

BAB 2

TINJAUAN TEORI

2.1 Anatomi Batang Tumbuhan

Batang merupakan sumbu dengan daun yang melekat padanya. Di ujung sumbu titik tumbuhnya, batang dikelilingi daun muda dan menjadi tunas terminal. Di bagian batang yang lebih tua, yang daunnya saling berjauhan, *buku* (nodus) tempat daun melekat pada batang dapat dibedakan menjadi *ruas* (internodus), yakni bagian batang di antara dua buku yang berurutan. Berkaitan dengan habitat tumbuh, dibedakan batang yang tumbuh dibawah tanah (rizoma, umbi lapis, atau umbi batang), di dalam air, atau di darat. Batang juga ada yang tegak, memanjat, atau merayap (Hidayat, 1995: 156).

Berbeda dengan akar, anatomi batang dipengaruhi oleh daun-daun yang terdapat padanya serta terbentuk secara eksogen. Seperti pada akar, pada batang juga ditemukan epidermis, korteks, dan bagian tengah yang mengandung jaringan pembuluh. Jaringan pada batang dapat dibagi menjadi jaringan dermal, jaringan dasar, dan jaringan pembuluh. Perbedaan struktur primer pada batang pada spesies yang berlainan didasari oleh perbedaan dalam jumlah jaringan dasar dan jaringan pembuluh (Hidayat, 1995: 156). Pada ruas batang konifer dan dikotil terdapat jaringan pembuluh berupa silinder yang membatasi parenkim empelur di tengah serta korteks di sebelah luar. Sistem jaringan pembuluh itu terbagi menjadi berkas (fasikel) ikatan pembuluh yang berdekatan satu sama lain atau terpisah oleh parenkim celah daun yang disebut parenkim interfasel. Sebuah parenkim interfasel sering kali disebut jari-jari empelur medulla atau jari-jari empelur (Suradinata, 1998).

Pada batang tanaman paku, beberapa dikotil dan dikotil basah dan pada monokotil terjadi susunan yang lain. Pada paku dan dikotil basah ikatan pembuluh dapat ditemukan dalam dua lingkaran, sedangkan pada monokotil letaknya tersebar. Dengan demikian, batas jaringan dasar pada monokotil tidak tajam dan tidak ada, batas jaringan pembuluh tidak merupakan lingkaran, dilihat dalam penampang melintang melalui ruas batang (Suradinata, 1998).

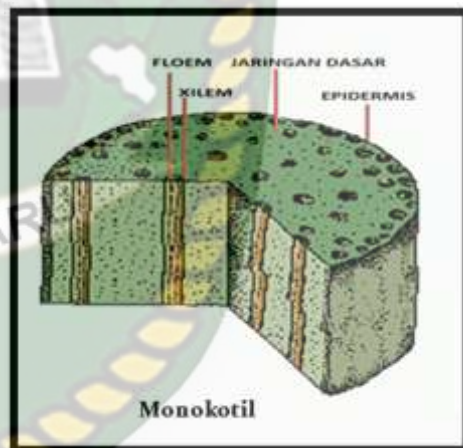
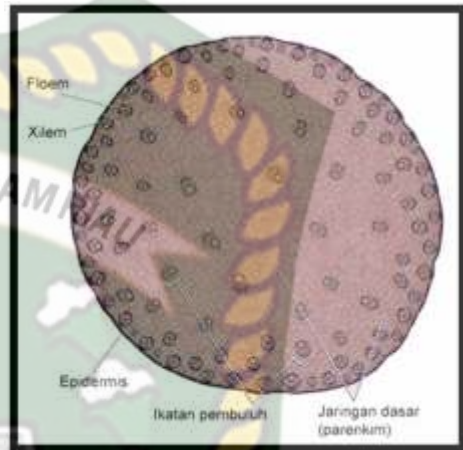
2.2 Struktur Anatomi Batang Tumbuhan Monokotil

Batang adalah bagian sumbu tumbuhan yang pada umumnya tegak, berada di atas tanah dan menjadi tempat melekatnya daun dan struktur reproduktif. Menurut Tjitrosomo (1985), Struktur batang monokotil berbeda dengan struktur batang konifer dan batang dikotil dalam dua hal:

1. Jaringan-jaringan pembuluh biasanya tersusun dalam berkas-berkas terpisah; dalam penampang melintang tampak tersebar di seluruh batang, tidak dalam penyusunan silindris. Akibat penyebaran berkas-berkas pembuluh yang berserakan ini, tidak dapat dibedakan antara empulur dan korteks.
2. Semua sel pada untaian prokambium menjadi dewasa ke dalam xilem dan floem, karena itu kambium tidak ada.

Anatomi batang monokotil sangat berbeda dengan anatomi batang dikotil. Menurut Fahn (1992), histologis batang tumbuhan monokotil secara umum tersusun dari jaringan epidermis, jaringan parenkim, fiber, dan jaringan pembuluh (Gambar 1). Anatomi batang monokotil tidak bercabang-cabang, pembuluh angkut (xylem-floem) tersebar, tidak punya jari-jari empulur, tidak ada kambium vaskular sehingga tidak dapat membesar, empulur tidak dapat dibedakan di daerah korteks.

Pada batang Monokotil, epidermis terdiri dari satu lapis sel dan memiliki dinding sel yang tebal. Di bawah epidermis terdapat jaringan tipis yang terdiri atas jaringan sklerenkim yang merupakan kulit batang. Kulit batang berperan



Gambar 1. Penampang Anatomi Batang Monokotil

Sumber: <https://www.google.co.id/?q=anatomi+batang+tumbuhan+monokotil&oeq=anatomi+batang+tumbuhan+monokotil>

memperkuat dan mengeraskan bagian luar batang. Epidermis dilengkapi dengan stomata dan trikomata (Rachmawati, dkk. 2009). Sistem pembuluh pada monokotil biasanya dari berkas yang tersebar seolah tak beraturan dan hal ini jelas terlihat pada penampang melintang. Pada penampang melintang batang seperti yang dapat dilihat pada ikatan yang tidak membentuk lingkaran seperti yang ditemykan pada penampang melintang kebanyakan dikotil (Fahn, 1992; Hidayat, 1995).

Pada batang Poaceae penampang melintangnya nampak mempunyai berkas pengangkut yang tersusun dalam dua lingkaran. Pada rerumpunan, berkas pengangkut yang sesusun melingkar di sebelah luar tertanam dalam jaringan sklerenkim. Antara berkas pengangkut yang kecil dengan epidermis terdapat serabut dan kolenkim. Stomata terdapat pada epidermis di dekat kolenkim. Pada batang dengan berkas pengangkut tersebar, tidak terdapat lapisan serabut tepi, akan tetapi parenkim di bawah epidermis mengalami penskleritan. Pada batang monokotil, tidak terjadi pertumbuhan sekunder dan berkas pengangkutnya mempunyai selubung sklerenkim (Mulyani, 2006).

Pada stele monokotil terdapat ikatan pembuluh yang menyebar dan bertipe kolateral tertutup yang artinya di antara xilem dan floem tidak ditemukan kambium. Pada umumnya, monokotil tidak mempunyai pertumbuhan sekunder dari kambium pembuluh, tapi batangnya dapat berkembang menjadi menebal. Misalnya pada Palmae. Penebalan ini berasal dari pembelahan dan pembesaran sel parenkim dasar. Pertumbuhan ini disebut pertumbuhan sekunder menyebar (*diffuse*). Namun ada juga tumbuhan monokotil yang mempunyai kambium sehingga mengalami pertumbuhan sekunder, yaitu pada Liliflorae berkayu. Kambium berasal dari parenkim yang terdapat di luar berkas pengangkut primer, yang menghasilkan berkas pengangkut sekunder dan parenkim ke arah dalam, serta sejumlah kecil parenkim ke arah luar. Perkembangan berkas pengangkut berasal dari sel turunan kambium yang membelah memanjang, kemudian sel yang dihasilkan membelah memanjang lagi dua atau tiga kali. Hasil pembelahan ini berdiferensiasi menjadi unsur pembuluh dan bergabung dengan sel sklerenkim. (Mulyani, 2006).

2.3 Struktur Anatomi Batang Tumbuhan Famili Arecaceae

Keadaan flora sangat erat kaitannya dengan kehidupan manusia, karena sebagian besar kehidupan manusia berasal dari pemanfaatan tumbuhan yang ada di muka bumi ini. Salah satu pengetahuan tradisional yang dimiliki bangsa Indonesia yaitu pemanfaatan tumbuhan untuk kebutuhan sehari-hari (Purwanto, 2000 *dalam* Silvia, dkk. 2017: 31). Indonesia dikenal sebagai Negara yang kaya dengan berbagai jenis palem. Palm yang secara botani termasuk dalam suku Arecaceae. Anggota suku ini merupakan jenis-jenis tertua yang telah dijumpai sejak jaman Cretaceous, kurang lebih 120 juta tahun yang lalu (Widyatmoko, dkk. 2005 *dalam* Irawanto, 2011: 1); Silvia, dkk. 2017: 31). Suku Arecaceae di dunia diperkirakan mempunyai 200 – 300 genus bahkan lebih dan sekitar 2000 – 3000 jenis tersebar di daerah tropis dan sub tropis (LBN-LIPI, 1978; Witono, 1998; Sharma, 2002; Chin, 2003 *dalam* Irawanto, 2011: 1). Indonesia merupakan pusat keanekaragaman palem dunia, dari Jumlah palem yang terdapat di dunia 46 genus diantaranya (576 jenis) terdapat di Indonesia dan 29 genus merupakan palem endemik (Witono, 1998 *dalam* Irawanto, 2011: 1).

Palmae atau Arecacea termasuk famili yang terbesar keanekaragamannya di dalam kelas Monokotil. Palmae juga merupakan kelompok tumbuhan yang menarik dari aspek keanekaragaman jenis. Anggota famili ini secara alami tumbuh di hutan mulai dari dataran rendah hingga dataran tinggi dan sangat beragam ditinjau dari habitat, ukuran serta morfologinya. Tumbuhan ini juga tersebar di daerah tropik, dan hutan hujan tropik, menyukai tanah yang gembur serta lembab. Palm juga dapat tumbuh pada tipe tanah yang berpasir, tanah gambut, tanah kapur, dan tanah berbatu. Palm juga dapat tumbuh pada berbagai kemiringan dan tanah datar, tanah berbukit, dan berlereng terjal. Palmae terdiri dari beberapa jenis, ada jenis-jenis Palmae yang berupa semak, pohon ataupun liana (Siregar, 2007: 42; Siregar, 2005: 1; Witono, 2005: 22).

Jenis-jenis Palmae di Indonesia secara umum dikenal dengan nama palem. Tumbuhan ini banyak digemari sebagai tanaman hias karena perawakannya yang

menarik dan bentuk daunnya yang cantik. Tinggi batangnya bervariasi mulai dari bentuk pohon dengan tinggi > 10 m, pohon sedang antara 2-10 m maupun semak < 2 m. Pohon tegak atau memanjat (liana) dengan batang tidak bercabang dan mempunyai bekas daun berbentuk cincin. Kadang dari batang yang terletak di tanah atau akar rimpang terbentuk beberapa batang baru (berumpun). Daun menyirip atau menjari dengan pelepah daun atau pangkal tangkai daun melebar. Karangan bunga kerap kali terletak pada ketiak daun, kadang terminal. Bunga yang masih muda dikelilingi oleh satu seludang daun atau lebih, atau daun tangkai dan cabang samping mempunyai seludang kecil. Bunga duduk pada cabang yang berdaging tebal atau kerap kali tenggelam di dalamnya, bunga berkelamin 1, jarang berkelamin 2. Tenda bunga dalam 2 lingkaran dengan Jumlah masing-masing 3, bebas atau bersatu dengan yang lain, tebal atau ulet. Benang sari 6-9 buah atau lebih, jarang berjumlah 3 buah, daun buah berjumlah 3, bebas atau bersatu, bakal buah beruang 1-3, tiap ruang berisi 1 bakal biji. Buah buni/batu, kadang-kadang tiap-tiap daun buah tumbuh terpisah menjadi sebuah yang berbiji 1. Biji kebanyakan dengan putik lembaga seperti tanduk pada buah batu besar melekat dengan lapisan terdalam dari dinding (Witono, 1998; Witono, dkk. 2000; Widyatmoko, dkk. 2005 *dalam* Irawanto, 2011: 2).

Beberapa palem termasuk jenis yang serbaguna. Selain sebagai tanaman hias, tumbuhan ini juga mempunyai potensi ekonomi yang tinggi antara lain sebagai sumber makanan yaitu sebagai sumber karbohidrat baik dalam bentuk pati maupun gula, sebagai bahan minuman, buah-buahan, bahan baku minyak, bahan baku perabot rumah tangga, sumber bahan anyaman, sumber serat untuk tekstil, sebagai tanaman obat, dan sumber bahan penyegar (Dranfield, 1976; Jones & Luchinger, 1986; *dalam* Siregar, 2007: 42; Nuryanti, dkk. 2015: 128).

Anatomi tumbuhan batang palem membentuk susunan silinder pusat dengan beberapa lapisan yang konsentris. Lapisan terluar adalah periderm, yang seringkali dilapisi jaringan pelindung berpori yang menebal dan ada yang mengeras membentuk sklereid atau jaringan gabus pada saat tanaman dewasa. Di bawah lapisan periderm terdapat jaringan korteks. Selanjutnya, silinder pusat berbatasan jelas dengan lapisan jaringan korteks yang dibentuk oleh zona

subkortikal yang tersusun dari jaringan pembuluh, kadangkala ada juga terdapat jaringan yang tersusun oleh zona jaringan sklereid yang membelah secara peripher (Thomlinson and Huggett, 2012).

Hasil penelitian Thomas and Franceschi (2013) mendapatkan bahwa anatomi batang dapat digunakan sebagai dasar dalam sistematika tumbuhan palem-paleman. Kelompok famili Arecaceae dapat dideskripsikan berdasarkan penampang sayatan transversal batang dan struktur lapisan jaringan *fibrovascular* yang terdiri dari lapisan jaringan parenkim. *Caryophoideae* memiliki 1, 2 atau lebih elemen *metaxylem*, dimana sistematika kelompok yang termasuk ke dalam subfamili lainnya hanya memiliki 1, atau 1 dan 2 elemen *metaxylem* (Wheeler, and Roodgers, 2007).

Proses pembentukan ikatan pembuluh pada batang *Palmae* diteliti oleh Zimmermann dan Tomlinson (1965, 1966) dalam Fahn (1992) dengan metode sinematografi. Menurut studi tersebut pada dasarnya “semua ikatan sifatnya tetap dipertahankan untuk berlangsung dalam jangka waktu yang tidak terbatas menuju ke atas batang” dari pangkal batang sampai ujungnya.

2.3.1 Struktur Anatomi Batang Tumbuhan Aren (*Arenga pinnata*)

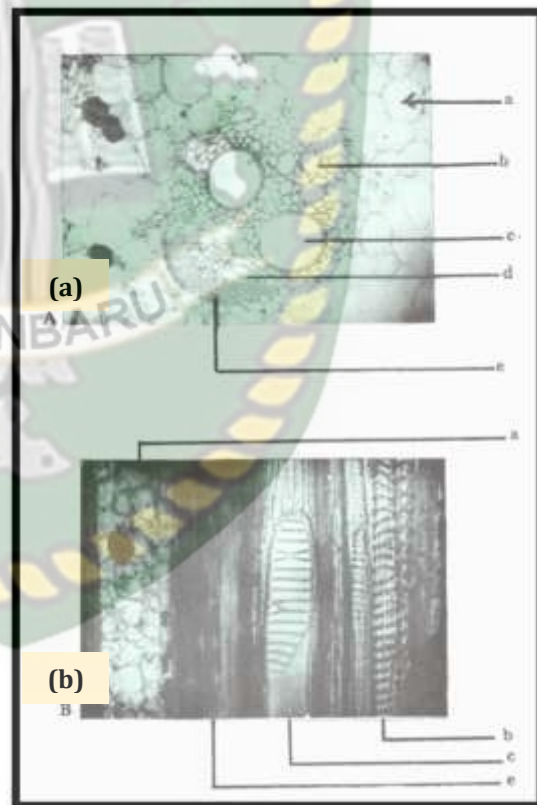
Tumbuhan aren (*Arenga pinnata*) merupakan salah satu jenis tumbuhan *Palmae* yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat. Aren memiliki batang yang keras, berbentuk agak silindris, dan kadang-kadang agak membesar di bagian tengah batang lalu mengecil di bagian ujung. Pohon aren yang tua mempunyai batang bebas pelepah sepanjang 9 sampai 10 m, diameter pangkal 32 sampai 47 cm, volume 0,65 sampai 1,21 m³. Pada bagian luar batang terdapat bekas-bekas pelepah yang melingkari batang dengan jarak lebih kurang 20 cm sehingga tampak seperti ada ruas (Mandang dan Nenny, 1989: 335).

Pada penampang lintang batang terlihat tiga wilayah. Bagian paling luar setebal 0,5 cm adalah kulit. Disebelah dalam terdapat jaringan perifer yang berwarna hitam dan keras. Di sebelah dalam jaringan perifer terdapat jaringan sentral yang berwarna putih dan lunak. Pada waktu mengering jaringan sentral ini mengkerut dan retak-retak (Mandang dan Nenny, 1989: 335).

Tebal jaringan perifer ternyata bervariasi menurut ketinggian dalam batang; makin ke ujung, jaringan perifer makin tipis. Tebal jaringan perifer pada pohon yang satu dapat pula berbeda dengan tebal jaringan perifer pada pohon yang lain. Pohon yang berdiameter kecil cenderung mempunyai jaringan perifer yang lebih tebal. Volume jaringan perifer yang keras itu ternyata sangat kecil dibandingkan dengan volume batang, yaitu 4 – 10 persen, bergantung pada diameter batang. Makin besar diameter batang, presentase volume jaringan perifer cenderung makin kecil (Mandang dan Nenny, 1989: 335-336).

Secara garis besar batang aren terdiri dari jaringan parenkim dan berkas pembuluh. Jaringan parenkim terdiri dari sel-sel berdinding tipis dan berbentuk agak bundar serta kelihatan sama dari berbagai arah (Gambar 2). Berkas pembuluh tampak pada bidang longitudinal seperti serat kasar yang membentang dari bawah ke atas kemudian membelok ke samping menuju pelepah daun atau tandan bunga. Oleh karena itu berkas pembuluh tampak agak silang-menyilang jika diamati pada penampang longitudinal (Mandang dan Nenny, 1989: 336).

Pada penampang lintang batang, berkas pembuluh tampak seperti titik-titik yang tersebar di antara jaringan parenkim, berkerumun rapat di bagian perifer lalu berangsur jarang di bagian sentral (Gambar 2). Berkas pembuluh terdiri dari: a) berkas serat, b) metaxylem, c) protoxylem, d) floem, dan e) parenkim longitudinal (Gambar 2). Berkas



Gambar 2. Struktur melintang (a) dan Penampang Longitudinal (b) batang aren; a. parenkim; b. protoxylem; c. metaxylem; d. floem; e. berkas serat.

Sumber: Mandang dan Nenny S. Sudarna (1989)

serat tampak pada bidang lintang berbentuk seperti ginjal atau “cordate” menurut definisi Kaul (1960). Metaxylem biasanya 2 buah, kadang-kadang lebih. Protoxylem 2 sampai 13 buah per berkas. Floem 6 sampai 11 buah per berkas pembuluh. Metaxylem berhubungan antara satu sama lain ke arah vertical dengan bidang perforasi berbentuk tangga. Protoxylem mempunyai dinding yang mirip spiral (Gambar 8) (Mandang dan Nenny, 1989: 336-337).

2.3.2 Struktur Anatomi Batang Tumbuhan Lontar (*Borassus flabellifer*)

Lontar sebagai salah satu jenis tumbuhan yang termasuk dalam famili Arecaceae memiliki batang yang bengkok (melengkung) dan hanya sedikit yang batangnya lurus. Batang lontar tidak ada yang silindris, karena pada bagian pangkal berdiameter lebih besar dari bagian tengah dan ujung. Sebaliknya diameter bagian tengah lebih kecil dari diameter ujung (Lempang, dkk, 2008: 41).

Pada penampang lintang batang lontar terdiri dari tiga bagian, yaitu kulit, perifer dan jaringan dalam (sentral). Bagian kulit setebal 1-3 mm berwarna hitam terdapat cekungan bekas pelepah daun. Pada bagian lebih dalam terdapat jaringan perifer yang berwarna hitam dan keras. Ketebalan bagian perifer sekitar 1 cm. antara bagian kulit dan perifer terdapat korteks dengan ketebalan 1-10 mm. pada bagian paling dalam terdapat jaringan sentral yang berwarna putih dan lunak. Jaringan sentral mengandung pati dan air yang tinggi, sehingga jaringan ini sangat rentan terhadap serangan jamur terutama jamur pewarna (*blue stain*). Sebaliknya bila kayu lontar sudah kering, bagian jaringan sentral sangat rentan terhadap serangan bubuk kayu kering (Lempang, dkk, 2008: 42).

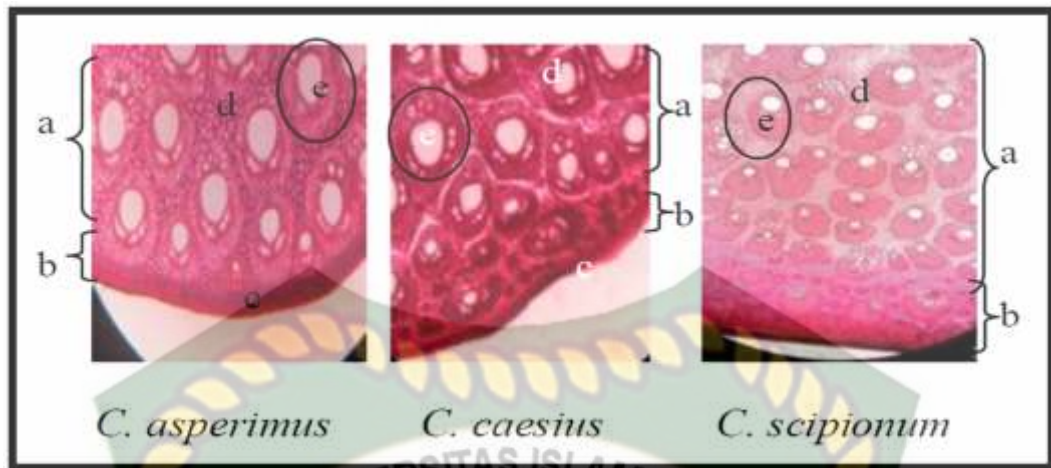
Secara garis besar batang lontar terdiri dari jaringan parenkim dan berkas pembuluh. Jaringan parenkim terdiri dari sel-sel berdinding tipis dan berbentuk dagl bundar serta kelihatan sama dari berbagai arah. Berkas pembuluh tampak pada bidang longitudinal seperti serat kasar yang membentang dari bawah ke atas (Lempang, dkk, 2008: 42).

Dimensi serat antar daerah asal pohon lontar berbeda satu dengan yang lain. Serat pada bagian tengah batang memiliki panjang, diameter dan tebal dinding yang relatif lebih besar dari serat yang terdapat pada bagian pangkal maupun ujung

batang. Panjang serat lontar berkisar antara 1645 mikron sampai 2483 mikron. Berdasarkan klasifikasi International Association of Wood Anatomist (Anonim, 1989; Nur Rachman dan Silitinga, 1973 *dalam* Lempang, dkk, 2008) nilai ini termasuk kelas agak panjang dan sangat panjang. Diameter serat lontar berkisar antara 49,4 mikron sampai 73,4 mikron. Tebal dinding serat lontar bervariasi cukup besar yaitu antara 20,8 mikron sampai 32,3 mikron. Pada penampang lintang, berkas pembuluh tampak seperti bintik-bintik yang tersebar diantara jaringan parenkim, berkerumun rapat di bagian perifer dengan frekuensi 70-150 berkas per cm^2 dan berangsur menjarang ke arah bagian sentral dengan frekuensi 4-5 berkas per cm^2 (Lempang, dkk, 2008: 42).

2.3.3 Struktur Anatomi Batang Tumbuhan Rotan (*Calamus spp*)

Rotan sebagai salah satu tumbuhan yang termasuk dalam suku Palmae memiliki banyak jenis yang pada dasarnya anatomi batang tumbuhannya hampir sama satu sama lain. Secara garis besar struktur anatomi batang rotan terdiri dari epidermis, jaringan parenkim, korteks, dan berkas pembuluh. Sayatan melintang pada tiga jenis rotan yaitu, *C. asperimus*, *C. caesius*, dan *C. scipionum* memperlihatkan dua daerah yaitu daerah korpus pusat dan daerah perifer (Gambar 3). Daerah korpus pusat tersusun atas korteks dan berkas pembuluh dan daerah perifer tersusun atas epidermis dan korteks tanpa adanya berkas pembuluh. Menurut Liese (1988), pada sayatan melintang batang rotan dapat dibedakan dua daerah perifer berupa epidermis dan korteks tanpa adanya berkas pembuluh dan daerah korpus pusat berupa korteks dengan berkas pembuluh (Handayani, dkk., 2014: 4).

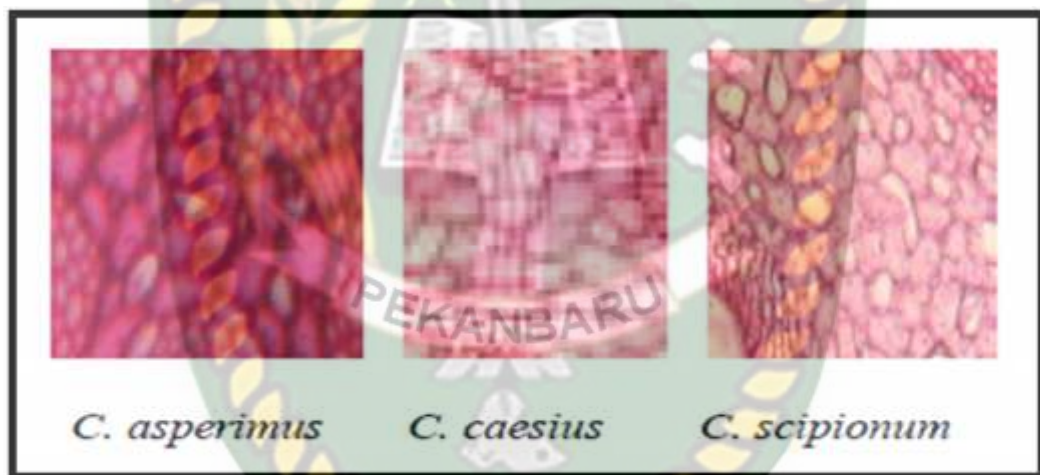


Gambar 3. Sayatan Melintang Batang Rotan dengan Perbesaran 10x10. a) Daerah korpus pusat; b) Daerah perifer; c) Epidermis; d) Korteks; e) Berkas Pembuluh;

Sumber: Handayani, dkk (2014)

Epidermis pada batang tiga jenis rotan yaitu, *C. asperimus*, *C. caesius*, dan *C. scipionum* memiliki susunan yang rapat tanpa adanya ruang antar sel (Gambar 3). Sel-sel epidermis umumnya tersusun rapat tanpa ruang antar sel. Epidermis berperan sebagai pelindung jaringan di bawahnya dan memperluas permukaan apabila terjadi tekanan dari dalam akibat pertumbuhan (Hidayat, 1995 dalam Handayani, dkk., 2014: 4). Jaringan di bawah epidermis korteks. Korteks pada tiga jenis rotan yaitu, *C. asperimus*, *C. caesius*, dan *C. scipionum* tersusun dari sel-sel parenkim yang berukuran lebih besar dari epidermis (Gambar 3). Menurut Kartaspoetra (1991), korteks batang tersusun atas jaringan parenkim dengan sel-sel berukuran lebih besar dari epidermis, berdinding tipis dan susunannya renggang sehingga banyak ruang antar sel. Korteks pada tiga jenis rotan termasuk dalam tipe A dengan ciri memiliki sel-sel yang besar dan banyak ruang antar sel. Menurut Liese (1988) genus *Calamus* memiliki korteks tipe A yaitu “jigsaw puzzle like” yang tersusun atas sel-sel yang berukuran besar, bentuk tidak beraturan dan banyak ruang antar sel (Gambar 4) (Handayani, dkk., 2014: 4).

Jaringan di sebelah dalam korteks terdapat jaringan pembuluh (Gambar 3). Jaringan pembuluh pada tiga jenis batang rotan membentuk berkas yang terdiri dari floem, xilem, dan serat. Jaringan pembuluh pada batang tiga jenis rotan yaitu *C. asperimus*, *C. caesius*, dan *C. scipionum* mempunyai tipe kolateral yang terdiri dari xilem dan floem yang dikelilingi serat dan jaringan parenkim. Berkas pembuluh kolateral rotan tersusun atas xilem dan floem yang dikelilingi serat (Liese, 1988). Xilem dapat dibedakan menjadi protoxilem dan metaxilem. Menurut Hidayat (1995) xilem primer terdiri dari bagian yang berkembang mulai sejak awal, yaitu protoxilem dan metaxilem. Protoxilem dibentuk pada bagian primer yang belum selesai tahap pertumbuhan dan diferensiasinya. Protoxilem *C. asperimus* dan *C. caesius* berjumlah 1-6 sel sedangkan *C. scipionum* berjumlah 2-10 sel dengan susunan yang tidak terlalu rapat (Gambar 5). (Handayani, dkk.,



Gambar 4. Jaringan Korteks tipe A “Jigsaw puzzle like” Perbesaran 10x10

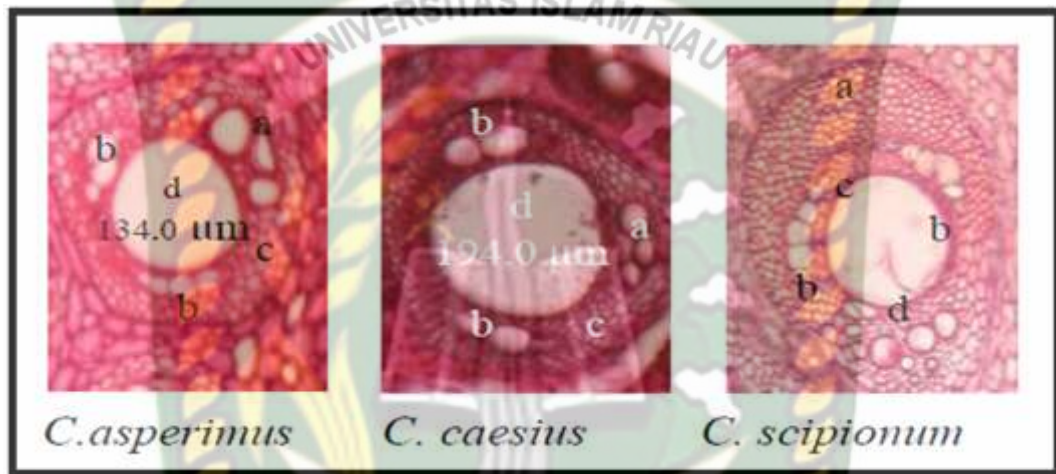
Sumber: Handayani, dkk (2014)

2014: 4).

Metaxilem terbentuk setelah pertumbuhan primer. Susunan metaxilem lebih kompleks terdiri dari serat unsur-unsur trakea dan sel-sel parenkim (Fahn, 1991). Metaxilem tiga jenis rotan *C. asperimus*, *C. caesius*, dan *C. scipionum* berbentuk bulat dan tersusun tunggal terletak di bagian tengah berkas pembuluh (Gambar 16). Rerata diameter metaxilem pada masing-masing spesies yaitu *C. asperimus*

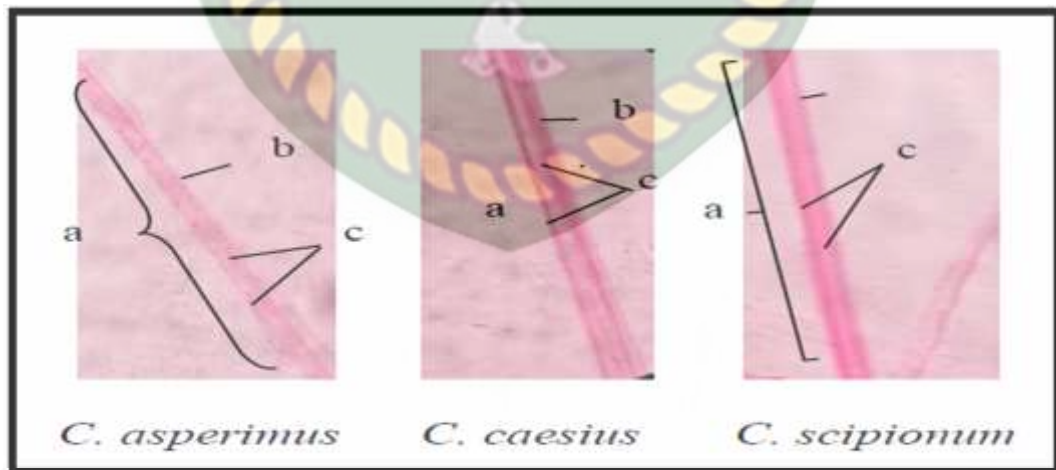
sebesar 130,4 μm , *C. caesius*, sebesar 194,0 μm , dan *C. scipionum* sebesar 300,05 μm (Gambar 5). (Handayani, dkk., 2014: 4).

Floem pada *C. asperimus*, *C. caesius*, dan *C. scipionum* terdiri atas dua daerah floem yang masing-masing berisi 3-4 sel dan tersusun berangkai dalam berkas pembuluh (Gambar 16). Ikatan serat *C. scipionum* terlihat lebih tebal dibandingkan *C. asperimus*, *C. caesius* (Gambar 6). Ikatan serat yang lebih tebal pada batang *C. scipionum* dapat dikaitkan dengan kekuatan batangnya. Batang *C. scipionum* memiliki morfologi dengan diameter besar yang digunakan untuk



Gambar 5. Jaringan Pembuluh Batang dengan Perbesaran 10x10; a) Protoxilem; b) Floem; c) Serat; d) Metaxilem.

Sumber: Handayani, dkk (2014)



Gambar 6. Serat Tiga Jenis Rotan dengan Perbesaran 10x10; a) Panjang serat; b) Dinding serat; c) Lumen serat.

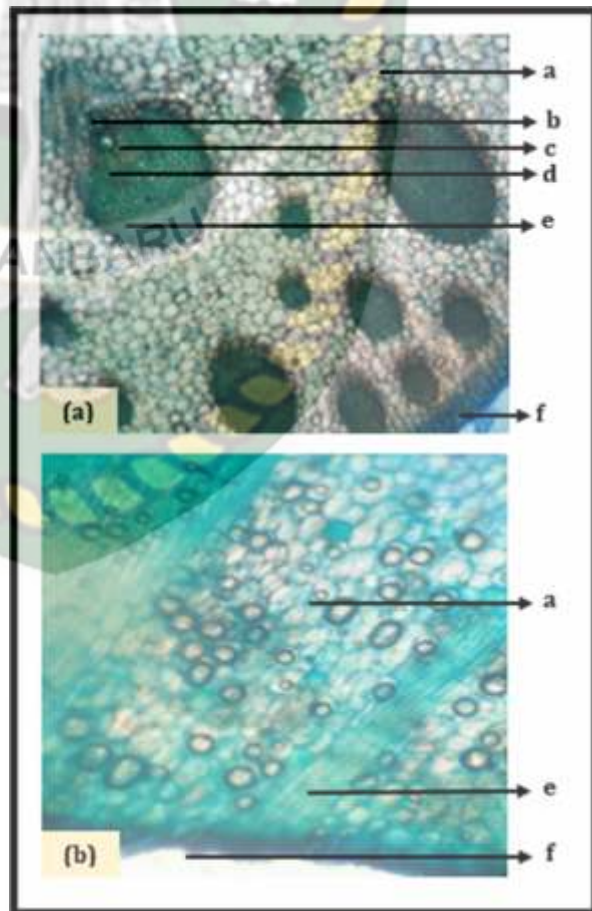
Sumber: Handayani, dkk (2014)

bahan baku mebel. Serat pada batang rotan membentuk suatu ikatan atau kumpulan yang mengelilingi ikatan pembuluh (Gambar 6) (Handayani, dkk., 2014: 5).

2.3.4 Struktur Anatomi Batang Tumbuhan Kelapa (*Cocos nucifera*)

Batang kelapa berbentuk silindris, membesar di bagian pangkal lalu mengecil dibagian ujung batang. Diameter pangkal bervariasi dari 22 sampai 30,5 cm. penampang lintang batang kelapa terdiri dari 4 bagian. Bagian paling luar setebal 0,5 cm adalah kulit, dibagian dalam dari kulit terdapat jaringan perifer yang terbagi menjadi dua lapisan yaitu, eksoperifer dan endoperifer. Eksoperifer setebal 0,5-1 cm terdiri dari sejumlah besar jaringan serabut, sedangkan endoperifer merupakan lapisan yang berwarna hitam dan keras yang sebagian besar terdiri dari sejumlah ikatan pembuluh. Bagian paling dalam adalah jaringan Sentral yang berwarna putih kecoklatan dan agak lunak, sebagian besar terdiri dari jaringan. Tebal jaringan perifer ternyata bervariasi menurut ketinggian dalam batang, semakin kearah vertikal jaringan perifernya semakin tipis. Selain itu, tebal jaringan perifer antara pohon cenderung berbeda di mana pohon yang berdiameter kecil mempunyai jaringan perifer yang lebih tebal dibandingkan dengan pohon yang berdiameter besar (Sudarna, 1990: 113).

Secara garis besar, struktur anatomi batang kelapa terdiri dari jaringan parenkim



sebagai jaringan dasar dan sejumlah ikatan pembuluh yang tersebar di antara jaringan parenkim. Jaringan parenkim terdiri dari sel-sel berdinding tipis berbentuk polygonal sampai bundar (Gambar 7). Pada penampang lintang batang tampak sejumlah besar ikatan pembuluh menyerupai tanduk tersebar di antara jaringan parenkim. Secara makroskopis tampak adanya perbedaan kerapatan ikatan pembuluh baik antar kedalaman maupun antar ketinggian dalam batang, dimana semakin ke arah sentral kerapatan ikatan pembuluh semakin berkurang, sedangkan semakin ke arah vertikal batang kerapatan ikatan pembuluh ini semakin bertambah (Sudarna, 1990: 113-114).

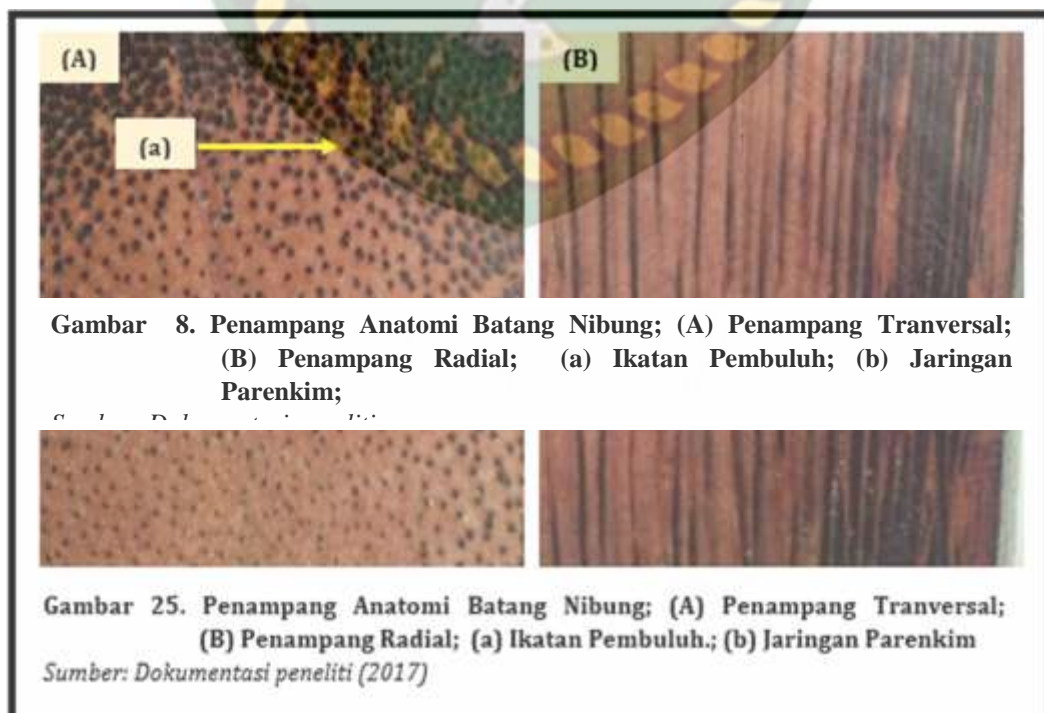
Dalam satu ikatan pembuluh terdapat elemen-elemen a) jaringan serat, b) metaxylem, c) protoxylem, d) floem. Tipe jaringan serat batang kelapa termasuk kedalam tipe “cordate” atau ginjal menurut definisi Kaul (1961). Metaxylem biasanya berjumlah 1-2 buah dalam satu ikatan pembuluh, tetapi pada bagian central dan ujung batang banyak dijumpai ikatan pembuluh yang mempunyai banyak metaxylem berjumlah 2-5 buah. Jumlah protoxylem dalam satu ikatan pembuluh bervariasi dari tidak dijumpai protoxylem dalam satu ikatan pembuluh (bagian perifer pangkal batang) sampai berjumlah 4-8 buah dalam satu ikatan pembuluh (pada bagian sentral dan ujung batang). Demikian pula floem dalam satu ikatan pembuluh, cenderung serupa dengan jumlah protoxylem dalam satu ikatan pembuluh, di mana pada bagian perifer pangkal batang tidak dijumpai floem dalam satu ikatan pembuluh, sedangkan semakin ke arah sentral dan ujung batang dijumpai 7-22 buah floem dalam satu ikatan pembuluh (Sudarna, 1990: 114).

Hubungan metaxylem yang satu dengan yang lain ke arah vertikal melalui bidang perforasi dengan bentuk sederhana. Tampak penebalan spiral pada dinding protoxylem. Ditemukan juga “stigmata” yang berisi butir-butir silica berbentuk “druse” menurut definisi Tomlinson (1963). Terdapat pula saluran-saluran getah yang tersebar di antara jaringan parenkim (Sudarna, 1990: 114).

2.3.5 Struktur Anatomi Batang Tumbuhan Nibung (*Oncosperma tigillarum*)

Tumbuhan nibung (*Oncosperma tigillarum*) merupakan sejenis tanaman *Palmae* yang umumnya tumbuh secara alami dan berumpun seperti bambu. Nibung merupakan salah satu jenis tanaman yang termasuk dalam famili *Aracaceae* yang merupakan tumbuhan dalam kelas monokotil. Sebagai tumbuhan yang termasuk dalam kelas monokotil, anatomi batang tumbuhan nibung ini sama seperti tumbuhan monokotil lainnya yang tersusun atas jaringan epidermis, parenkim, dan ikatan pembuluh, serta serat yang sangat khas sehingga batang tumbuhan ini sangat kuat dan dapat bertahan lama (Gambar 8).

Pada penampang melintang atau transversal dari batang nibung terlihat bahwa anatomi batang tersebut terdiri atas jaringan parenkim. Parenkim merupakan jaringan dasar yang terdapat di seluruh tubuh tumbuhan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hidayat (1995: 55), yang menyatakan bahwa parenkim merupakan bagian utama sistem jaringan dasar dan terdapat pada berbagai organ sebagai jaringan yang sinambung. Parenkim terdiri dari sel hidup yang bermacam-macam bentuk, sesuai dengan fungsinya yang berbeda-beda pula. Parenkim biasanya berupa jaringan yang selnya tidak dapat menunjukkan spesialisasi dan dapat terlibat dalam berbagai fungsi fisiologi tumbuhan. Karena merupakan sel hidup, sel parenkim masih dapat membelah meskipun telah dewasa. Sebab itu sel parenkim berperan penting dalam penyembuhan luka serta regenerasi (Hidayat, 1995: 55).



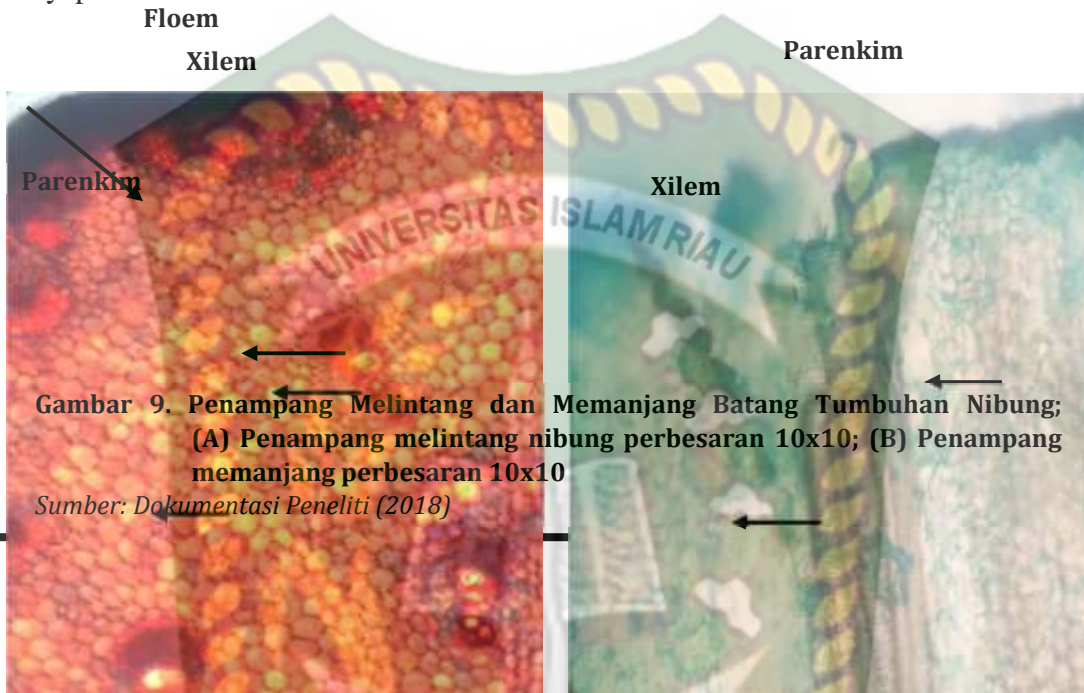
Sistem pembuluh pada tumbuhan nibung ini biasanya terdiri atas berkas yang tersebar di seluruh jaringan dasar pada batang yang mana berkas pengangkut tersebut tersebar di seluruh penampang melintang batang. Dimana berkas pembuluh ini lebih banyak berada di daerah pinggir dari pada di daerah sentral. Setiap berkas pengangkut dikelilingi oleh selubung sklerenkim. dua tipe jaringan pembuluh, yaitu Floem yang biasanya terletak di bagian luar dan xilem yang biasanya terletak dibagian dalam. Xilem dan floem membentuk berkas pengangkut. Dimana tipe berkas pengangkut pada tumbuhan nibung ini adalah tipe kolateral tertutup. Disebut kolateral tertutup apabila antara xilem dan floem tidak terdapat kambium, tetapi terdapat parenkim penghubung (Mulyani, 2006).

Pada umumnya, Monokotil tidak mempunyai pertumbuhan sekunder dari kambium pembuluh, tetapi batangnya dapat berkembang menjadi tebal. Misalnya pada palmae yang salah satu contohnya adalah tumbuhan nibung. Penebalan ini berasal dari pembelahan dan pembesaran sel parenkim dasar. Pertumbuhan ini disebut pertumbuhan sekunder menyebar (*diffusie*)(Mulyani, 2006).

Fiber atau serabut-serabut sklerenkim pada umumnya terdapat dalam bentuk untaian (strands) yang terpisah-pisah atau dalam bentuk lingkaran. Dalam kulit kayu dan pembuluh tapis (korteks dan floem), merupakan suatu seludang yang berhubungan dengan berkas-berkas pengangkut, atau dalam kelompok-kelompok dan tersebar di dalam pembuluh kayu (xilem) dan pembuluh tapis (floem). Tetapi sering pula terjadi serabut-serabut sklerenkim ini tersusun dalam bentuk-bentuk yang khas seperti halnya yang terdapat pada batang-batang tumbuhan monokotil (Sutrian, 2004: 186).

Dalam anatomi batang tumbuhan nibung seratnya merupakan serabut ekstra xilem dalam tumbuhan yang terdapat di luar xilem. Serabut itu dapat, misalnya ditemukan dalam korteks atau dalam floem sebagai bagian dari floem. Dalam batang, sejumlah besar monokotil serabut berada sebagai silinder berongga atau berada dalam berkas di berbagai tempat di bawah epidermis, atau sering pula

berbentuk seludang yang mengelilingi hampir seluruh ikatan berkas pembuluh (A) (B) (Hidayat, 1995). Pada penampang anatomi batang tumbuhan nibung, serat-serat pembuluh kayu tampak memanjang (Gambar 9). Hal inilah yang mendukung fakta bahwa nibung memiliki batang tumbuhan yang kuat, kokoh, dan tahan rayap.



Gambar 9. Penampang Melintang dan Memanjang Batang Tumbuhan Nibung; (A) Penampang melintang nibung perbesaran 10x10; (B) Penampang memanjang perbesaran 10x10
 Sumber: Dokumentasi Peneliti (2018)

2.4 Bahan Ajar

Berdasarkan website Dikmenjur dalam Depdiknas (2008) bahan ajar merupakan seperangkat materi/substansi pembelajaran (*teaching material*) yang disusun secara sistematis, menampilkan sosok utuh dari kompetensi yang akan dikuasai siswa (mahasiswa) dalam kegiatan pembelajaran. Bahan ajar merupakan bagian dari sumber belajar. Bahan ajar adalah segala bentuk bahan yang digunakan untuk membantu guru/instruktur dalam melaksanakan kegiatan belajar mengajar. Bahan yang dimaksud bisa berupa bahan tertulis maupun bahan tidak tertulis.

Prastowo (2013: 17) menjelaskan bahwa bahan ajar merupakan segala bahan baik informasi, alat maupun teks yang disusun secara sistematis yang menampilkan sosok utuh dari kompetensi yang akan dikuasai peserta didik (mahasiswa) dan digunakan dalam proses pembelajaran dengan tujuan perencanaan dan penelaahan implementasi pembelajaran. Selanjutnya menurut Trianto (2012: 188) bahan ajar adalah bahan atau material atau sumber belajar yang mengandung substansi kemampuan tertentu yang akan dicapai oleh peserta didik (mahasiswa).

Menurut Prastowo (2012), terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menyusun bahan ajar, antara lain: (1) kekonsistenan pernyataan sasaran belajar dengan indikator pokok bahasan; (2) kelogisan dan kesistematian skema hubungan antara pokok-pokok bahasan dan; (3) kesesuaian pemilihan dan penataan pokok bahasan serta penetapan sasaran belajar dengan karakteristik pebelajar.

Idealnya sebuah bahan ajar yang dikembangkan dan ditulis harus tetap berpedoman pada prinsip belajar aktif. Belajar aktif adalah proses belajar yang disertai adanya aktivitas mental dan aktivitas fisik yang dapat mengoptimalkan pencapaian hasil belajar (Hamalik, 2009). Bahan ajar yang efektif menunjuk pada optimalisasi pencapaian tujuan pembelajaran di bawah kondisi tertentu. Meskipun keefektifan tidak selalu berbanding lurus dengan keefesiensian, namun keduanya perlu diseimbangkan.

2.5 Modul

Menurut Abdul Majid *dalam* Prastowo (2014: 207-208) modul adalah sebuah buku yang ditulis dengan tujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan guru. Sementara dalam pandangan lainnya, modul dimaksudkan sebagai seperangkat bahan ajar yang disajikan secara sistematis sehingga penggunaannya dapat belajar dengan atau tanpa seorang fasilitator atau guru. Selanjutnya Abdul Majid menyatakan bahwa pembelajaran dengan modul memungkinkan peserta didik yang memiliki kecepatan tinggi dalam belajar akan lebih cepat menyelesaikan satu atau lebih kompetensi dasar

dibandingkan dengan peserta didik lainnya. Oleh karena itu, modul harus menggambarkan kompetensi dasar yang akan dicapai oleh peserta didik, disajikan dengan menggunakan Bahasa yang baik, menarik, dan dilengkapi dengan ilustrasi.

Pengajaran dengan modul memberikan kesempatan bagi peserta didik (mahasiswa) untuk belajar menurut cara masing-masing. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa modul merupakan sebuah bahan ajar yang disusun secara sistematis dengan Bahasa yang mudah dipahami oleh peserta didik sesuai tingkat pengetahuan dan usia mereka, agar mereka dapat belajar mandiri dengan bantuan atau bimbingan yang minimal dari pendidik (Prastowo, 2011: 106). Lebih lanjut menurut Anwar (2010) *dalam* Sani dan Joko (2015: 261), modul pembelajaran adalah bahan ajar yang disusun secara sistematis dan menarik mencakup isi materi, metode, dan evaluasi yang dapat digunakan secara mandiri untuk mencapai kompetensi yang diharapkan.

Pembelajaran dengan modul pada dasarnya merupakan pendekatan pembelajaran mandiri yang berfokuskan penguasaan kompetensi dari bahan kajian yang dipelajari pebelajar dengan waktu tertentu sesuai dengan potensi dan kondisinya. Sistem belajar mandiri adalah cara belajar yang lebih menitikberatkan pada peran otonomi belajar pebelajar. Belajar mandiri adalah suatu proses di mana individu mengambil inisiatif mendiagnosa kebutuhan belajarnya sendiri, merumuskan maupun menentukan tujuan belajarnya sendiri, mengidentifikasi sumber-sumber belajar, memilih dan melaksanakan strategi belajarnya serta mengevaluasi hasil belajarnya sendiri (Prabowo dan Aisyah, 2013: 78).

Prastowo (2011: 108), menyatakan bahwa tujuan dalam penyusunan modul antara lain:

1. Agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan pendidik (yang minimal).
2. Agar peran pendidik tidak terlalu dominan dan otoriter dalam kegiatan pembelajaran.
3. Melatih kejujuran peserta didik.
4. Mengakomodasi berbagai tingkat dan kecepatan belajar peserta didik. Bagi peserta didik yang kecepatan belajarnya tinggi, maka mereka dapat belajar

lebih cepat. Dan sebaliknya, bagi yang lambat maka mereka dipersilakan untuk mengulang kembali.

5. Agar peserta didik mampu mengukur sendiri tingkat penguasaan materi yang telah dipelajari.

Prastowo (2011: 107-108), juga menyatakan bahwa ada beberapa fungsi modul sebagai salah satu bentuk bahan ajar, modul memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Bahan ajar mandiri. Maksudnya penggunaan modul dalam proses pembelajaran berfungsi meningkatkan kemampuan peserta didik untuk belajar sendiri tanpa tergantung pada kehadiran pendidik.
2. Pengganti fungsi pendidik. Maksudnya modul sebagai bahan ajar yang harus mampu menjelaskan materi pembelajaran dengan baik dan mudah dipahami oleh peserta didik sesuai tingkat pengetahuan siswa dan usia mereka.
3. Sebagai alat evaluasi. Maksudnya dengan modul peserta didik dituntut untuk dapat mengukur dan menilai sendiri tingkat penguasaannya terhadap materi yang telah dipelajarinya.
4. Sebagai bahan rujukan bagi peserta didik.

Modul memiliki beberapa karakteristik, antara lain dirancang untuk sistem pembelajaran mandiri, merupakan program pembelajaran yang utuh dan sistematis, mengandung tujuan, bahan atau kegiatan, dan evaluasi (Prastowo, 2011: 110). Adapun menurut pandangan Vembrianto *dalam* Prastowo (2011: 110) terdapat lima karakteristik bahan ajar:

1. Modul merupakan unit (paket) pengajaran terkecil dan lengkap.
2. Modul memuat rangkaian kegiatan belajar yang direncanakan dan sistematis.
3. Modul memuat tujuan belajar (pengajaran) yang dirumuskan secara eksplisit dan spesifik.
4. Modul memungkinkan peserta didik belajar sendiri (*independent*) karena modul memuat bahan yang bersifat *self-instructional*.

5. Modul adalah realisasi pengakuan terhadap individual, yakni salah satu perwujudan pengajaran individual.

Selain itu, Karakteristik penulisan modul yang diterbitkan oleh Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan (2003) dalam Sani dan Joko (2015: 262) sebagai berikut:

1. *Self instructional*. Melalui modul tersebut seseorang mampu membelajarkan diri sendiri, tidak tergantung pada pihak lain.
2. *Self contained*. Seluruh materi pembelajaran dari satu unit kompetensi atau sum kompetensi yang dipelajari terdapat dalam satu modul secara utuh.
3. *Stand alone*. Modul yang dikembangkan tidak tergantung pada media lain atau tidak harus digunakan bersama-sama dengan media lain.
4. *Adaptif*. Modul dikatakan adaptif jika media tersebut dapat menyesuaikan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.
5. *User friendly*. Setiap instruksi dan paparan informasi yang tampil bersifat membantu dan bersahabat dengan pemakainya, termasuk kemudahan pemakai dalam merespon, mengakses sesuai dengan keinginan. Penggunaan Bahasa yang sederhana, mudah dimengerti serta menggunakan istilah yang umum digunakan.
6. Konsisten. Konsisten dalam penulisan modul misalnya dalam penggunaan font, spasi, dan tata letak.
7. Format. Format modul menggunakan kolom tunggal atau multi, kertas vertical atau horizontal dan ikon yang digunakan mudah ditangkap pemakai.
Modul memiliki beberapa unsur yaitu: (1) judul, (2) petunjuk belajar (petunjuk peserta didik atau pendidik), (3) kompetensi yang akan dicapai, (4) informasi pendukung, (5) latihan-latihan, (6) petunjuk kerja atau Lembar Kerja (LK), dan (7) evaluasi (Prastowo, 2011: 112-113).

Menurut Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (2017) panduan penyusunan perangkat pembelajaran dan bahan ajar untuk mahasiswa berdasarkan Rencana Pembelajaran Semester yang memiliki unsur-unsur sebagai berikut:

1. Halaman pendahuluan bahan ajar

- A. Deskripsi matakuliah/modul
 - B. Prasyarat matakuliah (jika ada)
 - C. Rencana pembelajaran
 - D. Petunjuk penggunaan bahan ajar
 - a. Bagi mahasiswa
 - b. Bagi dosen
 - E. Capaian pembelajaran
2. Anatomi bagian dalam bahan ajar
 - A. Judul
 - B. Uraian materi
 - C. Rangkuman
 - D. Latihan
 - E. Kunci jawaban
 - F. Lembar kerja
 3. Anatomi bagian akhir
 - A. Daftar pustaka
 - B. Glosarium
 - C. Biografi penulis

Prabowo dan Aisyah (2013: 79), menyatakan bahwa modul memiliki beberapa kelebihan, antara lain:

1. Modul memuat tujuan pembelajaran yang jelas, spesifik dan dapat dicapai oleh pebelajar lebih terarah untuk mencapai kompetensi atau kemampuan yang diajarkan dengan mudah dan langsung.
2. Modul memberikan balikan (*feedback*) yang banyak dan langsung, sehingga pebelajar dapat mengetahui taraf ketuntasan hasil belajarnya.
3. Modul dapat digunakan sebagai perbedaan kemampuan pebelajar, antara lain mengenai kecepatan belajar, cara belajar, dan bahan pelajaran.
4. Modul dapat menumbuh kembangkan motivasi pebelajar, sehingga aktivitas dan efektivitas pembelajaran akan mengalami peningkatan.

2.6 Model Perancangan Pengembangan

Metode penelitian dan pengembangan atau *Research and Development* adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu, dan menguji keefektifan produk tersebut. Untuk dapat menghasilkan produk tertentu digunakan penelitian yang bersifat analisis kebutuhan dan untuk menguji keefektifan produk tersebut (Putra (2011) dalam Sudaryono dkk, 2013: 11-12).

Penelitian dan Pengembangan adalah suatu proses atau langkah-langkah untuk mengembangkan suatu produk baru atau menyempurnakan produk yang telah ada, yang dapat dipertanggung jawabkan. Produk tersebut tidak selalu berbentuk benda dan perangkat keras (*hardware*), seperti buku, handout, modul, dan alat bantu pembelajaran dikelas atau laboratorium, tetapi bisa juga perangkat lunak (*software*) seperti program computer untuk pengolahan data, pembelajaran dikelas, perpustakaan dan laboratorium, ataupun model-model pendidikan, pembelajaran, pelatihan, bimbingan, evaluasi, manajemen, dan lain-lain (Sukmadinata, 2015: 164).

Merancang suatu pembelajaran yang baik tidak terlepas dari pendekatan yang akan digunakan tersebut diharapkan mampu menarik perhatian mahasiswa sehingga menjadi lebih fokus dalam pembelajaran. Terdapat berbagai macam rancangan pelajaran dengan berbagai pendekatan yang dapat digunakan pada penelitian pengembangan. Salah satunya adalah model ADDIE yang dikembangkan oleh *Dick and Carry* (1996) dalam Mulyatiningsih (2014). Model tersebut terdiri atas lima tahapan yaitu *analysis* (analisis), *design* (perancangan), *development* (pengembangan), *implementation* (penerapan), and *evaluation* (pengujian).

1) *Analysis* (Analisis)

Tahap pertama yang dilakukan adalah dengan menganalisis perlunya pengembangan tersebut dan menganalisis kelayakan dan syarat-syarat pengembangan. Dalam pengembangan modul ini, analisis yang dilakukan adalah analisis kebutuhan, mengidentifikasi masalah dan melakukan analisis sumber belajar. Tahap analisis merupakan suatu proses mendefinisikan apa yang akan dipelajari oleh mahasiswa. Oleh karena itu, *output* yang akan dihasilkan adalah

berupa karakteristik, identifikasi kebutuhan dan analisis tugas yang rinci sesuai dengan deskripsi tugas dalam pembelajaran.

2) *Design* (Perancangan)

Pada tahap desain dilakukan dengan merancang kegiatan belajar mengajar. Pada konteks pengembangan modul, tahap ini dilakukan untuk membuat modul sesuai dengan kerangka isi hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Kegiatan ini dimulai dengan merumuskan tujuan pembelajaran, serta merancang materi pembelajaran.

3) *Development* (Pengembangan)

Pada tahapan pengembangan berisi kegiatan realisasi rancangan produk. Selanjutnya tahapan pengembangan ini merupakan tahap untuk menghasilkan produk pengembangan. Tujuan tahap pengembangan ini adalah untuk menghasilkan bentuk akhir modul setelah melalui revisi berdasarkan masukan para ahli dan data hasil uji coba.

4) *Implementation* (Penerapan)

Implementasi adalah langkah untuk menerapkan modul yang telah dirancang dan dikembangkan sebelumnya. Selama implementasi, rancangan model/metode yang telah dikembangkan diterapkan pada kondisi yang sebenarnya. Materi disampaikan sesuai dengan model/metode yang dikembangkan.

5) *Evaluation* (Evaluasi)

Evaluasi merupakan proses untuk melihat sejauh mana tingkat keberhasilan dari modul yang telah dibuat, apakah sesuai dengan harapan awal atau tidak. Evaluasi sangat dibutuhkan karena dapat menjadi bahan untuk mengukur keefektifan bahan ajar (modul) yang telah diterapkan, jika terdapat kekeliruan maka dapat dilakukan tahap revisi.

2.7 Penelitian yang Relevan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Rahmi (2017), dengan judul “Pengembangan Modul Berbasis *Contextual Learning* Pada Matakuliah Zoologi Vertebrata di Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Islam Riau”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, hasil

validasi bahan ajar sebesar 80% dengan kriteria modul layak digunakan, penilaian ahli materi sebesar 82% dengan kriteria modul layak digunakan, dan penilaian mahasiswa menyatakan modul menarik bagi mahasiswa dengan persentase 90% (sangat layak digunakan).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fidiastuti, dan Kardiana (2016), yaitu “Pengembangan Modul Matakuliah Mikrobiologi Melalui Biodegradasi Memanfaatkan Potensi Bakteri Indigen”, hasil penelitian menunjukkan bahwa pengukuran kelayakan modul dengan tingkat pencapaian 85% oleh ahli pengembangan bahan ajar, tingkat pencapaian 87% oleh ahli materi dan tingkat pencapaian 84% oleh praktisi. Hasil rata-rata angket keterbacaan oleh mahasiswa adalah sebesar 86,55%.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sani dan Joko (2015), dengan judul “Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis Proyek Pada Matakuliah Pemeliharaan dan Perbaikan Mesin Listrik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya”, hasil rating validasi terhadap modul pembelajaran mencapai 87,86% atau kategori sangat valid, hasil rating respon mahasiswa mencapai 79,46% atau kategori valid, sehingga dapat disimpulkan bahwa modul pembelajaran berbasis proyek pada matakuliah pemeliharaan dan perbaikan mesin listrik yang dikembangkan layak digunakan sebagai perangkat pembelajaran di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Miharja (2015), yaitu “Pengembangan Modul Anatomi Fisiologi Manusia Dengan Model Pembelajaran Berbasis Masalah Untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa Program Studi Pendidikan Biologi”, dapat disimpulkan bahwa hasil validasi ahli pendidikan meliputi (1) kelengkapan modul sebesar 79.98%, dan (2) kualitas modul sebesar 79.99%. Hasil uji validasi ahli materi meliputi (1) kesesuaian uraian materi sebesar 87.00%, (2) kebenaran dan keluasan materi sebesar 92.50%, dan (3) materi pendukung pelajaran sebesar 85.50%. Hasil uji praktisi lapangan meliputi (1) kesesuaian uraian materi sebesar 74.80%, (2) kebenaran dan keluasan materi sebesar 75.90%, dan (3) materi pendukung pembelajaran sebesar 67.00%. Hasil uji kelompok kecil sebesar 85.83% dengan kriteria layak dan tidak revisi. Hasil

rata-rata pre-test dan post-test berturut-turut 46.90% dan 72.40% dengan perhitungan *gain score* sebesar 0,48 sehingga keefektifan modul masuk dalam klasifikasi medium. Hasil tersebut menunjukkan modul anatomi fisiologi manusia yang dikembangkan mampu meningkatkan kompetensi mahasiswa.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nugroho dan Singgih (2017), yaitu “Pengembangan Modul Sistematika Tumbuhan Tinggi Berbasis *Guided Discovery* untuk Mengembangkan Kemampuan Berfikir Kritis Mahasiswa Pendidikan Biologi”, hasil penelitian menunjukkan bahwa modul sistematika tumbuhan tinggi berbasis *guided discovery* memiliki kategori layak (valid) dengan presentase oleh ahli modul sebesar 88.23%, ahli materi sebesar 95.00%, ahli bahasa sebesar 90.00%, serta validasi praktisi dan pengguna mahasiswa menunjukkan modul layak (praktis) untuk diimplementasikan pada pembelajaran.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Achmad dan I Made (2013), dengan judul “Pengembangan Modul Sistem Penerangan Mobil Matakuliah Praktikum Kelistrikan Otomotif Untuk Meningkatkan Efektivitas Belajar di Jurusan Teknik Mesin FT-UNESA”, menunjukkan bahwa modul Sistem Penerangan Mobil yang dikembangkan layak digunakan dalam pembelajaran matakuliah Praktikum Kelistrikan Otomotif. Hasil validasi modul oleh dosen/pengajar ahli desain, isi, dan Bahasa sebesar 83,594% dari skor kriterium. Modul Sistem Penerangan Mobil yang dikembangkan telah memenuhi kriteria efektivitas media pembelajaran ditunjukkan dengan presentase penilaian mahasiswa terhadap modul sebesar 86,66% dari skor kriterium.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fitriyati, dkk (2015), yaitu “Pengembangan Modul Berbasis Riset Pada Matakuliah Bioteknologi” dinyatakan bahwa hasil validasi dari ahli materi menyatakan tingkat validitas dengan presentase 90,91%, ahli media dan desain pembelajaran 95,83%, dan uji kelompok kecil 88,89%. Dapat disimpulkan bahwa modul teknik kultur jaringan hewan berbasis riset uji antiproliferative partiket ZnO dan penyinaran UV terhadap sel kanker payudara MCF-7 telah dihasilkan dan telah layak digunakan karena sudah tervalidasi.



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau