

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Selama kurang lebih 60 tahun senyawa klorofenol, utamanya pentaklorofenol (PCP) telah digunakan dengan spektrum yang luas sebagai biosida untuk mengendalikan bakteri, fungi, algae, moluska dan insekta. Senyawa fenol terklorinasi rendah digunakan sebagai prekursor pestisida yang lain. Misalnya, 2,4-diklorofenol dan 2,4,5-triklorofenol berturut-turut digunakan untuk mensintesis 2,4-asam diklorofenoksiasetat (2,4-D) dan 2,4,5-asam triklorofenoksiasetat (2,4,5-T), keduanya merupakan herbisida yang paling banyak digunakan di dunia. Pada tahun 1970 dan awal tahun 1980, produksi klorofenol dunia diperkirakan mencapai 200.000 ton per tahun, 50% total produksi merupakan senyawa PCP (Hagblom & Valo, 1995).

Senyawa kimia organik terhalogenasi dilepaskan ke lingkungan alam dari berbagai sumber, khususnya industri kimia dan aktivitas pertanian yang intensif. Terdapatnya senyawa kimia tersebut di lingkungan disebabkan oleh kejadian bocor selama produksi, tumpahan selama transportasi, penyemprotan secara langsung ke tanah dan pembuangan limbah yang salah (Soetarto, 1995).

Introduksi senyawa senobiotika ke lingkungan alam, baik secara langsung ataupun tidak langsung telah menyebabkan semakin meluasnya kontaminasi lingkungan. Senyawa aromatik terhalogenasi tidak mudah mengalami degradasi di lingkungan alam (rekalsitran), sehingga cenderung terakumulasi dan kemungkinan besar dapat mengalami biomagnifikasi

atau biokonsentrasi dalam tubuh hewan tingkat tinggi melalui jalur rantai makanan (Martani, 1991).

Nasib senyawa organik terhalogenasi di lingkungan alam ditentukan oleh berbagai faktor fisik, kimia dan biologis. Faktor abiotik dapat berlangsung secara fisik dan kimiawi atau faktor fotokimia. Hal tersebut meliputi volatilisasi, dispersi, pelarutan, adsorpsi, oksidasi dan fotodegradasi, yang ke semuanya berpengaruh terhadap perubahan kualitatif dan kuantitatif penyebaran senyawa tersebut di lingkungan (Soetarto, 1995). Ketersediaan oksigen merupakan faktor kunci dalam mempengaruhi laju dan cara degradasi senyawa organik terhalogenasi. Faktor fisik dan kimiawi lain dalam lingkungan yang mempunyai peranan, misalnya struktur dan tekstur tanah, kelembaban, oksigen, bahan organik dan kandungan mineral (Soetarto, 1995).

Dari berbagai proses degradasi secara abiotik jarang sekali yang dapat mengubah secara total dari senyawa organik menjadi senyawa anorganik. Reaksi non-ensimatis tersebut membawa perubahan sedikit pada molekul, sehingga produk yang dihasilkan seringkali masih mempunyai struktur kimia yang sama dengan senyawa induk (Alexander, 1999).

Degradasi secara biologik dan transformasi senyawa halogen di lingkungan telah dipelajari secara luas (Soetarto, 1995). Pada prinsipnya, ada tiga faktor pokok yang dapat menentukan kecepatan biodegradasi suatu senyawa terhalogenasi, yaitu : faktor-faktor yang berhubungan dengan senyawa halogen yang bersangkutan, faktor-faktor yang berhubungan dengan mikrobial dan kondisi lingkungan alam yang tidak mendukung pertumbuhan dan aktivitas komunitas mikrobial (Martani, 1991).

Dipandang dari sudut biologis, nasib atau "fate" suatu senyawa xenobiotika yang diintroduksi ke alam akan dapat mengalami biotransformasi melalui beberapa kemungkinan jalur tergantung pada jenis populasi mikrobial yang dominan dalam lingkungan tersebut. Jalur transformasi tersebut adalah jalur mineralisasi, degradasi tidak sempurna dan polimerisasi (Forster & Wase, 1987).

Proses degradasi senyawa organik di alam sebagian besar merupakan hasil kerja mikroorganisme. Senyawa organik yang secara alamiah berada di alam berkebalikan dengan senyawa kimia organik buatan manusia, yang seringkali mempunyai struktur molekul yang tidak umum dijumpai di alam. Oleh karena itu senyawa kimia organik buatan manusia sedikit mengalami proses degradasi dan bersifat menetap di lingkungan (Hagblom, 1992).

Tingkat degradasi bervariasi dari setiap senyawa halogen yang ada. Beberapa senyawa resisten terhadap serangan mikrobial, sementara yang lain mengalami degradasi sebagian menjadi senyawa antara yang tidak dapat terdegradasi, atau kemungkinan berubah menjadi senyawa yang lebih toksik. Degradasi secara lengkap akhirnya akan menghasilkan mineralisasi senyawa halogen menjadi karbondioksida atau metana, dan dalam kasus senyawa haloaromatik adalah terlepasnya ikatan halogen sebagai halida. Dalam lingkungan aerobik, oksigen merupakan akseptor elektron terakhir dan seringkali merupakan reaktan dalam permulaan reaksi. Dengan tidak adanya oksigen, nitrat, sulfat atau karbonat dapat berfungsi sebagai akseptor elektron alternatif dalam proses degradasi senyawa organik oleh mikrobial. Ada atau tidak adanya elektron-elektron tersebut akan mempengaruhi kemampuan biodegradasi senyawa organik yang ada (Hagblom, 1992).

Beberapa pestisida aromatik terhalogenasi dan senyawa lain yang berhubungan telah dapat terdegradasi baik dalam kondisi aerobik dan anaerobik. Tahap penting dalam degradasi senyawa tersebut adalah pemecahan ikatan karbon-halogen. Dua strategi utama proses biodegradasi dapat dibedakan : (1) ikatan halogen dihilangkan pada tahap awal degradasi melalui mekanisme reduktif, hidrolitik atau oksigenolitik, atau (2) dehalogenasi terjadi setelah pemecahan cincin aromatik dari suatu senyawa antara alifatik (Hagblom, 1992). Dehalogenasi merupakan bagian yang penting dalam proses biologi yang mengubah senyawa kimia terhalogenasi menjadi tidak berbahaya. Secara biologik, biodehalogenasi didefinisikan sebagai proses pemecahan atom karbon dan ikatan atom halogen dengan adanya aktivitas enzim dehalogenase (Hardman & Slater, 1981).

Meskipun 4-CP bersifat rekalsitran, strain mikroorganisme tertentu telah menunjukkan kemampuan mendegradasinya. Senyawa 4-CP secara total dapat mengalami mineralisasi oleh mikroorganisme aerobik seperti *Pseudomonas* sp. B13 dan *Alcaligenes* sp A7-2 melalui jalur pemecahan-ortho (Balfanz & Rehm, 1991; Fava *et al.*, 1995).

Menurut Saez & Rittmann (1991) tahap awal transformasi 4-klorofenol berlangsung secara hidroksilasi dengan bantuan enzim "*NADPH-dependent monooxygenase*" menjadi 4-klorokatekol. Klorokatekol merupakan metabolit sentral dalam degradasi aerobik dari berbagai macam senyawa aromatik terklorinasi (Hagblom, 1990). Selanjutnya 4-klorokatekol mengalami degradasi lebih lanjut menjadi senyawa 5-kloro-2-hidroksimukonat semialdehid.

Hollender *et al.*, (1997) melaporkan keberhasilan degradasi 1,8 mM 4-klorofenol melalui jalur pemecahan-*meta* oleh *Comamonas testoteroni* JH5. Sementara itu Sung Bae *et al.*, (1996) menggambarkan degradasi secara lengkap 0,6 mM 4-klorofenol oleh *Comamonas testoteroni* CPW301 dengan menggunakan jalur pemecahan-*meta*.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang dihadapi dalam penelitian ini adalah (1) apakah bakteri aerobik "*indigenous*" dari ke tiga strain AK₁SC₂, BCl-1 dan Dn-4CP koleksi kultur Proyek Penelitian HB VII (Soetarto & Djohan, 1999) mampu menggunakan 4-CP sebagai sumber karbon tunggal dan energi ; (2) Seberapa besar kemampuan bakteri tersebut dalam mendegradasi senyawa 4-klorofenol.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mempelajari kemampuan ke tiga isolat "*indigenous*" strain AK₁SC₂, BCl-1 dan Dn-4CP dalam menggunakan senyawa 4-klorofenol sebagai sumber karbon dan energi, serta besarnya aktivitas dalam mendehalogenasi 4-klorofenol.