

## ANALISIS PERBANDINGAN BENTUK JARINGAN PEMBULUH TRAKEA PADA PREPARAT MASERASI BERBAGAI GENUS PIPER SEBAGAI SUMBER BELAJAR BIOLOGI

Feby Kurniawati<sup>1</sup>, Siti Zaenab<sup>1</sup>, Sri Wahyuni<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pendidikan Biologi FKIP Universitas Muhammadiyah Malang  
e-mail: stz\_umm@yahoo.co.id

### ABSTRAKSI

Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis perbandingan bentuk jaringan pembuluh trakea pada preparat maserasi berbagai tanaman genus *Piper* dan menerapkannya sebagai sumber belajar biologi dalam bentuk modul. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif. Penelitian ini menggunakan tanaman dengan Genus *Piper* yang digunakan adalah *Piper betle*, *Piper crocatum*, *Piper betle* var *nigra*, *Piper nigrum* dan *Piper retrofacum*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jaringan pembuluh trakea pada berbagai genus *Piper* memiliki bentuk dan karakteristik yang berbeda. Adapun perbedaan ini terdapat pada bentuk penebalan dinding sekunder dan bentuk khusus struktural meliputi panjang unsur diameter unsur pembuluh dan bentuk unsur pada irisan melintang. Adapun data hasil perbandingan bentuk jaringan pembuluh trakea tersebut kemudian digunakan sebagai sumber belajar biologi dalam bentuk modul yang melalui proses validasi oleh ahli media dan ahli materi.

**Kata Kunci:** jaringan pembuluh, trakea, maserasi, genus *Piper*

*Piperaceae* (sirih-sirihan) merupakan salah satu famili dalam ordo *Piperales* yang memiliki ciri-ciri semak atau perdu, juga ditemukan dalam bentuk memanjat dengan akar lekat dan jarang berbentuk pohon. Daun duduknya berbeda, tunggal, tepi rata, bertulang daun menyirip atau menjari dan berbau aromatis atau rasa pedas. Bunga kecil, dalam bulir, yang terakhir kadang-kadang keseluruhannya berbentuk payung, masing-masing dalam ketiak daun pelindung, tanpa perhiasan bunga, berkelamin 2 atau 1. Benangsari berjumlah 1 sampai 10, ruang sari 2. Bakal buah beruang 1. Kepala putik 1-5, duduk atau dengan tangkai putik yang pendek kemudian buah buni berbiji 1 (Steenis, 1981).

Daerah tropis dan subtropis terdapat hampir 3000 spesies anggota genus *Piper* (*Piperaceae*), yang tersebar mulai dari dataran rendah sampai dataran tinggi. Berdasarkan jumlah tersebut, 108 spesies diantaranya diketahui berasal dari anak benua India. Spesies *Piper sp* dimanfaatkan oleh manusia untuk bahan ramuan obat tradisional dan rempah-rempah dengan nama perdagangan yang beraneka ragam. Karakter kimia spesies

*Piper* yang cukup menonjol adalah adanya senyawa minyak atsiri (terpenoid) di dalam daun dan buahnya, sehingga banyak dimanfaatkan sebagai bahan obat, rempah-rempah, dan bumbu dapur (Purnomo, 2005). Fakta menunjukkan bahwa bau remasan daun dan batang dari berbagai spesies *Piper* memiliki ciri khas masing-masing.

Ciri khas masing-masing *Piper* ini mengindikasikan adanya perbedaan pula dalam struktur anatomi jaringan pembuluhnya. Jaringan pembuluh tumbuhan terdiri dari xilem dan floem. Xilem dan floem memiliki fungsi yang berbeda dan spesifik. Xilem berfungsi mengangkut air dan mineral dari dalam tanah melalui akar, sedangkan floem berfungsi mengangkut hasil fotosintesis ke seluruh organ tumbuhan. Xilem mempunyai struktur yang lebih kuat sehingga dapat utuh sewaktu berubah menjadi fosil dan dapat dipakai sebagai bahan identifikasi. Oleh karena itu dipilihlah xilem untuk dapat mengetahui perbedaan struktur anatomi jaringan pembuluh tersebut. Menurut Essau (1964), struktur anatomi batang setiap jenis

tumbuhan sangat bervariasi sehingga dapat digunakan untuk kunci identifikasi.

Salah satu cara untuk mengidentifikasi penampakan anatomi unsur pengangkut berupa xilem ini adalah dengan pengamatan preparat dengan bantuan mikroskop. Pembuatan preparat ini menggunakan metode maserasi. Metode maserasi dilakukan dengan proses pelunakan *tissue* (jaringan) keseluruhan atau sebagian saja dengan jalan perendaman dalam air atau larutan tertentu. Maserasi ini merupakan salah satu metode dalam mikroteknik. Mikroteknik itu sendiri merupakan ilmu atau seni yang mempersiapkan organ, jaringan atau bagian jaringan untuk dapat diamati dengan bantuan mikroskop.

Preparat maserasi yang dibuat dapat digunakan untuk mengetahui anatomi jaringan pembuluh tumbuhan. Hasil pengamatan dari preparat maserasi ini didokumentasikan sehingga dapat dijadikan sebagai sumber belajar biologi. Materi anatomi jaringan pembuluh tumbuhan dibahas pada mata pelajaran biologi tingkat SMA (Sekolah Menengah Atas). Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2006 Tentang Standar isi Untuk satuan pendidikan dasar dan menengah dalam Standar Kompetensi IPA (Ilmu Pengetahuan Alam) Biologi SMA (Sekolah Menengah Atas) Kelas XI yaitu "Memahami keterkaitan antara struktur dan fungsi jaringan tumbuhan dan hewan, serta penerapannya dalam konteks Salintemas" akan membutuhkan suatu media beserta sumber belajar yaitu berupa preparat yang nantinya akan membantu siswa dalam pengamatan mengenai struktur dan fungsi jaringan tumbuhan. Salah satu preparat yang akan digunakan yaitu preparat yang dapat mengamati jaringan pembuluh tumbuhan baik itu xilem maupun floem.

Menurut pedoman KTSP Mata pelajaran Biologi yang diterbitkan oleh Departemen Pendidikan Nasional Badan

Penelitian dan Pengembangan Pusat Kurikulum Jakarta (2007), berbagai macam pendekatan yang dipergunakan dalam Sains (Biologi), harus berpusat pada potensi, perkembangan, kebutuhan dan kepentingan peserta didik. Sebuah komunikasi pembelajaran sangat dibutuhkan peran media untuk lebih meningkatkan tingkat keefektifan pencapaian atau kompetensi. Artinya proses pembelajaran tersebut akan terjadi apabila ada komunikasi antara penerima pesan dengan sumber atau penyalur pesan lewat media tersebut (Heriyanto, 2012). Pengembangan kreatifitas guru dalam mengajar sebagai salah satu faktor penting berlangsungnya kegiatan belajar mengajar, salah satunya pengembangan metode serta media pembelajaran. Media pembelajaran merupakan komponen pembelajaran yang tidak bisa diabaikan dan sudah merupakan bagian kesatuan yang sangat bermanfaat untuk dapat memperjelas tanggapan siswa terhadap materi pembelajaran, menambah perhatian siswa sehingga memungkinkan timbulnya kegiatan belajar siswa. Media bukan hanya sebagai alat bantu dalam proses belajar mengajar melainkan alat penyalur pesan bagi siswa (Heriyanto, 2012). Media pembelajaran, pesan atau materi yang disampaikan, guru, siswa, lingkungan itu semua merupakan satu kesatuan sumber belajar yang saling berhubungan.

Selain itu, berdasarkan pengalaman peneliti sebagai praktikan dan asisten di Laboratorium Biologi Universitas Muhammadiyah Malang pada tahun 2011-2012 terutama pada bidang pembuatan preparat maserasi dari mata praktikum mikroteknik, dihadapkan pada sebuah kenyataan yaitu mendapatkan hasil preparat yang baik, namun tidak ada tindak lanjut dari hasil preparat tersebut. Selama praktikum mikroteknik dilaksanakan di Laboratorium Biologi Universitas Muhammadiyah Malang, juga belum ditemukan adanya perkembangan mengenai literatur selain Buku Petunjuk

Praktikum Mikroteknik. Buku Petunjuk Praktikum Mikroteknik ini, hanya sebatas pada tujuan praktikum, alat dan bahan serta cara kerja saja. Buku ini tidak dilengkapi analisa hasil preparat sebagai contoh. Hal ini dikarenakan ilmu pengetahuan murni seperti pembuatan preparat (mikroteknik) merupakan ilmu yang perkembangannya kurang cepat.

## METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian deskriptif, yaitu penelitian yang bermaksud untuk membuat pencandraan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai fakta-fakta dan sifat-sifat populasi atau daerah tertentu (Suryabrata, 1989). Penelitian deskriptif adalah pencarian fakta dengan interpretasi yang tepat. Adakalanya peneliti mengadakan klasifikasi, serta penelitian terhadap fenomena-fenomena dengan menetapkan suatu standar atau suatu norma tertentu (Nazir, 2009).

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah batang dan tangkai dari *Piper betle*, *Piper crocatum*, *Piper betle* var *nigra*, *Piper nigrum* dan *Piper retrofacum*.

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu:

1. Persiapan alat dan bahan untuk membuat preparat maserasi dan pengamatan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*)
2. Mengiris organ tangkai daun dan batang tanaman genus *Piper* sepanjang 0,5 cm
3. Memasukkan irisan organ tangkai daun dan batang tersebut pada botol flakon
4. Memberikan aquadest kemudian merebus di atas hotplate
5. Mendinginkan beberapa saat lalu aquadest dibuang dan menggantinya dengan KOH 10%
6. Merebus selama 3 menit
7. Memindahkan bahan ke cawan petri dan mencucinya dengan aquadest

8. Menetesi dengan campuran asam nitrat 10%, asam cromat 10% masing-masing 1 tetes
9. Mencuci kembali dengan aquadest
10. Menetesi dengan pewarnaan safranin selama 30 menit
11. Mencuci dengan aquadest
12. Mendehidrasi dengan alcohol 30%, 50%, 70%, 80%, 100%, 100% masing-masing selama 3 menit
13. Mendealkoholisasi campuran alcohol xylol 3:1, 1:1, 1:3 masing-masing selama 3 menit
14. Memindahkan bahan ke gelas benda
15. Menetesi dengan xylol murni I selama 3 menit
16. Menetesi dengan xylol murni II langsung diberi enthellen kemudian ditutup dengan menggunakan kaca penutup (Wahyuni, 2005).
17. Mengamati preparat dengan menggunakan mikroskop.
18. Mengamati preparat dalam seperangkat alat slide analisis dan SEM (*Scanning Electron Microscope*) kemudian mengambil gambar hasil pengamatan.
19. Mendeskripsikan hasil gambar umum dari jaringan pembuluh trakea yang dapat diamati, meliputi: kejelasan preparat, kekontrasan warna preparat, tipe penebalan dinding sekunder. Selain itu juga diamati bentuk-bentuk khusus struktural unsur trakea meliputi: panjang unsur, diameter unsur pembuluh dan bentuk unsur pada irisan melintang

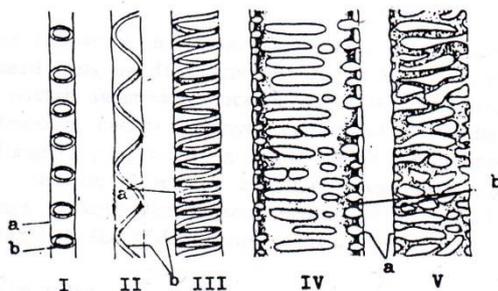
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian membuat preparat untuk mengetahui jaringan pembuluh trakea pada tangkai dan batang pada sirih hijau (*Piper betle*) didapatkan hasil yaitu pada preparat batang (1) memiliki tipe penebalan dinding sekunder trakea berbentuk spiral 2, pada preparat batang (2), batang (3), tangkai (1) dan tangkai (2) memiliki tipe penebalan

dinding sekunder trakea berbentuk spiral 1 dan spiral 2, sedangkan pada preparat tangkai (3) memiliki tipe penebalan spiral 1. Pengamatan pada preparat tersebut memberikan hasil bahwa pada sirih hijau (*Piper betle*) memiliki jaringan pembuluh trakea yang mengalami penebalan dinding sekunder dengan bentuk spiral 1 dan spiral 2.

Preparat tanaman sirih merah (*Piper crocatum*) didapatkan hasil yaitu pada preparat batang (1) memiliki tipe penebalan dinding sekunder berbentuk spiral 2 dan cincin, sedangkan pada batang (2), batang (3), tangkai (1), tangkai (2) dan tangkai (3) memiliki tipe penebalan dinding sekunder berupa spiral 1, spiral 2 dan cincin. Hasil serupa juga didapatkan pada batang dan tangkai sirih hitam (*Piper betle var nigra*) yaitu pada preparat batang (1), batang (2), tangkai (1) dan tangkai (3) didapatkan hasil penebalan dinding sekunder berbentuk spiral 1 dan spiral 2, sedangkan pada batang (3) hanya didapatkan bentuk penebalan dinding sekunder berupa spiral 2. Selanjutnya pada preparat tangkai (2) selain ditemukan bentuk spiral 1 dan spiral 2 juga ditemukan penebalan dinding sekunder dengan bentuk cincin.

Pada tumbuhan lada (*Piper nigrum*) selain ditemukan bentuk penebalan dinding sekunder berupa spiral 1, spiral 2 dan cincin juga ditemukan bentuk jala yaitu pada preparat batang (1) dan batang (2). Selanjutnya pada tumbuhan cabe jawa (*Piper retrofacum*) pada semua preparat baik batang maupun tangkai didapatkan penebalan dinding sekunder berupa spiral 1 dan spiral 2.



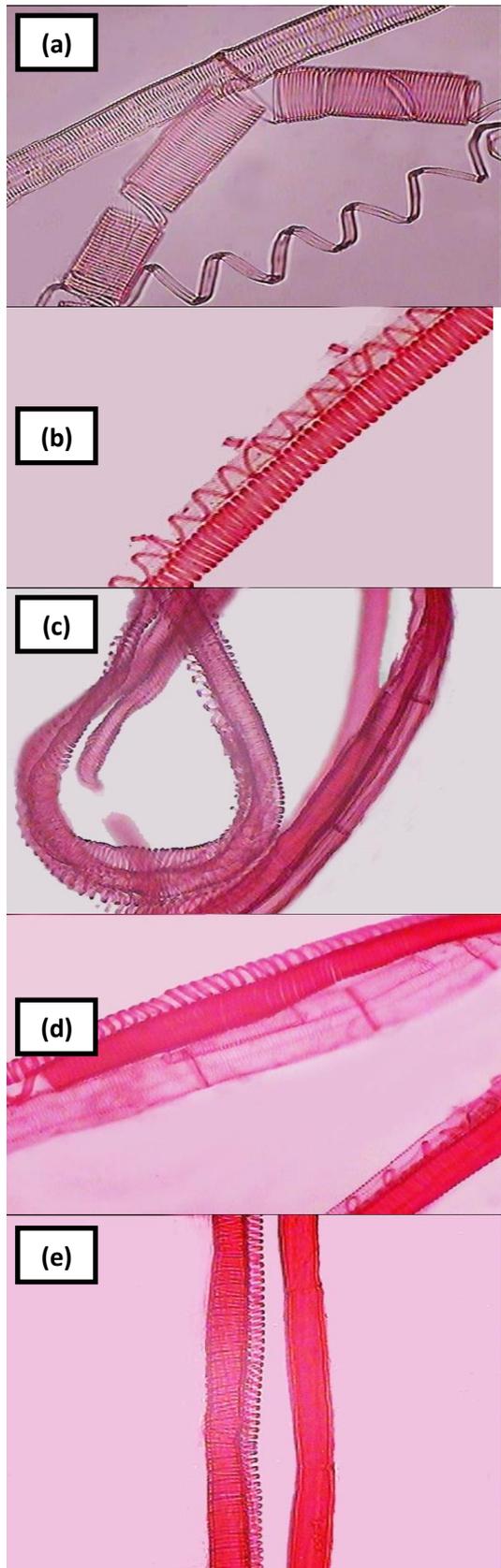
(Sumber: Soerodikoemo, 1987)

**Gambar 1.** Penebalan dinding sekunder pada trakea a. dinding primer, b. dinding sekunder dengan bentuk penebalan (I) cincin, (II) spiral 1, (III) spiral 2, (IV) jala 1, (V) jala 2

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, sirih hijau (*Piper betle*) dan sirih hitam (*Piper betle var nigra*) memiliki panjang unsur  $\pm 0,1$  cm atau 1 mm, sirih merah (*Piper crocatum*) memiliki panjang unsur  $\pm 0,2$  cm atau 2 mm, sedangkan lada (*Piper nigrum*) dan cabe jawa (*Piper retrofacum*) memiliki panjang unsur trakea  $\pm 0,05$  cm atau 0,5 mm. Menurut Fahn (1992) semakin pendek anggota pembuluh maka semakin dianggap maju, sehingga filogenetik lada (*Piper nigrum*) dan cabe jawa (*Piper retrofacum*) dianggap lebih maju daripada sirih hijau (*Piper betle*) dan sirih hitam (*Piper betle var nigra*). Selanjutnya sirih hijau (*Piper betle*) dan sirih hitam (*Piper betle var nigra*) dianggap lebih maju lagi daripada sirih merah (*Piper crocatum*).

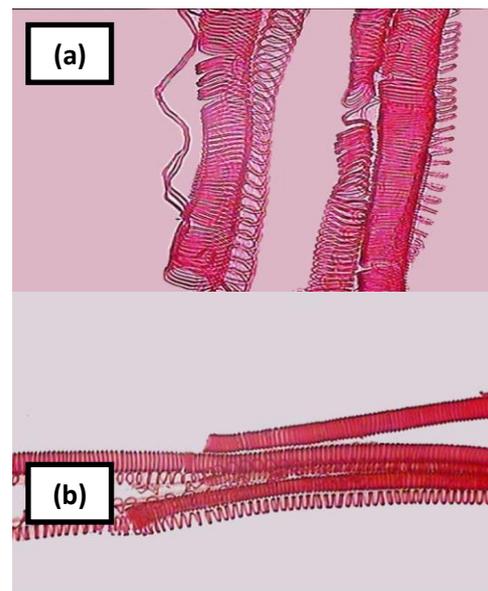
Adapun ukuran dari diameter unsur pembuluh dari angka yang paling kecil ke angka terbesar yaitu *Piper retrofacum* (Cabe jawa) sebesar  $16,9 \mu\text{m}$ , *Piper betle var nigra* (Sirih hitam) sebesar  $22,8 - 23,3 \mu\text{m}$ , *Piper betle* (Sirih hijau) sebesar  $31,4 - 38,2 \mu\text{m}$ , *Piper crocatum* (Sirih merah) sebesar  $36,6 - 44,7 \mu\text{m}$  dan *Piper nigrum* (Lada) sebesar  $73,9 - 93,5 \mu\text{m}$ .

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), didapatkan hasil bahwa semua bentuk unsur pada irisan melintang berbentuk bundar atau hampir bundar. Menurut Fahn (1992) bentuk unsur pada irisan melintang menunjukkan bahwa anggota pembuluh semakin maju atau tidak lagi primitif.

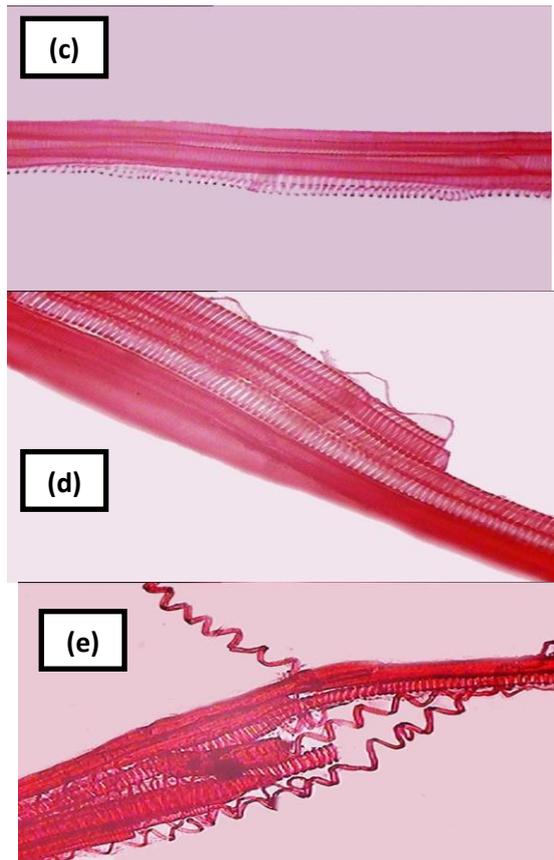


(c) *Piper betle* var *nigra*, (d) *Piper nigrum* dan (e) *Piper retrofacum*

Gambar di atas merupakan gambar hasil preparat maserasi dari batang berbagai Genus Piper. Dimulai dari (a) Preparat maserasi jaringan pembuluh trakea pada Piper betle, (b) Preparat maserasi jaringan pembuluh trakea pada Piper crocatum, (c) Preparat maserasi jaringan pembuluh trakea pada Piper betle var nigra, (d) Preparat maserasi jaringan pembuluh trakea pada Piper nigrum dan (e) Preparat maserasi jaringan pembuluh trakea pada Piper retrofacum. Melalui kelima gambar tersebut dapat diketahui berbagai macam bentuk penebalan dinding sekunder pada trakea seperti spiral 1, spiral 2, cincin dan jala.



Gambar 2. Perbandingan Hasil Preparat Maserasi dari Batang Tanaman (a) *Piper betle*, (b) *Piper crocatum*,

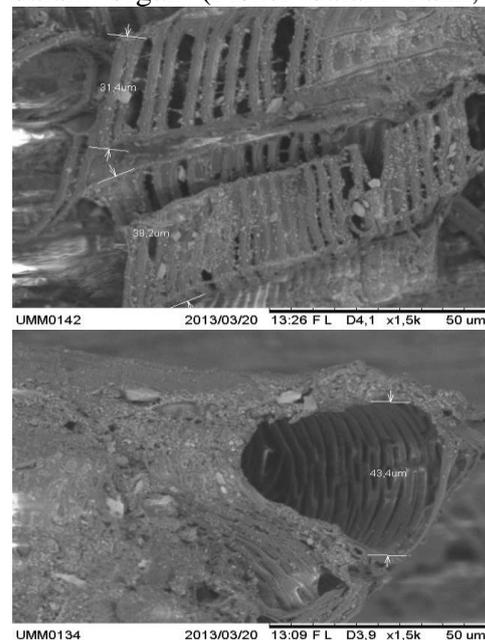


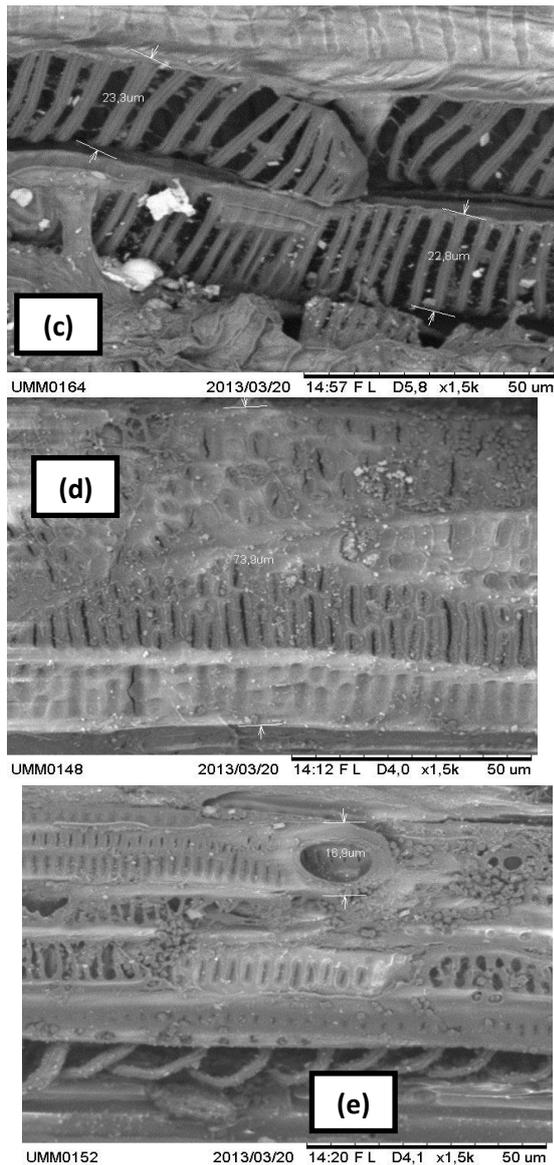
**Gambar 3** Perbandingan Hasil Preparat Maserasi dari Tangkai Tanaman (a) *Piper betle*, (b) *Piper crocatum*, (c) *Piper betle* var *nigra*, (d) *Piper nigrum* dan (e) *Piper retrofacum*

Gambar di atas merupakan gambar hasil preparat maserasi dari tangkai berbagai Genus *Piper*. Dimulai dari (a) Preparat maserasi jaringan pembuluh trakea pada *Piper betle*, (b) Preparat maserasi jaringan pembuluh trakea pada *Piper crocatum*, (c) Preparat maserasi jaringan pembuluh trakea pada *Piper betle* var *nigra*, (d) Preparat maserasi jaringan pembuluh trakea pada *Piper nigrum* dan (e) Preparat maserasi jaringan pembuluh trakea pada *Piper retrofacum*. Melalui kelima gambar tersebut dapat diketahui berbagai macam bentuk penebalan dinding sekunder pada trakea seperti spiral 1, spiral 2, cincin dan jala.

Arti penting fungsi dari adanya berbagai tipe penebalan dinding unsur trakea ini belumlah jelas. Ada kemungkinan bahwa pemunculan unsur-

unsur dengan penebalan cincin dan spiral secara terpisah pada organ yang sedang mengalami pemanjangan ada hubungannya dengan cepatnya pertambahan panjang pada organ. Penelitian dengan menggunakan sinar-x bersama-sama dengan pengaturan cahaya yang mengubah laju pemanjangan batang membuktikan kebenaran asumsi ini. Goodwin dan Smith Kersten dalam Fahn (1992), melihat jika pemanjangan batang dihalangi maka produksi pembuluh cincin dan spiral berkurang atau terhenti dan pembuluh bernoktah berkembang. Beberapa anggapan mendukung bahwa meluasnya pemanjangan suatu organ menentukan pola dinding unsur trakea yang menjadi dewasa dalam organ (Fisher dalam Fahn, 1992)





**Gambar 4** Perbandingan Hasil *Scanning Electron Microscope* dari Tanaman (a) *Piper betle*, (b) *Piper crocatum*, (c) *Piper betle* var *nigra*, (d) *Piper nigrum* dan (e) *Piper retrofacum*

Gambar di atas adalah gambar perbandingan hasil *Scanning Electron Mikroskop* dari berbagai genus *Piper*. Gambar (a) Jaringan pembuluh trakea pada *Piper betle*, (b) Jaringan trakea pada *Piper crocatum*, (c) Jaringan pembuluh trakea pada *Piper betle* var *nigra*, (d) Jaringan pembuluh trakea pada *Piper nigrum* dan (e) Jaringan pembuluh trakea pada *Piper retrofacum*. Berdasarkan gambar tersebut, nampak sekali adanya perbedaan tipe penebalan dinding sekunder pada pembuluh trakea dan ukuran diameter unsur jaringan pembuluh.

Adapun perbandingan dari jaringan pembuluh trakea dari kelima anggota genus *Piper* ini yaitu sebagai berikut:

**Tabel 1.** Perbandingan Komponen Jaringan Pembuluh Trakea pada Anggota Genus *Piper*

No	Komponen	Anggota Genus <i>Piper</i>				
		<i>P.betle</i>	<i>P.crocatum</i>	<i>P.betle</i> var <i>nigra</i>	<i>P.nigrum</i>	<i>P.retrofacum</i>
1	Dinding primer	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada
2	Dinding sekunder	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada
3	Tipe penebalan dinding sekunder	Spiral 1, Spiral 2	Spiral 1, Spiral 2, Cincin	Spiral 1, Spiral 2, Cincin	Spiral 1, Spiral 2, Cincin, Jalan	Spiral 1, Spiral 2
4	Panjang unsur trakea	± 0,1cm	± 0,2cm	± 0,1cm	± 0,05 cm	± 0,05 cm
5	Diameter unsur pembuluh	31,4 - 38,2 µm	26,6 - 44,7 µm	22,8 - 23,3 µm	73,9 - 93,5 µm	16,9 µm
6	Bentuk unsur pada irisan melintang	hampir bundar	hampir bundar	hampir bundar	hampir bundar	hampir bundar

Adapun hasil dari pembuatan produk atau luaran penelitian ini berupa

modul yang harus melalui proses validasi. Proses validasi dilakukan oleh ahli media

dan ahli materi untuk menentukan valid atau tidaknya modul tersebut. Adapun hasil dari validasi ahli media dan ahli materi yaitu sebagai berikut:

#### 1. Hasil Validasi Ahli Media

Kegiatan validasi ahli media modul ini melibatkan dosen jurusan biologi Universitas Muhammadiyah Malang yaitu Bapak Husamah, S.Pd. Berikut akan disajikan data hasil validasi ahli media dalam Tabel 4.2.2.5. Data kuantitatif berupa angka hasil penilaian angket, sedangkan data kualitatif dipaparkan dalam komentar dan saran sebagaimana berikut.

**Tabel 2. Data Rekapitulasi Validasi Modul oleh Ahli Media**

No	Aspek yang Dinilai	Persentase (%)	Kriteria
1	Halaman sampul ( <i>cover</i> )	83,33	Valid
2	Kata Pengantar	100	Valid
3	Petunjuk menggunakan modul	100	Valid
4	Tahapan mempelajari modul	100	Valid
5	Cara mempelajari modul	100	Valid
6	Daftar isi	100	Valid
7	Uraian materi	91,67	Valid
8	Gambar	91,67	Valid
9	Kelengkapan isi modul	100	Valid
<b>RATA-RATA</b>		<b>96,29</b>	<b>Valid</b>
<b>Saran dan Komentar</b>			
"Sudah layak untuk digunakan atau diimplementasikan"			

#### 2. Hasil Validasi Ahli Materi

Kegiatan validasi ahli materi modul ini melibatkan dosen jurusan biologi Universitas Muhammadiyah Malang yaitu Ibu Dra. Elly Purwanti, M.P. Berikut akan

disajikan data hasil validasi ahli materi dalam Tabel 4.2.2.6. Data kuantitatif berupa angka hasil penilaian angket, sedangkan data kualitatif dipaparkan dalam komentar dan saran sebagaimana berikut:

**Tabel 3. Data Rekapitulasi Validasi Modul oleh Ahli Materi**

No	Aspek yang Dinilai	Persentase (%)	Kriteria
1	Halaman sampul ( <i>cover</i> )	75	Cukup Valid
2	Kata Pengantar	75	Cukup Valid
3	Petunjuk menggunakan modul	75	Cukup Valid
4	Tahapan mempelajari modul	75	Cukup Valid
5	Cara mempelajari modul	75	Cukup Valid
6	Daftar isi	83,3	Valid
7	Uraian materi	75	Cukup Valid
8	Gambar	75	Cukup Valid
9	Kelengkapan isi modul	75	Cukup Valid
<b>RATA-RATA</b>		<b>75,92</b>	<b>Cukup Valid</b>
<b>Saran dan Komentar</b>			
"Ditingkatkan untuk menjadi modul yang sesungguhnya agar dapat dimanfaatkan sebagai sumberbelajar di tingkat SMA atau Perguruan Tinggi"			

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis perbandingan bentuk jaringan pembuluh trakea pada preparat maserasi berbagai genus piper sebagai sumber belajar biologi dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- (a) Ciri-ciri jaringan pembuluh trakea pada berbagai spesies anggota genus Piper berbeda-beda diantaranya yaitu:
  - *Piper betle* yaitu memiliki jaringan pembuluh trakea yang mengalami

penebalan dinding sekunder dengan bentuk spiral 1 dan spiral 2; panjang unsur  $\pm 0,1$  cm atau 1 mm; diameter unsur pembuluh 31,4 – 38,2  $\mu\text{m}$ ; bentuk unsur pada irisan melintang berbentuk bundar atau hampir bundar

– *Piper crocatum* yaitu memiliki jaringan pembuluh trakea yang mengalami penebalan dinding sekunder dengan bentuk spiral 1, spiral 2 dan cincin; panjang unsur  $\pm 0,2$  cm atau 2 mm; diameter unsur pembuluh 36,6 – 44,7  $\mu\text{m}$ ; bentuk unsur pada irisan melintang berbentuk bundar atau hampir bundar.

– *Piper betle var nigra* yaitu memiliki jaringan pembuluh trakea yang mengalami penebalan dinding sekunder dengan bentuk spiral 1 dan spiral 2; panjang unsur  $\pm 0,1$  cm atau 1 mm; diameter unsur pembuluh 22,8 – 23,3  $\mu\text{m}$ ; bentuk unsur pada irisan melintang berbentuk bundar atau hampir bundar.

– *Piper nigrum* yaitu memiliki jaringan pembuluh trakea yang mengalami penebalan dinding sekunder dengan bentuk spiral 1, spiral 2, cincin dan jala; panjang unsur trakea  $\pm 0,05$  cm atau 0,5 mm; diameter unsur pembuluh 73,9 – 93,5  $\mu\text{m}$ ; bentuk unsur pada irisan melintang berbentuk bundar atau hampir bundar.

– *Piper retrofacum* yaitu memiliki jaringan pembuluh trakea yang mengalami penebalan dinding sekunder dengan bentuk spiral 1 dan spiral 2; panjang unsur trakea  $\pm 0,05$  cm atau 0,5 mm; diameter unsur pembuluh 16,9  $\mu\text{m}$ ; bentuk unsur pada irisan melintang berbentuk bundar atau hampir bundar.

(b) Sumber belajar merupakan komponen dalam kawasan

teknologi instruksional yaitu pesan (jaringan pada tumbuhan, jaringan pembuluh, xilem), orang (guru dan siswa), bahan (preparat maserasi), alat (mikroskop), teknik (Petunjuk pengamatan mikroskopis, petunjuk penggunaan mikroskop, petunjuk pembuatan preparat segar/preparat awetan, petunjuk penyimpanan preparat, lingkungan (ruang kelas dan laboratorium). Pada penelitian ini, keenam komponen tersebut saling berhubungan dalam mewujudkan sumber belajar biologi dalam bentuk modul.

(c) Setelah melalui proses validasi oleh ahli media dan ahli materi, sumber belajar yang diwujudkan dalam bentuk modul praktis jaringan pembuluh pada tumbuhan ini mendapatkan hasil validasi berupa “valid” dari ahli media dan “cukup valid” pada ahli materi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Campbell, N.A. 2008. *Biologi Edisi Kedelapan (Jilid 2)*. Jakarta: Erlangga.
- Departemen Pendidikan Nasional. 2007. *Badan Penelitian dan Pengembangan Pusat Statistik Pendidikan*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Departemen Pendidikan Nasional. 2006. *Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2006*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Esau, K. 1964. *Anatomy of Seed Plants, 2nd ed.* New York: John Wiley & Sons.
- Estiti, B. H. 1995. *Anatomi Tumbuhan Berbiji*. Bandung: Penerbit ITB.
- Fahn, A. 1992. *Anatomi Tumbuhan (Edisi Ketiga)*. Penerjemah Soediartha dkk. Jogjakarta: Gajahmada University Press.

- Ginanjar. 2010. *Pemanfaatan Pewarna Alam Nabati Sebagai Agen Pewarna Alternatif untuk Pengamatan Mikroskopis Jaringan Tumbuhan*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Gunarso, Wisnu. 1989. *Bahan Pengajaran Mikroteknik*. DEPDIKBUD Instiituit Pertanian Bogor: Bogor.
- Heriyanto. 2012. *Inventarisasi Pteridophyta di Wilayah Pplh Seloliman Trawas Mojokerto Untuk Penyusunan Modul Sebagai Media Pembelajaran di SMA*. Skripsi Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Malang.
- Kimball, J.W. 1992. *Biology*. Addison-Wesley Publishing Company Inc. Alih Bahasa Sutarmi, S.T. dan Sugiri, N. 1992. Jakarta: Erlangga.
- Kusuma, Lidya. 2012. *Perbandingan Struktur Anatomi Daun Tumbuhan Halofit, Xerofit Dan Hidrofit Sebagai Sumber Belajar Biologi SMA untuk Penyusunan Prototype Modul Pengayaan Materi Struktur Jaringan Tumbuhan*. Skripsi Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Moebadi dkk. 2011. *Mikrotehnik*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Mudhoffir. 1986. *Pusat Sumber Belajar*. Bandung: CV Remadja Karya.
- Mulyasa. 2006. *Kurikulum Berbasis Kompetensi*. Bandung: Remaja Rosda.
- Mulyasa. 2003. *Manajemen Berbasis Sekolah, Konsep, Strategi dan Implementasi*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Purnomo. 2005. *Hubungan Kekerabatan Antar Spesies Piper Berdasarkan Sifat Morfologi dan Minyak Atsiri Daun di Yogyakarta*. Jurnal Biodeiversotas Volum 6, Nomor 1, Halaman 12-16 ISSN: 1412-033X.
- Purnomo. 2012. *Pengaruh Penggunaan Modul Hasil Penelitian Pencemaran di Sungai Pepe Surakarta Sebagai Sumber Belajar Biologi Pokok Bahasan Pencemaran Lingkungan Terhadap Hasil Belajar Siswa*. Skripsi Jurusan Pendidikan Biologi Fakultas MIPA Skripsi Universitas Sebelas Maret.
- Purwanti, E., et. al.,1998. *Metode Penelitian*. UMM, Malang.
- Rachman dan Siagian. 1976. *Dimensi Serat Jenis Kayu Indonesia, Bagian III*. Laporan No. 75. Bogor: Lembaga Penelitian Hasil Hutan.
- Steenis, C.G.G.J. van (ed.). 1972. *Flora Malesiana. Series 1: Spermatophyta*. Vol.5. Groningen: Wolters-Noordhoff Pubvlishing.
- Steenis, Van C G G J. 1981. *Flora (Cetakan Ketiga)*. Jakarta: Pradnya Pramita.
- Suryabrata, 1989. *Metodologi Penelitian*. Rajawali, Jakarta.