



TUGAS AKHIR - SB091358

RESPON BEBERAPA VARIETAS CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens*) TERHADAP CEKAMAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu)

**RISKA MAZIYAH
NRP 1511 100 017**

**Dosen Pembimbing :
Dr. Nurul Jadid, M.Sc.**

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015**



FINAL PROJECT - SB141501

RESPONSES OF SEVERAL CHILLI VARIETIES (*Capsicum frutescens*) IN COPPER STRESS

RISKA MAZIYAH
1511100017

Advisor Lecturer
Dr. Nurul Jadid, M. Sc.

Department of Biology
Faculty of Mathematics and Sciences
Institute of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

RESPON BEBERAPA VARIETAS CABAI RAWIT (*Capsicum frutescens*) TERHADAP CEKAMAN LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Jurusan S-1 Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

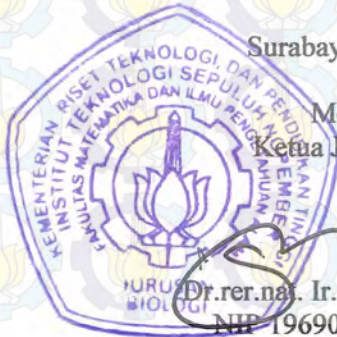
RISKA MAZIYAH
NRP. 1511 100 017

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

Dr. Nurul Jadid, M.Sc..... (Pembimbing 1)

Surabaya, 31 Juni 2015

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi



Dr.rer.nat. Ir. Maya Shovitri, M.Si
NIP. 19690907 199803 2 001

RESPON BEBERAPA VARIETAS TANAMAN CABAI
RAWIT (*Capsicum frutescens*) TERHADAP CEKAMAN
LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu)

Nama Mahasiswa : Riska Maziyah
NRP : 1511 100 017
Jurusan : Biologi
Dosen Pembimbing : Dr. Nurul Jadid, M.Sc.

Abstrak

Pencemaran logam berat pada tanah disebabkan oleh penggunaan pupuk dan pestisida secara berlebihan. Salah satu kandungan pupuk dan pestisida adalah tembaga (Cu). Cu merupakan unsur mikro esensial penting yang diperlukan oleh tanaman. Akumulasi Cu yang berlebihan menimbulkan efek toksisitas pada tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon pertumbuhan dan fisiologis tanaman beberapa varietas C. frutescens terhadap cekaman Cu. Desain penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 2 faktor yaitu faktor varietas C. frutescens (var. Bara, CF 291, dan Genie) dan faktor konsentrasi Cu (0, 30, 70, dan 120 ppm). Hasil pengamatan dianalisis secara statistik menggunakan ANOVA-two way ($\alpha=5\%$) dan apabila terdapat pengaruh maka dilanjutkan uji Tukey. Pemberian cekaman Cu dilakukan 15 hari pada tanaman yang berumur 30 hari. Parameter respon pertumbuhan dan fisiologis yang digunakan antara lain tinggi tanaman, panjang akar, kandungan malondialdehid (MDA), dan klorofil.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis varietas dan konsentrasi cekaman berpengaruh terhadap tinggi tanaman. Var. CF 291 paling sensitif terhadap cekaman Cu pada konsentrasi 120 ppm. Tren penurunan panjang akar paling rendah terdapat pada var. CF 291 yang diberi perlakuan Cu dengan konsentrasi 120 ppm sebesar 25,8 % dibandingkan cekaman Cu 0 ppm, diikuti var. Bara dan Genie. Akumulasi logam berat Cu tertinggi ditunjukkan var. CF 291 0,029 mg/L pada konsentrasi 120 ppm. Kandungan malondialdehid (MDA) tertinggi terdapat pada var. Bara dengan perlakuan konsentrasi Cu 120 ppm sebesar 25480,8 nmol/g. Hasil pengukuran kandungan klorofil dari ketiga varietas menurun

seiring dengan peningkatan konsentrasi cekaman Cu, kandungan klorofil terendah hingga tertinggi adalah CF 291, Bara, dan Genie

Kata kunci: Capsicum frutescens, Cu, klorofil, MDA, varietas

RESPONSES OF SEVERAL CHILLI VARIETIES (*Capsicum frutescens*) IN COPPER STRESS

Student Name : Riska Maziyah
NRP : 1511 100 017
Department : Biologi
Supervisor : Dr. Nurul Jadid, M.Sc.

Abstract

Heavy metal pollution in the soil is caused by using excessive fertilizers and pesticides. Copper (Cu) as an essential micro elements and cofactor is consumed by the plant. However, excess of Cu can accumulate their toxicity effect. In this present work, the growth and physiological responses of *C. frutescens* var. Bara, CF 291, and Genie in stress Cu will be determined. The growth responses were included their height, root length, content of malondialdehyde (MDA), and chlorophyll. Cu stress was treated in plant at age of 30 days for 15 days. RAL factorial was used research desogn and based on two factors that were varieties of *C. frutescens* and concentrations of Cu. The result was analyzed by using ANOVA-two way ($\alpha=5\%$) and Tukey test if the result showed significant effect.

The result shows that varieties and stress concentration effected on their height *C. frutescens* var. CF 291 is the most sensitive in 120 ppm Cu stress treatment of Bara and Genie respectively. The highest accumulation of heavy metal Cu is var. CF 291 120 ppm (0,029 mg/L). Var. Bara has the highest content of MDA 25480 nmol/g by using 120 ppm Cu stress treatment. Content of chlorophyll decreases wuth higher Cu stress concentration that showed CF 291 is higher than Bara and Genie.

Keyword : *Capsicum frutescens*, Cu, chlorophyll, MDA, varieties

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, rasa syukur dipanjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karuniaNya dan memberikan kesempatan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **Respon Beberapa Varietas Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) Terhadap Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu)**. Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Maret 2015 sampai dengan bulan Juni 2015. Penulis mengucapkan terima kasih karena dalam menuliskan proposal tugas akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Terima kasih kepada Bapak Dr. Nurul Jadid, M. Sc sebagai dosen pembimbing, serta Ibu Wirdhatul Muslihatin, S.Si., M.Si sebagai penguji 1 dan Dr. Awik Puji Dyah Nurhayati, M.Si sebagai penguji 2 yang telah memberikan saran kritik dan masukannya. Tidak lupa Ayah dan Ibu yang senantiasa mendoakan dan memberikan semangat yang tiada habisnya.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis menyadari masih banyak kekurangan, besar harapan pembaca dapat memberikan saran dan kritik untuk perbaikan dalam penyusunan proposal tugas akhir ini.

Surabaya, 6 Juni 2015

Riska Maziyah

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Permasalahan	3
1.3 Batasan Permasalahan	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Capsicum frutescens</i>	5
2.1.1 <i>C. frutescens</i> Varietas Bara®	6
2.1.2 <i>C. frutescens</i> Varietas CF 291	7
2.1.3 <i>C. frutescens</i> Varietas Genie®	7
2.2 Cekaman Logam Berat	7
2.3 Tembaga (Cu)	8
2.4 Mekanisme Penyerapan Tembaga (Cu) oleh Tanaman	10
2.5 Respon Pertumbuhan dan Fisiologis Tanaman Terhadap Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu)	12
2.5.1 Respon Pertumbuhan	12
2.5.1 Respon Fisiologis	13
BAB III METODOLOGI	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Metode yang Digunakan	17
3.2.1 Pengecambahan biji cabai rawit (<i>Capsicum frutescens</i>).....	17

3.2.2	Cekaman logam berat tembaga (Cu)	17
3.2.3	Pengamatan Respon Pertumbuhan	18
3.2.4	Pengamatan Respon Fisiologis	18
3.2.4.1	Analisa kandungan logam berat tembaga (Cu)	18
3.2.4.2	Analisa kandungan malondialdehid (MDA)	19
3.2.4.3	Analisa kandungan klorofil	19
3.3	Rancangan Penelitian dan Analisis Data	20

BAB II HASIL dan PEMBAHASAN

4.1	Respon Pertumbuhan	25
4.1.1	Pengaruh Cekaman Logam Berat Cu Terhadap Tinggi Tanaman <i>C. frutescens</i>	25
4.1.2	Pengaruh Cekaman Logam Berat Cu Terhadap Panjang Akar Tanaman <i>C. frutescens</i>	28
4.2	Pengamatan Respon Fisiologis	31
4.2.1	Kandungan Logam Berat Cu pada akar Tanaman <i>C. frutescens</i> Terhadap Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu).....	31
4.2.2	Analisa Kandungan malondialdehid (MDA)	33
4.2.3	Analisa Kandungan Klorofil	36

BAB V KESIMPULAN

5.1	Kesimpulan	39
5.2	Saran	39

DAFTAR PUSTAKA	40
----------------------	----

LAMPIRAN	49
----------------	----

DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 3.1	Kombinasi Perlakuan Penelitian.....	21
Tabel 3.2	Tinggi Tanaman, Panjang Akar, Kandungan Klorofil, dan Malondialdehid (MDA).....	21
Tabel 4.1	Pengaruh Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu) Terhadap Tinggi Tanaman.....	27
Tabel 4.2	Pengaruh Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu) Terhadap Panjang Akar	30
Tabel 4.3	Kandungan Logam Berat pada Akar Tanaman <i>C. frutescens</i> yang Tercekam Logam Berat Tembaga (Cu).....	33
Tabel 4.4	Kandungan MDA pada Daun Tanaman <i>C. frutescens</i> yang Tercekam Logam Berat Tembaga (Cu)	36
Tabel 4.5	Kandungan Klorofil Total pada Daun Tanaman <i>C. frutescens</i> yang Tercekam Logam Berat Tembaga (Cu)	38

DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1:	Dokumentasi <i>C. frutescens</i> Varietas Bara, CF 291, dan Genie...	49
Lampiran 2:	Perhitungan Konsentrasi Larutan Cu.....	51
Lampiran 3:	Skema Pembuatan Larutan Cu.....	52
Lampiran 4:	Pengecambahan Biji Cabai Rawit (<i>C. frutescens</i>).....	53
Lampiran 5:	Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu).....	54
Lampiran 6:	Pengamatan Respon Pertumbuhan.....	55
Lampiran 7:	Analisa Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu)	56
Lampiran 8:	Analisa Kandungan Malondialdehid (MDA).....	57
Lampiran 9:	Analisa Kandungan Klorofil.....	58
Lampiran 10:	Hasil Analisis Statistik ANOVA <i>two-way</i> pada Tinggi Tanaman	59
Lampiran 11:	Hasil Analisis Statistik ANOVA <i>two-way</i> pada Panjang Akar	60

Lampiran 12:	Hasil Analisis Statistik ANOVA <i>two-way</i> Kandungan Logam Berat Cu pada Akar.....	61
Lampiran 13:	Hasil Analisis Statistik ANOVA <i>two-way</i> Kandungan Malondialdehid (MDA) pada daun.....	62
Lampiran 14:	Hasil Analisis Statistik ANOVA <i>two-way</i> Kandungan Klorofil Total.....	63
Lampiran 15:	Hasil Uji AAS.....	64

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan industri dan urbanisasi yang semakin pesat menyebabkan timbulnya permasalahan lingkungan. Salah satu bentuk pencemaran lingkungan disebabkan oleh logam berat (Meenakshi *et al.*, 2006) yang dapat mencemari lingkungan perairan dan tanah (Chaffai *et al.*, 2009). Beberapa dekade terakhir, *the annual worldwide* mengeluarkan rentang batas maksimum ancaman logam berat di lingkungan yang terdiri dari kadmium 22.000 t (metric ton), tembaga 939.000 t, timah hitam 783.000 t, dan zink 1.350.000 t (Sing *et al.*, 2003). Bacon dan Dinev (2005) menambahkan sumber kontaminan logam berat dalam tanah disebabkan oleh aktivitas antropogenik seperti pertambangan, peleburan metalloferous, pengolahan limbah, dan pembuangan sampah, pupuk pertanian serta penggunaan pestisida.

Penggunaan pupuk dan pestisida secara berlebihan dapat menyebabkan pencemaran logam berat pada tanah sehingga dapat menurunkan kualitas hasil pertanian (Charlene, 2004: Widianingrum *et al.*, 2007). Beberapa jenis pupuk dan pestisida memiliki berbagai kandungan logam berat seperti Hg, Cu, Ni, Pb, Co, dan Cd (Kabata-Pendias dan Pendias, 2001). Souguir *et al.*, (2008) tembaga adalah salah satu logam yang melimpah di tanah pertanian dengan konsentrasi normal tembaga (Cu) adalah 10-30 mg/kg (Baryla *et al.*, 2000). Tembaga oksida (CuO) digunakan dalam pertanian sebagai fungisida untuk melindungi tanaman dari berbagai jamur pada daun dan berbagai penyakit pada buah seperti bulai, hawar, dan lain-lain (HSDB, 2008: Kiaune dan Singhasemon, 2011). Burkhead *et al.*, (2009) menambahkan tembaga (Cu) merupakan mikronutrien esensial dan sebagai kofaktor yang diperlukan oleh makhluk hidup khususnya tanaman. Tembaga (Cu) memiliki peranan yang penting pada tumbuhan dalam proses fotosintesis dan respirasi, remodeling

dinding sel, proses pematangan buah oleh hormon etilen, dan metabolisme reaktif oksigen. Konsentrasi tembaga (Cu) yang melebihi batas maka dapat bersifat toksik bagi tanaman (Lepp, 1981)

Pencemaran logam berat merupakan cekaman abiotik yang menyerang tanaman hortikultura pada umumnya. Cekaman logam berat tembaga (Cu) mempengaruhi respon fisiologis dan pertumbuhan pada tanaman jagung (Liu *et al.*, 2014). Aktivitas peroxidase (POD) dan kandungan malondialdehid (MDA) merupakan salah satu contoh respon fisiologis yang mengalami peningkatan pada konsentrasi 10 serta 1000 $\mu\text{mol/L}$. Konsentrasi tembaga (Cu) 100 $\mu\text{mol/L}$ menyebabkan terjadi kerusakan akar. Secara umum tanaman yang tercekam oleh logam berat akan membentuk *Reactive Oxygen Species* (ROS), ketika ROS diproduksi oleh tanaman secara berlebihan dapat menyebabkan kerusakan sel dan pada akhirnya terjadi kematian tanaman.

Cabai rawit (*C. frutescens*) merupakan salah satu tanaman yang bernilai ekonomis tinggi. Beberapa dekade terakhir ini banyak dikembangkan varietas – varietas unggulan (Cahyono, 2003). *C. frutescens* mengandung senyawa aktif yang memiliki efek farmakologi dalam tubuh seperti kapsikol dan *capsaicin*, serta mengandung flavonoid dan antioksidan untuk mencegah kanker (Reyes-Escogido *et al.*, 2011). Badan Pusat Statistik (2013) menyatakan permintaan konsumen terhadap cabai rawit mengalami peningkatan pada tahun 2012 dibandingkan tahun 2011. Tingginya permintaan konsumen terhadap cabai rawit maka, petani menggunakan pupuk yang berlebihan untuk meningkatkan hasil pertaniannya sehingga menyebabkan cekaman logam berat tembaga (Cu) pada tanaman cabai rawit. Pemerintah Indonesia menetapkan batas aman cemaran logam berat pada makanan melalui Dirjen Pengawasan Obat dan Makanan (POM) RI batas maksimum cemaran logam berat pada sayuran segar yaitu 50 ppm (Widianingrum *et al.*, 2007).

Berdasarkan uraian tersebut perlu dilakukan penelitian ini untuk mengetahui respon tanaman cabai yang tahan terhadap

cekaman logam berat tembaga (Cu) dengan berbagai variasi konsentrasi. Jia-Kuan *et al.*, (2005) telah meyelidiki bahwa efek kandungan tembaga (Cu) pada tanah dapat mempengaruhi hasil pertanian. Analisis yang dapat dilakukan untuk mengindisikan bahwa tanaman tersebut tahan terhadap cekaman logam berat tembaga (Cu) melalui respon pertumbuhan dan fisiologis. Tanaman cabai rawit (*C. frutescens*) yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari varietas Bara[®], CF 291 dan Genie[®].

1.2 Rumusan Permasalahan

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana respon beberapa varietas cabai rawit (*C. frutescens*) terhadap cekaman logam berat tembaga (Cu)

1.3 Batasan Permasalahan

Batasan permasalahan pada penelitian ini adalah:

1. Spesies cabai rawit (*C. frutescens*) yang digunakan terdiri dari Bara[®], CF 291, dan Genie[®]
2. Parameter pengamatan yang dilakukan meliputi respon fisiologis yaitu pengukuran analisa kandungan logam berat tembaga (Cu) dengan *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS), uji kandungan malondialdehid (MDA), dan kandungan klorofil serta respon pertumbuhannya meliputi tinggi tanaman dan panjang akar
3. Sumber tembaga (Cu) yang digunakan adalah tembaga (II) sulfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dengan konsentrasi 0, 30, 70, dan 120 ppm
4. Perlakuan cekaman logam berat tembaga (Cu) dilakukan secara *in vivo* selama 15 hari

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui respon beberapa varietas cabai rawit (*C. frutescens*) terhadap cekaman logam berat tembaga (Cu)

1.5 Manfaat

Manfaat pada penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi respon beberapa varietas cabai rawit (*C. frutescens*) terhadap cekaman logam berat tembaga (Cu)
2. Mendapatkan informasi tanaman cabai rawit (*C. frutescens*) yang tahan terhadap cekaman logam berat tembaga (Cu)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Capsicum frutescens*

Klasifikasi tanaman cabai rawit (*C. frutescens*) sebagai berikut.

Regnum	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Tubiflorae
Famili	: Solanaceae
Genus	: <i>Capsicum</i>
Spesies	: <i>C. frutescens</i> L. (Tjitrosoepomo, 2010)



Gambar 2.1 *C. frutescens* (Anonim¹, 2015)

Tanaman *C. frutescens* tergolong dalam famili terung-terungan (*Solanaceae*). Tanaman ini termasuk golongan tanaman semusim atau tanaman berumur pendek yang tumbuh sebagai perdu atau semak, dengan tinggi tanaman dapat 1,5 m. Struktur morfologi tanaman *C. frutescens* terdiri dari batang, daun, bunga, buah, biji, dan akar. Batang tanaman *C. frutescens* memiliki struktur yang keras dan berkayu, berwarna hijau gelap, berbentuk bulat, halus, dan bercabang banyak. Batang utama tumbuh tegak dan kuat. Percabangan terbentuk setelah batang tanaman mencapai ketinggian berkisar antara 30 – 45 cm. Cabang tanaman

beruas-ruas, setiap ruas ditumbuhi daun dan tunas (cabang) (Cahyono, 2003).

Daun cabai rawit *C. frutescens* berbentuk bulat telur dengan ujung runcing dan tepi daun rata (tidak bergerigi atau berlekuk). Ukuran daun lebih kecil dibandingkan dengan daun tanaman cabai besar (*C. annum*). Daun merupakan daun tunggal dengan kedudukan agak mendatar, memiliki tulang daun menyirip, dan tangkai tunggal yang melekat pada batang atau cabang. Bunga tanaman cabai rawit merupakan bunga tunggal yang berbentuk bintang. Bunga tumbuh menunduk pada ketiak daun, dengan mahkota bunga berwarna putih. Penyerbukan bunga termasuk penyerbukan sendiri (*self pollinated crop*), namun dapat juga terjadi secara silang dengan keberhasilan sekitar 56%. Buah *C. frutescens* memiliki keanekaragaman dalam hal ukuran, warna, dan rasa buah. Buah cabai rawit dapat berbentuk bulat pendek dengan ujung runcing atau berbentuk kerucut. Sedangkan biji cabai rawit berwarna putih kekuningan, berbentuk bulat pipih, tersusun bergerombol, dan saling melekat pada empulur. Perakaran tanaman *C. frutescens* terdiri atas akar tunggang yang tumbuh lurus ke pusat bumi dan akar serabut yang tumbuh menyebar ke samping (horizontal). Perakaran tanaman tidak dalam sehingga tanaman hanya dapat tumbuh dan berkembang dengan baik pada tanah yang gembur, porous (menyerap air), dan subur (Cahyono, 2003). Pada penelitian ini digunakan tanaman *C. frutescens* varietas Bara[®], CF 291, dan Genie[®].

2.1.1 *Capsicum frutescens* Varietas Bara[®]

Cocok ditanam di dataran rendah-tinggi. Daya tumbuh 96 % sehingga lebih cepat tumbuh dibandingkan varietas lain. Umur panen 75-100 HST dengan bobot per buah 1-2 g. Potensi hasil sebesar 9-10 ton/ha. Morfologi daun berbentuk memanjang dengan ujung runcing (Lampiran 1).

2.1.2 *Capsicum frutescens* Varietas CF 291

Tipe rawit putih saat muda dan merah mengkilap saat masak, rasa pedas namun dapat langsung dimakan. Umur panen 90-100 HST. Potensi produksi 1 kg/tanaman. Tumbuh sangat vigor, cabang samping produktif dan berdaun agak lebar. Daya tumbuh *C. frutescens* varietas CF 291 sebesar 85% (Lampiran 2).

2.1.3 *Capsicum frutescens* Varietas Genie®

Ciri khas utama pada buahnya yang lebat, rasa sangat pedas dan warna hijau terang. Warna saat masak merah mengkilap dan mulus. Termasuk jenis annum sehingga berbuah tegak dan berdaun kecil. Umur panen hijau 50-55 HST. Produksi per pohon mencapai 1 kg. Tanaman vigor dengan banyak cabang samping yang produktif. Cocok untuk ditanam di dataran rendah-tinggi.

2.2 Cekaman Logam Berat

Cekaman lingkungan (stres) pada tanaman dapat didefinisikan sebagai faktor eksternal yang berpengaruh buruk (tidak menguntungkan) pada tanaman (Taiz *et al.*, 1991). Faktor tersebut dapat bersifat biotik maupun abiotik. Cekaman biotik dapat berupa hewan pengganggu atau pemakan tanaman, mikroba patogen, dan gulma. Sedangkan cekaman abiotik diantaranya adalah kekeringan, salinitas, logam berat, dan suhu tinggi (Mercuriani, 2006).

Cekaman logam berat terjadi karena aktivitas manusia dalam memenuhi kebutuhan kadang menghasilkan dampak terhadap lingkungan. Dampak tersebut dapat berupa dampak positif maupun negatif. Salah satu dampak negatif akibat aktivitas manusia adalah turunnya kualitas lingkungan hidup. Sebagai contoh turunnya kualitas tanah akibat pencemaran limbah yang dihasilkan oleh manusia, baik limbah rumah tangga, industri, maupun pertanian. Salah satu faktor pencemaran tanah yang paling penting adalah logam berat (Widianingrum *et al.*, 2007).

Logam berat merupakan istilah yang digunakan untuk unsur-unsur transisi yang mempunyai massa jenis atom lebih besar dari 6 g/cm^3 . Merkuri (Hg), timbal (Pb), tembaga (Cu), kadmium (Cd), strosium (Sr) adalah contoh logam berat yang berupa kontaminan yang berasal dari luar tanah dan sangat diperhatikan karena berhubungan erat dengan kesehatan manusia, pertanian, dan ekotoksikologinya (Alloway, 1995).

Sumber kontaminasi logam berat ada 2, yaitu lewat pencemaran udara dan dari bahan makanan. Pencemaran lewat udara terutama berasal dari asap buangan kendaraan bermotor. Data yang dikeluarkan Badan Pengawasan Dampak Lingkungan (Bapedal) DKI tahun 1998, kadar timbal di udara Jakarta rata-rata telah mencapai 0,5 mg per meter kubik udara. Untuk kawasan tertentu, seperti terminal bus dan daerah padat lalu lintas, kadar timbal bisa mencapai 2-8 mg per meter kubik udara (Astawan, 2005). Selain timbal (Pb), sayuran juga rentan terhadap kontaminasi logam berat tembaga (Cu). Cemarannya (Cu) terdapat pada sayuran dan buah-buahan yang disemprot dengan pestisida secara berlebihan.

Tanah merupakan bagian dari siklus logam berat. Pembuangan limbah ke tanah apabila melebihi kemampuan tanah dalam mendegradasi limbah akan mengakibatkan pencemaran tanah. Logam berat masuk ke lingkungan tanah melalui penggunaan bahan kimia yang langsung mengenai tanah, penimbunan debu, hujan atau pengendapan, pengikisan tanah dan limbah buangan (Fidalgo *et al.*, 2013). Logam berat telah banyak terdeteksi pada sayuran, terutama yang ditanam dekat dengan jalan raya dan rentan polusi udara yang berasal dari asap pabrik dan kendaraan bermotor (Widianingrum, 2007).

2.3 Tembaga (Cu)

Tembaga yang berbentuk logam kemerahan terdapat secara alami di batu, tanah, air dan pada tingkat rendah terdapat di udara. Konsentrasi rata-rata di kerak bumi sekitar 50 bagian per juta bagian tanah atau 50 gram cooper per 1.000.0000 gram tanah.

Secara alami, cooper juga terdapat dalam tumbuhan dan hewan. Tembaga dalam konsentrasi rendah merupakan elemen penting bagi semua organisme. Tembaga dapat bersifat toksik apabila berada dalam konsentrasi tinggi (Dorsey, 2004).

Secara biologis Cu tersedia dalam bentuk Cu^+ dan Cu^{2+} dalam bentuk anorganik (Merian, 1994). Ketersediaan Cu paling optimal pada pH 5,5 sehingga pada tanah asam, sulfat asam yang memiliki pH tinggi misalnya Grumusol dan tanah garaman ketersediaan Cu rendah. Demikian juga, proses pengapuran yang berlebihan (*over liming*) menyebabkan turunnya ketersediaan Cu dalam tanah. Ketersediaan dan perubahan valensi Cu dipengaruhi juga oleh cara pengolahan tanah (Rosmarkam dan Yuwono, 2002).

Tembaga merupakan salah satu unsur yang penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tembaga berperan dalam proses biokimia dan fisiologis dalam tanaman (Burkhead et al., 2008). Tembaga sebagai mikronutrien esensial terlibat dalam metabolisme karbohidrat, protein, lignifikasi dinding sel, fotosintesis, respirasi dan germinasi (Meng et al., 2007; Sudo et al., 2008). Selain itu tembaga juga berfungsi sebagai kofaktor enzim (Lombardi et al., 2004). Tembaga merupakan bagian dari oksidoreduktase seperti polifenol oksidase, sitokrom oksidase, asam askorbat oksidase. Defisiensi copper akan mempengaruhi metabolisme tanaman dalam proses pertumbuhan dan perkembangan (Chang et al., 2001). Namun tembaga juga dapat menginduksi terjadinya toksisitas pada tanaman jika dalam konsentrasi yang tinggi (Lombardi et al., 2004) sehingga dapat mengkatalisis produksi radikal hidroksil yang sangat beracun menyebabkan kerusakan DNA, lipid, dan protein. Defisiensi Cu menyebabkan gejala klorosis, nekrosis, pengerdilan, perubahan warna pada daun, dan penghambatan pertumbuhan akar (Yruela, 2005).

Cemaran logam tembaga pada bahan pangan pada awalnya terjadi karena penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan (Charlene, 2004). Untuk meningkatkan hasil pertanian,

penggunaan pupuk tidak dapat dihindari. Petani di daerah semakin banyak yang menggunakan obat-obatan pertanian untuk meningkatkan hasil produksinya tanpa mempertimbangkan akibat yang ditimbulkan pada tanaman dan lingkungan sekitarnya. Adanya logam berat dalam tanah pertanian dapat menurunkan produktifitas pertanian dan kualitas hasil pertanian selain dapat membahayakan kesehatan manusia melalui konsumsi pangan yang dihasilkan dari tanah yang tercemar logam berat tersebut. Dirjen Pengawasan Obat dan Makan (POM) RI telah menetapkan batas maksimum cemaran logam berat tembaga pada sayuran segar yaitu 50 ppm. Namun demikian, tembaga merupakan mikronutrien yang harus ada dalam makanan manusia dan dibutuhkan oleh tubuh (Acceptance Daily Intake/ ADI = 0,05 mg/kg berat badan). Pada kadar ini ini tidak terjadi akumulasi pada tubuh manusia normal. Akan tetapi asupan dalam jumlah yang besar pada tubuh manusia dapat menyebabkan gejala-gejala yang akut (Widianingrum, 2007).

Kadar logam berat tembaga (Cu) pada beberapa komoditas sayuran cukup tinggi, diantaranya adalah kangkung mengandung tembaga pada kisaran 1,98–6,37, bayam 1,25–4,36, kol 4,16–8,88, sedangkan daun singkong 4,58–8,75 ppm. Terkadangnya tembaga secara berlebihan pada sayuran disebabkan pemupukan yang berlebihan, pemakaian insektisida, dan air irigasi yang tercemar limbah pabrik (Munarso *et al.*, 2005). Pencemaran logam berat tembaga terjadi selama proses prapanen yaitu selama penanaman dan pemeliharaan, juga disebabkan pemakaian pupuk mikro yang mengandung tembaga.

2.4 Mekanisme Penyerapan Tembaga (Cu) Oleh Tanaman

Tembaga (Cu) diserap dalam bentuk ion Cu^{++} dan dapat diserap dalam bentuk senyawa kompleks organik, misalnya Cu-EDTA (Cu-etilen diamine tetra acetate acid) dan Cu-DTPA (Cu-diethilen triamine penta acetate acid). Bahan organik mengikat Cu dalam bentuk ikatan khelat (Rosmarkam & Yuwono, 2002)

Akumulasi Cu yang masuk dalam tumbuhan dapat terjadi pada akar, batang, dan daun. Tetapi ada juga yang hanya terakumulasi di daerah akar. Akumulasi Cu di akar terdapat pada *free space*, berikatan dengan pektin dan glikoprotein. Gugus karboksil pektin sangat mudah berubah muatan menjadi negatif jika PH meningkat. Muatan negatif pada pektin diimbangi dengan masuknya kation yang berupa logam. Kemampuan logam berikatan dengan dinding sel secara berturut-turut adalah $Cu > Ca > Mn > Mg > Na$. (Widoretno, 2003).

Logam transisi Cu mengkatalisis pembentukan radikal hidroksil (OH), dari reaksi kimia non enzimatis antara superoksida (O_2^-) dan H_2O_2 . Oleh karena itu, adanya kelebihan Cu dapat menyebabkan stres oksidatif pada tanaman selanjutnya meningkatkan respon antioksidan karena peningkatan ROS (*Reactive Oxygen Species*) (Yruela, 2005). Menurut Halliwell (2006) stress oksidatif adalah suatu keadaan ketidaksetimbangan antara radikal bebas dengan antioksidan, dimana jumlah radikal bebas lebih banyak daripada antioksidan. Jika produksi radikal bebas melebihi dari kemampuan antioksidan intrasel untuk menetralkannya maka kelebihan radikal bebas sangat potensial menyebabkan kerusakan sel. Kerusakan sel yang terjadi sering disebut kerusakan oksidatif, yaitu kerusakan biomolekul penyusun sel yang disebabkan oleh reaksinya dengan radikal bebas. Adanya peningkatan stres oksidatif berdampak negatif pada beberapa komponen penyusun membran sel, yaitu kerusakan pada lipid membran membentuk malondialdehid (MDA), kerusakan protein, karbohidrat, dan DNA (Kevin *et al.*, 2006).

Reactive Oxygen Species (ROS) sebagai molekul sinyal adanya cekaman pada tanaman dan dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan tanaman sehingga pada akhirnya terjadi kematian. Mekanisme pertahanan tanaman terhadap kerusakan oksidatif ada 2 cara yaitu secara enzimatis dan non-enzimatis. Secara enzimatis dengan memproduksi superoksida dismutase (SOD) yang terlibat dalam detoksifikasi O_2^- , peroksidasi, katalase, dan glutathionin. Sedangkan secara non-enzimatis seperti radikal

bebas dan senyawa antioksidan (Wang *et al.*, 2004). Secara enzimatik ROS secara tidak langsung dapat menghambat enzim antioksidan. Pada tanaman yang tercekam logam berat seperti tembaga (Cu) H_2O_2 akan meningkat sebagai respon terhadap Cu (Manara, 2012).

Tanaman yang tumbuh dalam kondisi cekaman Cu menunjukkan penurunan biomassa dan gejala klorosis (Yruela, 2005). Sebab tingkat toksisitas Cu terjadi bila kadar Cu dalam tanaman berkisar antara 20-30 ppm per berat tanaman, tergantung pada jenis tanamannya. Akibat lain bila terjadi toksisitas ialah sering terjadi defisiensi Fe (Widoretno, 2003).

Toleransi terhadap logam berat pada tanaman dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk bertahan hidup dalam kondisi tanah toksik. Mekanisme seluler toleransi tanaman terhadap logam berat tembaga (Cu) terdiri dari:

1. Pengurangan logam serapan melalui penambahan mikoriza
2. Stimulasi pemompaan logam pada membran plasma
3. Khelasi logam oleh phytochelasi, metallothioneins, asam organik atau *heat shock* protein

Selain itu pertahan oksidatif yang meningkat dalam kondisi cekaman menunjukkan mekanisme toleransi tanaman terhadap logam berat (Yruela, 2005).

2.5 Respon Pertumbuhan dan Fisiologis Tanaman Terhadap Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu)

2.5.1 Respon Pertumbuhan

Beberapa faktor yang menyebabkan kontaminasi logam berat pada lingkungan bervariasi antara lain, kondisi geologi tanah dimana tanaman dibudidayakan, kondisi air yang digunakan untuk penyiraman, adanya kontaminan logam berat tertentu yang berasal dari industri apabila lokasi pertanian dekat dengan lokasi industri. Faktor yang menyebabkan tingginya kontaminasi logam berat di lingkungan adalah perilaku manusia yang menciptakan teknologi tanpa menimbang terlebih dahulu efek

yang akan ditimbulkan bagi lingkungan di kemudian hari. Logam berat yang ada di lingkungan, tanah, air, dan udara dengan suatu mekanisme tertentu masuk ke dalam tubuh makhluk hidup. Tanaman yang menjadi mediator penyebaran logam berat pada makhluk hidup, menyerap logam berat melalui akar dan daun (stomata). Logam berat terserap ke dalam jaringan tanaman melalui akar, yang selanjutnya akan masuk ke dalam siklus rantai makanan (Widianingrum, 2007).

Cekaman logam berat tembaga (Cu) juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Menurut penelitian Zheng *et al.*, (2005) tanaman cabai merah (*C. annuum*) dengan umur 32 hari yang diberikan perlakuan cekaman logam berat tembaga (Cu) selama 4 minggu berturut-turut mengalami penurunan pada jumlah daun, luas daun, biomasa daun, panjang batang, dan biomasa tanaman. Namun cekaman logam berat tembaga (Cu) tidak berpengaruh secara signifikan pada jumlah buah, berat basah atau berat kering tanaman. Selanjutnya, pada 2 minggu pertama setelah perlakuan terlihat daun muda *C. annuum* mengalami klorosis yaitu pada konsentrasi Cu $\geq 1,05$ mg/L. Akar tanaman cabai *C. annuum* bewarna kecoklatan setelah 2 jam pertama diberi cekaman logam berat tembaga (Cu) pada konsentrasi 1,5 dan 2 mg/L.

2.5.2 Respon Fisiologis

Tanaman yang tercekam logam berat seperti tembaga (Cu) menyebabkan efek langsung dan tidak langsung terhadap pertumbuhan tanaman dan metabolisme, serta terlihat gejala seperti pertumbuhan terhambat dan ukuran daun lebih kecil. Selain itu menyebabkan membran disorganisasi dan mengurangi laju fotosintesis (Ahmad *et al.*, 2008). Meng *et al.*, (2007) menambahkan akumulasi logam berat yang berlebih pada sel tanaman menyebabkan kerusakan molekul tanaman baik secara langsung atau tidak langsung melalui pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS) sehingga menyebabkan stres oksidatif pada tanaman. Produksi ROS dalam jumlah besar dapat merusak protein, lipid, dan DNA. Dalam keadaan normal konsentrasi ROS

masih rendah sedangkan dalam keadaan tahan konsentrasi ROS akan semakin meningkat.

Malondialdehid (MDA) adalah salah satu produk dari membran sel peroksidasi lipid yang menunjukkan produksi radikal bebas dan kerusakan jaringan akibat akumulasi logam berat. Kombinasi MDA dan protein menyebabkan protein intramolekul dan antar molekul *cross link* sehingga merusak biomembran. Perubahan kandungan MDA dilakukan sebagai parameter peroksidasi lipid membran sel di bawah cekaman. Pada tanaman jagung (*Zea mays*) yang mengalami cekaman logam berat tembaga (Cu) sebesar 1000 $\mu\text{mol/L}$ kandungan MDA meningkat tajam dibandingkan dengan konsentrasi Cu 1, 10, 100 $\mu\text{mol/L}$. Hal tersebut menunjukkan rendahnya tingkat kerusakan membran sel peroksidasi lipid. Namun ketika konsentrasi Cu berada diantara 5000 $\mu\text{mol/L}$ dan 10.000 $\mu\text{mol/L}$ kandungan MDA meningkat 42,6% dan 144,4%, artinya semakin tinggi konsentrasi Cu dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan pada struktur dan fungsi membran sel (Liu *et al.*, 2014).

Akumulasi logam berat pada tumbuhan dapat diketahui melalui analisis *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS). Akumulasi logam berat yang masuk dalam tumbuhan dapat terjadi pada akar, batang, dan daun, tetapi ada juga yang hanya terakumulasi di daerah akar. Berdasarkan penelitian (Widoretno, 2003) bahwa Cu yang diserap tumbuhan tersebar di semua organ. Kadar Cu di dalam organ tumbuhan meningkat sesuai dengan penambahan ion Cu di media. Distribusi Cu ke organ lain merupakan salah satu strategi tumbuhan untuk menahan cekaman terhadap logam berat. Cu masuk dalam tumbuhan dalam bentuk Cu^{++} melalui akar (Salisbury dan Ross, 1992).

Selain itu, analisis kandungan klorofil juga dilakukan untuk mengetahui dampak cekaman logam berat tembaga (Cu). Berdasarkan penelitian Dey *et al.*, (2014) mengukur kandungan klorofil pada tanaman teh (*Camelia sinensis*) terjadi penurunan yang signifikan pada total klorofil. Peningkatan konsentrasi Cu yang diberikan menurunkan kandungan klorofil. Akumulasi

logam berat yang semakin tinggi menyebabkan aktivitas enzim fotosintesis terdegradasi sehingga terjadi pengurangan kandungan klorofil. Cekaman logam berat tembaga (Cu) dapat menginduksi klorosis dan terjadi penghambatan akumulasi pigmen dan penurunan integrasi klorofil dalam fotosistem. Secara keseluruhan menyebabkan kerusakan pada struktur dan fungsi klorofil.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juni 2015 di Laboratorium Botani, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Tanaman *C. frutescens* varietas Bara[®], CF 291, dan Genie[®] dikecambahkan di *Green House*.

3.2 Metode yang Digunakan

3.2.1 Pengecambahan biji cabai rawit (*Capsicum frutescens*)

Biji *C. frutescens* varietas Bara[®], CF 291, dan Genie[®] direndam dengan air selama 1 malam dalam gelas beker. Kemudian biji cabai rawit (*C. frutescens*) dikecambahkan dalam wadah yang berisi media tanam merek Humus Organik. Selanjutnya, biji *C. frutescens* yang telah berkecambah dan muncul 2 daun dengan usia tanaman 30 hari setelah tanam (HST) dipindahkan ke media *polybag* yang berisi media tanam Humus Organik (Zheng *et al.*, 2005). Selama fase vegetatif tanaman *C. frutescens* disiram saat pagi dan sore hari.

3.2.2 Cekaman logam berat tembaga (Cu)

Cekaman logam berat tembaga (Cu) diberikan pada tanaman *C. frutescens* dengan cara disiram ke dalam media tanam. Konsentrasi tembaga (Cu) yang digunakan antara lain 0, 30, 70, dan 120 ppm dengan masing-masing sebanyak 2 ulangan. Larutan tembaga (Cu) dibuat dengan melarutkan 1000 mg tembaga (II) sulfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dalam 500 ml aquades pada labu ukur 1000 ml, dihomogenkan selanjutnya ditambah aquades sampai volume menjadi 1000 ml. Larutan tembaga (Cu) dengan berbagai konsentrasi dibuat dari larutan stok tembaga (Cu) 1000 ppm. Larutan stok tembaga (Cu) diencerkan dengan aquades dan dibuat dengan konsentrasi 0, 30, 70, dan 120 ppm sampai volume masing-masing konsentrasi adalah 1000 ml (Lampiran 1).

Cekaman mulai dilakukan setelah 3 hari tanaman *C. frutescens* dipindahkan ke media *polybag* yang berisi media tanam. Perlakuan cekaman logam berat tembaga (Cu) diberikan pada tanaman *C. frutescens* sebanyak 3 kali selama 15 hari. Pemberian cekaman dilakukan dengan metode akumulasi, dimana konsentrasi total tembaga (Cu) yang diberikan dibagi dengan frekuensi cekaman sehingga diperoleh kadar tembaga (Cu) yang disiram tiap perlakuan (Alaoui *et. al.*, 2004). Kadar pemberian tembaga (Cu) untuk konsentrasi 30 ppm sebanyak 10 ppm, konsentrasi 70 ppm sebanyak 23,3 ppm, dan konsentrasi 120 ppm sebanyak 40 ppm diberikan setiap 5 hari sekali. Sedangkan kadar pemberian tembaga (Cu) dengan konsentrasi 0 ppm disiram dengan air tanpa penambahan larutan tembaga (Cu) (Lampiran 2)

3.2.3. Pengamatan respon pertumbuhan

Pengamatan respon pertumbuhan *C. frutescens* terdiri dari beberapa tahap yaitu pengukuran tinggi tanaman dan panjang akar. Pengukuran pertumbuhan dapat dilakukan setelah 15 hari diberi perlakuan cekaman logam berat tembaga (Cu). Tinggi tanaman *C. frutescens* diukur mulai dari pangkal batang di atas permukaan tanah hingga ujung daun tertinggi (Zheng *et al.*, 2005). Panjang akar dapat dihitung mulai dari akar induk bagian pangkal hingga ujung akar menggunakan penggaris.

3.2.4 Pengamatan respon fisiologis

3.2.4.1 Analisa kandungan logam berat tembaga (Cu)

Analisis kandungan logam berat tembaga (Cu) pada tanaman dapat diketahui dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS). Analisis kandungan logam berat bertujuan untuk mengetahui akumulasi logam berat tembaga (Cu) pada tanaman. Sampel tanaman yang terdiri dari akar dalam kondisi segar dihaluskan dengan mortar sebanyak 0,5 gr lalu ditambahkan HCl dan HNO₃ dengan perbandingan 3:1 atau setara dengan 7,5 mL HCl dan 2,5 mL HNO₃. Kemudian dipanaskan 60°C – 70°C selama 10 menit. Ditambahkan HNO₃ 5 mL lalu ditambahkan

aquades hingga 100 mL. Sampel akar tersebut disentrifuse dengan kecepatan 3500-4000 rpm selama 10 menit. Supernatan diambil untuk dianalisis dengan menggunakan AAS.

3.2.4.2 Analisa kandungan malondialdehid (MDA)

Analisa kandungan malondialdehid (MDA) digunakan sebagai indikator kerusakan oksidatif yang menyebabkan rusaknya membran plasma, MDA merupakan produk lipid peroksidasi. Daun *C. frutescens* dalam kondisi segar dipanen selanjutnya dipotong kecil-kecil. Daun-daun tersebut ditimbang dengan neraca analitik sebanyak 0,8 gr dan dihaluskan dengan mortar. Selanjutnya ditambahkan reagen MDA (15% w/v *trichloroacetic acid*, 0,37% w/v *2-thibarbituric acid*, dan 0,25 M HCl) 8 mL dan dihomogenkan. Sampel tersebut kemudian dipindahkan dalam tabung reaksi dan diinkubasi pada suhu 90⁰ C selama 30 menit. Disentrifus dengan kecepatan 4000 rpm selama 15 menit. Supernatan diambil untuk pengukuran kandungan MDA menggunakan *Spectrophotometer Genesys 10S UV-Vis* dengan panjang gelombang (λ) 535 nm. Kandungan malondialdehid (MDA) dinyatakan sebagai (nmol/gr). Perhitungan kadar malondialdehid dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar Malondialdehid} = \frac{A}{\epsilon}$$

Keterangan : A = Absorbansi panjang gelombang
 ϵ = koefisien $1,56 \times 10^5 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$

(Alvarez *et al.*, 2006)

3.2.4.3 Analisa kandungan klorofil

Analisa kandungan klorofil pada tanaman *C. frutescens* digunakan sebagai indikator pengaruh cekaman logam berat tembaga (Cu) pada proses fotosintesis. Analisa kandungan klorofil diawali dengan pemanenan daun. Daun-daun tersebut

dipotong kecil-kecil lalu ditimbang dengan neraca analitik sebanyak 0,5 gr. Daun yang sudah ditimbang dimasukkan dalam mortar untuk dihaluskan dan ditambahkan dengan aseton 80% 10 ml. Ekstrak daun dan aseton disimpan dalam almari pendingin selama 1 malam. Kemudian kandungan klorofil diukur menggunakan *Spectrophotometer Genesys 10S UV-Vis* dengan panjang gelombang (λ) 663 dan 645 nm untuk klorofil a dan b (Liu *et al.*, 2008). Kandungan klorofil dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Klorofil a (mg/gr)} &= \frac{(12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645})}{1000 \times W} \times V \\ \text{Klorofil b (mg/gr)} &= \frac{(22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663})}{1000 \times W} \times V \\ \text{Klorofil total (mg/gr)} &= \frac{(20,2 \times A_{645} - 8,02 \times A_{663})}{1000 \times W} \times V \end{aligned}$$

Keterangan: A = Absorbansi panjang gelombang
V = Volume ekstrak (mL)
W = Berat sampel (gr)

(Singh *et al.*, 2014)

3.3 Rancangan Penelitian dan Analisis Data

Rancangan penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dengan 2 faktor yaitu faktor varietas cabai rawit (*C. frutescens*) dan faktor konsentrasi cekaman logam berat tembaga (Cu). Masing-masing perlakuan terdiri dari 2 ulangan. Rencana data penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1 dan 3.2.

Tabel 3.1 Kombinasi Perlakuan Penelitian

Konsentrasi \ Varietas	Varietas I Bara [®]	Varietas II CF 291	Varietas III Genie [®]
	0 ppm	I ₀	II ₀
30 ppm	I ₃₀	II ₃₀	III ₃₀
70 ppm	I ₇₀	II ₇₀	III ₇₀
120 ppm	I ₁₂₀	II ₁₂₀	III ₁₂₀

Tabel. 3.2 Tinggi Tanaman, Panjang Akar, Kandungan Klorofil, dan Kandungan Malondialdehid (MDA)

No	Konsentrasi \ Varietas	Varietas I Bara [®]		Varietas II CF 291		Varietas III Genie [®]		Rata - rata
		1	2	1	2	1	2	
		1	0 ppm					
2	30 ppm							
3	70 ppm							
4	120 ppm							

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan ANOVA *two way*, jika ada pengaruh beda nyata maka dilanjutkan dengan uji *Tukey* dengan tingkat kesalahan 5% menggunakan Minitab. Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah:

1. Respon pertumbuhan

- A. H_0 : Tidak ada pengaruh nyata antara variasi varietas *C. frutescens* dan konsentrasi cekaman logam berat tembaga (Cu) terhadap tinggi tanaman *C. frutescens*

H_1 : Ada pengaruh nyata antara variasi varietas *C. Frutescens* dan konsentrasi cekaman logam berat tembaga (Cu) terhadap tinggi tanaman *C. frutescens*

- B. H_0 : Tidak ada pengaruh nyata antara variasi varietas *C. Frutescens* dan konsentrasi cekaman logam berat tembaga (Cu) terhadap panjang akar tanaman *C. frutescens*

H_1 : Ada pengaruh nyata antara variasi varietas *C. Frutescens* dan konsentrasi cekaman logam berat tembaga (Cu) terhadap panjang akar *C. frutescens*

2. Respon Fisiologis

- A. H_0 : Tidak ada pengaruh nyata antara variasi varietas *C. Frutescens* dan konsentrasi cekaman logam berat tembaga (Cu) terhadap kandungan logam berat Cu tanaman *C. frutescens*

H_1 : Ada pengaruh nyata antara variasi varietas *C. Frutescens* dan konsentrasi cekaman logam berat tembaga (Cu) terhadap kandungan logam berat Cu tanaman *C. frutescens*

- B. H_0 : Tidak ada pengaruh nyata antara variasi varietas *C. Frutescens* dan konsentrasi cekaman logam berat tembaga (Cu) terhadap kandungan malondialdehid (MDA) tanaman *C. frutescens*

H_1 : Ada pengaruh nyata antara variasi varietas *C. Frutescens* dan konsentrasi cekaman logam berat tembaga (Cu) terhadap kandungan malondialdehid (MDA) Cu tanaman *C. frutescens*

C. H_0 : Tidak ada pengaruh nyata antara variasi varietas *C. Frutescens* dan konsentrasi cekaman logam berat tembaga (Cu) terhadap kandungan klorofil tanaman *C. frutescens*

H_1 : Ada pengaruh nyata antara variasi varietas *C. Frutescens* dan konsentrasi cekaman logam berat tembaga (Cu) terhadap kandungan klorofil Cu tanaman *C. frutescens*

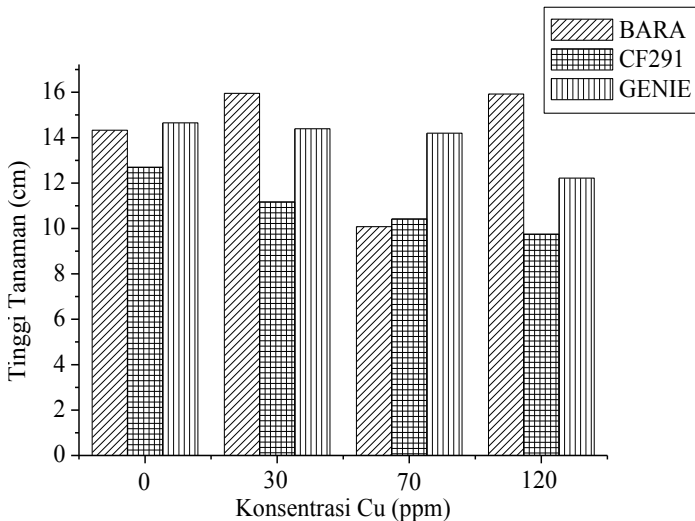
“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN

4.1 Respon Pertumbuhan

4.1.1 Pengaruh Cekaman Logam Berat Cu Terhadap Tinggi Tanaman *C. frutescens*

Pengamatan respon pertumbuhan tanaman *C. frutescens* dilakukan setelah 15 hari perlakuan cekaman Cu. Tujuan pengamatan respon pertumbuhan adalah sebagai dasar untuk karakterisasi respon tanaman terhadap cekaman lingkungan (Singh *et al.*, 2014). Salah satu parameter pertumbuhan yang diamati dalam penelitian ini adalah tinggi tanaman. Hasil pengamatan respon tinggi tanaman *C. frutescens* terhadap cekaman logam berat Cu dengan variasi konsentrasi disajikan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Tinggi Tanaman *C. frutescens* yang Tercekam Logam Berat Cu pada Variasi Konsentrasi

Penelitian yang telah dilakukan Singh *et al.* (2014) menunjukkan konsentrasi Cu yang masih dalam batas normal dapat menstimulus pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Konsentrasi Cu yang melebihi ambang batas menyebabkan pertumbuhan terhambat. Hasil pengukuran respon tanaman *C. frutescens* (Gambar 4.1) menunjukkan tren penurunan tinggi tanaman terhadap meningkatnya konsentrasi Cu yang diberikan. Zheng *et al.*, (2005) melaporkan terjadi penurunan tinggi tanaman *C. annuum* pada kondisi di bawah cekaman Cu selama 21 hari perlakuan dengan konsentrasi Cu 0,005, 1, 1,5, dan 2 mg/L. Penurunan tinggi tanaman tersebut dikarenakan tanaman *C. frutescens* var. Bara[®], CF 291, dan Genie[®] sensitif terhadap konsentrasi Cu yang diberikan. Tanaman *C. frutescens* var. Bara[®] menunjukkan tren penurunan yang tidak merata, pada konsentrasi 30 dan 120 ppm mengalami peningkatan tinggi tanaman 11 dan 0,2 % dibandingkan 0 ppm (kontrol). Jiang *et al.* (2001) melaporkan cekaman Cu memberikan variasi respon pertumbuhan yang berbeda pada *Zea mays*. Pada konsentrasi 10^{-5} M Cu menstimulasi pertumbuhan tetapi konsentrasi 10^{-4} – 10^{-2} menghambat pertumbuhan *Zea mays*.

Hasil analisis statistik dengan menggunakan ANOVA *two way* dengan taraf kepercayaan 95% didapatkan *p.value* 0.003. Hal tersebut menunjukkan bahwa *p.value* < α (0.05) tolak H_0 atau ada pengaruh antara variasi var. *C. frutescens* dan konsentrasi cekaman logam berat Cu terhadap tinggi tanaman. Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh beda nyata variasi varietas dan konsentrasi tersebut dilakukan uji lanjutan *Tukey*. Hasil analisis statistik pengaruh beda nyata antara Var. Bara[®], CF 291, dan Genie[®] terhadap konsentrasi Cu 0, 30, 70, dan 120 ppm (Tabel 4.1)

Berdasarkan Tabel 4.1 tanaman *C. frutescens* var. CF 291 merupakan tanaman yang paling sensitif terhadap cekaman Cu. Hal tersebut ditunjukkan pada konsentrasi 120 ppm tinggi tanaman *C. frutescens* var. CF 291 lebih rendah dibandingkan Bara[®] dan Genie[®] sebesar 9,8 cm. Tanaman *C. frutescens* var. Bara[®] pada konsentrasi 30 dan 120 ppm mengalami peningkatan

dibandingkan 0 ppm atau kontrol (Tabel 4.1), sebab dimungkinkan *C. frutescens* var. Bara[®] masih mentoleransi konsentrasi Cu yang diberikan. Pengaruh cekaman Cu yang berbeda-beda terhadap tinggi tanaman disebabkan respon setiap spesies tanaman berbeda bergantung pada distribusi ion Cu pada jaringan tanaman dan media tanam (Ozounidou, 1994).

Tabel 4.1 Pengaruh Cekaman Logam Berat Cu Terhadap Tinggi Tanaman *C. frutescens*

Varietas	Konsentrasi (ppm)	Rerata Tinggi Tanaman (cm) ± SE
BARA [®]	0	14,3 ± 0,658 ^{abc}
	30	16,0 ± 0,657 ^a
	70	10,1 ± 0,419 ^{bc}
	120	15,9 ± 0,539 ^a
CF 291	0	12,7 ± 0,467 ^{abc}
	30	11,2 ± 0,716 ^{bc}
	70	10,4 ± 0,663 ^{bc}
	120	9,8 ± 0,750 ^c
GENIE [®]	0	14,6 ± 0,896 ^{ab}
	30	11,8 ± 0,675 ^{abc}
	70	14,2 ± 0,572 ^{abc}
	120	12,2 ± 0,493 ^{abc}

Keterangan: angka (Mean ± SE) yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda secara nyata pada taraf 5% uji *Tukey*.

Tanaman membutuhkan Cu sebagai mikronutrien esensial untuk pertumbuhan dan perkembangan, ketika ion Cu tidak tersedia tanaman akan mengalami defisiensi yang mempengaruhi daun muda dan organ reproduksi (Yruela, 2005). Pada konsentrasi tinggi Cu menghambat pertumbuhan tanaman, disebabkan penyerapan nutrisi terhambat akibat cekaman Cu sehingga nutrisi yang diperlukan tanaman tidak terdistribusi baik sampai bagian *shoot* (Maksymiec, 1997). Hal tersebut ditunjukkan

pada penelitian ini pada konsentrasi yang lebih tinggi 120 ppm tinggi tanaman mengalami penurunan tajam.

4.1.2 Pengaruh Cekaman Logam Berat Cu Terhadap Panjang Akar Tanaman *C. frutescens*

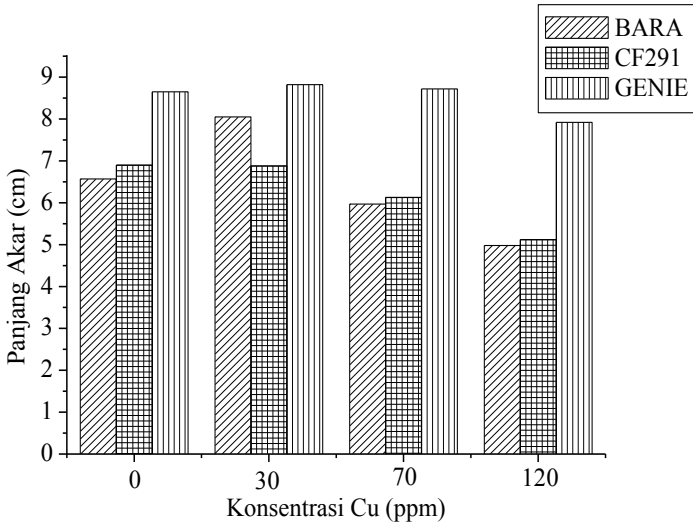
Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman *C. frutescens* var. Bara[®], CF 291, dan Genie[®] mengalami penurunan panjang akar pada perlakuan cekaman Cu dengan konsentrasi tinggi (120 ppm) (Gambar 4.2). Var. CF 291 merupakan varietas yang paling sensitif terhadap cekaman Cu 120 ppm, mengalami penurunan sebesar 25,8% dibandingkan dengan 0 ppm diikuti var. Bara 24,1%, dan var. Genie 8,4%. Hal ini sesuai dengan penelitian Zhao *et al.*, (2010) yang menyatakan bahwa pemberian cekaman Cu dalam konsentrasi 120 mg/L menghambat pertumbuhan akar tanaman *Festuca arundinaceae* hingga 58,5% dibandingkan kontrol. Konsentrasi tembaga (Cu) yang berlebihan bersifat toksik pada tanaman, hal tersebut ditunjukkan pada tanaman *Pisum sativum* yang diberi cekaman Cu mengalami penurunan panjang akar hingga 25% (Piechalak *et al.*, 2008; Yruela, 2005).

Penelitian Manara (2012) juga menyatakan bahwa respon dan aktifitas penyerapan Cu berbeda-beda bergantung pada spesies dan genotip tanaman tersebut. Tanaman *C. frutescens* var. Bara[®] dan Genie[®] memiliki respon positif pada perlakuan dengan cekaman Cu sebesar 30 ppm. Respon positif tersebut ditunjukkan dengan meningkatnya panjang akar masing-masing sebesar 22,5% dan 2,3% dibandingkan dengan var. Bara[®] tanpa perlakuan Cu (Gambar 4.2). Hal ini mengindikasikan bahwa pada konsentrasi tertentu pemberian cekaman Cu meningkatkan aktivitas pembelahan sel pada meristem akar. Hal ini sesuai dengan penelitian Jiang *et al.*, (2001) yang menyatakan bahwa pada konsentrasi Cu 10^{-5} M panjang akar *Zea mays* meningkat dibandingkan kontrol dan pada konsentrasi Cu 10^{-4} , 10^{-3} , dan 10^{-2} M mengalami penurunan. Selain itu, pemberian cekaman Cu sebesar 30 ppm dimungkinkan masih dapat ditoleransi oleh var. Bara[®] dan Genie[®]. Cekaman tersebut kemudian akan mengaktifkan gen

yang mengkode protein pengkelat Cu dalam sel seperti metalothionin dan fitokelatin. Ion Cu yang sudah diikat oleh protein tersebut kemudian akan dibawa dan disimpan di dalam vakuola (Manara, 2012).

Akar merupakan organ tanaman yang paling sensitif terhadap kelebihan Cu, sebab akar berinteraksi langsung terhadap distribusi ion-ion di tanah sehingga berpengaruh terhadap proses transportasi air dan mineral dari tanah ke akar (Ozounidou, 1995). Berdasarkan penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian konsentrasi Cu yang tinggi berdampak pada penghambatan pertumbuhan akar.

Kandungan Cu di lingkungan tersedia dalam jumlah yang rendah, tetapi dapat meningkat pada area perindustrian dan pertanian yang menggunakan pupuk kimia secara berlebihan. Tembaga (Cu) memiliki peranan yang besar dalam jalur metabolisme. Namun, kelebihan Cu dapat menghambat pemanjangan akar dan menyebabkan perubahan morfologi. Efek Cu terhadap morfologi akar ditunjukkan pada tanaman *Zea mays* dengan konsentrasi Cu 10^{-4} M menyebabkan akar bewarna agak kekuningan dan pada konsentrasi Cu 10^{-2} M memperlihatkan akar bewarna kuning-kehijauan dan busuk (Jiang *et al.*, 2001)



Gambar 4.2 Grafik Panjang Akar *C. frustescens* yang Tercekam Logam Berat Tembaga (Cu)

Hasil analisis statistik ANOVA *two way* diperoleh *p.value* sebesar 0,0961. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *p.value* > α (0,05) yang artinya terima H_0 atau tidak ada pengaruh antara variasi varietas *C. frustescens* dan konsentrasi cekaman logam berat Cu terhadap panjang akar. Berdasarkan Tabel 4.2 var. CF 291 menunjukkan tren penurunan panjang akar sebesar 0,2%, 11,1%, dan 25,8% pada konsentrasi cekaman Cu 30, 70, dan 120 ppm. Hal tersebut disebabkan, cekaman Cu menyebabkan perubahan struktur dinding sel akar semakin menebal sebagai akibat adanya lignifikasi. Meningkatnya biosintesa lignin terjadi sebagai respon akumulasi radikal bebas pada sel akar (Feigl *et al.*, 2013). Penebalan dinding sel menyebabkan aktivitas transport air dan mineral dari dalam tanah terganggu.

Tabel 4.2 Pengaruh Cekaman Logam Berat Cu Terhadap Panjang Akar Tanaman *C. frutescens*

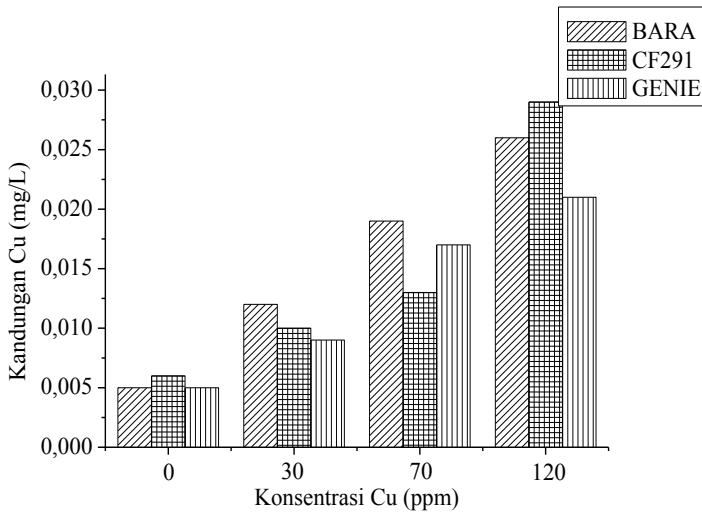
Varietas	Konsentrasi (ppm)	Rerata Panjang Akar (cm) \pm SE
BARA [®]	0	6,6 \pm 0,611
	30	8,1 \pm 0,854
	70	6,0 \pm 0,621
	120	5,0 \pm 0,621
CF 291	0	6,9 \pm 0,708
	30	6,9 \pm 0,647
	70	6,1 \pm 0,747
	120	5,1 \pm 0,535
GENIE [®]	0	8,6 \pm 0,455
	30	8,8 \pm 0,716
	70	8,7 \pm 0,612
	120	7,9 \pm 0,476

Keterangan: angka (Mean \pm SE) yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda secara nyata pada taraf 5% uji *Tukey*.

4.2 Pengamatan respon fisiologis

4.2.1 Kandungan Logam Berat Cu pada Akar Tanaman *C. frutescens* Terhadap Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu)

Analisa kandungan logam berat tembaga (Cu) dilakukan bertujuan untuk mengetahui akumulasi Cu pada tanaman. Dalam penelitian ini organ tanaman yang dianalisa adalah akar tanaman *C. frutescens* var. Bara[®], CF 291, dan Genie[®], sebab akar merupakan organ tanaman yang berinteraksi langsung dengan logam berat di tanah (Zhao *et al.*, 2010). Berikut hasil analisis kandungan logam berat Cu pada akar tanaman *C. frutescens* var. Bara[®], CF 291, dan Genie[®] (Gambar 4.3)



Gambar 4.3 Grafik Kandungan Logam Berat pada Akar Tanaman *C. frutescens* yang Tercekam Logam Berat Tembaga (Cu)

Berdasarkan hasil analisis, kandungan logam berat Cu pada akar tanaman *C. frutescens* var. Bara[®], CF 291, dan Genie[®] mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya konsentrasi Cu yang diberikan (Gambar 4.3). Akumulasi Cu tertinggi diperoleh pada semua varietas *C. frutescens* yang diberi perlakuan cekaman Cu pada konsentrasi 120 ppm. Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan panjang akar yang menunjukkan bahwa ketiga varietas *C. frutescens* tersebut sensitif terhadap konsentrasi Cu 120 ppm. Sensifitas tersebut dapat terjadi karena terakumulasinya logam berat Cu secara berlebih pada akar tanaman yang diberi perlakuan cekaman Cu 120 ppm. Berdasarkan penelitian Zhao *et al.* (2010) menunjukkan bahwa akumulasi Cu lebih banyak di bagian akar daripada daun, mengindikasikan akar lebih sensitif terhadap cekaman Cu.

Analisa statistik menggunakan ANOVA *two way* dilakukan untuk mengetahui pengaruh antara variasi varietas dan konsentrasi. Hasil ANOVA *two way* menunjukkan *p.value* > α (0,05) yaitu 0,980 sehingga menghasilkan hipotesa terima H_0 atau tidak ada pengaruh antara variasi var. *C. frutescens* dan konsentrasi cekaman logam berat Cu terhadap kandungan logam berat Cu pada akar (Tabel 4.3).

Tabel 4.3 Kandungan Logam Berat Pada Akar Tanaman *C. frutescens* yang Tercekam Logam Berat Tembaga (Cu)

Varietas	Konsentrasi (ppm)	Rerata Kandungan Cu (mg/L) \pm SE
BARA [®]	0	0,005 \pm 0,000
	30	0,012 \pm 0,071
	70	0,019 \pm 0,100
	120	0,026 \pm 0,070
CF 291	0	0,006 \pm 0,029
	30	0,010 \pm 0,063
	70	0,013 \pm 0,050
	120	0,029 \pm 0,000
GENIE [®]	0	0,005 \pm 0,000
	30	0,009 \pm 0,058
	70	0,017 \pm 0,093
	120	0,021 \pm 0,053

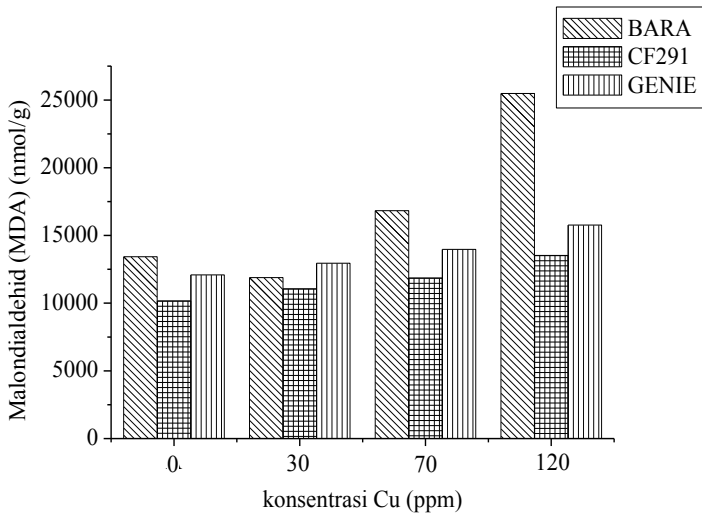
Keterangan: angka (Mean \pm SE) yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda secara nyata pada taraf 5% uji *Tukey*.

4.2.2 Analisa kandungan malondialdehid (MDA)

Malondialdehid (MDA) merupakan salah satu produk membran peroksidasi lipid yang terakumulasi ketika tanaman mengalami stress oksidatif. Stress oksidatif terjadi pada tanaman yang mengalami cekaman lingkungan baik biotik maupun abiotik. *Reactive oxygen species* (ROS) akan terbentuk dalam jumlah besar sebagai respon adanya cekaman tersebut, sehingga dapat merusak

susunan protein, lipid, dan DNA. Pengukuran kandungan MDA digunakan sebagai indikator peroksidasi lipid di bawah kondisi cekaman (Meng *et al.*, 2007). Berdasarkan hasil penelitian tanaman *C. frutescens* var. Bara[®], CF 291, dan Genie[®] mengalami tren peningkatan kandungan MDA pada kondisi cekaman Cu dengan konsentrasi 0, 30, 70, dan 120 ppm (Gambar 4.4).

Peningkatan tajam kandungan MDA tanaman *C. frutescens* var. Bara[®], CF 291, dan Genie[®] ditunjukkan pada konsentrasi cekaman Cu 120 ppm. Namun, pada konsentrasi cekaman Cu 30 ppm, kandungan MDA var. Bara lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian Cu (Gambar 4.4). Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan panjang akar dan tinggi tanaman pada varietas tersebut yang menunjukkan adanya respon positif terhadap pemberian Cu 30 ppm. Hal ini mengindikasikan bahwa tingkat kerusakan membran lipid pada varietas tersebut rendah.



Gambar 4.4 Grafik Kandungan MDA pada Daun Tanaman *C. frutescens* yang Tercekam Logam Berat Tembaga (Cu).

Hasil analisis statistik dengan menggunakan ANOVA *two way* menunjukkan *p.value* sebesar 0,959 artinya *p.value* > α (0,05) yaitu terima H_0 atau tidak ada pengaruh nyata antara variasi Var. *C. frutescens* dan konsentrasi cekaman logam berat Cu terhadap kandungan MDA (Tabel 4.4). Berdasarkan (Tabel 4.4) kandungan MDA paling tinggi ditunjukkan pada tanaman *C. frutescens* Var. Bara[®] pada konsentrasi cekaman Cu 120 ppm sebesar 25480,8 nmol/g, Genie[®] 15769, 2 nmol/g dan CF 291 13525,6 nmol/g. Namun, tanaman *C. frutescens* var. Bara[®] dibandingkan tanaman *C. frutescens* var. CF 291 dan Genie[®] tidak mengalami tren peningkatan kandungan MDA yang bagus, sebab pada konsentrasi cekaman Cu 30 ppm mengalami penurunan (Tabel 4.4).

Semakin tinggi pemberian konsentrasi yang diberikan semakin tinggi kandungan MDA. Liu *et al.*, (2014) melaporkan pada tanaman *Zea mays* di bawah kondisi cekaman Cu, kandungan MDA mengalami tren peningkatan. Pada konsentrasi cekaman Cu 5000 $\mu\text{mol/L}$ dan 1000 $\mu\text{mol/L}$ kandungan MDA meningkat tajam mencapai 50-100% dibandingkan dengan konsentrasi Cu 1, 10, dan 100 $\mu\text{mol/L}$ rata-rata hanya 10-15%.

Kandungan MDA yang meningkat terhadap konsentrasi cekaman Cu menunjukkan kerusakan yang signifikan pada struktur dan fungsi sel membran. Daun yang mengalami cekaman oksidatif menyebabkan peningkatan radikal bebas pada membran lipid peroksidasi (Liu *et al.*, 2014).

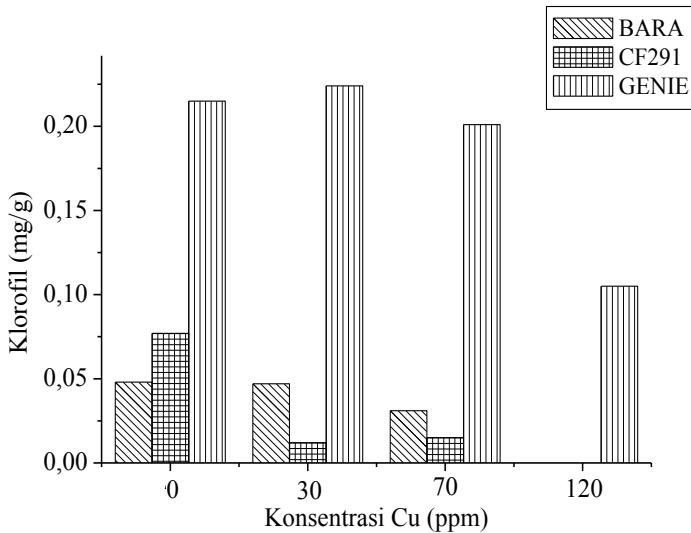
Tabel 4.4 Kandungan MDA pada Daun Tanaman *C. frutescens* yang Tercekam Logam Berat Tembaga (Cu)

Varietas	Konsentrasi (ppm)	Rerata Kandungan MDA (nmol/g) \pm SE
BARA [®]	0	13429,5 \pm 40,114
	30	11891,0 \pm 20,751
	70	16826,9 \pm 20,751
	120	25480,8 \pm 117,096
CF 291	0	10160,3 \pm 17,165
	30	11057,7 \pm 10,645
	70	11859,0 \pm 11,661
	120	13525,6 \pm 9,521
GENIE [®]	0	12083,3 \pm 24,737
	30	12948,7 \pm 30,109
	70	13974,4 \pm 17,813
	120	15769,2 \pm 15,054

Keterangan: angka (Mean \pm SE) yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda secara nyata pada taraf 5% uji *Tukey*.

4.2.3 Analisa kandungan klorofil

Kandungan klorofil total antara ketiga tanaman *C. frutescens* var. Bara[®], CF 291, dan Genie[®] mengalami tren penurunan terhadap konsentrasi cekaman Cu 0, 30, 70, dan 120 ppm. Tanaman *C. frutescens* var. Bara[®], CF 291, dan Genie[®] mengalami penurunan tajam pada konsentrasi 120 ppm dibandingkan dengan 0 ppm Cu (Gambar 4.5). Hal tersebut disebabkan konsentrasi Cu yang tinggi menyebabkan terganggunya biosintesa klorofil. Kandungan klorofil yang rendah akan mengakibatkan laju fotosintesis menjadi rendah. Hal tersebut berdampak pada menurunnya produktivitas tanaman (Dey *et al.*, 2014).



Gambar 4.5 Grafik Kandungan Klorofil pada Daun Tanaman *C. frutescens* yang Tercekam Logam Berat Tembaga (Cu)

Hasil analisis statistik disajikan dalam (Tabel 4.5) menggunakan ANOVA *two way* menunjukkan *p.value* 0,986, *p.value* > α (0,05) artinya terima H_0 atau tidak ada pengaruh nyata antara variasi varietas *C. frutescens* dan konsentrasi cekaman logam berat Cu terhadap kandungan klorofil total. Penurunan kandungan klorofil total secara berturut-turut ditunjukkan *C. frutescens* var. Bara[®], CF 291, dan Genie[®] pada konsentrasi cekaman Cu 120 ppm. Secara keseluruhan kandungan klorofil total tanaman *C. frutescens* var. Bara[®], CF 291, dan Genie[®] mengalami tren penurunan jika dibandingkan tanaman dengan pemberian 0 ppm Cu. Hal ini sesuai dengan penelitian Dey *et al.*, (2014) yang menyatakan bahwa tanaman *Camelia sinensis* mengalami penurunan kandungan klorofil total sebagai respon peningkatan konsentrasi cekaman Cu dari 0 μ M (kontrol) sampai 600 μ M.

Tabel 4.5 Kandungan Klorofil Total pada Daun Tanaman *C. frutescens* yang Tercekam Logam Berat Tembaga (Cu)

Varietas	Konsentrasi (ppm)	Rerata Kandungan Klorofil Total (mg/g) \pm SE
BARA [®]	0	0,047 \pm 0,139
	30	0,046 \pm 0,050
	70	0,030 \pm 0,034
	120	0,000 \pm 0,000
CF 291	0	0,077 \pm 0,058
	30	0,011 \pm 0,152
	70	0,015 \pm 0,124
	120	0,000 \pm 0,000
GENIE [®]	0	0,214 \pm 0,012
	30	0,224 \pm 0,042
	70	0,200 \pm 0,079
	120	0,105 \pm 0,050

Keterangan: angka (Mean \pm SE) yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda secara nyata pada taraf 5% uji *Tukey*.

Cekaman logam berat Cu dapat mengganggu aktivitas fotosintesis dengan menginaktivasi enzim dan protein terkait (Dey *et al.*, 2014), seperti ribulose-1,5-biophosphate carboxylase dan phospo-enolpyruvate carboxylase (Jiang *et al.*, 2001). Perubahan struktur dan komposisi membran tilakoid akibat kondisi cekaman menyebabkan kandungan klorofil rendah (Yruela, 2005). Namun, pada tanaman Cu merupakan kofaktor untuk plastocianin dalam bentuk *Copper/Zinc Superoxide Dismutase* (Cu/ZnSOD) yang berperan dalam menjaga stabilitas kloroplas (Burkhead *et al.*, 2009).

BAB V

KESIMPULAN dan SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Interaksi antara jenis varietas *C. frutescens* dan variasi konsentrasi cekaman logam berat Cu berpengaruh terhadap tinggi tanaman. var. CF 291 merupakan tanaman yang paling sensitif terhadap cekam Cu 120 ppm ($9,8 \pm 0,750$ cm).
2. Interaksi antara jenis varietas *C. frutescens* dan variasi konsentrasi cekaman Cu berdampak pada penurunan panjang akar. Tren penurunan yang paling rendah ditunjukkan var. CF 291 pada konsentrasi 120 ppm sebesar $5,1 \pm 0,535$ cm.
3. Kandungan Cu pada akar tanaman *C. frutescens* menunjukkan tren peningkatan terhadap konsentrasi cekaman Cu yang diberikan. Kandungan Cu tertinggi hingga terendah ditunjukkan oleh *C. frutescens* var. CF 291, Bara, dan Genie pada konsentrasi 120 ppm.
4. Kandungan Malondialdehid (MDA) pada akar tanaman *C. frutescens* var. Bara, CF 291, dan Genie meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi Cu yang diberikan. Kandungan MDA dari yang paling tinggi hingga rendah pada konsentrasi 120 ppm adalah Var. Bara, Genie, dan CF 291.
5. Respon kandungan klorofil tanaman *C. frutescens* var. Bara, CF 291, dan Genie mengalami tren penurunan terhadap konsentrasi cekaman Cu. Secara berturut-turut kandungan klorofil paling rendah ditunjukkan tanaman *C. frutescens* var. CF 291, Bara, dan Genie.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan setelah dilakukan penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian dengan variasi konsentrasi cekaman Cu dengan rentan yang lebih tinggi sehingga dapat diketahui batas maksimum sensitifitas tiap varietas dengan parameter pengamatan yang berbeda.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, M.S.A., Hussain, M., Ijaz, S., dan Alvi, A.K., 2008. Photosynthetic Performance of Two Mung Bean (*Vigna radiata*) Cultivars Under Lead and Copper Stress. **Int. J. Agric. Biol.** 10:167-172.

Alaoui, S.B., Genet, P., Vinit-Dunand, F., Toussaint, M.L., Epron, D., dan Badot, P.M. 2004. Effect of Copper on Growth in Cucumber Plants (*Cucumis sativus*) And Its Relationship with Carbohydrate Accumulation and Changes in Ion Contents. **Plant Science** 166: 1213-1218.

Alloway, B.J. 1995. Soil Processes and The Behavior of Metals. **Heavy Metals in Soil** 38-57.

Alvarez-Rellan, R., Ortega-Villasante, C., Alvarez-Fernandez, A., del Campo, F.F., dan Hernandez, L.E. 2006. Stress Response of Zea Mays to Cadmium and Mercury. **Plant and Soil**. Spain: Laboratory of Plant Physiology, Departement of Biology, Univeridad Autonoma of Madrid.

Astawan, M. 2005. Awas Koran Bekas! **Kompas Cyber Media**. <<http://www.kompas.com>> [9 Februari 2015].

Anonim¹. 2015. Plants A Future. <www.pfaf.org> [15 Februari 2015].

Bacon, J. R dan Dinev, N. S. 2005. Isotopic Characterisation of Lead in Contaminated Soils from The Vicinity of A Non-Ferrous Metal Smelter Near Plovdiv. **Environ. Pollut.**, 134(2): 247-255. Bulgaria.

Badan Pusat Statistik. 2013. Produksi Cabai Besar, Cabai Rawit, dan Bawang Merah Tahun 2012. **Berita Resmi Statistik** No. 54/08/Th. XVI.

Baryla, A., Laborde, C., Montillet, J.L., Triantaphylides, C., dan Chagvardieff, P. 2000. Evaluation of Lipid Peroxidation as A Toxicity Bioassay for Plants Exposed to Copper. **Environ Pollut.** 109:131–135.

Bi, X., Feng, X., Yang, Y., Qui, G, Li, G., Li, F., Liu, T., Fu, Z., dan Jin, Z. 2006. Environmental Contamination of Heavy Metals from Zinc Smelting Areas in Hezhang County, Western Guizhou, China. **Environment International** 32: 883–890.

Burkhead, J. L., Reynolds, K.A.G., Abdel-Ghany, S.E., Cohu, C.M., dan Pilon, M. 2009. *Tansley Review* Copper Homeostasis. **New Phytologist** 182: 799-816. USA: Biology Department, Colorado State University .

Cahyono, B. 2003. **Teknik Budi Daya dan Analisis Usaha Tani Cabai Rawit**. Yogyakarta: Kanisius.

Chang, H. Y., Sun, B. Y., dan Liu, C. S. 2000. Advances in The Study of Plants copper Toxicity. **J. Shandong Agric. Univ. (Nat. Sci.)** 31: 227–230.

Charlena, 2004. Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Sayur-sayuran. **Falsafah Sains**. Program Pascasarjana S3 IPB.

Cuyers, A., Vangronsveld. J., dan Clijsters, H. 2000. Biphasic Effect of Copper on The Ascorbate Glutathione Pathway in Primary Leaves of Phaseolus Vulgaris Seedlings During The Early Stages of Metal Assimilation. **Physiol Plant.** 110: 512-517.

Chaffai, R., Seybou, T.N., Marzouk, B., dan EI Ferjani, E. 2009. A Comparative Analysis of Fatty Acid Composition of Root and Shoot Lipids in *Zea mays* Under Copper and Cadmium Stress. **Acta Biol. Hung.**, 60: 109-125.

Dey, S., Mazumder, P.B., dan Paul, S.B. 2014. Effect of Copper Growth and Chlorophyll Content In The Tea Plants (*Camelia Sinensis* (L.) O. Kuntze). **International Journal of Research in Applied, Natural and Social Science (IMPACT Journal)**. India: Plant Biotechnology Laboratory. Departement of Biotechnology. Assam University.

Dorsey dan Alfred. 2004. Toxicological Profile for Copper. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Division of Toxicology. Atlanta. Georgia.

Feigl, G., Kumar, D., Lehotai, N., Tugyi, N., Molnar, A., Ordog, A., Szepesi, A., Gemes, K., Lasky, G., Erdei, L., dan Kolbert, Z. 2013. Physiological and Morphological Responses Of The Root System Of Indian Mustard (*Brassica juncea* L. Czern.) and Repeseed (*Brassica napus* L.) to Copper Stress. **Ecotoxicology and Enviromental Safety** 94 179-189. Assam University: India.

Fidalgo, F., Azenha, Manuel., Silva, A.F., de Sousa, A., Santiago, A., Ferraz, P., dan Teixeira, J. 2013. Copper-Induced Stress in *Solanum ningrum* L. and Antioxidant Defense System Responses. **Food and Energy Security** 2(1): 70-80.

Halliwell, B. 2006. Reactive Species and Antioxidants: Redox Biology is A Fundamental Theme of Aerobic Life. **Plant physiol** 141: 312-322.

HSDB (Hazardous Substance Data Bank). 2008. U.S. National Library of Medicine. <<http://toxnet.nlm.nih.gov>> [3 Januari 2015].

Jia-kuan, X., Lian-xin, Y., Zi-qing, W., Gui-chun, D., Jian-ye, H., dan Yu-long, W. 2005. Effect of Soil Copper Concentration on Growth, Development and Yield Formation of Rice (*Oryza sativa*). **Rice Science** 12 (2): 125-132. China: Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province, Yangzhou University.

Jiang, W., Liu, D., dan Liu, X. 2001. Effect of Copper on Root Growth, Cell division, and Nucleus of *Zea mays*. **Biologia Plantarum** 44 (1): 105-109. Tianjin Normal University: China.

Kabata-Pendias, A dan Pendias, H. 2001. **Trace Elements In Soil** 3rd Ed. London, New York: CRC Press.

Kevin, C., Hannah K., dan Zhang, J. 2006. An Integrated View of Oxidative Stress in Aging: Basic Mechanisms, Functional Effects, and Pathological Consideration. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**. 292: R18-R36.

Kiaune, L dan Singhasemanon, N. 2011. Pesticidal Copper (I) Oxide: Enviromental Fate and Aquatic Toxicity. **Reviews of Enviromental Contamination and Toxicology**. USA: Department of Pesticide Regulation, California Enviromental Protection Agency.

Lepp, N.W. 1981. **Effect of Heavy Metal Pollution on Plants** Vol 1. London, UK: Effect of Trace Metals on Plant Function, Applied Science Publishers.

Liu, D, T.Q.Li, X.E.Yang, E.Islam, X.F.Jin, dan Q.Mahmood. 2008. Effect of Pb on Leaf Antioxidant Enzyme Activities and Ultrastructure of the Two Ecotypes of *Sedum alfredii* Hance. China.

Liu, J.J., Wei, Z., dan Li, J.H. 2014. Effect of Copper on Leaf Membrane Structure and Root Activity of Maize Seedling. **Botanical Studies a Springer Open Journal** 55:47. China.

Lombardi, L., dan Sebastiani, L. 2004. Copper Toxicity in *Prunus cerasifera*: Growth and Antioxidant Enzymes response of *In Vitro* Grown Plants. **Plant Science** 168: 797-802. Italy : S. Anna University, Agricultural Science.

Manara, A. 2012. Plant Responses to Heavy Metal Toxicity. **Plant and Heavy Metal, Springer Brief in Biometal**. Italia: Department of Biotechnology, University of Verona.

Mercuriani, I.S. 2006. Isolasi Gen-Gen Pada Tanaman yang Ekspresinya Diinduksi oleh Cekaman Lingkungan. **Seminar Nasional MIPA**. Yogyakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam UNY.

Meenakshi, C., Umesh, K.J. Mohammed, A.K., Sunaina, Z., dan Tasneem, F. 2006. Effect of Heavy Metal Stress On Proline, Malondialdehyd, and Superoxide Dismutase Activity in the Cyanobacterium *Spirulla plantensis*-S5. **Ecotoxicology and Environmental Safety**: 66(2): 204-209.

Meng, Q., Zou, J., Zou, J., Jiang, W., dan Liu, D. 2007. Effect of Cu^{2+} Concentration on Growth, Antioxidant Enzyme Activity, and Malondialdehyde Content in Garlic (*Allium sativum* L.). **Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica** 49/1: 95-101. China: Departement of Biology, College of Chemistry and Life Science. Tianjin Normal University.

Merian, E. 1994. **Toxic Metal In The Environment**. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft.

Munarso, J., Suismono, Murtiningsih, Misgyarta, R., Nurdjannah, Widaningrum, M., Hadipernata, L., Sukarno, Danuarsa, Wahyudiono. 2005. Identifikasi Kontaminan dan Perbaikan Mutu Sayuran. **Laporan Akhir Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian**. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.

Ouzounidou, G., Ciamporova, M., Moustakas, M., dan Karataglis, S. 1995. Responses of Maize (*Zea mays*) Plants to Copper Stress Growth, Mineral Content and Ultrastructure of Roots. **Enviromental and Experiment Botany**, Vol. 35, No. 2pp. Departement of Botany, Aristotle of Thessaloniki: Republik Slovakia.

Piechalak, A., Hanc, A., Baralkiewicz, D., Malecka, A., dan Tomaszewska, B. 2008. Influence of Heavy Metal Ions on the Nutrition Composition, Pytochelatin Biosynthesis and Growth of *Pisum sativum*. Mickiewicz University: Polandia.

Reyes-Escogido, M. L., Gonzales-Mondragon, G., dan Vazquez-Tzompantzi, E. 2011. Chemical and Pharmacological Aspects of Capsicin. **Molecules** 16: 1253-1270. Mexico.

Rosmarkam, A dan Yuwono, N.W. 2002. **Ilmu Kesuburan Tanah**. Jakarta: Kanisius.

Salisbury, F dan Ross, C.W. 1992. **Fisiologi Tumbuhan**. Bandung: Penerbit ITB.

Singh, A., Lawrence, K., Pandit, S., dan Lawrence, R.S. 2014. Response of Leaves, Stems, and Roots of *Whitania somnifera* to Copper Stress. **International Journal of Plant, Animal, and Enviromental Sciences** Volume 4. India: Departemen of Biochemistry and Biochemical Engineering, Department of

Chemistry, Sam Higginbottom Institute of Agriculture, Technology and Sciences.

Singh, O.V., Labana, S., Pandey, G., Budhiraja, R., dan Jain, R.K. 2003. Phytoremediation: An Overview of Metallicion Decontamination from Soil. **Applied Microbiology and Biotechnology** 61: 405-412.

Sudo, E., Itouga, M., Yoshida-Hatanaka, K., Ono, Y., dan Sakakibara, H. 2008. Gene Expression and Sensitivity in Response to Copper Stress in Rice Leaves. **J. Exp. Bot.**, 59: 3465-3474.

Souguir, D., Ferjani, E., Ledoigt, G., dan Goupil, P., 2008. Exposure of *Vicia faba* and *Pisum Sativum* to Copper-induced Genotoxicity. *Protoplasma*, 233: 203-207.

Taiz, L dan Zeiger, E. 1991. **Plant Physiology**. California: The Benjamin/ Cummings Publishing Company, Inc.

Tjitrosoepomo, G. 2010. **Taksonomi Tumbuhan Spermatophyta**. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Wang, S.H., Yang, Z.M., Yang, H., Lu, B., Li, S.Q, dan Lu, Y.P. 2004. Copper-Induced Stress and Antioxidative Response in Roots of *Brassica juncea* L. **Bot. Bull. Acad. Sin** 45: 203-212. China: Nanjing Agricultural University.

Widianingrum, Miskiyah, dan Suismono. 2007. Bahaya Kontaminasi Logam Berat dalam Sayuran dan Alternatif Pencegahan Cemarannya. **Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian** Vol.3. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.

Widoretno, S. 2003. Pengaruh Penambahan Nitrat dan Cu Terhadap Konsentrasi Cu dalam Organ *Arachis hypogea* L. **Bio SMART** Volume 5 (2): 94-97. Universitas Sebelas Maret.

Yruela, I. 2005. Copper In Plants. **Braz. J. Plant Physiol**, 17(1): 145-156.

Zhao, S., Liu, Qing., Qi,Y., dan Duo, L. 2010. Response of Root Growth and Protective Enzymes to Copper Stress in Turfgrass. **Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica** 52/2: 7-11. China: Collage of Life Sciencies.Tianjin Normal University.

Zheng, Y., Wang, L., dan Dixon, M. 2005. Green House Pepper Growth and Yield Response to Copper Application. **Hort Science** Vol 40 (7): 2132-2134. Canada: Controlled Enviromental System Research Facility, Department of Enviromental Biology, University of Guelph.

Lampiran 1. Dokumentasi *Capsicum frutescens* Varietas Bara dan CF 291



Gambar. *C. frutescens* var. Bara Umur 30 Hari



Gambar. *C. frutescens* var. CF 291 Umur 30 Hari



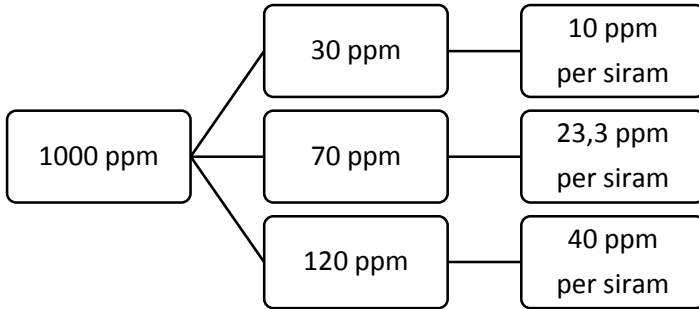
Gambar. *C. frutescens* var. Genie (A) Umur 14 Hari (B) Umur 30 Hari

Lampiran 2. Perhitungan Konsentrasi Larutan Cu

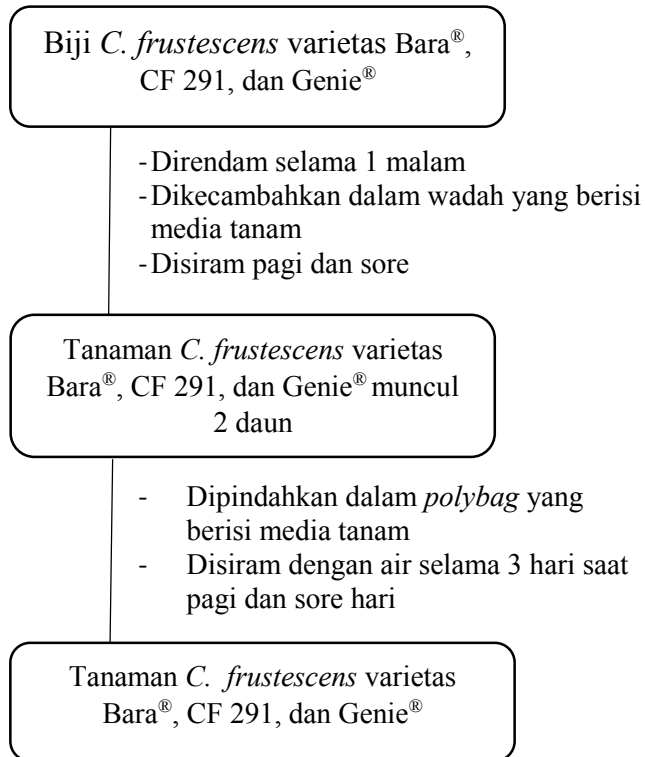
Dari larutan stok Cu 1000 ppm diencerkan hingga mendapatkan variasi konsentrasi 0, 30, 70, dan 120 ppm

- ✓ $M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$
 $1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 0 \text{ ppm} \cdot 1000 \text{ ml}$
 $V_1 = 0 \text{ ml}$
- ✓ $M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$
 $1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 30 \text{ ppm} \cdot 1000 \text{ ml}$
 $V_1 = 30 \text{ ml}$
- ✓ $M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$
 $1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 70 \text{ ppm} \cdot 1000 \text{ ml}$
 $V_1 = 70 \text{ ml}$
- ✓ $M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$
 $1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 120 \text{ ppm} \cdot 1000 \text{ ml}$
 $V_1 = 120 \text{ ml}$

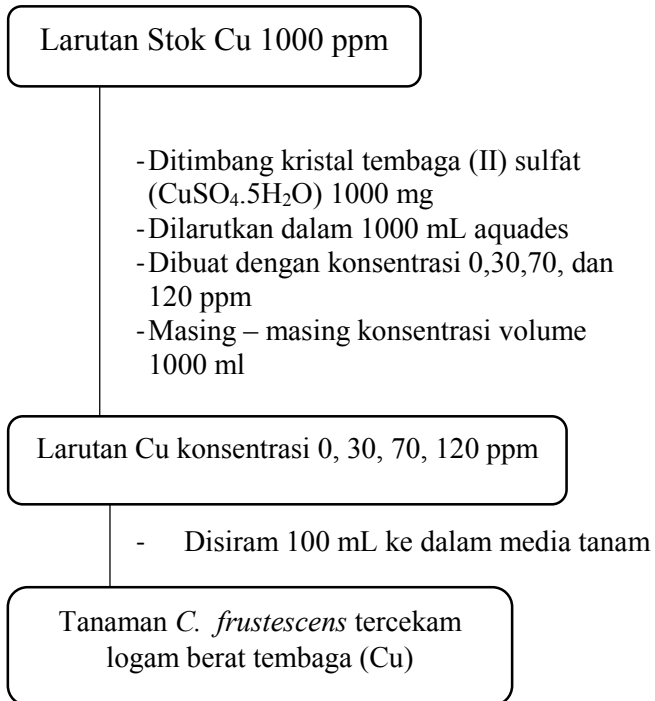
Lampiran 3. Skema Pembuatan Larutan Cu



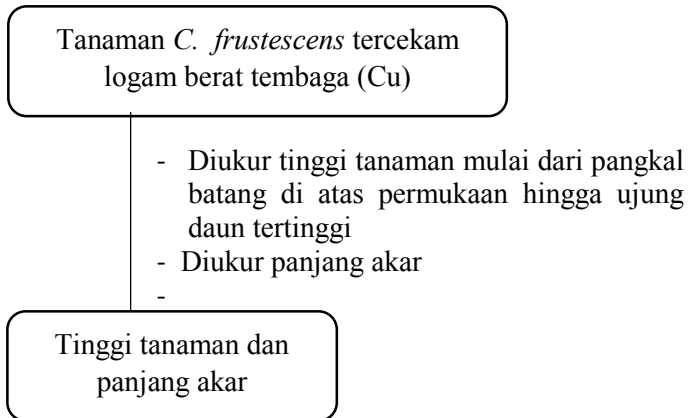
Lampiran 4. Pengecambahan Biji Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)



Lampiran 5. Cekaman logam berat tembaga (Cu)



Lampiran 6. Pengamatan respon pertumbuhan



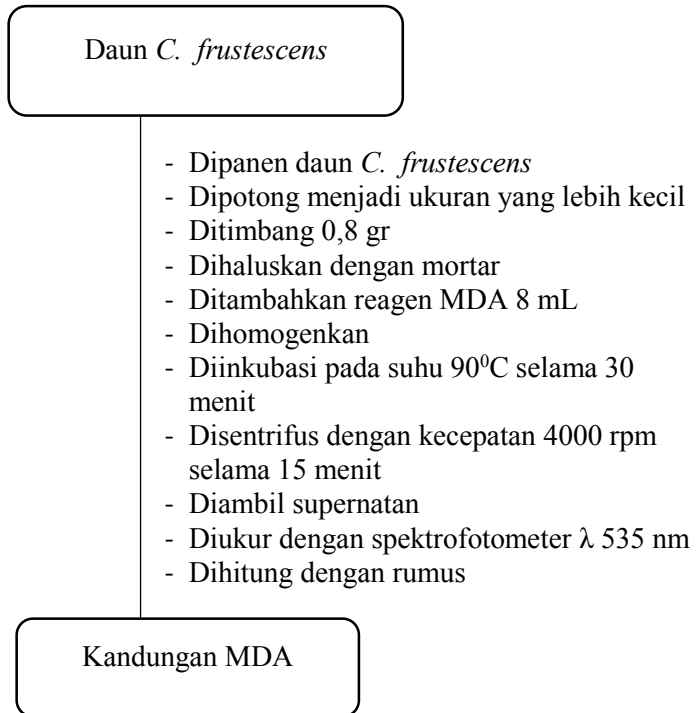
Lampiran 7. Analisa kandungan logam berat tembaga (Cu)

Tanaman *C. frutescens* tercekam logam berat tembaga (Cu)

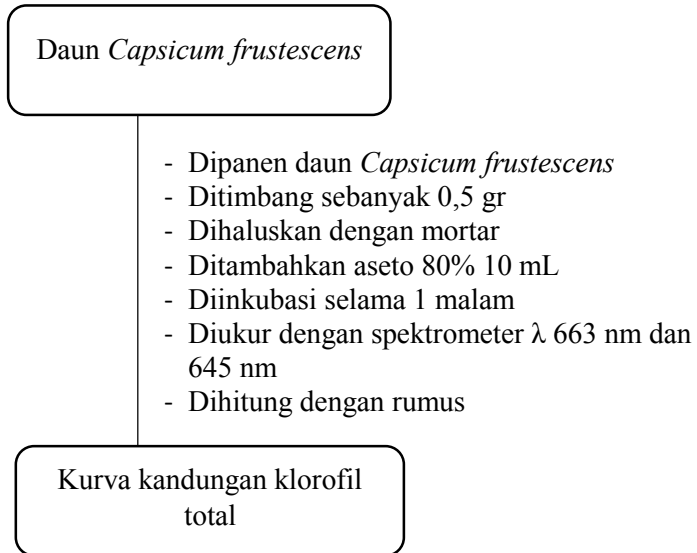
- Dipanen akar tanaman *C. frutescens*
- Ditimbang sebanyak 0,5 gr
- Dihaluskan dengan mortar
- Ditambahkan HCl dan HNO₃ masing-masing 7,5 mL dan 2,5 mL
- Dipanaskan dengan suhu 60⁰-70⁰ C selama 10 menit
- Ditambahkan HNO₃ 5 mL
- Ditambahkan aquades hingga volume 100 mL
- Disentrifuse dengan kecepatan 3500-4000 rpm selama 10menit
- Diambil supernatan

Kandungan logam berat

Lampiran 8. Analisa kandungan malondialdehid (MDA)



Lampiran 9. Analisa kandungan klorofil



Lampiran 10. Hasil analisis statistik ANOVA *two-way* pada tinggi tanaman

General Linear Model: Hasil versus Varietas; Konsentrasi

Factor	Type	Levels	Values
Varietas	fixed	3	1; 2; 3
Konsentrasi	fixed	4	1; 2; 3; 4

Analysis of Variance for Hasil, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Varietas	2	39,931	39,931	19,965	14,84	0,001
Konsentrasi	3	16,627	16,627	5,542	4,12	0,032
Varietas*						
Konsentrasi	6	50,980	50,980	8,497	6,31	0,003
Error	12	16,147	16,147	1,346		
Total	23	123,684				

S = 1,15998 R-Sq = 86,95% R-Sq(adj) = 74,98%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Varietas	Konsentrasi	N	Mean	Grouping
1	2	2	16,0	A
1	4	2	15,9	A
3	1	2	14,6	A B
1	1	2	14,3	A B C
3	3	2	14,2	A B C
2	1	2	12,7	A B C
3	4	2	12,2	A B C
3	2	2	11,8	A B C
2	2	2	11,2	B C
2	3	2	10,4	B C
1	3	2	10,1	B C
2	4	2	9,8	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 11. Hasil analisis statistik ANOVA *two-way* pada panjang akar

**General Linear Model: Hasil versus Varietas;
Konsentrasi**
**General Linear Model: hasil versus varietas;
konsentrasi**

Factor	Type	Levels	Values
varietas	fixed	3	1; 2; 3
konsentrasi	fixed	4	1; 2; 3; 4

Analysis of Variance for hasil, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
varietas	2	25,913	25,913	12,956	5,13	0,025
konsentrasi	3	11,755	11,755	3,918	1,55	0,252
varietas*						
konsentrasi	6	3,415	3,415	0,569	0,23	0,961
Error	12	30,324	30,324	2,527		
Total	23	71,40				

S = 1,58966 R-Sq = 57,53% R-Sq(adj) = 18,61%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

varietas	konsentrasi	N	Mean	Grouping
3	2	2	8,8	A
3	3	2	8,7	A
3	1	2	8,7	A
1	2	2	8,1	A
3	4	2	7,9	A
2	1	2	6,9	A
2	2	2	6,9	A
1	1	2	6,6	A
2	3	2	6,1	A
1	3	2	6,0	A
2	4	2	5,1	A
1	4	2	5,0	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 12. Hasil analisis statistik ANOVA *two-way* pada kandungan logam berat Cu pada akar

General Linear Model: Hasil versus Varietas; Konsentrasi

Factor	Type	Levels	Values
Varietas	fixed	3	1; 2; 3
Konsentrasi	fixed	4	1; 2; 3; 4

Analysis of Variance for Hasil, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Varietas	2	0,0000230	0,0000230	0,0000115	0,13	0,880
Konsentrasi	3	0,0013553	0,0013553	0,0004518	5,06	0,017
Varietas*						
Konsentrasi	6	0,0000920	0,0000920	0,0000153	0,17	0,980
Error	12	0,0010712	0,0010712	0,0000893		
Total	23	0,0025416				

S = 0,00944802 R-Sq = 57,85% R-Sq(adj) = 19,22%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Varietas	Konsentrasi	N	Mean	Grouping
2	4	2	0,0	A
1	4	2	0,0	A
3	4	2	0,0	A
1	3	2	0,0	A
3	3	2	0,0	A
2	3	2	0,0	A
1	2	2	0,0	A
2	2	2	0,0	A
3	2	2	0,0	A
2	1	2	0,0	A
3	1	2	0,0	A
1	1	2	0,0	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 13. Hasil analisis statistik ANOVA *two-way* pada kandungan MDA pada akar

General Linear Model: Hasil versus Varietas; Konsentrasi

Factor	Type	Levels	Values
Varietas	fixed	3	1; 2; 3
Konsentrasi	fixed	4	1; 2; 3; 4

Analysis of Variance for Hasil, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Varietas	2	112344195	112344195	56172098	0,88	0,442
Konsentrasi	3	160447314	160447314	53482438	0,83	0,501
Varietas*						
Konsentrasi	6	88424214	88424214	14737369	0,23	0,959
Error	12	769762903	769762903	64146909		
Total		23	1130978626			

S = 8009,18 R-Sq = 31,94% R-Sq(adj) = 0,00%

Means that do not share a letter are significantly different.

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Varietas	Konsentrasi	N	Mean	Grouping
1	4	2	25480,8	A
1	3	2	16826,9	A
3	4	2	15769,2	A
3	3	2	13974,4	A
2	4	2	13525,6	A
1	1	2	13429,5	A
3	2	2	12948,7	A
3	1	2	12083,3	A
1	2	2	11891,0	A
2	3	2	11859,0	A
2	2	2	11057,7	A
2	1	2	10160,3	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 14. Hasil analisis statistik ANOVA *two-way* pada kandungan klorofil

General Linear Model: Hasil versus Varietas; Konsentrasi

Factor	Type	Levels	Values
Varietas	fixed	3	1; 2; 3
Konsentrasi	fixed	4	1; 2; 3; 4

Analysis of Variance for Hasil, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Varietas	2	0,0087958	0,0087958	0,0043979	10,31	0,002
Konsentrasi	3	0,0017250	0,0017250	0,0005750	1,35	0,305
Varietas*						
Konsentrasi6	6	0,0003788	0,0003788	0,0000631	0,15	0,986
Error	12	0,0051175	0,0051175	0,0004265		
Total	23	0,0160170				

S = 0,0206509 R-Sq = 68,05% R-Sq(adj) = 38,76%

Grouping Information Using Tukey Method and 95,0% Confidence

Varietas	Konsentrasi	N	Mean	Grouping
2	2	2	0,1	A
2	1	2	0,1	A
2	3	2	0,1	A
2	4	2	0,0	A
3	1	2	0,0	A
1	1	2	0,0	A
1	2	2	0,0	A
1	3	2	0,0	A
3	3	2	0,0	A
3	2	2	0,0	A
3	4	2	-0,0	A
1	4	2	-0,0	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Lampiran 15. Hasil Uji AAS



**Kementerian
Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA**

**BADAN PENGKAJIAN KEBIJAKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA
LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI
BARISTAND INDUSTRI SURABAYA**

Jl. Jagir Wonokromo No. 360 Surabaya (60244), Telp. (031) 8410054, (031) 7000034, Fax. (031) 8410480
<http://surabaya.bpkimi.kemendperin.go.id/>



Y KAN
Komite Akreditasi Nasional
LABORATORIUM PENGUJIAN
LP-213-EDN

LAPORAN PENGUJIAN

No. 2035/LHU/2/VI/2015

No. Analisa : P. 2802 s/d P. 2831
 Contoh : Ekstrak Akar Cabe
 Kode : -
 Diterima Tanggal : 04 Juni 2015
 Catatan Sampel : 100 ml ekstrak cair dalam wadah botol

Nama Pengirim : RISKA MAZIYAH
 Alamat : Perumbee Blok T-84 ITS SURABAYA
 JAWA TIMUR

No	No Analisa	Kode	Parameter Pb (mg/L)	Metode Uji
1	P. 2802	Bara 0 ppm 1	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
2	P. 2803	Bara 0 ppm 2	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
3	P. 2804	Bara 30 ppm 1	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
4	P. 2805	Bara 30 ppm 2	0,019	SNI 6989.6 : 2009
5	P. 2806	Bara 70 ppm 1	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
6	P. 2807	Bara 70 ppm 2	0,033	SNI 6989.6 : 2009
7	P. 2808	Bara 120 ppm 1	0,056	SNI 6989.6 : 2009
8	P. 2809	Bara 120 ppm 2	0,033	SNI 6989.6 : 2009
9	P. 2810	Genie 0 ppm 1	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
10	P. 2811	Genie 0 ppm 2	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
11	P. 2812	Genie 30 ppm 1	0,0014	SNI 6989.6 : 2009
12	P. 2813	Genie 30 ppm 2	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
13	P. 2814	Genie 70 ppm 1	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
14	P. 2815	Genie 70 ppm 2	0,029	SNI 6989.6 : 2009
15	P. 2816	Genie 120 ppm 1	0,025	SNI 6989.6 : 2009
16	P. 2817	Genie 120 ppm 2	0,017	SNI 6989.6 : 2009
17	P. 2818	Sret 0 ppm 1	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
18	P. 2819	Sret 0 ppm 2	0,007	SNI 6989.6 : 2009
19	P. 2820	Citra 30 A	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
20	P. 2821	Citra 30 B	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
21	P. 2822	Citra 70 A	0,020	SNI 6989.6 : 2009
22	P. 2823	Citra 70 B	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
23	P. 2824	Citra 120 A	0,147	SNI 6989.6 : 2009
24	P. 2825	Citra 120 B	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
25	P. 2826	Semi 0 A	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
26	P. 2827	Semi 0 B	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009



Kementerian
Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

BADAN PENGKAJIAN KEBIJAKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA
LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI
BARISTAND INDUSTRI SURABAYA



Jl. Jagir Wonokromo No. 360 Surabaya (60244), Telp. (031) 8410054, (031) 7000034, Fax. (031) 8410480
<http://surabaya.bpkimi.kemiperin.go.id/>

No	No Analisa	Kode	Parameter Cu (mg/L)	Metode Uji
27	P. 2828	Natan2 0 A	< 0.0046	SNI 6989.6 : 2009
28	P. 2829	Natan2 0 B	< 0.0046	SNI 6989.6 : 2009
29	P. 2830	Citra 0 A	< 0.0046	SNI 6989.6 : 2009
30	P. 2831	Citra 0 B	< 0.0046	SNI 6989.6 : 2009

Catatan: Parameter uji sesuai dengan permintaan



ORIGINAL
ASLI



Kementerian
Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

BADAN PENGKAJIAN KEBIJAKAN IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA
LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI
BARISTAND INDUSTRI SURABAYA



Komite Akreditasi Nasional
LABORATORIUM PENGUJIAN
LP-213-IND

Jl. Jagir Wonokromo No. 360 Surabaya (60244), Telp. (031) 8410054, (031) 7000034, Fax. (031) 8410480
<http://surabaya.bpkimi.kemendin.go.id/>

LAPORAN PENGUJIAN

No. 1981/LHU/2/VI/2015

No. Analisa : P. 2642 s/d P. 2660
Contoh : Ekstrak Mentimun
Kode : -
Diterima Tanggal : 01 Juni 2015
Catatan Sampel : 100 ml air dalam wadah botol

Nama Pengirim : YUDI APRIYATMOKO
Alamat : Keputih Gang Makam Sukolilo - SURABAYA

No	No Analisa	Kode	Parameter Cu (mg/L)	Metode Uji
1	P.2642	Natan 2 30 A	0,021	SNI 6989.6 : 2009
2	P.2643	Natan 2 30 B	0,018	SNI 6989.6 : 2009
3	P.2644	Natan 2 70 B	0,025	SNI 6989.6 : 2009
4	P.2645	Natan 2 70 A	0,029	SNI 6989.6 : 2009
5	P.2646	Natan 2 120 A	0,023	SNI 6989.6 : 2009
6	P.2647	Natan 2 120 C	0,099	SNI 6989.6 : 2009
7	P.2648	Semi 30 B	0,005	SNI 6989.6 : 2009
8	P.2649	Semi 30 A	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
9	P.2650	Semi 70 A	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
10	P.2651	Semi 70 C	0,014	SNI 6989.6 : 2009
11	P.2652	Semi 120 A	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
12	P.2653	Semi 120 C	0,022	SNI 6989.6 : 2009
13	P.2654	SRET 30 B	0,016	SNI 6989.6 : 2009
14	P.2655	SRET 120 B	0,029	SNI 6989.6 : 2009
15	P.2656	SRET 120 A	0,0029	SNI 6989.6 : 2009
16	P.2657	BARA 120 A	0,019	SNI 6989.6 : 2009
17	P.2658	SRET 30 A	< 0,0046	SNI 6989.6 : 2009
18	P.2659	SRET 70 B	0,009	SNI 6989.6 : 2009
19	P.2660	SRET 7 A	0,016	SNI 6989.6 : 2009

Catatan: Parameter uji sesuai dengan permintaan



BIODATA PENULIS



Riska Maziyah, lahir di Sidoarjo 17 Oktober 1992. Putri pertama dari 2 bersaudara ini menempuh pendidikan di SD Jabaran 2 Sidoarjo, SMPN 1 Krian dan SMAN 1 Krian. Penulis melanjutkan jenjang pendidikan di Program Studi Biologi ITS pada tahun 2011 melalui jalur Undangan. Penulis berminat di bidang botani. Penulis pernah menjadi asisten praktikum Struktur Pertumbuhan I dan Taksonomi Tumbuhan. Selama kuliah penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Biologi ITS periode kepengurusan 2013/2014 menjabat sebagai Kadiv Lingkungan SOSMAS. Penulis juga aktif di Paguyuban Karya Salemba Empat ITS (KSE ITS) sebagai Kadiv Sosial dan Lingkungan. Bagi yang ingin tau lebih banyak tentang tugas akhir penulis dan *sharing* melalui email maziyah.riska@gmail.com.

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	<i>C. frutescens</i>	5
Gambar 4.1	Grafik Tinggi Tanaman <i>C. frutescens</i> Terhadap Cekaman Logam Berat Cu pada Variasi Konsentrasi	25
Gambar 4.2	Grafik Panjang Akar <i>C. frutescens</i> Terhadap Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu)	29
Gambar 4.3	Grafik Kandungan Logam Berat pada Akar Tanaman <i>C. frutescens</i> Terhadap Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu).....	31
Gambar 4.4	Grafik Kandungan MDA pada Daun Tanaman <i>C. frutescens</i> Terhadap Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu).....	33
Gambar 4.5	Grafik Kandungan Klorofil pada Daun Tanaman <i>C. frutescens</i> Terhadap Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu)	36

Gambar 4.3

Pengaruh Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu) Terhadap Kandungan Klorofil pada Beberapa Varietas Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*)

Riska Maziyah dan Nurul Jadid

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia
e-mail: nuruljadid@bio.its.ac.id

Abstrak—pencemaran logam berat pada tanah disebabkan oleh penggunaan pupuk dan pestisida secara berlebihan. Tembaga (Cu) merupakan unsur mikro esensial dan sebagai kofaktor yang diperlukan tanaman. Namun, akumulasi Cu yang berlebihan menimbulkan efek toksisitas pada tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh cekaman logam berat tembaga (Cu) terhadap kandungan klorofil tanaman cabai (*Capsicum frutescens*) var. Bara, CF 291, dan Genie. Sumber Cu yang digunakan adalah $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dengan konsentrasi 0, 30, 70, dan 120 ppm. Ketiga varietas *C. frutescens* dikecambahkan dan ditumbuhkan selama 30 hari lalu di cekam Cu selama 15 hari. Jenis varietas dan konsentrasi cekaman berpengaruh terhadap kandungan klorofil. Kandungan klorofil dari ketiga varietas menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi Cu. Secara berturut-turut kandungan klorofil paling rendah ditunjukkan tanaman *C. frutescens* var. CF 291, Bara, dan Genie.

Kata Kunci—*Capsicum frutescens*, Cu, klorofil, varietas

I. PENDAHULUAN

PENCEMARAN logam berat pada tanah disebabkan oleh penggunaan pupuk dan pestisida secara berlebihan [1]. Tembaga (Cu) adalah salah satu logam yang melimpah di tanah pertanian dengan konsentrasi normal tembaga adalah 10-30 mg/kg [2]. Tembaga oksida (CuO) digunakan dalam pertanian sebagai fungisida untuk melindungi tanaman dari berbagai jamur pada daun dan berbagai penyakit pada buah seperti bulai, hawar, dan lain-lain [3]. Tembaga dalam konsentrasi rendah merupakan elemen penting bagi semua organisme. Tembaga dapat bersifat toksik apabila berada dalam konsentrasi tinggi [4]. Secara biologis Cu tersedia dalam bentuk Cu^+ dan Cu^{2+} dalam bentuk anorganik [5].

Tembaga merupakan salah satu unsur yang penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tembaga berperan dalam proses biokimia dan fisiologis tanaman [6]. Tembaga sebagai mikronutrien esensial diperlukan dalam metabolisme karbohidrat, protein, lignifikasi dinding sel, fotosintesis, dan germinasi [7,8]. Selain itu, tembaga juga berfungsi sebagai kofaktor enzim [9]. Tembaga dapat menginduksi toksisitas pada tanaman jika dalam konsentrasi yang tinggi [9] sehingga dapat mengkatalis produksi radikal hidroksil (OH) yang sangat beracun menyebabkan kerusakan DNA, lipid, dan protein [10]. Cemaran logam tembaga pada bahan pangan terjadi karena

penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan [1].

Penggunaan tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens*) sebagai obyek penelitian, karena Cabai rawit (*C. frutescens*) merupakan salah satu tanaman yang bernilai ekonomis tinggi. Beberapa dekade terakhir ini banyak dikembangkan varietas – varietas unggulan. Permintaan konsumen terhadap cabai rawit terus meningkat setiap tahun. Tingginya permintaan konsumen terhadap cabai rawit maka, petani menggunakan pupuk yang berlebihan untuk meningkatkan hasil pertaniannya sehingga menyebabkan cekaman logam berat tembaga (Cu) pada tanaman cabai rawit [11].

Cekaman logam berat tembaga (Cu) berpengaruh terhadap kandungan klorofil. Menurut [12] akumulasi logam berat yang semakin tinggi menyebabkan aktivitas enzim fotosintesis terdegradasi sehingga terjadi pengurangan kandungan klorofil. Berdasarkan uraian tersebut perlu dilakukan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh cekaman Cu terhadap kandungan klorofil tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens*) var. Bara, CF 291, dan Genie.

II. METODE PENELITIAN

A. Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu)

Cekaman logam berat tembaga (Cu) diberikan pada tanaman *C. frutescens* dengan cara disiram ke dalam media tanam. Konsentrasi tembaga (Cu) yang digunakan antara lain 0, 30, 70, dan 120 ppm dengan masing-masing sebanyak 2 ulangan. Cekaman mulai dilakukan setelah 3 hari tanaman *C. frutescens* dipindahkan ke media *polybag* yang berisi media tanam. Perlakuan cekaman logam berat tembaga (Cu) diberikan pada tanaman *C. frutescens* sebanyak 3 kali selama 15 hari. Pemberian cekaman dilakukan dengan metode akumulasi, dimana konsentrasi total tembaga (Cu) yang diberikan dibagi dengan frekuensi cekaman sehingga diperoleh kadar tembaga (Cu) yang disiram tiap perlakuan [13].

B. Analisa Kandungan Klorofil

Analisa kandungan klorofil diawali dengan pemanenan daun. Daun-daun tersebut dipotong kecil-kecil lalu ditimbang dengan neraca analitik sebanyak 0,5 gr. Daun yang sudah ditimbang dimasukkan dalam mortar untuk dihaluskan dan ditambahkan

dengan aseton 80% 10 ml. Ekstrak daun dan aseton disimpan dalam almari pendingin selama 1 malam. Kemudian kandungan klorofil diukur menggunakan *Spectrophotometer Genesys 10S UV-Vis* dengan panjang gelombang (λ) 663 dan 645 nm untuk klorofil a dan b. Kandungan klorofil dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Klorofil a (mg/gr)} = \frac{(12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645})}{1000 \times W} \times V$$

$$\text{Klorofil b (mg/gr)} = \frac{(22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663})}{1000 \times W} \times V$$

$$\text{Klorofil total (mg/gr)} = \frac{(20,2 \times A_{645} - 9,02 \times A_{663})}{1000 \times W} \times V$$

Keterangan:

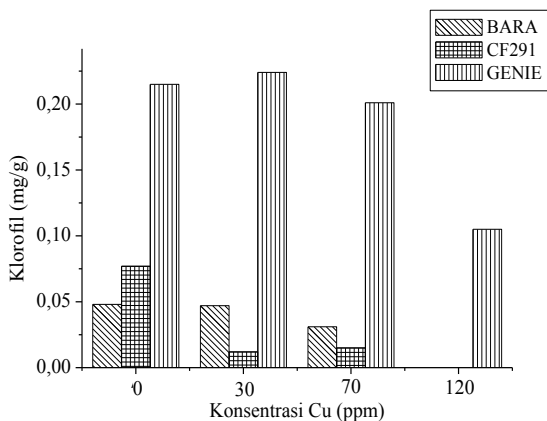
A = Absorbansi panjang gelombang

V = Volume ekstrak (mL)

W = Berat sampel (gr) [14]

III. HASIL DAN DISKUSI

Kandungan klorofil total antara ketiga tanaman *C. frutescens* var. Kandungan klorofil total antara ketiga tanaman *C. frutescens* var. Bara[®], CF 291, dan Genie[®] mengalami tren penurunan terhadap konsentrasi cekaman Cu 0, 30, 70, dan 120 ppm. Tanaman *C. frutescens* var. Bara[®], CF 291, dan Genie[®] mengalami penurunan tajam pada konsentrasi 120 ppm dibandingkan dengan 0 ppm (kontrol) (Gambar 1). Hal tersebut disebabkan konsentrasi Cu yang tinggi menyebabkan menurunnya aktivitas enzim fotosintesis sehingga kandungan klorofil total tereduksi [12].



Gambar 1. Grafik Kandungan Klorofil pada Daun Tanaman *C. frutescens* yang Tercekam Logam Berat Tembaga (Cu)

Hasil analisis statistik disajikan dalam (Tabel 1.) menggunakan ANOVA *two way* menunjukkan *p.value* 0,986, *p.value* > α (0,05) artinya terima H_0 atau tidak ada pengaruh nyata antara variasi varietas *C. frutescens* dan konsentrasi cekaman logam berat Cu terhadap kandungan klorofil total. Penurunan kandungan klorofil total secara berturut-turut ditunjukkan *C. frutescens* var. Bara[®], CF 291, dan Genie[®] pada konsentrasi cekaman Cu 120 ppm. Secara keseluruhan

kandungan klorofil total tanaman *C. frutescens* var. Bara[®], CF 291, dan Genie[®] mengalami tren penurunan jika dibandingkan dengan tanaman kontrol atau 0 ppm.

Penurunan kandungan klorofil total diikuti dengan peningkatan konsentrasi cekaman Cu yang diberikan. Berdasarkan penelitian [12] pada tanaman *Camelia sinensis* menunjukkan penurunan kandungan klorofil total sebagai respon peningkatan konsentrasi cekaman Cu dari 0 μ M (kontrol) sampai 600 μ M. Pada konsentrasi yang lebih tinggi tingkat penurunan kandungan klorofil total lebih dari dibandingkan dengan konsentrasi yang lebih rendah.

Tabel 1. Kandungan Klorofil Total pada Daun Tanaman *C. frutescens* yang Tercekam Logam Berat Tembaga (Cu)

Varietas	Konsentrasi (ppm)	Rerata Kandungan Klorofil Total (mg/g) \pm SE
BARA [®]	0	0,047 \pm 0,139
	30	0,046 \pm 0,050
	70	0,030 \pm 0,034
	120	0,000 \pm 0,000
CF 291	0	0,077 \pm 0,058
	30	0,011 \pm 0,152
	70	0,015 \pm 0,124
	120	0,000 \pm 0,000
GENIE [®]	0	0,214 \pm 0,012
	30	0,224 \pm 0,042
	70	0,200 \pm 0,079
	120	0,105 \pm 0,050

Keterangan: angka (Mean \pm SE) yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda secara nyata pada taraf 5% uji Tukey.

Mekanisme yang terjadi ketika tanaman mengalami cekaman Cu adalah penurunan kandungan klorofil terhadap konsentrasi cekaman Cu yang semakin tinggi. Cekaman logam berat Cu dapat mengganggu aktivitas fotosintesis dengan menginaktivasi enzim dan protein terkait [12], seperti ribulose-1,5-biophosphate carboxylase dan phospo-enolpyruvate carboxylase [15]. Perubahan struktur dan komposisi membran tilakoid akibat kondisi cekaman menyebabkan kandungan klorofil rendah [10]. Namun, pada tanaman Cu merupakan kofaktor untuk plastocianin dalam bentuk *Copper/Zinc Superoxide Dismutase* (Cu/ZnSOD) yang berperan dalam menjaga stabilitas kloroplas [6].

IV. KESIMPULAN

Kandungan klorofil tanaman *C. frutescens* var. Bara, CF 291, dan Genie mengalami tren penurunan terhadap konsentrasi cekaman Cu. Secara berturut-turut kandungan klorofil paling rendah ditunjukkan tanaman *C. frutescens* var. CF 291, Bara, dan Genie.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Charlena, "Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Sayur-sayuran", Falsafah Sains, Program Pascasarjana S3 IPB (2004).
- [2] A. Baryla, C. Laborde, J. L. Montillet, C. Triantapylides, dan P. Chagvardieff, "Evaluation of Lipid Peroxidation As A Toxicity Bioassay For Plants Exposed to Copper", *Environ Pollut* (2000) 131-135.
- [3] L. Kiaune and N. Singhasemanon, "Pesticidal Copper (I) Oxide: Environmental Fate and Aquatic Toxicity", *Reviews Of Environmental Contamination and Toxicology*, Dept. Pesticide Regulation, California Environmental Protection Agency, USA (2011).
- [4] A. Dorsey, "Toxicological Profile For Copper", (2004).
- [5] E. Merian, "Toxic Metal In The Environment", Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft (1994).
- [6] J. L. Burkhead, K. A. G. Reynolds, S. E. Abdel-Ghany, C. M. Cohu, M. Pilon, "Copper Homeostasis", *New Phytologist*, Dept. Biology, Colorado State University, USA (2009).
- [7] Q. Meng, J. Zou, J. Jiang, and D. Liu, "Effect Of Cu²⁺ Concentration On Growth, Antioxidant Enzyme Activity, and Malondialdehyde Content in Garlic (*Allium sativum* L.)", *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, Dept. Biology, Tianjin Normal University, China (2007) 95-101.
- [8] E. Sudo, M. Itouga, K. Yoshida-Hatanaka, and Y. Sakakibara, "Gene Expression and Sensitivity In Response to Copper Stress In Rice Leaves", *J. Exp. Bot.* (2008).
- [9] L. Lombardi and L. Sebastiani., "Copper Toxicity In *Prunus cerasifera*: Growth and Antioxidant Enzymes Response Of *In Vitro* Grown Plants", *Plant science*, (2004) 797-802. M. Young, *The Technical Writers Handbook*. Mill Valley, CA: University Science (1989).
- [10] I. Yruela, "Copper In Plants", *Braz. J. Plant Physiol.* (2005)
- [11] B. Cahyono, "Teknik Budi Daya dan Analisis Usaha Tani Cabai Rawit", Kanisius: Yogyakarta (2003).
- [12] S. Dey, P. B. Mazumder, and S. B. Paul, "Effect Of Copper Growth and Chlorophyll Content In The Tea Plants (*Camelia sinensis*)", *International Journal Of Research In Applied, Natural and Social Science (IMPACT Journal)*, Plant Biotechnology Laboratory, Departement of Biotechnology, Assam University (2014).
- [13] S. B. Alaoui, P. Genet, F. Vinit-Dunand, M. L. Toussaint, D. Epron, and P. M. Badot, "Effect Of Copper On Growth In Cucumber Plants (*Cucumis sativus*) And Its relationship With Carbohydrate Accumulation and Changes in Ion Contents", *Plant Science* (2004).
- [14] A. Singh, K. Lawrence, S. Pandit, and R. S. Lawrence, "Response Of Leaves, Stems, and Roots of *Whithania somnifera* To Copper Stress", *International Journal Of Plant, Animal, and Environmental Sciences* Vol. 4, Departement of Biochemistry and Biochemical Engineering, Departement of Chemistry, Sam Higginbotton Institute of Agriculture, Technology and Sciences (2014).
- [15] X. Jiang-kuan, Y. Lian-xin, W. Zi-qing, D. Gui-chun, H. Jian-ye, and W. Yu-long, "Effect of Soil Copper Concentration on Growth, development and Yield Formation of Rice (*Oryza sativa*)", *Rice Science*, Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province, Yangzhou University, China (2001).

Respon Beberapa Varietas Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) Terhadap Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu)

Tugas Akhir SB-091358

RISKA MAZIYAH

1511100017

Wirdhatul Muslihatin, S.Si., M.Si.

(Penguji 1)

Dr. Awik Puji Dyah Nurhayati, S. Si., M. Si. (Penguji 2)

Dr. Nurul Jadid, M.Sc.

(Penguji 3)



Outline

Pendahuluan

Metodologi

Hasil dan Pembahasan

Kesimpulan dan Saran



Pendahuluan



Latar Belakang



Penggunaan pestisida dan pupuk secara berlebihan dapat menyebabkan pencemaran logam berat

Beberapa jenis pupuk dan pestisida memiliki berbagai kandungan logam berat seperti Hg, Cu, Ni, Pb, Co, dan Cd



Tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens*) sebagai tanaman yang bernilai ekonomis tinggi



Respon tanaman terhadap cekaman logam berat tembaga (Cu)

Rumusan Permasalahan

Bagaimana respon beberapa varietas tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens*) terhadap cekapan logam berat tembaga (Cu)

Batasan Permasalahan



1. Spesies cabai rawit (*Capsicum frutescens*) yang digunakan terdiri dari varietas Bara[®], CF 291, dan Genie[®]
2. Parameter pengamatan yang dilakukan meliputi respon fisiologis yaitu pengukuran analisa kandungan logam berat tembaga (Cu) dengan *Atomic Absorption Spectrometry* (AAS), uji kandungan malondialdehid (MDA), dan kandungan klorofil serta respon pertumbuhannya meliputi tinggi tanaman dan panjang akar
3. Sumber tembaga (Cu) yang digunakan adalah tembaga (II) sulfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) dengan konsentrasi 0, 30, 70, dan 120 ppm
4. Perlakuan cekaman logam berat tembaga (Cu) dilakukan secara *in vivo* selama 15 hari

Tujuan

Mengetahui respon beberapa varietas cabai rawit (*Capsicum*
rustescens) terhadap cekaman logam berat tembaga (Cu)



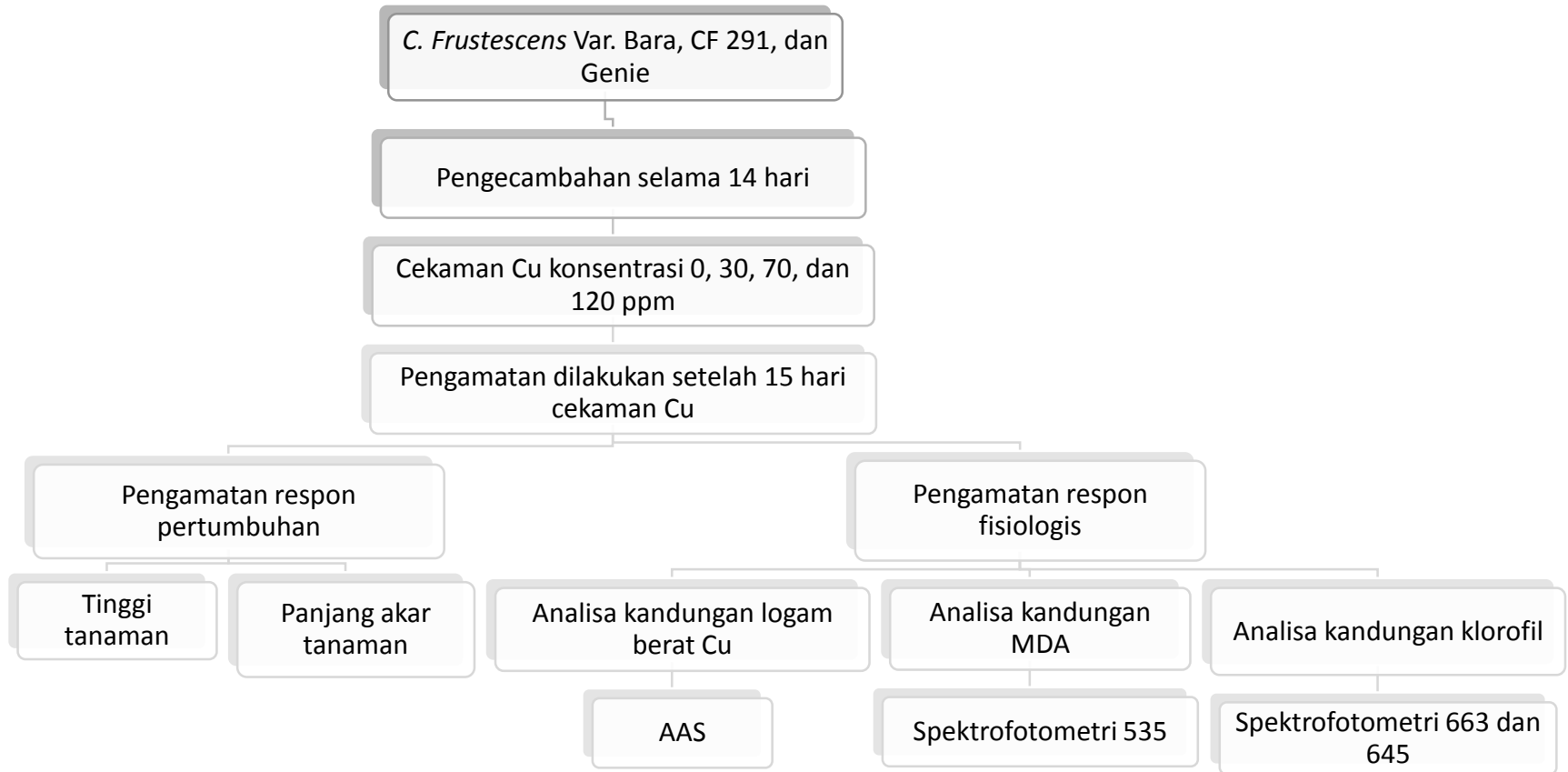
Manfaat

1. Memberikan informasi respon beberapa varietas cabai rawit (*C.frutescens*) terhadap cekaman logam berat tembaga (Cu)
2. Mendapatkan informasi beberapa varietas tanaman cabai rawit (*C.frutescens*) yang tahan terhadap cekaman logam berat tembaga (Cu)



Metodologi

Skema Metodologi



Rancangan Penelitian dan Analisis Data

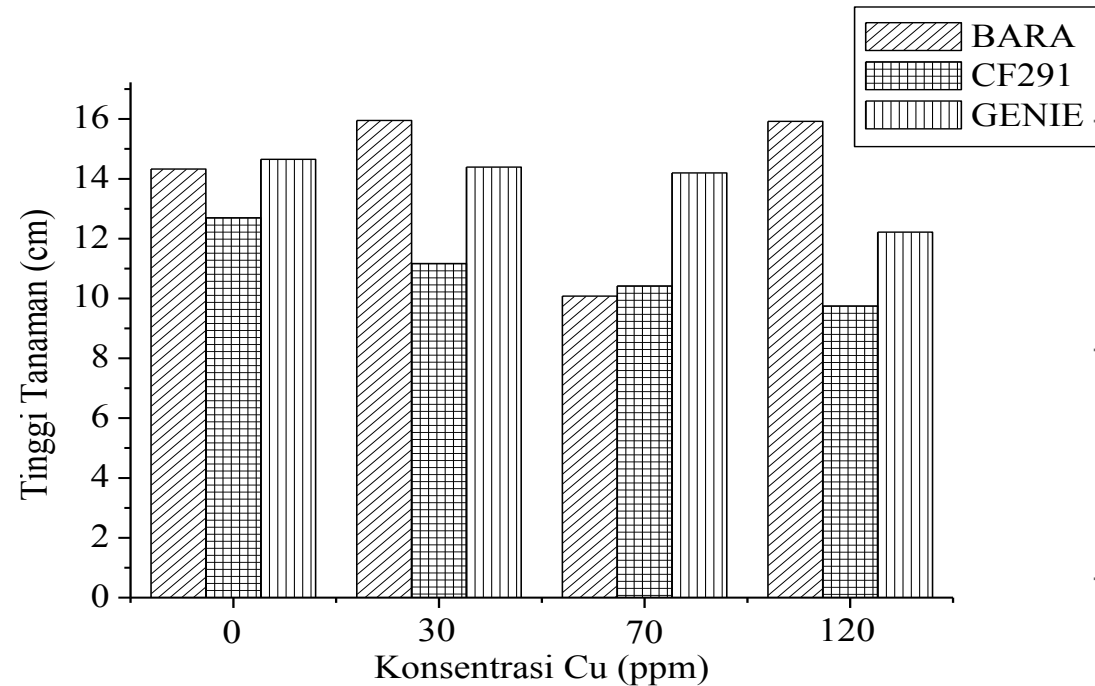
Tabel. Kombinasi Perlakuan Penelitian

Varietas Konsentrasi	Varietas I Bara [®]	Varietas II CF 291	Varietas III Genie [®]
0 ppm	I ₀	II ₀	III ₀
30 ppm	I ₃₀	II ₃₀	III ₃₀
70 ppm	I ₇₀	II ₇₀	III ₇₀
120 ppm	I ₁₂₀	II ₁₂₀	III ₁₂₀

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan ANOVA *two way*, jika ada pengaruh beda nyata maka dilanjutkan dengan uji Tukey dengan tingkat kesalahan 5% menggunakan Minitab.

Hasil dan Pembahasan

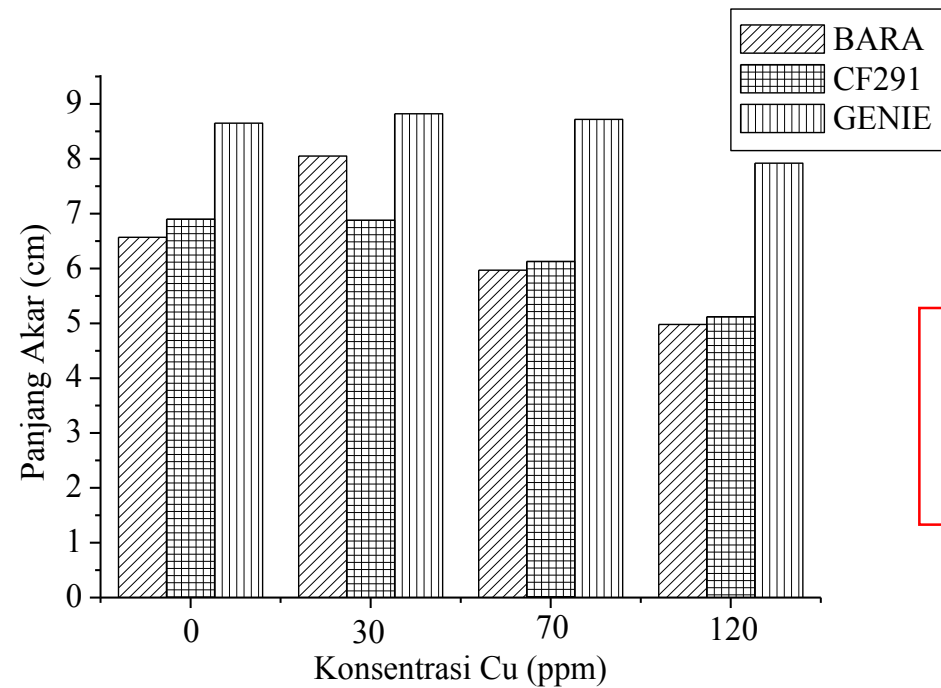
Pengaruh Cekaman Cu Terhadap Tinggi Tanaman *C. frustescens*



Varietas	Konsentrasi (ppm)	Rerata Tinggi Tanaman (cm) ± SE
BARA®	0	14,3 ± 0,658 ^{abc}
	30	16,0 ± 0,657 ^a
	70	10,1 ± 0,419 ^{bc}
	120	15,9 ± 0,539 ^a
CF 291	0	12,7 ± 0,467 ^{abc}
	30	11,2 ± 0,716 ^{bc}
	70	10,4 ± 0,663 ^{bc}
	120	9,8 ± 0,750 ^c
GENIE®	0	14,6 ± 0,896 ^{ab}
	30	11,8 ± 0,675 ^{abc}
	70	14,2 ± 0,572 ^{abc}
	120	12,2 ± 0,493 ^{abc}

- Hasil analisis menunjukkan terjadi tren penurunan tinggi tanaman terhadap meningkatnya konsentrasi Cu yang diberikan
- Var. Bara pada konsentrasi 30 ppm mengalami peningkatan sebesar 11% dibandingkan kontrol
- Var. CF 291 merupakan tanaman yang paling sensitif terhadap cekaman Cu

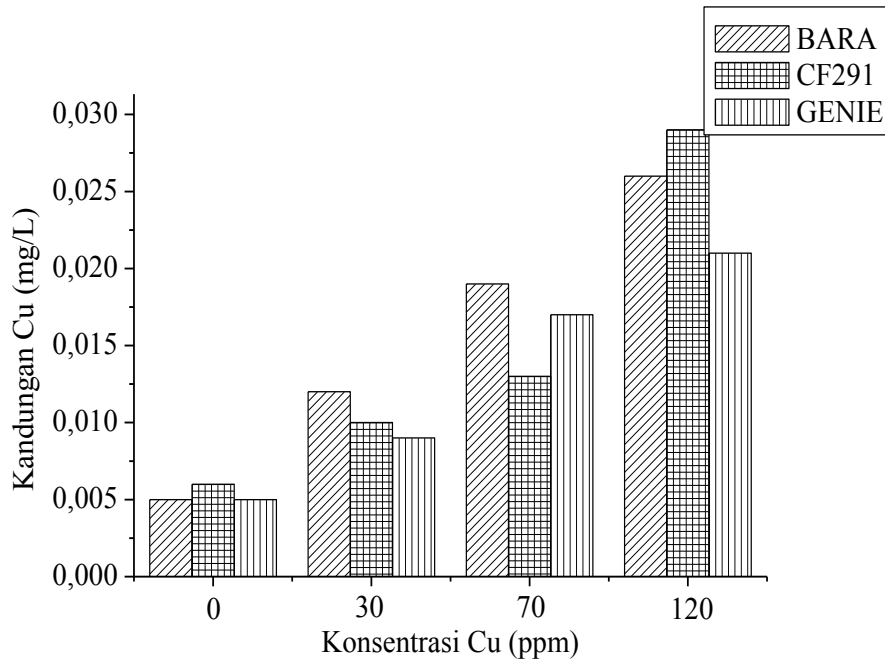
Pengaruh Cekaman Cu Terhadap Panjang Akar Tanaman *C. frutescens*



Varietas	Konsentrasi (ppm)	Rerata Panjang Akar (cm) ± SE
BARA®	0	6,6 ± 0,611
	30	8,1 ± 0,854
	70	6,0 ± 0,621
	120	5,0 ± 0,621
CF 291	0	6,9 ± 0,708
	30	6,9 ± 0,647
	70	6,1 ± 0,747
	120	5,1 ± 0,535
GENIE®	0	8,6 ± 0,455
	30	8,8 ± 0,716
	70	8,7 ± 0,612
	120	7,9 ± 0,476

- Hasil analisis menunjukkan jenis varietas dan konsentrasi berpengaruh terhadap panjang akar
- Var. Bara pada konsentrasi 30 ppm cekaman Cu mengalami peningkatan 22,5% dibandingkan dengan 0 ppm
- Tren penurunan panjang akar yang tinggi ditunjukkan oleh Var. CF 291 pada konsentrasi 30, 70, dan 120 ppm sebesar 0,2%, 11,1%, dan 25%

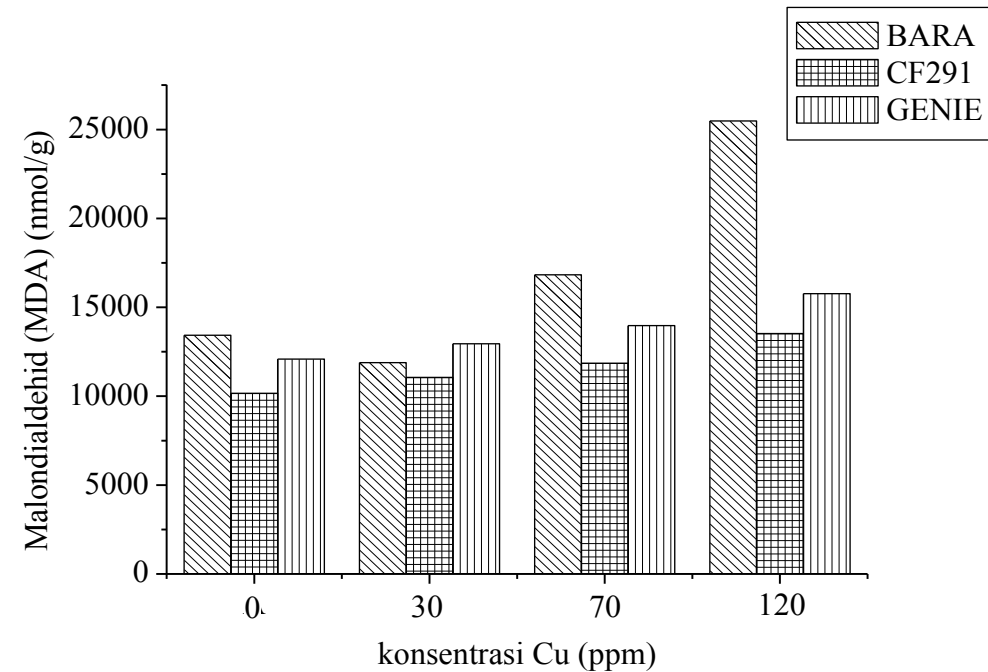
Kandungan Logam Berat Cu pada Akar Tanaman *C. frustescens* Terhadap Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu)



Varietas	Konsentrasi (ppm)	Rerata Kandungan Cu (mg/L) ± SE
BARA®	0	0,005 ± 0,000
	30	0,012 ± 0,071
	70	0,019 ± 0,100
	120	0,026 ± 0,070
CF 291	0	0,006 ± 0,029
	30	0,010 ± 0,063
	70	0,013 ± 0,050
	120	0,029 ± 0,000
GENIE®	0	0,005 ± 0,000
	30	0,009 ± 0,058
	70	0,017 ± 0,093
	120	0,021 ± 0,053

- Berdasarkan hasil analisis kandungan logam berat Cu pada akar tanaman *C. frustescens* Var. Bara, CF 291, dan Genie memberikan peningkatan antara konsentrasi 0, 30, 70, dan 120 ppm
- Kandungan logam berat paling tinggi terdapat pada tanaman *C. frustescens* Var. CF 291, Bara dan Genie

Analisa Kandungan Malondialdehid (MDA)

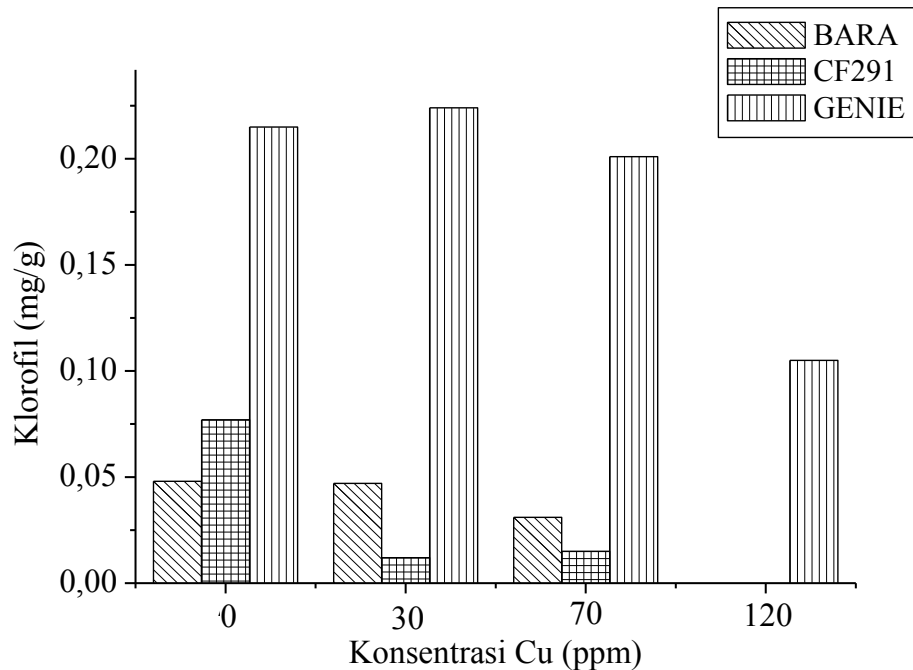


Varietas	Konsentrasi (ppm)	Rerata Kandungan MDA (nmol/g) ± SE
BARA®	0	13429,5 ± 40,114
	30	11891,0 ± 20,751
	70	16826,9 ± 20,751
	120	25480,8 ± 117,096
CF 291	0	10160,3 ± 17,165
	30	11057,7 ± 10,645
	70	11859,0 ± 11,661
	120	13525,6 ± 9,521
GENIE®	0	12083,3 ± 24,737
	30	12948,7 ± 30,109
	70	13974,4 ± 17,813
	120	15769,2 ± 15,054

- Hasil penelitian menunjukkan terjadi tren peningkatan kandungan MDA terhadap konsentrasi Cu yang diberikan
- Pada konsentrasi Cu 30 ppm Var. Bara mengalami penurunan kandungan MDA dibandingkan 0 ppm
- Kandungan MDA tertinggi ditunjukkan oleh Var. Bara pada konsentrasi 120 ppm sebesar 25480,8 nmol/g



Analisa Kandungan Klorofil



Varietas	Konsentrasi (ppm)	Rerata Kandungan Klorofil Total (mg/g) ± SE
BARA®	0	0,047 ± 0,139
	30	0,046 ± 0,050
	70	0,030 ± 0,034
	120	0,000 ± 0,000
CF 291	0	0,077 ± 0,058
	30	0,011 ± 0,152
	70	0,015 ± 0,124
	120	0,000 ± 0,000
GENIE®	0	0,214 ± 0,012
	30	0,224 ± 0,042
	70	0,200 ± 0,079
	120	0,105 ± 0,050

- Kandungan klorofil total antara ketiga tanaman *C. frutescens* Var. Bara, CF 291, dan Geinie mengalami tren penurunan terhadap konsentrasi cekaman Cu 0, 30, 70, dan 120 ppm
- Penurunan kandungan klorofil total diikuti dengan peningkatan konsentrasi cekaman Cu yang diberikan
- Kandungan klorofil dari yang terendah dan tertinggi secara berturut-turut adalah Var. Bara. CF 291, dan Geinie

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan



Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Interaksi antara jenis varietas *C. frutescens* dan variasi konsentrasi cekaman logam berat Cu berpengaruh terhadap tinggi tanaman. var. CF 291 merupakan tanaman yang paling sensitif terhadap cekaman Cu 120 ppm ($9,8 \pm 0,750$ cm).
2. Interaksi antara jenis varietas *C. frutescens* dan variasi konsentrasi cekaman Cu berdampak pada penurunan panjang akar. Tren penurunan yang paling rendah ditunjukkan var. CF 291 pada konsentrasi 120 ppm sebesar $5,1 \pm 0,535$ cm.
3. Kandungan Cu pada akar tanaman *C. frutescens* menunjukkan tren peningkatan terhadap konsentrasi cekaman Cu yang diberikan. Kandungan Cu tertinggi hingga terendah ditunjukkan oleh *C. frutescens* var. CF 291, Bara, dan Genie pada konsentrasi 120 ppm.
4. Kandungan Malondialdehid (MDA) pada akar tanaman *C. frutescens* var. Bara, CF 291, dan Genie meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi Cu yang diberikan. Kandungan MDA dari yang paling tinggi hingga rendah pada konsentrasi 120 ppm adalah Var. Bara, Genie, dan CF 291.
5. Respon kandungan klorofil tanaman *C. frutescens* var. Bara, CF 291, dan Genie mengalami tren penurunan terhadap konsentrasi cekaman Cu. Secara berturut-turut kandungan klorofil paling rendah ditunjukkan tanaman *C. frutescens* var. CF 291, Bara, dan Genie.

Saran

Saran yang dapat diberikan setelah dilakukan penelitian ini adalah perlu dilakukan penelitian dengan variasi konsentrasi cekaman Cu dengan rentan yang lebih tinggi sehingga dapat diketahui batas maksimum sensitifitas tiap varietas.

TERIMA KASIH

