PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (Chrysanthemum morifolium Ramat.)
LARAS ANINDYA PUTRI, Dr. Maryani, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.)

Intisari

Laras Anindya Putri
(14/366869/BI/9309)

Chrysanthemum morifolium Ramat. diketahui berpotensi menjadi fitoremediator berbagai jenis logam yang terkandung dalam limbah cair. Salah satu limbah yang menjadi permasalahan di Kabupaten Bantul adalah limbah cair pewarnaan batik yang memiliki kandungan logam seperti kromium, aluminium, dan besi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh limbah cair pewarnaan batik dengan konsentrasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap struktur anatomis akar *C. morifolium* Ramat. Stek *C. morifolium* Ramat. dikondisikan limbah cair pewarnaan batik selama 1 dan 3 minggu. Parameter yang diamati berupa morfologi tanaman, pertumbuhan tanaman, anatomi akar, dan kandungan logam pada akar *C. morifolium* Ramat. Pembuatan preparat melintang anatomi akar dilakukan dengan metode embedding. Uji kandungan logam pada akar dilakukan dengan metode AAS di BBTKLPP (Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit) Yogyakarta. Hasil menunjukkan bahwa limbah cair pewarnaan batik berdampak pada penurunan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah akar, dan panjang akar, serta mengakibatkan terjadinya klorosis dan nekrosis pada daun dan *iron plaque* pada akar. Semakin tinggi konsentrasi limbah cair pewarnaan batik maka dapat menurunkan ketebalan jaringan epidermis, ukuran sel metaxylem, ukuran sel floem, serta meningkatkan diameter stele terutama pada konsentrasi 75% dan 100% pada umur 1 minggu dan 3 minggu, meningkatkan ketebalan jaringan korteks terutama konsentrasi 25%, 50%, dan 100% pada umur 1 minggu, dan menurunan ketebalan korteks pada umur 3 minggu sesudah perlakuan.

Kata kunci: Krisan, limbah cair pewarnaan batik, logam, fitoremediasi, anatomi akar

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (Chrysanthemum morifolium Ramat.)
LARAS ANINDYA PUTRI, Dr. Maryani, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

EFFECT OF BATIK TEXTILE WATERWASTE TO *Chrysanthemum morifolium* Ramat. ROOT ANATOMY

Abstract

Laras Anindya Putri
(14/366869/BI/9309)

Chrysanthemum morifolium Ramat. is known to be a potential phytoremediator of various metals contained in water waste. Water waste of *batik* staining becomes a problem in Bantul Regency because its metal content such as chromium, aluminum, and iron. This study aimed to determine the root anatomical and morphological response of *C. morifolium* Ramat. to the wastewater of batik textile. Waste concentration used were 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%. Stem cuts of *C. morifolium* Ramat.were conditioned in batik wastewater batik for 1 and 3 weeks. Parameters observed were plant morphology, plant growth, root anatomy, and metal content in *C. morifolium* Ramat root. Cross-section of the roots was prepared by paraffin embedding method. Roots metal content was obtained by AAS method in BBTKLPP (*Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit*) Yogyakarta. The results showed that batik waste water decreased plant height, the number of leaves, the number of roots, and the length of the roots, and resulted in brown-yellowish on the leaves and darker roots. In the root anatomy of *C. morifolium* Ramat., the higher concentration of wastewater of batik staining decreased the thickness of epidermal tissue, metaxylem cell size and phloem cell size, increased stele diameter especially at 75% and 100 % (age of 1 and 3 weeks), increased cortical tissue thickness especially at concentrations of 25%, 50%, and 100% (age of 1 week), and decreased cortical tissue thickness at 3 weeks after treatment.

Keyword: Chrysanthemum, waterwaste *batik* textile, metal, phytoremediation, root anatomy

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (Chrysanthemum morifolium Ramat.)
LARAS ANINDYA PUTRI, Dr. Maryani, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan penduduk terpadat di dunia. Kenaikan kurva pertumbuhan penduduk mendorong peningkatan kebutuhan akan lapangan pekerjaan. Sebagai negara berkembang, Indonesia kini memiliki berbagai kegiatan industri untuk menunjang lapangan pekerjaan. Jumlah kegiatan industri yang tidak lagi terkendali memicu peningkatan emisi dan limbah, baik organik maupun anorganik. Salah satu kegiatan industri yang menyuplai limbah tersebut adalah industri tekstil (Syuhadah *et. al.,* 2015). Di Yogyakarta jumlah industri semakin banyak terkait dengan pelestarian kebudayaan, yaitu batik. Salah satu sentra batik yang terkenal di Yogyakarta adalah Sentra Batik Giriloyo di Desa Wukirsari, Kecamatan Imogiri, Kabupaten Bantul. Dalam proses pembuatan kain batik, salah satu tahapannya adalah pewarnaan. Zat warna yang digunakan terdiri atas warna alami dan sintetis. Anggraeni (2017), menyebutkan bahwa zat warna alami yang digunakan dalam pewarnaan batik adalah indigo, kelapa, teh, secang, kunyit, hingga bawang merah, sedangkan zat warna sintesis yang umum digunakan adalah naphtol, indigosol, dan rapid. Zat warna sintetik dalam penggunaannya dicampurkan dengan zat pembantu seperti caustic soda, soda abu, TRO (*Turkish Red Oil*), teepol, asam klorida, asam sulfat, tawas, kapur, dan minyak kacang (Anggraeni, 2017).

Tahapan pewarnaan kain batik menghasilkan limbah cair yang merupakan sisa pencelupan kain. Pelaku industri pada umumnya membuang limbah cair ini dengan metode kanal badan air, yaitu limbah langsung dialirkan menuju selokan dan sungai terdekat dengan pipa atau saluran sederhana. Metode tersebut dilakukan untuk meminimalisir biaya produksi. Selain itu, pelaku industri masih awam akan sistem pengelolaan limbah terpadu yang ramah lingkungan. Senyawa kimia anorganik dalam pewarnaan kemungkinan akan berasosiasi dengan unsur hara tanah

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (Chrysanthemum morifolium Ramat.)
LARAS ANINDYA PUTRI, Dr. Maryani, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

sehingga berefek negatif bagi tumbuhan yang menjadikan tanah sebagai media alami pertumbuhannya (Syuhadah *et. al.,* 2015).

Chrysanthemum morifolium Ramat. merupakan tanaman hias yang berasal dari Cina yang memiliki daya tarik tersendiri sebagai bunga potong. Tanaman ini banyak dibudidayakan di Indonesia, termasuk di lingkungan padat industri. Tanaman krisan oleh masyarakat tradisional dimanfaatkan sebagai obat, racun serangga, hingga ditanam di lingkungan dengan tingkat pencemaran tinggi (Rukmana dan Mulyana, 1997). Kemampuan tersebut berasal dari kandungan metabolit sekundernya yang beragam, misalnya flavonoid, magnesium, potassium, besi, dan fosfor (Yeasmin, *et. al*., 2016).

Tanaman yang termasuk perdu ini memiliki berbagai varian warna dan spesies. Krisan sering disebut sebagai seruni dan berasal dari familia Asteraceae (Rukmana dan Mulyana, 1997). Penelitian terkait fungsinya untuk fitoremediasi terbatas pada kuantitas emisi limbah yang dapat dikurangi pada lingkungan tempat krisan ditanam. Janine *et.al* (2017) memfokuskan penelitiannya pada kuantitas logam Cu yang dapat diakumulasi pada tanaman krisan beserta karakter morfologisnya. Abdullah dan Sarem (2010) menggunakan metode penanaman krisan pada tanah yang terkontaminasi logam. Penelitian tersebut berorientasi pada kuantitas pengurangan logam dan persentase akumulatifnya pada setiap organ. Hasil kuantitatifnya menunjukkan jika akumulasi logam kontaminan tanah tersebut 73% berada pada akar krisan, dan 11%, 19%, serta 7% lainnya terukur pada batang, daun, dan bunga. Oleh karena itu, dalam penelitian ini diteliti pengaruh limbah cair pewarnaan batik terhadap struktur anatomi akar *C. morifolium* Ramat.

B. Permasalahan

Keberadaan limbah cair pewarnaan batik menurunkan kualitas lingkungan sebagai media tanam alami untuk tanaman. Hal ini terjadi karena semakin meningkatnya limbah cair pewarnaan batik tersebut, semakin banyak jumlah kontaminan yang terakumulasi di lingkungan. Hal

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (Chrysanthemum morifolium Ramat.)
LARAS ANINDYA PUTRI, Dr. Maryani, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

tersebut dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka permasalahan yang timbul adalah :

1. Bagaimana pengaruh limbah cair pewarnaan batik terhadap pertumbuhan tanaman *Chrysanthemum morifolium* Ramat.?
2. Bagaimana pengaruh limbah cair pewarnaan batik terhadap struktur anatomis akar *Chrysanthemum morifolium* Ramat.?

C. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh limbah cair pewarnaan batik terhadap pertumbuhan tanaman *Chrysanthemum morifolium* Ramat.
2. Mengetahui pengaruh limbah cair pewarnaan batik terhadap struktur anatomis akar *Chrysanthemum morifolium* Ramat

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan setelah mengetahui hasil dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian menjadi salah satu sumber informasi untuk program pengurangan tingkat pembuangan limbah cair pewarnaan batik secara langsung ke lingkungan.
2. Memacu penelitian baru tentang pengolahan limbah cair pewarnaan batik yang ramah lingkungan.
3. Menciptakan lingkungan yang sehat dengan mengembalikan fungsi utamanya sebagai media tanam alamiah.
4. Memberikan informasi ilmiah mengenai efek limbah cair pewarnaan batik terhadap pertumbuhan serta struktur anatomis akar *Chrysanthemum morifolium* Ramat.

PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (Chrysanthemum morifolium Ramat.)
LARAS ANINDYA PUTRI, Dr. Maryani, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

1. Pencemaran Lingkungan

Barber (2000), mengungkapkan bahwa pencemaran merupakan suatu proses masuk atau dimasukinya makhluk hidup, zat, energi, dan komponen lingkungan. Pencemaran juga dapat diartikan sebagai berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alami, sehingga lingkungan mengalami penurunan kualitas dan fungsinya serta berubah peruntukannya.

Pencemaran lingkungan dipicu dengan meningkatnya populasi, aktivitas manusia, ataupun aktivitas alam. Aktivitas tersebut menyebabkan masuk/dimasukkannya substansi (materi) fisik, kimiawi, dan atau biologis ke dalam lingkungan, yang dapat mengubah kondisi alami lingkungan dan dampak merugikan bagi manusia maupun organisme lainnya. Materi tersebut dikenal dengan istilah polutan atau pencemar. Kontaminasi terjadi pada kondisi dimana polutan bertambah konsentrasinya dalam ekosistem. Kontaminan bukanlah polutan apabila efeknya tidak merugikan. Polutan dapat berasal dari benda mati (*lifeless material)*, bahan bakar fossil (*fossil fuel*), organisme (*biomass*), dan sintesis kimiawi serta bersifat toksik dan tidak toksik. Polutan menimbulkan efek merugikan bagi ekosistem dari tingkat individu hingga tingkat ekosistem atau dari tingkat trofik rendah hingga tingkat trofik tinggi. Keadaan tersebut terjadi akibat adanya hubungan timbal balik antar komponen biotik maupun abiotiknya (Manahan,1994).

Sembel (2015), mengungkapkan bahwa bahan polutan pada lingkungan terbagi atas 2 kategori besar yaitu *biodegradable* dan *nonbiodegradable*. *Biodegradable* merupakan polutan yang dapat diuraikan secara hayati, misalnya adalah senyawa anorganik seperti HCl, sementara polutan *nonbiodegradable* tidak dapat diuraikan secara hayati, contohnya adalah hidrokarbon yang mengandung klorin. Jenis

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (Chrysanthemum morifolium Ramat.)
LARAS ANINDYA PUTRI, Dr. Maryani, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

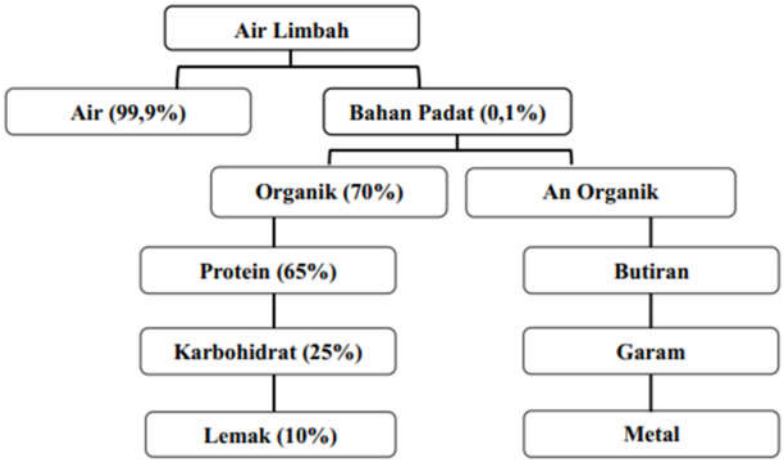
polutan diklasifikasikan menjadi fisik, kimiawi, dan hayati. Jenis polutan fisik meliputi radiasi ionisasi dan pencemar termal. Jenis polutan kimiawi diantaranya merupakan hidrokarbon dan produk-produk yang berasal dari pembakaran bahan plastik, pestisida, detergen, senyawa organik sintetis, turunan sulfur, nitrat, fosfat, logam berat, fluoride, dan partikel mineral aerosol. Adapun jenis polutan hayati hampir seluruhnya adalah bahan organik yang mudah membusuk serta mikroorganisme patogenik.

2. Limbah Batik

Berdasarkan Undang-undang Nomor 32 Tahun 2009 Kementerian Negara Lingkungan Hidup tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah merupakan sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Limbah umumnya dihasilkan dari proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Pada konsentrasi dan kuantitas tertentu, kehadiran limbah dapat berdampak negatif terhadap lingkungan terutama bagi kesehatan manusia, sehingga perlu dilakukan penanganan terhadap limbah. Limbah dari kegiatan industri dibedakan menjadi limbah gas, limbah padat, dan limbah cair (Giovanni, 2014). Limbah gas merupakan limbah yang dihasilkan dari berbagai macam aktivitas dan umumnya dibuang secara langsung ke atmosfer. Asap merupakan salah satu wujud limbah gas yang dapat dilihat. Contoh limbah gas antara lain karbon dioksida, karbon monoksida, dan nitrogen dioksida dan sulfur dioksida (Bradley, *et. al.,* 2014). Limbah padat merupakan sisa proses yang berwujud padat ataupun lumpur. Limbah tersebut biasanya disebut sebagai sampah, misalnya adalah kertas, kain, kayu, karet, gelas, plastik, dan kaca (Ismayanto, *dkk,* 2017). Sementara limbah cair berdasarkan PP No. 82 tahun 2001 adalah sisa dari suatu hasil usaha atau kegiatan yang berwujud cair. Berdasarkan sumbernya limbah cair digolongkan menjadi domestik, industri, rembesan dari luapan, dan air hujan. Limbah cair pewarnaan batik tergolong limbah cair industri karena merupakan sisa dari proses produksi (Hidayat,

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (Chrysanthemum morifolium Ramat.)
LARAS ANINDYA PUTRI, Dr. Maryani, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2016). Tingkat bahaya keracunan atau toksik yang ditimbulkan oleh limbah tergantung pada jenis dan karakteristik limbah. Secara umum zat yang terkandung dalam air limbah dapat dikelompokkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Komposisi dan Persentase Komponen Bahan Organik dalam Limbah (Sugiharto, 1987).

Sugiharto (1987) menyatakan, komposisi limbah sangat bervariasi dari setiap tempat dan setiap saat sesuai dengan sumber asalnya. Pelimbahan juga akan berbeda kekuatan dan komposisinya dari suatu kota ke kota yang lain disebabkan oleh perbedaan yang nyata dalam kebiasaan masyarakat yang berbeda-beda di tiap daerah, serta sifat makanan dan pemakaian air perkapita. Tidak ada dua jenis sampah yang benar-benar sama. Pelimbahan pada kota-kota non industri, kebanyakan terdiri dari sampah domestik yang murni (Mahida, 1986).

Industri tekstil merupakan salah satu penyumbang limbah cair di lingkungan. Produksi tekstil melibatkan kurang lebih 2000 tipe bahan kimia dan 7000 jenis pewarna. Industri tekstil juga memproduksi panas, menaikkan pH air dan efek bagi lingkungan hingga manusia. Limbah (Gambar 2) ini masuk ke lingkungan melalui 3 cara, yaitu deposisi dari partikel atmosfer, pembuangan limbah cair yang mengandung logam secara langsung ke

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (Chrysanthemum morifolium Ramat.)
LARAS ANINDYA PUTRI, Dr. Maryani, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

lingkungan, dan buangan dari sisa pengolahan logam. Limbah ini termasuk kategori dengan toksisitas tinggi dan dapat terakumulasi dalam tubuh manusia, lingkungan perairan, aliran air, hingga terikat dengan partikel tanah. Produksi kain terutama dalam proses pewarnaannya menggunakan banyak konsumsi air. Pewarnaan mengandung zat warna, lilin, dan besi. Selain itu, kadar COD (*chemical oxygen demand*) dan TTS (*total suspended solid*) yang tinggi. Logam yang terkandung diantaranya adalah Cd, Pb, Zn, Cu, Cr, Fe (Syuhadah *et. al.,* 2015).



Gambar 2. Limbah Cair Pewarnaan Tekstil yang Mencemari Daerah Aliran Sungai (Indiantextilejournal.com)

Limbah cair tekstil sulit untuk didegradasi karena mengandung banyak zat kimia seperti zat warna nitroso, nitro, dan azo. Limbah batik yang dibuang ke dalam perairan menyebabkan peningkatan kadar COD, BOD, TSS, dan pH. Dalam kondisi diatas ambang batas, limbah tersebut menyebabkan kematian organisme (Suprihatin, 2014).

Limbah cair batik merupakan limbah yang berwarna keruh dan pekat. Limbah batik berasal dari tahapan-tahapan produksi batik. Produksi kain batik terdiridari beberapa tahapan sebagai berikut. ***Ngemplong***, merupakan tahap pendahuluan yang dilakukan dengan pencucian kain mori untuk menghilangkan kanji. Proses selanjutnya adalah *pengeloyoran* dengan memasukkan kain mori pada minyak jarak atau minyak merang agar memiliki daya serap

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (Chrysanthemum morifolium Ramat.)
LARAS ANINDYA PUTRI, Dr. Maryani, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

warna tinggi dan tidak kaku. ***Nyorek atau memola****,* merupakan tahapan membuat pola diatas kain melalui jiplakan gambar menggunakan pensil. Proses ini juga biasa disebut sebagai *ngeblat.* Bagian kain yang lain kemudian dipola ulang sesuai dengan pola hasil *ngeblat*, dan proses ini disebut *ganggang.* ***Mbathik,*** merupakan proses aplikasi *malam* ke kain mori menggunakan canting, dimulai dari *ngolowong* atau menggambar garis diluar pola dan *isen-isen* atau mengisi pola dengan berbagai macam bentuk. ***Nembok****,* merupakan proses penutupan bagian yang tidak diisi warna dasar. Nembok dilakukan dengan *malam*. ***Medel***, merupakan proses pencelupan kain pada zat warna secara berulang-ulang. ***Ngerok dan Mbirah***, merupakan proses pengerokan *malam* pada kain dengan lempeng logam. ***Mbironi***, merupakan proses penutupan bagian yang sudah terwarna pada pola *isen-isen.* ***Meyoga***, merupakan pencelupan kain pada zat warna soga atau coklat. ***Nglorod***, merupakan tahap akhir pada proses pembatikandengan memasukkan kain dalam air mendidih untuk meluruhkan *malam* (Anggraeni, 2017).

Proses pewarnaan pada batik dilakukan dengan dua macam pewarna yaitu alami dan sintetis. Pewarna alami berasal dari tumbuh-tumbuhan misalnya daun jambu, daun alpukat, mengkudu, dan kunyit, sedangkan warna sintetis umumnya berasal dari bahan kimia seperti pewarna naptol, remasol, dan rapid. Pewarnaan sintetis pada akhir prosesnya dikunci dengan *waterglass* yang terbuat dari zat silika (Anggraeni, 2017).

Pelaku industri biasanya mengalirkan sisa pewarnaan ini menuju selokan atau sungai terdekat. Hal ini menimbulkan beberapa dampak yang dapat dilihat secara langsung, misalnya perubahan warna air dan warna tembok selokan karena akumulasi sisa zat warna. Limbah ini juga mampu menyebabkan gatal-gatal dan keracunan pada manusia, hingga kematian ikan dan tumbuhan air secara masal (Syuhadah *et. al.,* 2015).

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (Chrysanthemum morifolium Ramat.)
LARAS ANINDYA PUTRI, Dr. Maryani, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3. Akar

3.a. Pengertian Umum

Akar merupakan bagian organ pokok tumbuhan yang ada dibawah permukaan tanah. Sifat akar diantaranya memiliki pertumbuhan yang mengarah ke pusat bumi (geotrop) serta menuju sumber air (hidrotrop). Akar tidak memiliki buku-buku dan ruas. Umumnya akar berwarna putih hingga kekuningan. Adapun akar memiliki fungsi yang sangat krusial bagi tumbuhan. Diantaranya adalah untuk menegakkan batang, memperkuat berdirinya tumbuhan, menyerap makanan yang terlarut dalam air tanah, mengangkut zat makanan dan air menuju organ tumbuhan lain, dan beberapa jenis tumbuhan akar digunakan sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan (Gartner, 1995).

Sistem perakaran diawali dari berkembangnya akar lembaga (radikula) saat perkembangan biji. Pada tumbuhan menjadi dewasa, radikula menunjukkan perkembangan yang terdeferensiasai menjadi 2 sistem perakaran. Sistem perakaran tersebut adalah tunggang dan serabut. Sistem perakaran tunggang terjadi jika akar lembaga tumbuh menjadi akar pokok dengan cabang-cabang yang lebih kecil. Akar tunggang juga bisa disebut sebagai akar pokok yang berasal dari akar lembaga. Biasanya terdapat pada tumbuhan dikotil dan gymnospermae. Akar tunggang dapat dibedakan menjadi 2 jenis utama menurut David and Bruce (1994). Pertama, akar tunggang yang tidak bercabang atau memiliki percabangan sangat sedikit, yaitu jika perercabang hanya terdiri atas cabang halus berstruktur serabut. Biasanya struktur ini mendukung fungsi akar sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan. Kedua, akar tunggang yang bercabang (*ramosus*). Akar tunggang ini memiliki bentuk kerucut panjang yang tumbuh lurus kebawah, memiliki banyak cabang. Percabangan tersebut membentuk cabang lanjutan yang memperkuat fungsi akar sebagai penegak batang.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (Chrysanthemum morifolium Ramat.)
LARAS ANINDYA PUTRI, Dr. Maryani, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.b. Struktur Anatomi Akar

Menurut Mulyani (2006), secara anatomi struktur dan jaringan penyusun akar tumbuhan pada potongan melintang akan terlihat bagian-bagian dari luar ke dalam, sebagai berikut.

a. **Epidermis,** terdiri dari satu lapis sel yang tersusun rapat, dinding selnya tipis sehingga mudah ditembus air. Sel ini memiliki rambut-rambut akar yang merupakan hasil aktivitas sel dari belakang titik tumbuh yang berfungsi memperluas bidang penyerapan. Rambut akar merupakan modifikasi dari sel epidermis akar, bertugas menyerap air dan garam-garam mineral terlarut, rambut akar memperluas permukaan akar.

b. **Korteks,** terdiri dari banyak sel dan tersusun berlapis-lapis, dinding selnya tipis dan mempunyai banyak ruang antarsel untuk pertukaran gas. Jaringan-jaringan yang terdapat pada korteks antara lain: parenkimdan sklerenkim.Korteks terletak langsung di bawah epidermis.

c. **Endodermis,** terletak di sebelah dalam korteks. Endodermis berupa satu lapis sel yang tersusun rapat tanpa ruang antarsel. Dinding endodermis mengalami penebalan gabus. Deretan sel-sel endodermis dengan penebalan gabusnya dinamakan pita kaspari. Pita kaspari ini tidak tembus air dan zat-zat terlarut lainnya. Air dan zat-zat terlarut yang melewati endodermis harus melalui protoplasma yang melekat pada pita kaspari dan melalui dinding sel yang letaknya sejajar dengan silinder pusat. Sel-sel endodermis dapat mengalami penebalan zat gabus pada dindingnya dan membentuk seperti titik-titik, dinamakan titik Caspary. Pada pertumbuhan selanjutnya penebalan zat gabus sampai pada dinding sel yang menghadap silinder pusat, bila diamati di bawah mikroskop akan tampak seperti hutuf U, sehingga disebut sel U. Sel ini bersifat impermiabel sehingga tidak

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (Chrysanthemum morifolium Ramat.)
LARAS ANINDYA PUTRI, Dr. Maryani, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

dapat dilalui air, sehingga air harus masuk ke silinder pusat melalui sel endodermis yang terletak segaris dengan xilem yang dindingnya tidak menebal, yang disebut sel penerus air. Endodermis berfungsi sebagai pengatur jalannya larutan yang diserap dari tanah masuk ke silinder pusat.

d. **Stele (silinder pusat).** Steleterletak di sebelah dalam endodermis. Silinder pusat/stele merupakan bagian terdalam dari akar. Stele terdiri atas perisikel/perikambium, berkas pengangkut, dan empulur. **Perisikel/perikambium** merupakan lapisan terluar dari stele. Perisikel tumbuh kearah luar membentuk cabang perakaran. **Berkas pengangkut** terdiri atas xilem dan floem yang tersusun berseling mengikuti jari-jari diameter batang. Pada tumbuhan dikotil, terdapat jaringan kambium yang memisahkan xilem dan floem. Beberapa spesies tumbuhan memiliki empulur. **Empulur**, terletak dibagian paling dalam dari stele dan tersususn atas jaringan parenkim.

Pada fase pertumbuhan dan perkembangannya, daerah pertumbuhan pada akar terbagi menjadi daerah pembelahan, pemanjangan, dan diferensiasi. **Daerah pembelahan**, daerah ini menunjukkan adanya sel-sel meristematikyang aktif melakukan pembelahan.**Daerah pemanjangan**, sel-selnya terletak tepat di belakang daerah pembelahan. Sel mengalami elongasi atau pemanjangan. **Daerah diferensiasi**, merupakan bagian paling belakang dari daerah pertumbuhan akar, sel mengalami deferensiasi membentuk akar yang sebenarnya (Balusha *et. al.*, 1995).

3.c. Diferensiasi Jaringan pada Akar

Akar merupakan organ vegetatif utama pada tumbuhan yang aktif melakukan penyerapan air dan unsur hara lainnya untuk menyokong pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Akar memiliki jaringan utama, salah satunya jaringan meristem yang

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (Chrysanthemum morifolium Ramat.)
LARAS ANINDYA PUTRI, Dr. Maryani, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

terdiri atas jaringan meristem pembuluh dan jaringan meristem bukan pembuluh. Kedua jaringan meristem sangat sulit untuk dibedakan, sehingga sampai saat ini belum diketahui jaringan yang dapat berkembang menjadi perisikel. Terdapat pendapat yang menyimpulkan jika perisikel berasal dari prokambium. Namun, disisi lain terdapat pendapat yang menyatakan jika perisikel berkembang dari meristem dasar. Sel prokambium berdeferensiasi menjadi unsur-unsur trakea sehingga dapat dibedakan dengan sel lainnya yang akan berdeferensiasi menjadi unsur floem. Deferensiasi menjadi unsur trakea diawali dengan pembesaran sel dengan struktur vakuola yang besar atau disebut sebagai **metaxilem.** Kemudian sel-sel tersebut melakukan pembelahan untuk kedua kalinya, namun pembelahan ini tanpa disertai dengan perubahan membesar sebagai **protoxilem.** Secara ontogeni, sistem pembuluh primer akar berkembang terpisah dari organ lateral. Prokambium berkembang secara akropetal sebagai kelanlanjutan dari jaringan pembuluh akar yang sudah matang (Balusha *et. al.*, 1995).

Pertumbuhan sekunder pada akar atau pertumbuhan lateral merupakan proses yang menunjukkan pertumbuhan kesamping sehingga akar terlihat lebih besar. Pertumbuhan ini disebabkan oleh aktivitas meristem lateral atau sel-sel kambium. Pertumbuhan ini dijumpai pada tumbuhan dikotil dan gymnospermae yang menunjukkan bertambahnya diameter tumbuhan. Kambium pada awalnya hanya terletak pada ikatan pembuluh yang disebut sebagai kambium intravasikuler/intravasis. Fungsi dari kambium ini adalah membentuk xilem dan floem primer. Parenkim akar yang terletak pada ikatan pembuluh kemudian berkembang menjadi kambium (kambium intervasis). Kambium intrafasikuler dan interfasikuler tersebut kemudian membentuk lingkaran tahun secara konsentris (Balusha *et. al.*, 1995).

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (Chrysanthemum morifolium Ramat.)
LARAS ANINDYA PUTRI, Dr. Maryani, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.d. Hubungan Antara Struktur Akar dan Penyerapan Air

Air merupakan kebutuhan utama pada tumbuhan. Air merupakan bahan utama dalam seluruh rekasi kimia tumbuhan, pengangkutan zat hara, serta pembangun turgor. Tumbuhan memperoleh air dari dalam tanah dan didistribusikan melalui sistem pengangkutan. Pengangkutan dapat terjadi secara intravaskular dan ekstravaskular. Pengangkutan intravaskular merupakan pengangkutan menuju organ bagian atas tumbuhan melalui jaringan pembuluh akar. Pengangkutan dimulai dari xilem akar menuju xilem batang, dan xilem tulang daun, kemudian air dan unsur hara didistribusikan pada sel bunga karang mesofil. Bahan tersebut kemudian disimpan untuk proses fotosintesis dan transportasi. Pengangkutan ekstravaskular merupakan pengangkutan melalui wilayah luar jaringan pembuluh. Air masuk melalui sel epidermis akar dan didistribusikan melalui saluran antar sel korteks. Air pada pengangkutan ini melalui sitoplasma sel endodermis dan menuju ke stele. Air bergerak bebas diantara sel-sel stele. Pengangkutan ekstravaskular terjadi melalui dua cara yaitu simplas dan apoplast (Holbrook and Macies, 2005).

Transportasi simplas merupakan pergerakan air tanah melalui bagian sel hidup tumbuhan. Perpindahan terjadi secara osmosis dan transport aktif melewati plasmodesmata. Transpor dimulai dari sel rambut akar menuju sel parenkim korteks yang berlapis-lapis, kemudian air berlanjut melewati sel endodermis, sel perisikel, dan pada akhirnya masuk ke berkas pembuluh kayu (xilem). Air dapat masuk pada akar akibat proses perlawanan gradien konsentrasi. Pada kondisi ini air di transpor dari daerah berkonsentrasi rendah ke daerah berkonsentrasi tinggi. Transportasi apoplas merupakan penyusupan air tanah secara difusi bebas (transpor pasif) melalui semua bagian tidak hidup dari tumbuhan, misalnya dinding sel dan ruang-ruang antar sel. Transpor apoplast tidak dapat terjadi saat melewati endodermis, sebab didalam sel-sel endodermis terdapat

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (Chrysanthemum morifolium Ramat.)
LARAS ANINDYA PUTRI, Dr. Maryani, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

pita kaspari yang menghalangi air masuk ke dalam xilem. Pita kaspari terbentuk dari zat suberin (gabus) dan lignin. Terdapat sel peresap diantara lapisan endodermis yang berfungsi menyalurkan air secara simplas (Holbrook and Macies, 2005).

Balusha *et. al.* (1995) mengungkapkan bahwa akar pada kondisi lingkungan kering beradaptasi melalui sklerefikasi sel korteks, isolasi silinder pembuluh periderm, dan nekrosis parenkim korteks. Pada kondisi ini xilem mengalami perkembangan dengan baik sehingga pengangkutan air terjadi lebih cepat. Pada lingkungan kering, lapisan korteks akar primer cenderung lebih tipis sehingga jarak tanah dan stele lebih pendek. Modifikasi juga terlihat dari pita kaspari yang lebih lebar.

3.e. Pengaruh Limbah Cair Tekstil dan Logam terhadap Tanaman

Organisme dalam ekosistem akan terpengaruh oleh substansi toksik yang masuk ke dalamnya. Pengaruh tersebut antara lain terjadinya perubahan morfologis, fisiologis, maupun ethologis. Hal tersebut mungkin tidak berlaku bagi organisme yang toleran. Pada tingkat ekosistem tentunya akan berpengaruh terhadap keseimbangan siklus energi maupun rantai makanannya. Substansi toksik dapat menimbulkan efek lethal (kematian) dan sublethal pada organisme. Efek sublethal yang terjadi pada organisme, antara lain perubahan pola perilaku (aktivitas, makan, dan reproduksi), penggunaan oksigen, dan respirasi (Stine & Brown, 1996).

Janine, *et.al.* (2017) mengemukakan bahwa krisan varietas Dark Fiji yang ditumbuhkan pada tanah dengan logam Cu sebesar 0, 250, 500, 750, dan 100 mg kg^{-1} secara morfologis menunjukkan warna daun semakin menguning hingga kering dan luas permukaan menyempit seiring bertambahnya konsentrasi. Akar krisan pada konsentrasi 0 dan 250 mg kg^{-1} masih menunjukkan warna putih kecoklatan, sedangkan 3 konsentrasi lainnya akar berwarna coklat kehitaman dengan ukuran yang terlihat lebih kecil. Batang

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PENGARUH LIMBAH CAIR PEWARNAAN BATIK TERHADAP STRUKTUR ANATOMI AKAR Krisan (Chrysanthemum morifolium Ramat.)
LARAS ANINDYA PUTRI, Dr. Maryani, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2018 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

cenderung mengecil dengan ukuran yang semakin pendek dengan warna serupa daun.

Armini (2015) menjelaskan bahwa pemberian limbah cair hasil produksi tekstil mampu menurunkan aktivitas nitrat reduktase (ANR) pada konsentrasi limbah 25%, sedangkan pada konsentrasi 100% justru dapat meningkatkan kandungan klorofil a dan b. Penelitian Liu, *et.al* (2012), menunjukkan jika limbah cair kadmium mampu menurunkan tingkat germinasi pada tanaman *Sueda salsa* pada konsentrasi terendah yang digunakan pada penelitian yaitu 0,1 mg/L dengan mempengaruhi secara enzimatis.

Egbenni *et.al.* (2009), menunjukkan efek limbah industri pewarnaan tekstil terhadap anatomi akar tanaman okra (*Abelmoschus esculentus*), bahwa wilayah stele terutama pada sel-sel parenkimnya mengalami kematian, sementara wilayah xilem dan floem dapat teramati dengan baik, namun bagian sel-selnya menunjukkan kematian dalam skala besar.

4. *Chrysanthemum morifolium* Ramat.

4.a. Karakteristik Umum

Dalam Rukmana dan Mulyana (1997), tumbuhan ini mempunyai klasifikasi sebagai berikut.

Kerajaan : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Sub. Divisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledonae
Bangsa : Asterales
Suku : Asteraceae
Marga : *Chrysanthemum*
Spesies : *Chrysanthemum morifolium* Ramat.