

ISOLASI KARAKTERISASI BAKTERI PENDEGRADASI ASAM MONOKLOROASETAT DARI TANAH

Vina Juliana Anggraeni¹, Enny Ratnaningsih², Zeily Nurachman²

¹*Sekolah Tinggi Farmasi Bandung, Jalan Soekarno Hatta no.754 Bandung, Indonesia*

²*Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganesha no.10 Bandung, Indonesia*

*Email: kaylaraihana@gmail.com

**Email: ennyratnaningsih1958@gmail.com

Diterima: 13 Maret 2017. Disetujui: 14 Juli 2017. Dipublikasikan: 30 Juli 2017

Abstract: Organohalogen compounds are one of the largest pollutants in the environment. Bioremediation is one step that can be done to reduce organohalogen pollution. Some soil bacteria are known to have dehalogenase enzymes and are potentially used as organohalogen compound bioremediators. In this study, isolation of soil bacteria was able to degrade the monochloroacetic acid (MCA) and characterize the growing ability of these bacteria at various concentrations of MCA. The isolation result obtained 5 colonies of bacteria that can grow on medium with high MCA concentration that is 10mM. PG3, TJ4, PW2, CW1, and PG2 bacteria were each capable of releasing chloride ions by 95.14%; 91.89%; 89.46%; 89.46; 88.81% on medium containing 1mM MCA 29.24%; 28.17%; 28.10%; 24.31%; 26.16% on 5mM MCA, and 13.03%; 12.09%; 9.95%; 8.35%; 8.72% at 10mM MCA. It appears that organohalogen degradation occurs more effectively in medium with low MCA concentrations, and PG3 bacteria have the highest ability. The growth of the five bacteria reached the stationary phase at 18-24 hours with OD600 of 0.3-0.4.

Keywords: monochloroacetic acid, biodegradation of organohalogen compounds, isolation of soil bacteria

Abstrak: Senyawa organohalogen merupakan salah satu polutan terbesar di lingkungan. Bioremediasi merupakan salah langkah yang dapat dilakukan untuk mengurangi polusi organohalogen. Beberapa bakteri tanah diketahui memiliki enzim dehalogenase dan berpotensi digunakan sebagai bioremediator senyawa organohalogen. Pada penelitian ini, dilakukan isolasi terhadap bakteri tanah yang mampu mendegradasi Asam Monokloroasetat (MCA) dan mengkarakterisasi kemampuan tumbuh bakteri-bakteri tersebut pada berbagai konsentrasi MCA. Hasil isolasi didapatkan 5 koloni bakteri yang mampu tumbuh pada medium dengan konsentrasi MCA yang tinggi yaitu 10mM. Bakteri PG3, TJ4, PW2, CW1, dan PG2 masing-masing mampu melepaskan anion klorida sebesar 95,14%; 91,89%; 89,46%; 89,46; 88,81% pada medium yang mengandung 1mM MCA 29,24%; 28,17%; 28,10%; 24,31%; 26,16% pada 5mM MCA, dan 13,03%; 12,09%; 9,95%; 8,35%; 8,72% pada 10mM MCA. Terlihat bahwa degradasi organohalogen terjadi lebih efektif pada medium dengan konsentrasi MCA rendah, dan bakteri PG3 mempunyai kemampuan yang

tertinggi. Pertumbuhan kelima bakteri mencapai fasa stationer pada 18-24 jam dengan OD_{600} sebesar 0.3-0.4.

Kata Kunci: asam monokloroasetat, biodegradasi senyawa organohalogen, isolasi bakteri tanah

PENDAHULUAN

Organohalogen digunakan secara luas di bidang industri sebagai pelarut, pestisida, senyawa intermediet dalam sintesis senyawa kimia, aditif bahan bakar, dan digunakan sebagai bahan pada cat. Organohalogen bersifat persisten, toksik dan tidak mudah didegradasi oleh mikroorganisme. Asam Monoklorasetat (MCA) merupakan salah satu organohalogen yang digunakan sebagai herbisida. Pada tahun 2010 produksi MCA dunia mencapai 706.000 ton, setengahnya diproduksi oleh negara Cina (Malveda, 2011 dalam Fajriah, 2013). Senyawa ini bila terlepas ke lingkungan tanpa pengendalian akan sangat berbahaya bagi kesehatan karena dapat menghambat proses glukoneogenesis di organ hati (Sakai et al, 2005). Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mendegradasi MCA agar efek toksik dan persistennya dapat dikurangi.

Penanganan secara biologi dengan memanfaatkan mikroorganisme merupakan langkah aman untuk mengatasi pencemaran organohalogen. Metode ini memiliki berbagai kelebihan

yaitu cukup mudah dilakukan dan relatif murah. Mikroorganisme memiliki kemampuan adaptasi yang baik karena mampu menghasilkan enzim tertentu yang dapat mengubah dan meminimalisasi kandungan organohalogen di lingkungan. Mikroorganisme yang mampu hidup dalam medium yang mengandung organohalogen biasanya memiliki enzim dehalogenase untuk memutuskan halogen dari organohalogen (Hardman, 1991 dalam Soetarato, 1997). Enzim dehalogenase adalah enzim yang mampu memutuskan halogen dari senyawa organohalogen (Fetzner, 1999).

Penelitian sebelumnya, menunjukkan bahwa beberapa bakteri mampu mendegradasi organohalogen dan menghasilkan dehalogenase antara lain adalah genus *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Alcaligenes*, dan *Hyphomicrobium* (Slater, 1994). Bakteri ini mudah diisolasi karena organohalogen banyak terdapat di lingkungan. Senyawa ini digunakan bakteri sebagai sumber karbon dan energi.

Tanah merupakan media dimana bakteri dapat tumbuh dengan baik. Dalam tanah yang terpapar polutan organohalogen dimungkinkan akan hidup bakteri yang mampu mendegradasi senyawa tersebut. Bakteri yang tidak mampu mendegradasi organohalogen yang bersifat toksik tidak akan mampu bertahan hidup di lingkungan toksik. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi bakteri pendegradasi MCA dari tanah dan mengkarakterisasi kemampuan tumbuh pada media yang mengandung variasi konsentrasi organohalogen.

METODE

Penyiapan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil dari kedalaman ± 10 cm kemudian dimasukkan dalam wadah bersih yang terlebih dahulu disterilkan dengan alkohol. Kondisi tanah yang diambil tidak terlalu kering dan tidak terlalu basah.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan medium minimal adalah KH_2PO_4 , Na_2HPO_4 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, dan NH_4SO_4 , sedangkan untuk media Luria Bertani (LB) adalah tripton, dan ekstrak ragi. Bakto Agar untuk pembuatan media

padat. Untuk sumber karbon pada media minimal digunakan Asam Monokloroasetat. Untuk uji biodegradasi, digunakan asam merkuri thiosianat, etanol p.a, ferri ammonium sulfat, NaCl, dan asam nitrat. Untuk pewarnaan gram digunakan kristal violet, larutan lugol, alkohol, dan safranin.

Isolasi Bakteri dari Tanah

Sebanyak 0.5 gram tanah dimasukkan dalam erlenmeyer 50 ml berisi 10ml minimal medium cair yang mengandung anti jamur dan MCA dengan konsentrasi 1mM. Ditumbuhkan selama 24 jam di inkubator bergoyang dengan kecepatan 150 rpm di suhu 37°C , setelah ditumbuhkan selama 24 jam kemudian diencerkan 10^{-3} sampai 10^{-6} , *dispread* ke minimal media agar padat yang mengandung 1mM MCA, diinkubasi selama 3-5 hari pada suhu 37°C . Bakteri yang tumbuh kemudian dipilih dan dimurnikan dengan teknik goresan.

Uji Kualitatif Ketahanan Tumbuh Bakteri

Bakteri yang tumbuh hasil pada media Isolasi dipilih beberapa koloni kemudian dimurnikan dan ditumbuhkan pada media uji ketahanan tumbuh. Media uji ketahanan tumbuh adalah media

minimal padat yang ditambah MCA dengan konsentrasi akhir 5, 10, dan 20 mM yang juga ditambahkan ekstrak ragi sebanyak 0.1%. Media uji ditumbuhkan di inkubator dengan suhu 37°C selama 24-48 jam. Pemindahan isolat bakteri dilakukan dengan teknik goresan menggunakan kawat ose. Bakteri yang mampu tumbuh dikonsentrasi tertinggi dipilih untuk uji selanjutnya.

Uji Kualitatif Biodegradasi Organohalogen

Bakteri terpilih ditumbuhkan di media minimal padat yang ditambah MCA dengan konsentrasi tertinggi dimana bakteri mampu hidup, yang juga ditambah ekstrak yeast 1% dan Brom timol Biru (BTB) sebagai indikator biodegradasi. Media uji ditumbuhkan di inkubator dengan suhu 37°C selama 24-48 jam.

Uji Kuantitatif Ketahanan Tumbuh Bakteri terhadap Variasi Konsentrasi MCA

Bakteri terpilih ditumbuhkan dalam media minimal yang ditambah yeast selama 16-18 jam di inkubator bergoyang pada suhu 37°C sebagai starter. Sebanyak 10 % starter ditumbuhkan kembali di media minimal yang tidak mengandung MCA dan yang mengandung MCA dengan konsentrasi akhir 1mM MCA,

5mM, 10mM, 15mM, dan 20 mM. Bakteri ditumbuhkan selama 24 jam kemudian diukur OD₆₀₀ di jam ke-24.

Uji Kuantitatif Kemampuan Biodegradasi Bakteri terhadap Variasi Konsentrasu MCA

Bakteri terpilih ditumbuhkan dalam media minimal yang ditambah yeast selama 16-18 jam di inkubator bergoyang pada suhu 37°C sebagai starter. Sebanyak 10 % starter ditumbuhkan kembali di media minimal yang yang mengandung MCA dengan konsentrasi akhir 1mM MCA, 5mM, dan 10mM. Bakteri ditumbuhkan selama 24 jam. Setelah 24 jam diukur kemampuan biodegradasi di jam ke-24 dengan metode bregman dan sanik.

Uji Biodegradasi organohalogen oleh Bakteri dengan metode Bregman dan Sanik

Sebanyak 250 µl kultur segar dipindahkan ke dalam effendorf steril kemudian disentrifugasi pada 10000 xg selama 10 menit hingga didapatkan pelet dan supernatan. 200 µl supernatan diambil dimasukkan ke dalam tabung effendorg baru dan direaksiakan dengan dengan 400 µl Hg(SCN)₂ (0,1% dalam etanol p.a) dan divorteks selama 5 detik. Kemudian disentrifugasi pada 10000 xg selama 2 menit hingga didapatkan pelet

dan supernatan. Supernatan dan pelet dipisahkan dan kedalam supernatan ditambahkan 400 μL $\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2$ (0,25M dalam 9M HNO_3) larutan tersebut diukur dengan spektrofotometri uv vis pada $\lambda=460$ nm. Blanko yang digunakan dalam pengukuran biodegradasi adalah medium cair tanpa adanya penumbuhan bakteri. Hasil pengukuran panjang gelombang kemudian dimasukkan dalam persamaan dari kurva standar NaCl. Dan didapat konsentrasi ion klorida terlepas hasil biodegradasi organohalogen oleh bakteri.

Kurva Pertumbuhan Bakteri dalam Minimal Media yang mengandung 10 mM MCA

Bakteri ditumbuhkan dalam media minimal yang ditambah yeast selama 16-18 jam di inkubator bergoyang pada suhu 37°C sebagai starter. Sebanyak 10 % starter dipindahkan secara aseptik ke dalam labu erlenmeyer yang mengandung 50 ml MSM cair dengan penambahan MCA 10 mM. Ditumbuhkan pada suhu 37°C 150 rpm dan diukur OD_{600} pada ke 0,1,2,4,6,9,12,15,18,21,24,dan 32 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Isolasi bakteri dari tanah dilakukan di minimal media cair yang

mengandung MCA menunjukkan adanya beberapa bakteri yang tumbuh pada beberapa sampel tanah. Pemakaian MCA sebagai satu-satunya sumber karbon merupakan selektifitas untuk mendapatkan bakteri yang hanya mampu tumbuh dengan menggunakan MCA sebagai sumber karbon. Kemampuan menggunakan MCA sebagai sumber karbon karena bakteri tersebut memiliki enzim dehalogenase (Fetzner, 1994). Enzim dehalogenase adalah enzim yang mengkatalisis pelepasan ion klor yang toksik. Putusnya ion klor MCA akan mempermudah bakteri menggunakan sumber karbon untuk dikatabolisme menjadi sebagai sumber energi bagi sel.

Penggunaan bahan zat anti jamur pada saat isolasi bertujuan untuk menghentikan pertumbuhan jamur yang ada di tanah. Selain bakteri, tanah juga merupakan media tumbuh bagi mikroorganisme lain dan salah satunya adalah jamur.

Sampel tanah yang diisolasi berasal dari berbagai tempat dengan latar belakang penggunaan senyawa organohalogen. Tanah purwakarta diambil dari tanah perkebunan karet yang diketahui memakai pentaklorofenol sebagai pestisida yang digunakan pada perkebunan tersebut, tanah padalarang dan ciwidey diambil dari tanah perkebunan teh, untuk kedua sampel ini

belum diketahui jenis paparan senyawa organohalogenya, sampel tanjungsari dan pangalengan merupakan sampel tanah dari perkebunan sayur yang terbiasa kena paparan pestisida DDT. Pengambilan sampel dari beberapa tempat dimaksudkan untuk mendapatkan keanekaragaman bakteri yang dapat mendegradasi Asam Monoklorasetat berdasarkan latar belakang paparan senyawa organohalogen yang sering mengenai sampel tanah.

Hasil penumbuhan bakteri menunjukkan bahwa tanah Purwakarta, Tanjungsari, Pangalengan dan Ciwidey memiliki bakteri yang mampu tumbuh pada minimal media yang hanya mengandung 1 mM MCA sebagai sumber karbon. Hasil isolasi dari tanah Padalarang tidak menunjukkan adanya bakteri yang tumbuh.

Bakteri yang mampu tumbuh pada minimal media yang mengandung 1 mM dimungkinkan karena bakteri mengenali MCA dan mampu bertahan hidup dengan menggunakan MCA sebagai sumber karbon. Bakteri yang hidup dalam media MCA memiliki kemampuan untuk menghasilkan enzim dehalogenase sehingga mampu memutuskan ikatan antara senyawa asam monokloroasetat dengan ion halidanya sehingga menghasilkan ion halida bebas dan

senyawa asam hidroksi. Pada tanah Padalarang tidak terdapat bakteri yang mampu untuk menjadikan MCA sebagai sumber karbon dan tidak memiliki enzim dehalogenase yang mampu memutuskan ikatan senyawa asam monokloroasetat dengan ion halidanya. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri yang tidak memiliki kemampuan untuk menjadikan MCA sebagai satu-satunya sumber karbon tidak mampu hidup dalam media MCA. Oleh sebab itu digunakan minimal media ini untuk menyeleksi bakteri yang diinginkan.

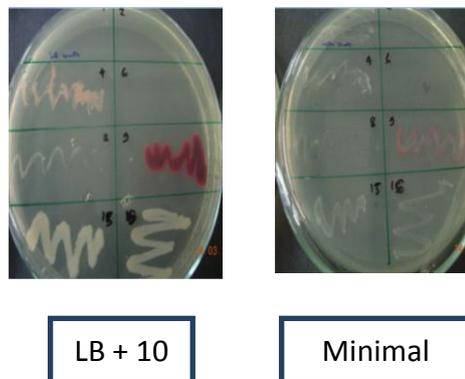
Uji Kualitatif Ketahanan Tumbuh Bakteri

Dari hasil isolasi di dapat banyak koloni tunggal. Pemilihan bakteri yang mampu bertahan hidup pada medium yang mengandung MCA tertinggi perlu dilakukan sebagai seleksi bakteri yang akan dikarakterisasi lebih lanjut. Dalam hal ini media uji merupakan minimal medium dengan penambahan MCA dengan konsentrasi akhir 5, 10 dan 20 mM. Pada media uji ini ditambah sumber nutrisi lain yaitu berupa ekstrak ragi 0.1%. Penambahan ekstrak ragi ini disebabkan jumlah koloni yang sudah menjadi koloni tunggal ternyata tidak dapat berkembang biak dalam minimal medium yang hanya mengandung MCA

sebagai sumber karbon sehingga diperlukan nutrisi lain agar mampu menunjang pertumbuhannya. Keberadaan sumber karbon lain pada medium berfungsi sebagai: 1) Tenaga pereduksi bagi degradasi senyawa senobiotik; 2) Menyokong pertumbuhan sel; 3) Donor elektron bagi degradasi substrat non-pertumbuhan; 4) Meningkatkan viabilitas sel; 5) Mengurangi toksisitas senyawa senobiotik dan hambatan pertumbuhan senyawa senobiotik terhadap sel (Saez & Rittman, 1991; Topp (et al), 1988; Fava (et al), 1995; dalam Fajriah, 2013).

Dari hasil uji kualitatif didapat bahwa konsentrasi MCA tertinggi yang masih mampu ditoleransi oleh bakteri yaitu pada konsentrasi 10 mM. Pada konsentrasi 20 mM bakteri sudah tidak mampu tumbuh. Dengan kenaikan konsentrasi MCA terlihat adanya seleksi bakteri yang mampu tumbuh. Pada media yang mengandung 5 mM MCA, bakteri yang mampu hidup mulai berkurang dan semakin berkurang pada konsentrasi 10 mM, sedangkan pada konsentrasi 20 mM tidak terlihat adanya bakteri yang mampu tumbuh. Naiknya konsentrasi MCA menjadi toksik bagi bakteri yang awalnya MCA tersebut merupakan sumber karbon namun dengan bertambahnya konsentrasi, MCA tidak lagi menjadi sumber karbon melainkan toksik yang

menyebabkan bakteri tidak mampu tumbuh. Dari hasil uji ini, isolat yang diuji diberi kode untuk memudahkan pengujian berikutnya.



Gambar 1. Pertumbuhan isolat bakteri dalam medium LB yang mengandung 10 mM MCA dan Minimal Medium yang mengandung 10 mM MCA

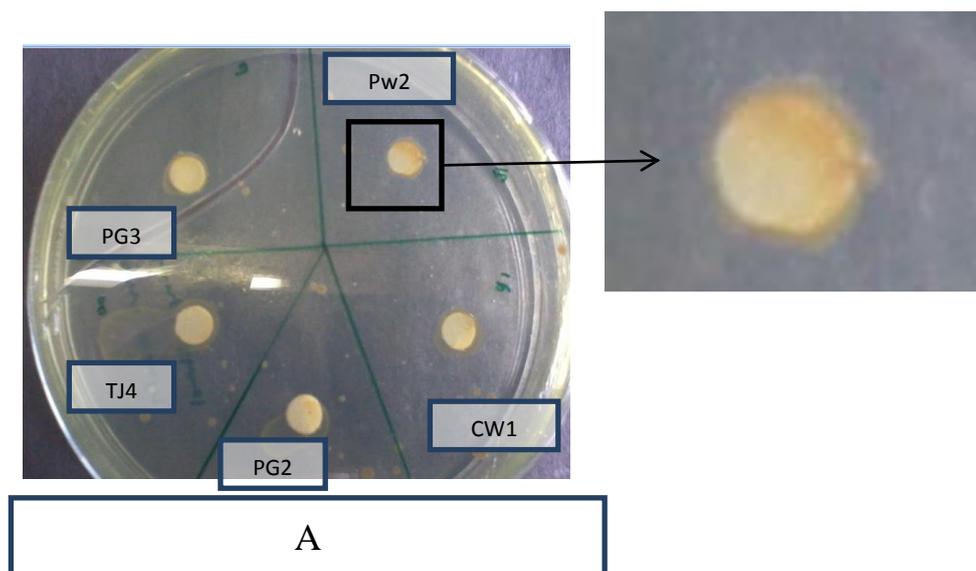
Pada Gambar 1 terlihat bahwa 5 bakteri yang mampu bertahan hidup pada medium minimal yang mengandung MCA 10 mM dan medium LB yang mengandung 10 mM. Bakteri tersebut adalah PG2, TJ4, PG3, PW2, dan CW1. Pada medium LB pertumbuhan bakteri lebih terlihat tegas dibandingkan pertumbuhan pada medium minimal. Hal ini disebabkan karena pada minimal medium sumber karbon yang digunakan adalah MCA sedangkan pada LB didapat sumber karbon lain. Bakteri yang mampu hidup pada medium LB yang mengandung MCA konsentrasi 10 mM menunjukkan bahwa bakteri memiliki aktivitas untuk biodegradasi terhadap MCA. Konsentrasi MCA yang tinggi

dapat juga menjadi toksik untuk bakteri yang memiliki enzim dehalogenase, namun dengan tetap hidup maka bakteri tersebut dapat memproses MCA agar tidak toksik baginya.

Uji Kualitatif Biodegradasi MCA oleh Bakteri

5 (Lima) isolat terpilih diduga mampu mendegradasi MCA dan menghasilkan ion klorida bebas. Ion klorida bebas ini dapat dideteksi dengan indikator Brom Timol Biru (BTB).

Perubahan warna media terjadi karena pada media terdapat ion klorida bebas yang dilepaskan oleh bakteri, sehingga dengan keberadaan ion klorida ini mengubah pH media menjadi asam dan juga mengubah warna indikator BTB menjadi kuning (Strotmann & Rosenthaler, 1987; Soetarato, 1997;). Dari hasil penelitian terlihat bahwa kelima bakteri mampu mendegradasi MCA karena kelima bakteri menghasilkan warna kuning pada media (Gambar 2).

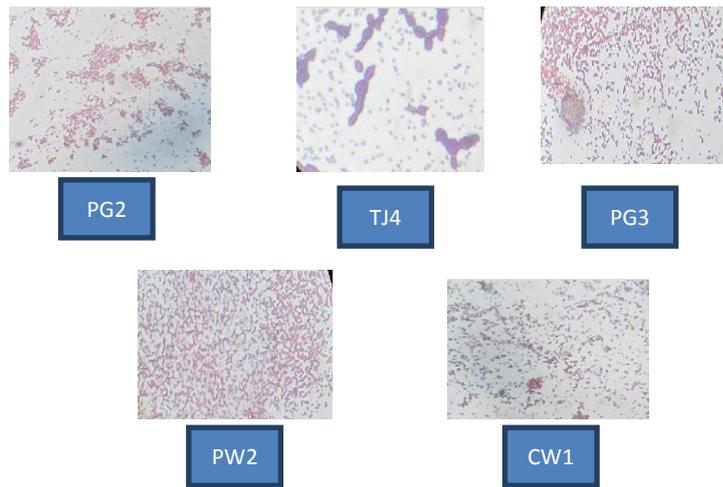


Gambar 2. Uji Kualitatif Biodegradasi MCA dengan Indikator Brom Timol Biru

Pewarnaan Gram

Hasil pewarnaan gram menunjukkan 4 bakteri hasil isolasi merupakan bakteri

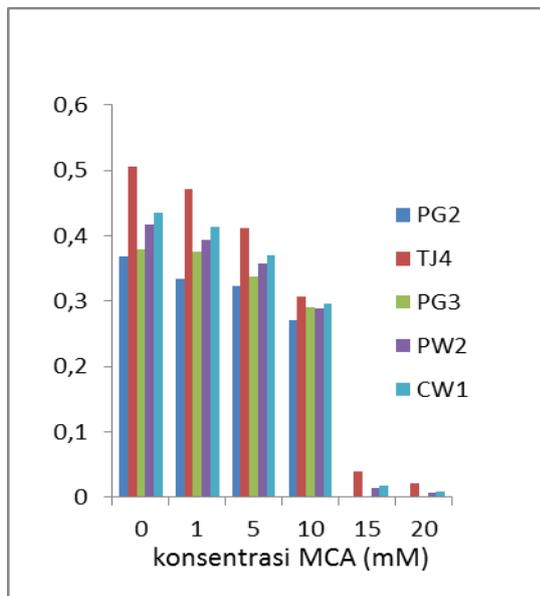
gram negatif dan satu bakteri merupakan Gram positif.



Gambar 3. Hasil Pewarnaan Gram terhadap Lima Bakteri Hasil Isolasi

Uji Kuantitatif Ketahanan Tumbuh Bakteri pada Berbagai Konsentrasi MCA

Hasil uji kualitatif dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. diagram Ketahanan Tumbuh Isolat Bakteri terhadap variasi MCA

Pada 0 mM MCA yaitu tanpa penambahan MCA, dapat dijadikan standar uji kuantitatif kemampuan hidup

dari bakteri. Kemampuan hidup isolat bakteri hanya mampu mencapai OD₆₀₀ maksimal di 0.5 tidak mencapai 1. Dengan penambahan MCA, OD₆₀₀ dari bakteri semakin berkurang sesuai dengan banyaknya penambahan MCA. Semakin banyak MCA yang ditambahkan maka kemampuan hidupnya semakin kecil. Pada konsentrasi MCA 15 mM dan 20 mM sebagian bakteri ada yang masih dapat bertahan hidup dengan kenaikan OD₆₀₀ yang kecil dan sebagian ada yang mengalami penurunan OD₆₀₀ yang menandakan bahwa bakteri tidak mampu tumbuh pada media minimal dengan penambahan konsentrasi tersebut. Semakin berkurangnya kemampuan hidup dengan bertambahnya konsentrasi MCA yang ditambahkan dikarenakan bakteri sudah tidak mampu lagi menjadikan MCA sebagai sumber karbon

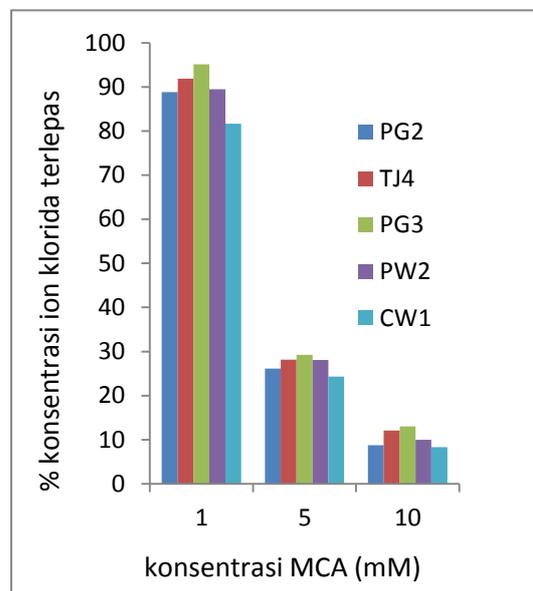
dan MCA sudah bersifat toksik bagi bakteri sehingga bakteri mengalami penurunan kemampuan tumbuh.

Pada konsentrasi 0; 1; 5 mM penambahan MCA terlihat pola urutan kemampuan tumbuh yang relatif sama. Urutan kemampuan hidup isolat bakteri dari yang tertinggi ke yang terendah yaitu TJ4, PW2, CW1, PG3, dan PG2. Untuk kemampuan hidup di 10 mM, urutannya tidak terlihat jelas. Semua bakteri relatif memiliki kemampuan hidup yang sama pada konsentrasi tersebut. Pada konsentrasi 10 mM bakteri lebih menyiapkan bagaimana mengatasi ketoksikan MCA daripada untuk berkembang biak, hal ini yang menyebabkan kemampuan bakteri relatif sama dengan bakteri lainnya.

Uji Kuantitatif Biodegradasi MCA oleh Bakteri

Hasil uji kualitatif dapat dilihat pada Gambar 5. Pada gambar 5 terlihat lebih dari 80% MCA mampu didegradasi pada konsentrasi MCA 1 mM. sedangkan pada konsentrasi MCA 5 mM, 20% lebih MCA mampu degradasi dan pada 10 mM MCA, sekitar 8% lebih MCA yang mampu didegradasi bakteri. Urutan kemampuan biodegradasi ini dari yang tinggi ke rendah yaitu: PG3, Tj4, PW2, PG2, dan CW1. Dari data biodegradasi

ini dapat disimpulkan bahwa kemampuan degradasi efektif hanya sekitar 0.8 mM per bakteri.

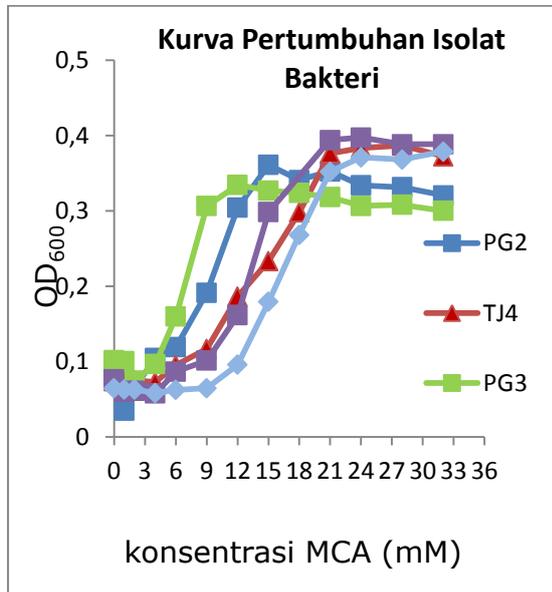


Gambar 5. Kemampuan Biodegradasi Isolat Bakteri terhadap Variasi konsentrasi MCA

Kurva Pertumbuhan Bakteri pada Minimal Media yang mengandung 10 mM MCA

Kurva pertumbuhan bakteri pada minimal media yang mengandung 10 mM MCA dapat dilihat pada Gambar 6. Dari kelima bakteri, 3 bakteri yaitu PG2, TJ4 dan PG3 memiliki kemampuan yang relatif sama, fase lag lebih cepat dibanding bakteri lainnya. Lebih cepatnya bakteri-bakteri ini dibanding bakteri lainnya dapat dimungkinkan karena bakteri ini berasal dari daerah yang terpapar senyawa organohalogen yang toksik dan persisten sehingga waktu

adaptasi bakteri-bakteri ini lebih cepat dibanding bakteri yang lainnya.



Gambar 6. Pertumbuhan Isolat Bakteri pada minimal Media + 10 mM

Sementara itu, untuk bakteri PW2 dan PW3 mengalami fase lag yang lebih lama dari ketiga bakteri lainnya. Lamanya fasa lag ini kemungkinan berhubungan dengan proliferasi populasi yang kecil, dan adanya senyawa toksin (Alexander, 1999 dalam Fajriah 2013). Telah pula dilaporkan bahwa populasi mikrobial mampu beradaptasi untuk menggunakan senyawa yang persisten sebagai sumber karbon dan energi. Adaptasi tersebut dapat disebabkan oleh seleksi strain mutan yang telah memperoleh kemampuan aktivitas metabolik yang baru atau perubahan spesifitas enzim.

Hubungan kemampuan hidup dan Kemampuan Biodegradasi Isolat Bakteri

Isolat TJ4 memiliki kemampuan tumbuh dan biodegradasi yang tinggi. Isolat PG3 dan PG2 memiliki kemampuan tumbuh rendah namun kemampuan biodegradasinya tinggi. Isolat PW2 dan CW1 memiliki kemampuan tumbuh tinggi namun kemampuan biodegradasinya rendah. Isolat yang memiliki kemampuan tumbuh tinggi dan kemampuan biodegradasi tinggi dimungkinkan karena bakteri tersebut sudah dapat beradaptasi dengan senyawa toksik sehingga daya hidupnya tinggi dan memiliki enzim yang lebih banyak sehingga mampu mendegradasi lebih banyak. Sedangkan untuk bakteri yang kemampuan hidup rendah namun kemampuan biodegradasi tinggi dimungkinkan karena fase adaptasi dan fase log dari bakteri tersebut cepat sehingga kemampuan hidup menjadi lebih rendah namun memiliki enzim yang lebih tinggi sehingga biodegradasinya tinggi. Sementara itu, untuk bakteri yang memiliki kemampuan hidup tinggi namun biodegradasi rendah dimungkinkan karena bakteri tersebut jarang terkena paparan senyawa toksik sehingga kemampuan untuk biodegradasi belum terlalu adaptatif untuk degradasi.

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini telah berhasil diisolasi 5 bakteri tanah yang mampu mendegradasi MCA baik dalam minimal medium maupun dalam medium LB yang mengandung MCA. Konsentrasi MCA tertinggi yang masih dapat ditoleransi dan didegradasi adalah 10 mM. Bakteri TJ4 merupakan bakteri Gram positif sedangkan PG2, PG3, PW2, dan CW1

merupakan Bakteri Gram negatif. Bakteri TJ4 memiliki kemampuan tumbuh dan biodegradasi yang tinggi, Bakteri PG3 dan PG2 memiliki kemampuan tumbuh rendah namun kemampuan biodegradasinya tinggi, dan bakteri PW2 dan CW1 memiliki kemampuan tumbuh tinggi namun kemampuan biodegradasinya rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Bergmann, J. G., dan Sanik, J., (1957), Determination of Trace Amounts of Chlorine in Naptha, *Anal. Chem.*, 29(2), 241–243.
- Fajriah, S., (2013), Isolasi dan Karakterisasi Haloacid Dehalogenase dari *Bacillus cereus* Strain Lokal, Institut Teknologi Bandung.
- Fetzner, S., dan Lingens, F., (1994), Bacterial Dehalogenases: Biochemistry, Genetics, and Biotechnological Applications, *Microbiol. Rev.*, 58 (4), 641–685.
- Fetzner, S., (1999), Bacterial Dehalogenation, *Application Microbiol Technol*, 50, 633-657.
- Sakai, A., Shimizu, H., Kono, K., dan Furuya, E., (2005), Monochloroacetic Acid Inhibits Liver Gluconeogenesis by Inactivating Glyceraldehyde-3-phosphate Dehydrogenase. Osaka medical college, japan. *Chem. Res. Toxicol.*, 18, 277-282
- Slater, J. H., (1994), Microbiol Dehalogenation of Haloaliphatic Compounds, *Biochemistry of Microbial Degradation*, 379–421.
- Soetarato, E.S. 1997. Uji kemampuan isolat bakteri tanah vulkanik untuk mendegradasi hidrokarbon terhalogenasi. *Biologi*. 2. 247-263.