/batang, dengan produksi tunas 847.848,06 tunas per ha.

1. Enzim

Dalam proses pertumbuhan tanaman tebu, faktor enzim juga berperan penting. Enzim invertase bertanggung jawab atas hidrolisis sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Tanaman tebu menggunakan hasilnya untuk pertumbuhan, pemanjangan sel, dan metabolisme. Tiga kategori enzim invertase berbeda. Invertase vacuolar, juga dikenal sebagai invertase acid soluble (SAI), dan cell wall invertase(CWI) adalah jenis enzim invertase yang memainkan peran penting dalam proses pertumbuhan tanaman tebu. Kinerja enzim invertase pada tanaman dipengaruhi oleh parameter seperti pH dan suhu. Aktivitas enzim invertase meningkat pada pH 7,2 dan menurun secara bertahap ketika pH menjadi lebih asam. Pada kondisi pH basa, aktivitas enzim invertase cepat menurun. (Sanjaya *et al.*, 2020).

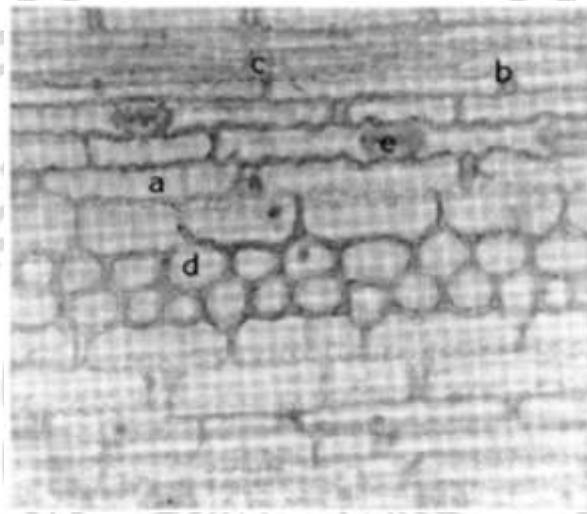
Tebu yang memasuki fase pemasakan, konsentrasi kandungan sukrosa mengalami peningkatan. Dikarenakan hal tersebut, pada batang tebu yang awalnya mengandung sukrosa akan mengalami penurunan yang juga menunjukkan bahwa metabolisme sukrosa terdegradasi menghasilkan glukosa dan fruktosa (Sulistyowati, Kadarwati dan Djufry, 2016). Aktivitas tersebut terjadi dengan dikatalis oleh enzim c dan enzim invertase. Aktivitas enzim invertase akan meningkat saat fase kemasakan dan menyebabkan sukrosa berkurang. Saat musim sesuai untuk pertumbuhan vegetatif tanaman tebu, aktivitas enzim soluble acid invertase (SAI) mengalami peningkatan. Namun sebaliknya, jika kondisi iklim sesuai untuk fase pemasakan, maka aktivitas enzim neutral invertase (NI) mengalami peningkatan (Leite, Crusciol, Siqueira dan Silva, 2015).

2. Stomata

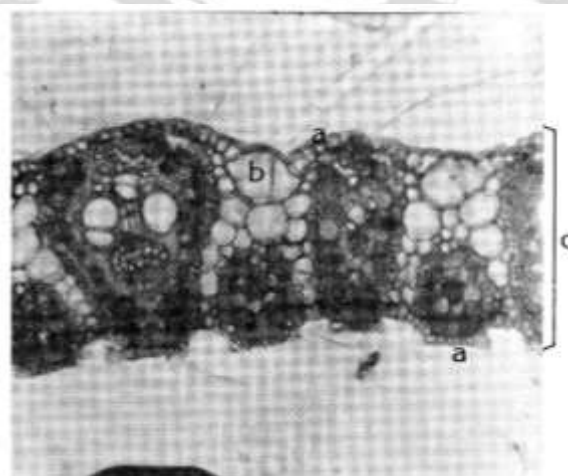
Stomata sangat erat kaitannya dengan Proses pertukaran karbondioksida dipengaruhi oleh cahaya, kelembaban, suhu, angin, dan potensial air daun, serta kerapatan stomata yang lebih tinggi. Masuknya karbondioksida meningkat, yang mempercepat fotosintesis tanaman dan meningkatkan hasil tanaman (Setiawan et al., 2012). Ukuran dan kerapatan stoma pada permukaan daun bervariasi. Ditinjau dari kerapatan stoma *S.officinarum* menunjukkan indikasi tahan terhadap kekeringan karena memiliki stoma berukuran kecil dengan kerapatan yang rendah. Salah satu sifat tanaman tebu yang tahan terhadap kekeringan ialah ukuran dan kerapatan stoma yang rendah pada epidermis daun (Moore, 1987)

Stomata terkait dengan pertukaran karbondioksida dan berfungsi sebagai alat untuk menyesuaikan diri dengan kekeringan. Sel penutup stomata tanaman tebu dikelilingi oleh dua sel tetangga yang sejajar (Sulistyaningsih et al. 1994). Jumlah stomata sangat dipengaruhi oleh kerapatan stomata. Kerapatan stomata yang tinggi dapat berdampak positif pada konduktansi stomata, tetapi kerapatan stomata yang rendah dapat meminimalkan transpirasi, membuat tanaman lebih tahan terhadap cekaman kekurangan air. Lestari (2006) mengatakan bahwa kerapatan stomata mempengaruhi ketahanan tanaman terhadap cekaman kekurangan air karena tanaman-tanaman yang tongkol memiliki kerapatan stomata yang rendah.

Berdasarkan hasil penelitian Sulistyaningsih (1994) diperoleh sifat nanatomi daun dari beberapa anggota genus *Saccharum*, yang menunjukkan kecenderungan tahan terhadap kekeringan. *Saccharum officinarum* var *loethers* memiliki ciri stoma berukuran kecil dengan kerapatan rendah, trikoma berukuran besar dengan kerapatan tinggi, dan sel buliform berukuran besar dengan kerapatan tinggi. *Saccharum officinarum* var *banjarmasin hitam* dengan ciri kutikula tebal, trikoma dengan kerapatan tinggi dan sel buliform berukuran besar dengan kerapatan tinggi. *Saccharum sinense* dengan ciri lamina tebal, sel gabus berukuran besar dengan kerapatan tinggi dan sel silika berukuran besar.



Gambar 2.10 Irisan Paradermal Daun *Saccharum* spp. a) sel panjang; b) sel gabus; c) sel silika; d) sel buliform; e) stoma
Sumber : Sulistyaningsih *et al*, 1994



Gambar 2.11 Irisan Transversal Daun *Saccharum* spp. a) Kutikula; b) Sel buliform; c) Tebal lamina
Sumber : Sulistyaningsih *et al*, 1994

Hasil penelitian rosyady (2013) menyatakan Secara umum jarak tanam yang kecil menyebabkan konduktivitas stomata semakin tinggi. Namun pada jarak tanam 90x60 ternyata nilai konduktivitas stomata ialah yang paling tinggi (82.76 mmol m⁻²s⁻¹). Konduktivitas stomata merupakan kemampuan stomata untuk menyalurkan gas persatuan waktu (Kiswanto, dkk., 2012)

3. Klorofil

Klorofil adalah katalisator fotosintesis penting yang terdapat pada membran tilakoid dan merupakan salah satu senyawa metabolit primer yang berperan penting dalam proses metabolisme tumbuhan (Salisbury dan Ross, 1995; Sharma et al., 2010). Menurut Aaroni et al. (2006), salah satu jalur metabolit utama tumbuhan adalah biosintesis klorofil. Namun, produk akhir asimilasi karbon selama proses fotosintesis adalah sukrosa. Jumlah dan kualitas klorofil sangat memengaruhi sintesis sukrosa pada sel mesofil daun.

Klorofil adalah pigmen hijau daun, berfungsi dalam proses fotosintesis tumbuhan, yang menyerap energi matahari dan memicu fiksasi CO₂ menjadi karbohidrat. Selanjutnya, hasil ini diubah menjadi protein, lemak, asam nukleat, dan molekul organik lainnya melalui reaksi anabolisme. Klorofil a, yang disebut sebagai hijau tua, dan klorofil b, yang disebut sebagai hijau muda, memiliki kemampuan yang sama untuk menyerap cahaya merah (600–700 nm) (Shibghatallah et al., 2013).

2.12.2 Faktor Lingkungan

1. Air

Ketersediaan air juga memengaruhi pertumbuhan tanaman. Tanaman yang tidak memiliki air biasanya lebih kecil dan tidak dapat tumbuh dengan baik karena ukurannya yang lebih kecil. Semua aspek pertumbuhan tanaman dapat terkena dampak kekurangan air. Semua aspek pertumbuhan tanaman, seperti proses fisiologis, morfologis, biokimia, dan anatomi. Kekurangan air dapat menghambat sintesis dinding sel dan protein, menurut Cahyani et al. (2016), berdasarkan Salisbury dan Ross (1992). Stomata daun juga rusak jika kekurangan air. Stomata menutup, mencegah CO₂ masuk, yang mengurangi aktivitas fotosintesis.

Tanaman tebu membutuhkan berbagai jumlah air, tergantung pada tahap pertumbuhannya. Fase perkembangan Pada tahap pematangan, tanaman tebu membutuhkan jumlah air yang paling sedikit. Tanaman tebu menyerap air dari lapisan tanah 0–66 cm di atas dan 10-15% dari lapisan 66–100 cm di bawahnya. (Shomeili M dan Bahrani, 2013). Namun, respons tanaman yang dihasilkan oleh kurangnya air atau kekeringan bergantung pada faktor genotipe yang berkaitan dengan tingkat dan durasi kekeringan.

2. Sinar Matahari

Tanaman tebu membutuhkan 12–14 jam penyinaran setiap hari. Jika daun tanaman mendapatkan radiasi panas matahari secara penuh, proses asimilasi akan berjalan dengan baik. Cuaca berawan pada siang hari dapat mempengaruhi intensitas penyinaran dan fotosintesis, sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman dapat terhambat.

Sinar matahari sangat berperan penting dalam proses pertumbuhan tebu, terutama dalam proses fotosintesis yang selanjutnya akan mengatur pertumbuhan tunas dan pemanjangan batang serta sinar matahari juga membantu fase pemasakan tanaman tebu. Apabila cuaca berawan dan sinar matahari berkurang akan mengurangi pertumbuhan anakan pada setiap rumpunan hal ini dikarenakan proses fotosintesis terhambat. Tanaman tebu sangat membutuhkan kondisi yang cukup akan sinar matahari. Tanaman tebu sangat sesuai pada daerah yang mendapatkan sinar matahari > 1800 jam/tahun. Tanaman tebu akan tumbuh dengan subur dibawah cahaya matahari 12-14 jam setiap hari minimal 7-9 jam/hari.

3. Jenis tanah

Tanaman tebu dapat tumbuh dengan baik di berbagai jenis tanah, termasuk tanah aluvial, grumosol, latosol, dan regosol pada ketinggian 0-1400 meter diatas permukaan laut. Untuk pertumbuhan tebu, tanah ringan hingga sedang dengan kapasitas menahan air yang cukup dan porositas 30% adalah yang terbaik. Tanah gembur memungkinkan aerasi dan perkembangan akar yang optimal. Tanaman tebu membutuhkan setidaknya 50 cm volume tanah dan 40 cm muka air tanah tanpa lapisan kedap air (Indrawanto *et al.*, 2010).

Supriyadi, dkk (2018) memaparkan penelitian yang telah dilakukan mengenai pertumbuhan, produktivitas dan hablur klon tebu masak awal-tengah di tanah inceptisol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa klon PS 06 188 menghasilkan produktivitas 121.85 ton/ha dengan rendemen 9.74% dan hasil hablur 11.88 ton/ha.

4. Suhu

Tanaman tebu membutuhkan suhu 24–34°C, dengan perbedaan suhu siang dan malam tidak lebih dari 10°C. Pada tanaman tebu. Proses pembentukan sukrosa berlangsung pada siang hari dan akan berjalan lebih optimal pada suhu 30°C. Sukrosa yang terbentuk selanjutnya ditimbun atau disimpan pada batang dimulai dari ruas paling bawah pada malam hari. Proses penyimpanan sukrosa ini paling efektif dan optimal berlangsung pada suhu 15°C. Perkembangan dan pembentukan sukrosa pada tebu sangat dipengaruhi oleh suhu. Pembentukan sukrosa berlangsung pada siang hari dan berlangsung dengan baik pada suhu 30°Celsius.. Sukrosa yang terbentuk disimpan di dalam batang, dimulai dari ruas terbawah pada malam hari. Proses penyimpanan ini sangat efektif dan mencapai puncaknya pada suhu 15 derajat Celcius.

5. Hama dan Penyakit

Hama adalah perusak tanaman pada akar, batang, daun atau bagian tanaman lainnya sehingga tanaman tidak dapat tumbuh dengan sempurna atau mati. Penyakit tanaman adalah penyimpangan dari sifat normal yang menyebabkan tanaman atau bagian dari tanaman tidak dapat melakukan fungsi normalnya. Selain itu penyakit tanaman adalah ketidakmampuan tanaman untuk memberikan hasil yang cukup baik dalam kuantitas maupun kualitasnya.

Ada tiga faktor utama yang saling berinteraksi sehingga menyebabkan munculnya suatu penyakit pada tanaman tebu, yaitu inang yang rentan, keberadaan patogen yang virulen, dan lingkungan yang optimum bagi pertumbuhan suatu patogen penyebab penyakit termasuk manusia dan serangga vektor (Rott et al, 2013). Srivastava dan Rai, (2012) menyebutkan bahwa perubahan iklim juga berpengaruh terhadap semua mikroorganisme yang berperan secara langsung maupun tidak langsung dalam pertumbuhan maupun produksi gula. Perubahan cuaca baik musim maupun curah hujan serta suhu akan

berpengaruh terhadap masa tanam tebu dan kesesuaian lahan, ini akan berkaitan erat dengan dinamika populasi dan sebaran patogen.

Jamur *Sporisorium scitamineum* Syd., sebelumnya disebut *Ustilago scitaminea* Sydow, menyebabkan penyakit luka api, yang merupakan salah satu penyakit penting tanaman tebu. Pada awal tahun 1980, penyakit ini baru menjadi masalah bagi produksi gula di Wilayah Utara Jawa Tengah. Tingkat serangannya pada saat itu mencapai 40% (Putra dan Damayanti, 2012). Munculnya cambuk berwarna hitam, perubahan bentuk daun termuda, adalah gejala khas penyakit ini. Kumpulan spora jamur yang membentuk warna hitam pada cambuk akan pecah dan menyebar saat masak, terutama oleh angin. Penyakit ini berdampak pada pertumbuhan tebu serta kualitas nira.

