

Jenis Tulisan: Artikel penelitian

Bioremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Kadmium (Cd) dari Tempat Pembuangan Akhir Sampah Tamangapa di Kota Makassar Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* untuk Budidaya Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.)

Andi Junila Aulia¹, Ifayanti Ridwan², Astina Tambung³

¹Tay Juhana Foundation,

Jalan Lap. Banteng Utara No.1, Jakarta Pusat, 10710.

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin,
Jalan Perintis Kemerdekaan KM 10, Tamalanrea, Makassar, 90245.

³Laboratorium Biofertilizer, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin,
Jalan Perintis Kemerdekaan KM 10, Tamalanrea, Makassar, 90245

Email: ifayanti@unhas.ac.id

Tulisan Diterima:
13 Mei 2024
Tulisan Disetujui:
15 Mei 2024

Kata kunci: Logam Berat, Bioremediasi, Kedelai, Saccharomyces cerevisiae.

Keywords: Heavy Metals, Bioremediation, Soybean, Saccharomyces cerevisiae

ABSTRAK:

Laju peningkatan produksi tanaman pangan khususnya kedelai mengalami *leveling off*, bahkan produksi kedelai mengalami penurunan sehingga harus impor. Diperlukan upaya peningkatan produksi dengan mempertimbangkan keberlanjutan yang berkaitan dengan kelestarian lingkungan contohnya ketersediaan lahan. Salah satunya dengan memanfaatkan lahan tercemar dengan menggunakan konsep bioremediasi. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan salah satu contoh mikroba yang biasanya digunakan untuk proses bioremediasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui interaksi antara media kultur dan konsentrasi pemberian *Saccharomyces cerevisiae* terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai yang baik. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biofertilizer dan Mikroba Potensial, Departemen Budidaya Pertanian, dan *Teaching Farm* Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar. Penelitian disusun dalam bentuk Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan jumlah 12 perlakuan yang terbagi atas 2 faktor yaitu jenis media kultur dan konsentrasi pemberian *Saccharomyces cerevisiae*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara media yeast dan konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 15 ml memberikan pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai terbaik. Jenis media kultur yang memberikan hasil terbaik adalah media yeast pada parameter volume akar. Konsentrasi pemberian *Saccharomyces cerevisiae* yang memberikan hasil terbaik adalah pada konsentrasi 15 ml pada parameter volume akar.

ABSTRACT:

The rate of increase in production of food crops, especially soybeans, has leveled off, and soybean production has even decreased so it has to be imported. Efforts are needed to increase production by considering sustainability related to environmental sustainability, for example land availability. One of them is by utilizing polluted land using the concept of bioremediation. *Saccharomyces cerevisiae* is an example of a microbe that is usually used for the bioremediation process. This research aims to determine the interaction between culture media and concentration of *Saccharomyces cerevisiae* on the growth and production of soybean plants; looking at the effect of culture media and concentration of giving *Saccharomyces cerevisiae* on good growth and production of soybean plants. This research was carried out at the Biofertilizer and Potential Microbial Laboratory, Department of Agricultural Cultivation, and Teaching Farm, Faculty of Agriculture, Hasanuddin University. The research was carried out in the form of a Randomized Block Design (RAK) with 12 treatments divided into 2 factors, namely the type of culture media and concentration of *Saccharomyces cerevisiae*. The results of the research showed that there was an interaction between the yeast media and a concentration of *Saccharomyces cerevisiae* of 15 ml which

provided the best growth and production of soybean plants. The type of culture media that gives the best results is yeast media on root volume parameters. The concentration of *Saccharomyces cerevisiae* that gave the best results was a concentration of 15 ml on root volume parameters.

PENDAHULUAN

Kedelai merupakan salah satu komoditas yang menjadi perhatian serius pemerintah dalam usaha mencapai ketahanan pangan nasional selain beras, gula, jagung, dan ubi kayu. Naiknya jumlah penduduk Indonesia berdampak pada konsekuensi naiknya permintaan kedelai. Namun, laju peningkatan produksi tanaman pangan khususnya kedelai mengalami *leveling off*, bahkan produksi kedelai mengalami penurunan sehingga pemerintah harus impor (Sopandie et al., 2009). Tidak seimbang nya pertumbuhan permintaan dan kapasitas produksi kedelai nasional membuat penyediaan pangan nasional impor cenderung naik.

Kebutuhan pangan yang terus meningkat memberikan tantangan yang tidak hanya terbatas pada upaya peningkatan produksi tetapi juga harus mempertimbangkan keberlanjutan yang berkaitan dengan kelestarian lingkungan contohnya ketersediaan lahan. Berdasarkan tren kebutuhan pangan nasional terutama padi, jagung, dan kedelai, maka hingga tahun 2025 dibutuhkan 4,7 juta lahan bukaan baru. Untuk menjamin produksi kedelai dibutuhkan sekitar 2 juta ha lahan. Apalagi hingga tahun 2050, diperlukan tambahan lahan sekitar 14,9 juta ha yang terdiri dari 5 juta ha lahan sawah, 8,7 juta ha lahan kering, dan 1,2 juta ha lahan rawa. Tantangan ini bisa dijawab dengan

memanfaatkan lahan sub-optimal untuk kegiatan pertanian produktif. Lahan suboptimal termasuk lahan yang sudah terdegradasi atau terlantar. Lahan-lahan pertanian di luar Jawa, terutama di koridor Kalimantan, Sulawesi, Maluku dan Papua sebagian besar merupakan lahan suboptimal (LSO). Sasaran pengembangan dan optimalisasi lahan suboptimal meliputi produktivitas, efisiensi produksi, kelestarian sumberdaya dan lingkungan serta kesejahteraan petani (Haryono, 2013).

Tanaman kedelai merupakan salah satu tanaman yang dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah seperti alluvial, regosol, grumosol, latosol, dan andosol. Pada dasarnya kedelai tidak menuntut struktur tanah yang khusus sebagai suatu persyaratan tumbuh. Bahkan pada kondisi lahan yang agak masam pun kedelai dapat tumbuh dengan baik, asal tidak tergenang air yang akan menyebabkan busuknya akar. Kedelai akan tumbuh dengan baik jika drainase dan aerasi tanah cukup baik. Namun, tanaman kedelai ternyata dapat mengalami berbagai proses hambatan pertumbuhan apabila ditanam pada daerah yang tercemar logam berat. Dampak yang terjadi bukan hanya secara perubahan morfologi, namun juga sampai mempengaruhi proses fisiologis atau metabolisme tanaman kedelai (Firmanto, 2011). Logam berat jenis kadmium (Cd) salah satunya termasuk yang

sangat berbahaya cemarannya untuk lingkungan (Setyorini et al., 2009).

Lahan tercemar logam berat ini dapat dikembalikan dengan menggunakan konsep bioteknologi yang disebut dengan bioremediasi. Bioremediasi pada lahan terkontaminasi logam berat didefinisikan sebagai proses membersihkan lahan dari bahan-bahan pencemar/polutan secara biologis atau dengan menggunakan organisme hidup (Hidayat, 2015). Teknik ini efektif, murah, mudah dilakukan dan efisiensi tinggi dalam membersihkan tanah serta air yang tercemar oleh senyawa beracun (Kensa, 2011). Mikroba yang sering digunakan dalam proses bioremediasi adalah bakteri, cendawan dan alga.

Salah satu pendekatan yang telah dilakukan pada proses bioremediasi adalah mikoremediasi (Agunwamba et al., 2013). Mikoremediasi adalah suatu proses pendegradasian atau penghilangan bahan toksik dari lingkungan yang tercemar dengan menggunakan cendawan (Asiriwa et al., 2013). Proses remediasi cemaran di lingkungan beserta mekanisme reduksinya dapat berlangsung secara intraselular maupun ekstraselular. Cendawan mereduksi logam berat dengan beberapa cara yaitu biosorpsi, bioakumulasi, biopresipitasi, bioreduksi dan bioleaching dengan proses

kimiawi melalui modifikasi ataupun mengubah bioavailabilitas (Damodaran et al., 2011).

Salah satu contoh yang telah digunakan sebagai agen bioremediator adalah *Saccharomyces cerevisiae* yang berasal dari kelompok fungi. *Saccharomyces cerevisiae* merupakan salah satu jenis fungi yang mudah ditemukan dalam kehidupan sehari-hari dan juga dapat dikultur pada media padat dan media cair. Biasanya untuk media padat *Saccharomyces cerevisiae* dikultur pada media yang dinamakan yeast. Media yang secara umum juga digunakan untuk kultur fungi yaitu media Potato Dextrose Agar (PDA) juga sering digunakan untuk kultur *Saccharomyces cerevisiae* ini. Pada beberapa penelitian terakhir juga dilakukan percobaan dengan memodifikasi media Potato Dextrose Agar (PDA) menjadi media Cassava Starch Agar (CSA). Perbedaannya terletak pada bahan yang digunakan. Media Cassava Starch Agar (CSA) menggunakan sumber karbohidrat terbesar dari kulit singkong. Ketiga jenis media ini pada dasarnya mengandung komposisi bahan utama yang sama yaitu pati/amilum yang merupakan sumber makanan utama bagi fungi (Machado et al., 2010).

Saccharomyces cerevisiae terbukti mampu mengabsorpsi cemaran ion timbal (Pb^{2+}) sebanyak 67% sampai 82% dan ion kadmium (Cd^{2+}) sebanyak 73% sampai 79% yang

dilakukan selama 30 hari (Damodaran et al., 2011). Banyak penelitian menunjukkan bahwa biomassa *Saccharomyces cerevisiae* memainkan peran penting dalam biosorpsi logam berat. *Saccharomyces cerevisiae* dilaporkan dapat mengakumulasi ion logam seperti Cu^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} atau Ni^{2+} dalam biomassa (Davis, 2003) dengan konsentrasi 5 ml sampai 15 ml. Chen (2014) juga menjelaskan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* bertindak sebagai biosorben untuk menghilangkan Zn (II) dan Cd (II) melalui mekanisme pertukaran ion.

Penelitian lain menyimpulkan bahwa *Saccharomyces cerevisiae* yang dikemas dalam bentuk kapsul kalsium alginat efektif untuk menghilangkan Cd^{2+} dari air yang terkontaminasi dengan kapasitas absorp sebesar 15,4 g/kapsul (Montfort, 2016). Melihat potensi ini tentunya *Saccharomyces cerevisiae* dapat dimanfaatkan sebagai bahan remediasi untuk tanah tercemar logam berat khususnya logam berat kadmium. Selain itu, juga mampu membantu proses budidaya tanaman kedelai pada tanah tercemar. Dan membantu penyerapan cadmium agar tidak terakumulasi hingga ke biji tanaman.

METODOLOGI

Penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu tahap laboratorium dan tahap pertumbuhan dan produksi di lapangan. Tahap laboratorium

dilakukan di Laboratorium Biofertilizer, Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin dengan tujuan untuk memperbanyak *Saccharomyces cerevisiae* pada beberapa media kultur. Tahap pertumbuhan dan produksi di lapangan dilakukan di *Teaching Farm* Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin dengan tujuan untuk mengaplikasikan *Saccharomyces cerevisiae* hasil kultur ke dalam polybag yang akan ditanami kedelai.

2.1. Metodologi

Penelitian dilaksanakan dalam bentuk percobaan faktorial menggunakan Rancangan Faktorial 2 Faktor (F2F) dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) sebagai rancangan lingkungan. Penelitian ini terdiri dari 2 faktor dengan media kultur (M) sebagai faktor pertama yang terdiri dari 3 taraf, yaitu: Media Potato Dextrose Agar (PDA), Media Cassava Starch Agar (CSA), dan Media Yeast. Faktor kedua adalah konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* dengan 4 taraf (Machado et al., 2010) yaitu: 0 ml, 5 ml, 10 ml, dan 15 ml. Kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali menghasilkan 36 unit percobaan.

2.2. Isolasi dan Perbanyakan *Saccharomyces cerevisiae*

Kultur dilakukan dalam Laminar Air Flow. Pertama, tabung reaksi diisi dengan larutan fisiologis (NaCl 0,85%). Ragi dimasukkan ke

dalam mortar, lalu dihaluskan. Setelah itu, ditambahkan aquades. Kemudian, diambil menggunakan mikropipet. Suspensi ragi diencerkan secara serial hingga 10^{-6} . Sebanyak 1 ml suspensi ragi dari pengenceran tersebut diinokulasikan dengan metode cawan sebar pada ketiga jenis media yaitu media PDA, CSA, dan Yeast kemudian diratakan dengan menggunakan spatula. Inkubasi dilakukan pada suhu kamar (27° sampai 28°C) selama 5 hari.

2.3. Pengenceran *Saccharomyces cerevisiae*

Koloni dari *Saccharomyces cerevisiae* yang telah tumbuh pada ketiga jenis media kemudian diamati lalu dipilih media yang paling banyak menghasilkan koloni. Koloni kemudian diambil menggunakan *cork borer* dan dilarutkan dalam 5 ml aquades (Machado et al., 2010). Koloni tersebut diencerkan ke dalam tiga bentuk konsentrasi yaitu konsentrasi 5 ml, 10 ml, dan 15 ml. Hasil pengenceran ini kemudian nantinya akan diaplikasikan pada tanah dalam polybag.

2.4. Persiapan Media Tanam

Media tanah yang digunakan berasal dari daerah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Antang. Tanah ini digunakan sebagai sampel berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Patandung et al. (2016) pada hasil pengujian sampel tanah di TPA Antang didapatkan kandungan logam berat Kadmium (Cd) sebesar 0,116 mg/Kg.

Tanah dimasukkan ke dalam polibag dan ditimbang seberat 7 kg pada masing-masing polibag ukuran 30x40 cm. Pengisian polibag sesuai dengan jumlah unit percobaan yang digunakan kemudian diatur dalam pengacakan perlakuan sesuai dengan denah percobaan.

2.5. Penanaman dan Pemeliharaan

Jenis benih yang digunakan pada penelitian ini adalah benih kedelai varietas Dena-1. Untuk mematahkan masa dormansi benih, dilakukan perendaman benih di dalam air hangat dengan suhu 36°C selama 30 menit. Pada saat perendaman benih dilakukan pemilahan benih dimana benih yang hampa akan mengapung di permukaan sedangkan benih yang bernas akan tenggelam. Benih bernas inilah yang kemudian dipilih untuk dikecambahkan. Setelah itu, benih yang telah dipilih direndam kembali ke dalam larutan *Saccharomyces cerevisiae* selama 15 menit lalu diangkat dan diletakkan pada wadah plastik untuk selanjutnya ditanam.

Penanaman dilakukan dengan memasukkan tiga benih kedelai yang telah diinokulasikan kedalam lubang tanam yang telah disediakan di atasnya ditambahkan tanah kurang lebih 2 cm sebagai penutup benih yang ditanam. Pemeliharaan tanaman meliputi penyulaman, penjarangan, penyiraman, pemupukan, dan pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT).

Pemupukan dilakukan saat umur kedelai 7 hari setelah tanam (HST) dan 30 HST. Pupuk NPK dengan dosis 5 gram diberikan saat pemupukan awal (7 HST). Pada pemupukan kedua (30 HST) diberikan pupuk NPK ydan SP36 dengan dosis yang sama yaitu 5 gram. Pupuk diletakkan di sekitar lubang tanam dengan jarak 7 cm dari lubang tanam.

2.6. Aplikasi Perlakuan

Hasil pengenceran *Saccharomyces cerevisiae* kemudian diaplikasikan dengan menggunakan gelas ukur. Setiap konsentrasi larutan disiramkan ke dalam polibag secara melingkar di sekitar perakaran tanaman sesuai dengan perlakuan masing-masing.

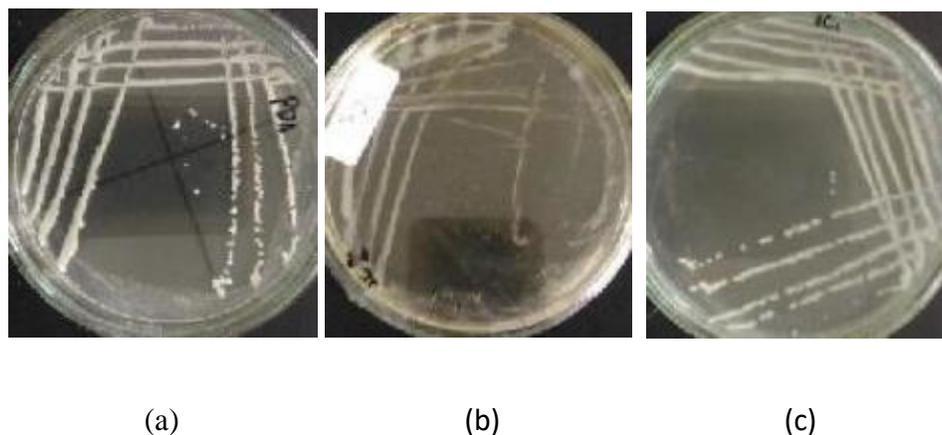
HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Kultur *Saccharomyces cerevisiae* pada Berbagai Jenis Media.

Kultur *Saccharomyces cerevisiae* pada tiga jenis media memberikan hasil yang berbeda. Pada pengamatan penampakan koloni, didapatkan hasil bahwa ketiga jenis media yaitu media PDA, CSA, dan Yeast mampu menumbuhkan *Saccharomyces cerevisiae*

dengan cara yang beragam. Hal ini terjadi dikarenakan kandungan nutrisi pada ketiga jenis media tersebut berbeda. Media PDA yang pada dasarnya dibuat untuk menumbuhkan cendawan secara umum. Media CSA yang merupakan media modifikasi dari media PDA dengan penambahan komposisi urea dan KHPO_4 . Media yeast yang merupakan media khusus yang biasanya digunakan untuk menumbuhkan *Saccharomyces cerevisiae*. Dari hasil tersebut terlihat bahwa media terbaik untuk menumbuhkan *Saccharomyces cerevisiae* adalah media yeast.

Namun demikian, morfologi secara makroskopis yang ditunjukkan oleh mikroba merupakan kategori *Saccharomyces cerevisiae*. Hal ini sesuai dengan pendapat Kurtzman et al. (2011) yang menyatakan bahwa ciri-ciri dari *Saccharomyces cerevisiae* adalah membentuk selaput pada permukaan agar sepanjang berkas inokulasi, berbentuk bulat ataupun rantai mutiara, memperlihatkan model elevasi cembung dengan warna dasar putih, dan pertumbuhan koloni yang lebat.



Gambar 1. Hasil Kultur *Saccharomyces cerevisiae* pada berbagai jenis media, (a) Media PDA, (b) Media CSA, (c) Media Yeast.

3.2. Pengaruh *Saccharomyces cerevisiae* pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kedelai

3.2.1. Pertumbuhan Tanaman

Sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan media kultur mikroba dan konsentrasinya

berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah cabang produktif dan volume akar. Rata-rata jumlah cabang produktif disajikan pada Tabel 3, sedangkan rata-rata volume akar diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Cabang Produktif (Buah) Rata-Rata pada Setiap Interaksi Perlakuan.

Media (M)	Konsentrasi (K)			
	0 ml (k0)	5 ml (k1)	10 ml (k2)	15 ml (k3)
Media PDA (m1)	0,00 (0,22)b	9,33 (3,03)a	12,83 (3,57)a	10,83 (3,27)a
Media CSA (m2)	0,00 (0,22)b	13,50 (3,67)a	17,17 (4,15)a	9,67 (3,11)a
Media Yeast (m3)	0,00 (0,22)b	10,83 (3,29)a	20,00 (4,48)a	19 (4,36)a
NP BNJ _{0.01}	2,11			

Angka-angka yang diikuti huruf yang tidak sama (a, b) berarti berbeda nyata pada uji BNJ taraf $\alpha 0.01$. Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi data $\sqrt{x + 0,05}$.

Tabel 4. Volume Akar Rata-rata (ml) pada Perlakuan Media dan Konsentrasi.

Volume Akar (ml)	
Media (M)	
Media PDA (m1)	1,08 b
Media CSA (m2)	1,50 b
Media <i>Yeast</i> (m3)	1,79 a
NP BNJ _{0,01}	0,58
Konsentrasi (K)	
0 ml (k0)	0,00 b
5 ml (k1)	1,67 a
10 ml (k2)	2,11 a
15 ml (k3)	2,06 a
NP BNJ _{0,01}	0,50

Angka-angka yang diikuti huruf yang tidak sama (a,b) berarti berbeda nyata pada uji BNJ taraf $\alpha=0,01$.

Hasil uji BNJ taraf $\alpha 0.01$ pada tabel 1 menunjukkan bahwa media dengan rata-rata volume akar tertinggi yaitu media yeast (m3) yang hasilnya berbeda nyata dengan media PDA (m1) dan media CSA (m2). Sedangkan media PDA (m1) dan media CSA (m2) tidaklah berbeda nyata perlakuannya. Hal ini disebabkan karena media yeast (m3) merupakan media khusus yang sering digunakan untuk menumbuhkan *Saccharomyces cerevisiae* sehingga membuat tersebut membantu akar tanaman dalam memblokir logam berat yang dapat menyebabkan toksisitas pada akar tanaman.

Untuk hasil uji BNJ taraf $\alpha 0,01$ pada hasil besaran konsentrasi didapatkan bahwa perlakuan tanpa konsentrasi atau tanpa

perlakuan (k0) berbeda nyata dengan konsentrasi 5 ml (k1), konsentrasi 10 ml (k2), dan konsentrasi 15 ml (k3). Konsentrasi tertinggi ditunjukkan oleh konsentrasi 10 ml (k2) tetapi tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 5 ml (k1) dan konsentrasi 15 ml (k3). Adanya kandungan logam Cd pada tubuh tanaman dapat menyebabkan beberapa gangguan. Menurut Tran (2013), toksisitas Cd menyebabkan penghambatan dan kelainan pertumbuhan dalam banyak jenis tanaman. Setelah paparan jangka panjang Cd akar menjadi berlendir, kecoklatan, dan membusuk. Cd yang ditemukan dapat menghambat pembentukan akar lateral sedangkan akar utama menjadi coklat, kaku dan membelit. Proses toksisitas oleh Cd inilah yang membuat volume akar tanaman nilainya sangat kecil.

Hasil penelitian Wang et al. (2007) pada semaian jagung menunjukkan bahwa pemberian larutan Cd dengan konsentrasi 10-4 M secara substansial menurunkan pertumbuhan jagung bahkan menghentikan pertumbuhan akar. Kholidiyah (2010) juga melaporkan adanya respon biologis dari tanaman meliputi penurunan panjang akar, berat kering akar, dan nisbah tajuk akar akibat adanya akumulasi logam berat Cd pada tanaman. Selain itu, kadmium juga dapat menyebabkan berkurangnya indeks mitosis sel akar tumbuhan.

Kehadiran Cd dalam akar menyebabkan degradasi sel yang mengakibatkan rusaknya sel akar. Pada umumnya, Cd menurunkan toleransi tumbuhan terhadap stress air yang menyebabkan hilangnya tekanan turgor. Gangguan pada xylem oleh Cd mengakibatkan dinding sel mengalami degradasi karena menurunnya proses transpirasi. Selain itu, logam Cd juga dapat menyebabkan abnormalities seperti patahnya kromosom. Patahnya kromosom dapat mempengaruhi proses pembelahan sel (Noviarini, 2015).

Kurtyka et al. (2008) menambahkan bahwa rusaknya sel yang diakibatkan cekaman Cd dapat mengganggu metabolisme sel dalam penyerapan hara esensial.

3.2.2. *Produksi Tanaman*

Sidik ragamnya menunjukkan bahwa interaksi perlakuan berpengaruh sangat nyata terhadap setiap komponen produksi. Rata-rata komponen produksi pada setiap interaksi perlakuan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komponen Produksi Rata-rata pada Setiap Interaksi Perlakuan.

Media (M)	Konsentrasi (K)	Rata-rata Jumlah Polong (buah)	Rata-rata Polong Hampa (buah)	Rata-rata Bobot Biji (gr/polib ag)	Rata-rata Bobot Kering Tanaman (gr/tanaman)
Media PDA (m1)	0 ml (k0)	0,00 (0,22)b	0,00 (0,22)b	0,00b	0,00c
	5 ml (k1)	84,00 (5,23)a	62,00 (4,45)a	0,21a	1,93b
	10 ml (k2)	111,00 (6,06)a	94,00 (5,57)a	0,33a	2,03b
	15 ml (k3)	97,5 (5,65)a	78,00 (5,05)a	0,28a	2,28b
Media CSA (m2)	0 ml (k0)	0,00 (0,22)b	0,00 (0,22)b	0,00b	0,00c
	5 ml (k1)	121,50 (6,35)a	100,00 (5,77)a	0,28 a	2,90b
	10 ml (k2)	154,50 (7,17)a	129,50 (6,57)a	0,32a	3,32b
	5 ml (k3)	87,00 (5,38)a	65,6 (4,67)a	0,26a	4,15b
Media Yeast (m3)	0 ml (k0)	0,00 (0,22)b	0,00 (0,22)b	0,00b	0,00c
	5 ml (k1)	97,50 (5,69)a	74,50 (4,97)a	0,26a	3,78b
	10 ml (k2)	180,00 (7,75)a	155,00 (7,19)a	0,49a	4,97a

15 ml (k3)	171,00 (7,55)a	149,50 (7,06)a	0,43a	6,48a
NP BNJ _{0,01}	2,75	2,84	0,50	2,2 6

Angka-angka yang diikuti huruf yang tidak sama (a,b,c) pada kolom yang sama berarti berbeda nyata pada uji BNJ taraf $\alpha 0,01$. Angka dalam kurung merupakan hasil transformasi data $\sqrt{x + 0,05}$.

Hasil uji BNJ taraf $\alpha 0,01$ pada tabel 2 menunjukkan bahwa interaksi perlakuan m1k0, m2k0, dan m3k0 berbeda nyata dengan interaksi perlakuan yang lain. Ketiga interaksi perlakuan ini merupakan perlakuan kontrol atau tidak diberikan perlakuan *Saccharomyces cerevisiae* sehingga menunjukkan hasil yang tidak baik (mengalami kematian). Tentunya hal tersebut dipengaruhi oleh toksisitas kadmium pada tanaman. Toksisitas kadmium sangatlah berpengaruh terhadap proses pembentukan polong pada tanaman. Sheirdil et al. (2012) menjelaskan bahwa pada tumbuhan, kadmium adalah salah satu logam berat yang paling mudah diserap dan tertranslokasi secara cepat. Sehingga terjadi gejala keracunan seperti penghambatan proses fotosintesis, perubahan aktivitas enzim, menghambat fiksasi nitrogen, gangguan pada metabolisme ion, dan pembentukan radikal bebas.

Konsentrasi kadmium yang tinggi berdampak pada penurunan unsur hara yang lain, salah satu diantaranya yaitu unsur hara mikro Fe, dimana menurut Das et al. (2008) serapan Fe dapat terganggu akibat tingginya kadmium di media

tumbuh. Rosidah (2014) menambahkan bahwa kehadiran kadmium dapat mempengaruhi keseimbangan hara mikro dan makro, sehingga cekaman kadmium menyebabkan gangguan metabolisme. Beberapa transporter seperti ATP-metal binding, Natural Resistance Associated Macrophase (NRAMP) dan Zinc transporter (ZIP) tidak hanya mampu mengikat mineral esensial seperti Fe dan Zn tetapi juga logam kadmium. Pada saat terjadi cekaman, konsentrasi kadmium yang melimpah dapat menyebabkan selektivitas transporter menurun sehingga kadmium memblokir pengikatan Fe dan Zn.

Hal yang sama pun terjadi pada bobot biji. Yong et al. (2008) menjelaskan bahwa penambahan kadmium ke dalam media tanam menyebabkan akumulasi kadmium pada jaringan tanaman meningkat, yang secara berturut-turut meningkatkan kandungan kadmium dalam seluruh bagian tumbuhan. Priyadi (2013) menambahkan bahwa Cd diangkut melalui pembuluh xylem dan didistribusikan oleh floem hingga mencapai biji dalam bentuk X-S-Cd.

Untuk sembilan interaksi perlakuan yakni m1k1, m1k2, m1k3, m2k1, m2k2, m2k3, m3k1, m3k2, dan m3k3 menunjukkan hasil yang baik namun tidak berbeda nyata satu sama lain. Dari kesembilan interaksi perlakuan ini terlihat dapat membantu tanaman dalam menghasilkan cabang yang produktif. Hal ini terjadi sebab proses pertumbuhan tanaman dibantu oleh *Saccharomyces cerevisiae* yang merupakan salah satu bioremediator untuk tanah tercemar logam berat. *Saccharomyces cerevisiae* membantu memblokir logam berat kadmium untuk dapat tertranslokasi ke dalam tubuh tanaman.

Terdapat sedikit perbedaan yang diperoleh dari hasil uji BNP taraf $\alpha 0.01$ pada tabel 2 bagian bobot kering tanaman. Pada parameter bobot kering tanaman, diperoleh hasil bahwa pada interaksi perlakuan m3k2 dan m3k3 merupakan perlakuan terbaik. Perlakuan ini berbeda nyata dengan perlakuan m1k1, m1k2, m1k3, m2k1, m2k2, m2k3, dan m3k1. Tentunya perlakuan ini pun berbeda sangat nyata dengan ketiga perlakuan kontrol yaitu m1k0, m2k0, dan m3k0. Hal ini tentunya disebabkan oleh toksisitas kadmium pada tanaman secara keseluruhan. John et al. (2009) menjelaskan bahwa kadmium dapat menghambat sintesis klorofil dan fotosintesis pada tanaman sehingga dapat berakibat pada pengurangan biomassa tanaman.

Monita (2013) menambahkan bahwa penurunan berat tanaman dapat terjadi karena adanya toksisitas logam kadmium yang dapat menyebabkan antara lain, 1) sulitnya memperoleh air karena pengaruh osmotik yang timbul dari kadar larutan yang berlebih, dimana masalah osmotik dikarenakan ion kadmium yang mencapai kadar larutan yang tinggi, 2) sulitnya memperoleh hara karena adanya kompetisi antara ion-ion, dimana akar-akar tanaman mengabsorpsi ion dari media yang kompleks yang tidak hanya mengandung ion hara esensial namun juga ion nonesensial dan juga senyawa organik, 3) sulitnya memperoleh CO₂ yang dibutuhkan dalam fotosintesis yang disebabkan karena keberadaan logam kadmium dalam organ daun dan dapat mengganggu proses membuka dan menutupnya stomata.

3.3. Kadar Kadmium (Cd) pada Daun dan Biji Tanaman.

Analisis kadar kadmium pada daun dan biji tanaman kedelai yang diberikan perlakuan *Saccharomyces cerevisiae* diperlihatkan oleh tabel 3. Data tersebut dibandingkan dengan kandungan kadmium dalam daun dan biji kedelai yang ditanam pada kondisi normal yang tidak terkontaminasi dengan logam berat.

Tabel 7. Kadar Kadmium pada Daun dan Biji Tanaman Kedelai dengan Perlakuan *Saccharomyces cerevisiae* diperbanyak dengan Media Yeast.

Konsentrasi	Kadar Kadmium (ppm)	
	Daun	Biji
Kondisi tanah normal	0,35	0,63
5 ml	16,83	1,66
10 ml	15,49	0,93
15 ml	10,61	0,49

Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar, 2019.

Dari hasil analisis kadar kadmium pada daun kedelai didapatkan hasil diantara ketiga jenis perlakuan daun yang kadar kadmiumnya paling sedikit yaitu pada perlakuan 15 ml sebesar 10,61 ppm. Hasil perlakuan ini sangat berbeda jauh dengan daun pada kondisi normal yaitu sebesar 0,35 ppm. Hal ini disebabkan karena pada kondisi tercemar kadar logam berat yang dimiliki sangatlah tinggi yaitu 15,89 ppm. Menurut Sekara et al. (2005) sejumlah tanaman pangan diketahui mampu mengakumulasi logam berat dalam organnya walaupun konsentrasi logam tersebut di dalam tanah relatif kecil. Kadmium merupakan logam berat non esensial yang bersifat mobil sehingga mudah diserap oleh tanaman dan di transfer ke pucuk. Akumulasi kadmium pada berbagai jenis tanaman menunjukkan respon yang beragam. Hasil penelitian Sekara et al. (2005) menunjukkan bahwa tanaman bit merah mampu mengakumulasi sejumlah besar kadmium dalam

daunnya sedangkan pada akarnya 2,8 kali lebih kecil dari daun.

Oliviera et al. (1994) mengkaji tentang penyerapan dan distribusi kadmium pada dua kultivar kedelai (Bessier dan Doko) dengan mendasarkan pada umur tanaman, konsentrasi kadmium eksternal dan durasi terpapar kadmium. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi kadmium dalam tanaman kedelai meningkat seiring dengan pertambahan umur tanaman dan lamanya tanaman terpapar kadmium. Perbedaan jumlah kadmium yang terakumulasi dan terdistribusi dalam bagian-bagian tanaman dapat disebabkan oleh adanya modifikasi anatomi dan fisiologi pada xilem, dan kehadiran polipeptida bermassa molekul rendah yang terinduksi (phytochelatin). Selain itu, seiring perkembangan tanaman, faktor transpirasi diduga dapat mempengaruhi penyerapan dan pemindahan kadmium dalam berbagai bagian tanaman kedelai. Ditambahkan pula bahwa pengaplikasian pupuk NPK pada tanah akan meningkatkan kadar kadmium dalam tubuh tanaman.

Hasil yang ditunjukkan oleh kadar kadmium pada biji pun berkesinambungan dengan kadar kadmium daun pada setiap jenis perlakuan. Perlakuan dengan kadar kadmium paling rendah pada biji yaitu perlakuan m3k3 sebesar 0,49

ppm. Kadar Cd dalam biji tersebut masih dalam ambang aman untuk dikonsumsi oleh manusia. Menurut Japan/Taiwan Food Quality Standard yaitu 0,5 ppm. Menurut badan dunia FAO dan WHO, konsumsi per minggu yang ditoleransikan bagi manusia adalah 400 sampai 500 μg per orang atau 7 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ berat badan. Unsur Cd dapat mengurangi serapan ion-ion hara karena daya afinitas yang tinggi dari logam berat tersebut pada kompleks pertukaran kation. Konsentrasi kadmium pada kedelai mendapat perhatian yang serius dikarenakan kedelai merupakan sumber protein nabati utama (Arao et al., 2003). Tanaman kedelai cenderung memiliki kandungan kadmium lebih tinggi dibandingkan tanaman pangan lainnya. Adanya laporan-laporan bahwa kedelai memiliki konsentrasi kadmium yang lebih tinggi dibanding tanaman lain tersebut menyebabkan Sugiyama et al. (2011) menyelidiki konsentrasi kadmium pada benih kedelai dan menemukan bahwa ada perbedaan antar-kultivar dalam mengakumulasi kadmium dalam biji.

Arao et al. (2003) yang melakukan skrining terhadap 18 varietas kedelai mendapatkan adanya variasi genetik kandungan kadmium pada biji kedelai yang berkisar antara 0,46 mg/kg hingga 12,68 mg/kg. Adanya kandungan kadmium yang lebih rendah yang ditemukan pada varietas kedelai tertentu disinyalir

merupakan hasil kombinasi antara serapan awal yang rendah dengan tingkat retensi kadmium yang lebih tinggi pada akar, sehingga membatasi translokasi ke bagian tajuk (Arao et al., 2003).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapatkan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Terdapat interaksi antara media yeast dan konsentrasi *Saccharomyces cerevisiae* sebanyak 15 ml yang memberikan pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai terbaik pada tanah tercemar logam berat kadmium.
- Jenis media kultur yang memberikan hasil terbaik yaitu media yeast pada parameter pengamatan volume akar.
- Konsentrasi pemberian yang memberikan hasil terbaik yaitu konsentrasi 15 ml pada parameter pengamatan volume akar.

REFERENSI

- Agunwamba JC, Kelechi OO, Mmonwuba N. 2013. Comparative Analysis of Bioremediation of Heavy Metals Using Plants and Microorganisms. *Int J Curr Sci.* 6:153-160.
- Arao, T., Ae N, Sugiyama M, Takahashi. 2003. Genotypic Differences in Cadmium Uptake and Distribution in Soybeans. *Plant soil* 251 : 247-53.
- Asiriwuwa OD, Ikhuoria JU, Ilor EG. 2013. Mycoremediation Potential of Heavy

- Metals from Contaminated Soil. *Bull Environ Pharmacol Life Sci.* 2:16-22.
- Chen C, Wang JL. 2007. Characteristics of Zn²⁺ Biosorption by *Saccharomyces cerevisiae*. *Biomedical and Environmental Sciences* 20:478-482.
- Damodaran D, Suresh G, Mohan RB. 2011. Bioremediation of Soil by Removing Heavy Metals Using *Saccharomyces cerevisiae*. 2nd International Conference on Environmental Science and Technology. Singapore.
- Das, A., Matthew Davis, Lawrence Rude. 2008. Identification of Putative Active Site residues of ACAT Enzymes. *J Lipid Res* 49(8): 1770-1781
- Davis TA, Volesky B, Mucci A. 2003. A review of The Biochemistry of Heavy Metal Biosorption by Brown Algae. *Water Res.* 37:4311-4330.
- Firmanto, B. H. 2011. *Praktis Bercocok Tanam Kedelai Secara Intensif*. Penerbit Angkasa. Bandung.
- Haryono. 2013. Strategi Kebijakan Kementerian Pertanian dalam Optimalisasi Lahan Suboptimal Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. Dalam Herlinda et al. (eds). *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*, Palembang.
- Hidayat B. 2015. Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat dengan Menggunakan Biochar. *J Pertan Trop.* 2:31-41.
- John R, Ahmad P, Gadgil K, Sharma S. 2009. Heavy Metal Toxicity: Effect on Plant Growth, Biochemical Parameters and Metal Accumulation by *Brassica juncea* L. *International Journal of Plant Production* 3.
- Kensa VM. 2011. Bioremediation - An overview. *J Ind Pollut Control.* 27:161-168.
- Kholidiyah N, 2010. *Respon Biologi Tumbuhan Eceng Gondok (Eichornia crassipes Solms) sebagai Biomonitoring Pencemaran Logam Berat Kadmium (Cd) dan Plumbum (Pb) pada Sungai Pembuangan Lumpur Lapindo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo*. Skripsi. Dipublikasikan Malang : UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Kurtyka R, Malkowski E, Kita A, Karcz W. 2008. Effect of Calcium and Cadmium on Growth and Accumulation of Cadmium, Potassium, and Sodium in Maize Seedlings. *Polish of Environment Study* 17:51-56
- Machado MD, et al. 2010. Removal of Heavy Metals Using a Brewer's Yeast Strain of *Saccharomyces cerevisiae* : Chemical Speciation as a Tool in The Prediction and Improving of Treatment Efficiency of Real Electroplating Effluents. *J. Hazard mater* 180 (1-3) : 347 : 53.
- Monita, R. 2013. Kandungan Klorofil Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Akibat Pemberian Logam Berat Kadmium (Cd) pada Berbagai Konsentrasi. *Lentera Bio* Vol. 2 No. 3.
- Montfort G, Ramos-Clamont, L, Vázquez-Moreno, M.P.Sánchez-Saavedra, M.R. Robles-Burgueño, R.I. Armenta-Corral, M.C. Frasquillo-Félix, S.C. Moreno Rivas. 2016. Cadmium Bioremediation by Encapsulated *Saccharomyces*

- cerevisiae*. Toxicology Letters 259S S73-S247.
- Noviarini, W. 2015. Analisa Kerusakan Jaringan Akar Lamun *Thalassia hempricii* yang Terpapar Logam Berat Kadmium (Cd). Jurnal Sains dan Seni ITS Vol.4, No. 2, (2015) 2337-3520.
- Oliviera, J.A., M.A. Oliva, J. Cambraia and V.H.A Venegas. 1994. Absorption, Accumulation, and Distribution of Cadmium by Two Soybeans cvs. R. Bras. Fisiol. Veg. 6(2): 91-95.
- Patandangan, Alfia, Syamsidar HS, dan Aisyah. 2016. Fitoremediasi Tanaman Akar Wangi (*Vetiver zizanioides*) Terhadap Tanah Tercemar Logam Kadmium (Cd) pada Lahan TPA Tamangapa Antang Makassar. Jurnal Al- Kimia Vol.4 No.2.
- Priyadi, S. 2013. Profil Plumbum (Pb) dan Kadmium (Cd) Sebagai Kontaminan Dampak Penggunaan Agrokimia serta Remediasi Biji Kedelai Menggunakan Swelling Agent pada Khelasi dengan Asam Sitrat. Jurnal Natur Indonesia 15(1).
- Rosidah, S. 2014. Uji Toleransi Tanaman Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) terhadap Cekaman Kadmium (Cd), Timbal (Pb), dan Tembaga (Cu) pada Kultur Cair. Jurnal MIPA 37 (1): 7-15.
- Setyorini D, Saraswati R, Anwar ER. 2009. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Bogor (Indonesia): Balittanah.
- Sheirdil, R.A., K. Bashir, R. Hayat and M.S. Akhtar. 2012. Effect of Cadmium on Soybean (*Glycine max* L.) Growth and Nitrogen Fixation. African J. of Biotech 11(8):1886-1891.
- Sopandie, D., Kisman, N. Khumaida, Trikoesoemaningtyas, dan Sobir. 2009. Karakter morfo-fisiologi daun, penciri adaptasi kedelai terhadap intensitas cahaya rendah. Buletin Agronomi. 35(2):96-102.
- Sugiyama, M., N. Ae, and M. Hajika. 2011. Developing of a Simple Method for Screening Soybean Seedling Cadmium Accumulation to Select Soybean Genotypes with Low Seed Cadmium. Plant and Soil 341 (1-2): 413-422.
- Tran, T.A. 2013. Functions and Toxicity of Cadmium in Plants: Recent Advances and Future Prospects. Turkish Journal of Botany, 37: 1-13.
- Wang, Y., X. Xiao, H. Kang, J. Zeng, X. Fan, L. Sha, H. Zhang, K. Yu dan Y. Zho. 2013. Alteration of Water and Dry Matter Content in Soybean Exposed to Cadmium. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 13 (5):606–610.
- Yong, Z., Bo-Han L, Qing-Ru Z, Min Z, dan Ming L. 2008. Surfactant Linear Alkylbenzene Sulfonate Effect on Soil Cd Fractions and Cd Distribution in Soybean Plant in Pot Experiment. Pedosphere 18(2): 242-247.