

PENGARUH CHROMIUM PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI TEKSTIL TERHADAP POPULASI MIKROBIA PENAMBATAN DAN PELARUT P TANAH SAWAH

MMA. Retno Rosariastuti, Sumani Supriyadi Isna Rifiyani
Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh air limbah industri tekstil terhadap kadar Cr dalam tanah sawah, populasi mikrobia tanah bakteri pelarut Fosfat (BPF) dan bakteri penambat Nitrogen (BPN). Air limbah industri tekstil yang mengandung logam berat akan berpengaruh terhadap kadar Cr tanah sawah. Kromium merupakan salah satu logam berat yang bersifat meracun terhadap kehidupan mikroorganisme dalam tanah. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta, pada bulan Desember 2003 sampai bulan April 2004. Sampel tanah diambil secara komposit dari areal persawahan sekitar pabrik industri tekstil PT Kusuma Hadi Santosa dan PT Golden, Jaten Karanganyar, contoh tanah diambil dari 12 titik. Pada setiap contoh tanah dianalisis pH tanah, N total, N tersedia, P tersedia, Cr total dan Cr tersedia, total koloni mikrobia, BPN dan BPF. Untuk mengetahui hubungan antara masing-masing sifat tanah digunakan regresi bertatar. Untuk melihat perubahan kadar Cr, populasi mikrobia, populasi BPN dan BPF maka dibandingkan sifat tanah tanah diberi pengairan air limbah dengan tanah sawah yang berpengairan air irigasi, dengan uji t. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah sawah pada lokasi penelitian memiliki kadar Cr total rata-rata sebesar 2,33 ppm. Nilai tersebut masih dibawah batas berbahaya (5 ppm), tetapi telah melebihi batas toleransi untuk mikroorganisme (0,05 ppm). Kadar Cr limbah berpengaruh sangat nyata terhadap kadar Cr total tanah. Populasi BPN dan BPF. Rata-rata populasi BPF adalah 178.10^4 koloni per gram tanah, populasi tertinggi pada sawah kontrol (tidak dialiri limbah cair industri tekstil) yaitu 238.10^4 koloni per gram tanah, populasi terendah pada titik sampel 8 yaitu 50.10^4 koloni per gram tanah. Rata-rata populasi BPN adalah 54.10^5 koloni per gram tanah, populasi BPN tertinggi pada titik sampel 9 yaitu 92.10^5 per gram tanah, populasi terendah pada titik sampel 4 yaitu 4.10^5 per gram tanah.

PENDAHULUAN

Keseimbangan lingkungan akan terganggu karena adanya pencemaran (Anonymous, 1999). Salah satu komponen lingkungan yang terganggu adalah bakteri tanah. Bakteri tanah merupakan mikrobia yang bermanfaat bagi tanaman

karena perannya dalam siklus unsur hara di dalam tanah misalnya N dan P, dan penghasil faktor tumbuh yang berpengaruh positif untuk pertumbuhan tanaman (Pujiyanto, 2001). Limbah industri terutama limbah cair industri tekstil banyak digunakan untuk pengairan pada budidaya tanaman padi., hal ini dikarenakan semakin berkurangnya ketersediaan air untuk keperluan irigasi. Kondisi ini sangat mengkhawatirkan berkaitan dengan tingginya kandungan logam berat di dalam limbah industri (Salam *et al.*, 1996).

Dalam tanah terdapat kelompok bakteri yang hidup secara bebas tidak tergantung pada tanaman, dan mampu menggunakan N di udara yang dikenal sebagai bakteri penambat N (BPN). Bakteri yang dapat menambat N_2 secara non simbiotik adalah golongan *Azotobacter* dan *Azospirillum* (Foth, 1994). *Azospirillum* sp merupakan bakteri penambat N non simbiotik (mikrobia diazotropik) yang bersifat mikroaerofilik, tumbuh optimum pada pH 6.8-7.8 (Brock *et al.*, 1988). Umumnya hidup pada akar tanaman padi dan mampu menambat N 5 -63 kg/ha (Anas, 1989). *Azotobacter* sp merupakan bakteri bersifat mesofilik dan aerob obligat, suhu optimum untuk pertumbuhan adalah 30°C. Lingkungan yang baik bagi pertumbuhan *Azotobacter* adalah suhu 10° C – 40° C, sangat sensitif terhadap pH, dimana pada pH > 6,0 akan aktif sedangkan pada pH < 6,0 hidup tetapi tidak aktif. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap mikrobia ini dalam tanah yaitu pH tanah, bahan organik, dan ketersediaan unsur hara.

Kelompok bakteri antara lain *Bacillus* sp dan *Pseudomonas* sp, merupakan kelompok bakteri pelarut fosfat (BPF) dalam tanah. Mikrobia ini mampu tumbuh dalam media dasar tertentu dengan $Ca_3(PO_4)_2$, apatit dan fosfat alam sebagai sumber fosfatnya. Bakteri tersebut tidak saja dapat mengasimilasi tetapi juga dapat membuat hara-hara terlarut dan melepaskan sebagian unsur yang mereka miliki sebagai suplai hara (Alexander, 1977). Pelarutan senyawa fosfat oleh mikrobia berlangsung secara kimiawi dan biologi, baik bentuk P organik dan P anorganik. Dengan adanya pembentukan asam organik dan asam anorganik yang memiliki sifat khelasi sehingga membentuk kompleks stabil dengan ion-ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} dan Al^3 (Rao, 1982, dan 1994). Selain itu, pada proses mineralisasi bahan organik, senyawa P organik diuraikan menjadi bentuk anorganik dengan bantuan enzim fosfatase. Aktivitas enzim fosfatase meningkat dengan bertambahnya substrat karbon karena populasi bakteri pelarut P bertambah (Supriyadi dan Sudadi, 2001).

Chromium yang terkandung dalam limbah industri tekstil merupakan jenis logam yang sangat beracun dan dapat menyebabkan kematian atau gangguan kesehatan yang tidak dapat pulih dalam waktu singkat. Cr yang terakumulasi dalam tanaman dan dikonsumsi oleh manusia dapat menyebabkan gangguan kesehatan misalnya kanker paru-paru (Martopo, 1992). Menurut Srivasta dan

Gupta (1996), bahwa Cr menarik banyak perhatian karena peranannya dalam metabolisme glukosa pada mamalia. Chromium tidak esensial tanaman tetapi meracun bila terdapat dalam konsentrasi tinggi, dan bersifat karsinogenik dalam tubuh manusia. Konsentrasi Cr yang tinggi dalam tanah akan menghambat reaksi nitrifikasi. Batas konsentrasi Cr dalam tanah adalah 5-10 mg/kg, tergantung pada jenis tanah, pH, keadaan ion logam bebas, atau terikat dengan kation, unsur hara dan logam berat lainnya di dalam tanah. Masukan Cr yang secara non alamiah lebih merupakan dampak dari aktivitas manusia. Sumber-sumber Cr yang berkaitan dengan aktivitas manusia berupa limbah buangan industri sampai buangan rumah tangga (Palar, 1994).

Ketahanan mikrobial terhadap logam berat berbeda-beda tergantung pada mekanisme yang dimiliki mikrobial untuk menyesuaikan diri terhadap polusi dan tergantung pada kondisi lingkungan tempat organisme tersebut (Nugroho, 2001). Pengaruh logam berat terhadap mikrobial terlihat pada beberapa tahap dalam daur kehidupannya. Pada fungi, pengaruh tersebut terlihat pada tahap pembentukan miselium, badan buah dan proses perkecambahan spora. Pada bakteri, pengaruh tersebut terjadi pada penurunan laju pertumbuhan, dan penundaan perkembangbiakan sel. Di daerah Jaten Kabupaten Karanganyar Jawa Tengah terdapat kegiatan industri tekstil yang limbahnya digunakan untuk mengairi persawahan di sekitar lokasi pabrik. Limbah tersebut berpotensi sebagai bahan pencemar apabila tidak dilakukan pengelolaan yang baik, maka perlu ada penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh limbah cair industri tekstil terhadap kandungan Cr tanah, populasi bakteri perambat nitrogen dan bakteri pelarut fosfat di tanah sawah.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian UNS, dimulai bulan Desember 2003 sampai April 2004. Contoh tanah diambil dari areal persawahan sekitar pabrik industri tekstil PT Kusuma Hadi Santosa dan PT Golden, Jaten Karanganyar. Analisis tanah dilakukan di laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian UNS, laboratorium Pusat UNS, LAKFIP dan BTKL Yogyakarta, dan laboratorium Kimia Analitik Fakultas MIPA UGM.

Bahan yang digunakan adalah contoh tanah, limbah cair industri tekstil, media Pikovskaya (BPF), media Jensen (BPN), kemikalia untuk pengecatan gram bakteri, dan kemikalia untuk analisis kimia tanah. Alat yang digunakan adalah meteran, cethok, plastik steril, petridish, tabung reaksi, erlenmeyer, mikroskop, alat untuk analisis kimia tanah.

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif eksploratif yang pendekatan variabelnya dilakukan dengan metode survei di lapangan. Tahapan penelitian ini adalah:

- a. Pengambilan contoh tanah, dipilih secara sengaja (*purposive random sampling*), dari 12 titik tanah sawah di belakang pabrik tekstil yang menggunakan pengairan dari saluran pembuangan limbah cair. Tanah diambil pada lapisan olah (0–20 cm). Setiap titik pengamatan dilakukan pengambilan dari 5 titik, kemudian dikomposit untuk mewakili titik tersebut.
- b. Pengambilan contoh air limbah industri yang diambil dari saluran air limbah yang digunakan untuk pengairan untuk mendapatkan kandungan Cr.
- c. Isolasi dan identifikasi mikrobia penambat N dan pelarut fosfat pada contoh tanah, pengamatan dilakukan setiap 2 x 24 jam sebanyak 3 kali pengamatan.
- d. Analisis Cr pada contoh tanah dan contoh air, dengan ASS
- e. Parameter yang diamati adalah kandungan logam berat Cr pada limbah (sebagai variabel bebas); Total koloni mikrobia penambat N dan pelarut P, kandungan Cr tanah, kandungan bahan organik tanah, pH tanah, N total dan N tersedia, serta P tersedia tanah

Data yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis secara statistika dengan menggunakan serangkaian uji yaitu : untuk menguji pengaruh limbah cair industri tekstil terhadap kandungan Cr tanah, pengaruh Cr terhadap populasi BPN dan BPF digunakan uji T, sedangkan untuk mengetahui hubungan antara sifat kimia tanah dengan kandungan logam berat dan populasi BPN dan BPF digunakan uji korelasi.

HASIL PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah Cair Industri Tekstil

Penelitian pendahuluan terhadap kandungan logam berat Cr dalam limbah cair industri tekstil di Jaten Karanganyar menunjukkan bahwa limbah cair tersebut mengandung logam berat Cr sebesar 0,342 ppm. Menurut baku mutu limbah cair kegiatan industri yang telah beroperasi berdasarkan SK Menteri Negara KLH No KEP 03/MENKLH/1991, Februari 1991 (Lampiran II) limbah cair industri tekstil yang digunakan dalam penelitian termasuk golongan II baku mutu air limbah untuk krom total. Bahan pencemar dalam air limbah industri tekstil terdiri dari bahan organik, dan bahan anorganik yang memiliki sifat terlarut atau terdispersi di dalam air serta padatan kasar. Ketersediaan logam berat dalam air tergantung pada distribusi, sifat fisik dan kimianya Parameter seperti

pH dan kandungan bahan organik mungkin berpengaruh kuat terhadap pengangkutan logam berat dan potensial meracunnya.

Kandungan bahan organik tertinggi pada saluran limbah yang masuk ke sawah 3 dengan nilai 0,07 dan nilai terendah pada saluran limbah yang masuk sawah 8 sebesar 0,025. Saluran limbah ke sawah 3 merupakan saluran pertama dari pabrik II, sedangkan saluran limbah yang masuk ke sawah 8 merupakan saluran dari pabrik I yang jaraknya jauh dari lokasi pabrik I (Lampiran 1). Dengan semakin jauh jarak sawah dengan pabrik kandungan bahan organik semakin sedikit. Rata-rata kandungan bahan organik limbah adalah 0,044%. Bahan organik terlarut dan koloidal dalam limbah cair industri tekstil dihilangkan dengan proses biologi menggunakan lumpur aktif yang di dalamnya terdapat mikroorganisme yang mendegradasi bahan organik dan anorganik dalam air limbah.

Karakteristik Tanah di Sekitar Industri Tekstil

Secara umum tanah sawah di sekitar industri tekstil mempunyai karakteristik seperti yang disajikan pada Tabel 1. Rata-rata pH tanah adalah 7,1 dalam pengharkatan termasuk netral. Adanya suasana reduktif pada tanah sawah menyebabkan terjadi pelepasan ion OH^- sehingga pH bergerak ke kisaran netral. Selain itu penggunaan limbah cair yang memiliki pH basa akan menyumbangkan ion-ion OH^- ke dalam larutan tanah.

Rata-rata kandungan bahan organik (% C) tanah adalah 1,42% dalam pengharkatan termasuk sangat rendah. Kandungan bahan organik tanah tertinggi terdapat pada titik 5 sebesar 1,83%. Proses dekomposisi yang lambat mengakibatkan kandungan bahan organik tanah tinggi. Kandungan bahan organik terendah pada titik kontrol sebesar 0,39%.

Tabel 1. Karakteristik tanah sawah disekitar industri tekstil

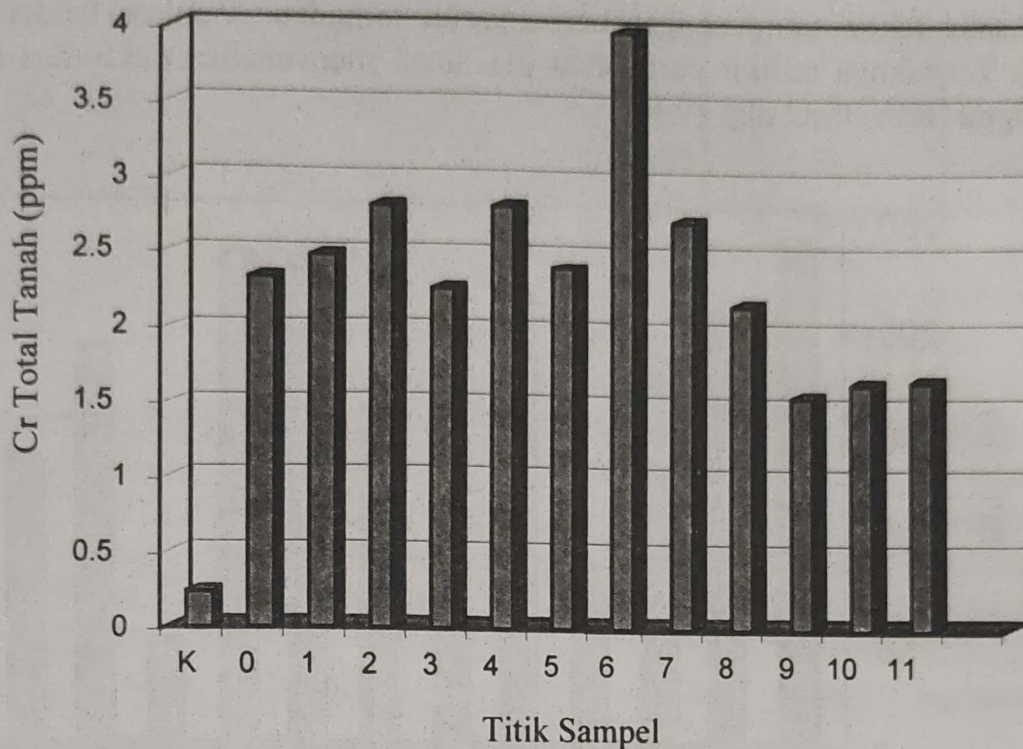
Sifat kimia tanah	Satuan	Hasil analisis	Pengharkatan*
pH	-	7,1	Netral
Suhu	$^{\circ}\text{C}$	31,3 $^{\circ}\text{C}$	-
C-organik	%	1,42	Sangat rendah
N-tersedia	%	0,067	Sedang
N-total	%	0,59	Tinggi
P-tersedia	ppm	4,05	Sangat rendah
Cr-total	ppm	2,33	-
Cr-tersedia	ppm	0,0001	-

Rata-rata kandungan N tersedia tanah adalah 0,067% dalam pengharkatan termasuk sedang. Unsur N yang sangat sedikit dalam tanah karena sifat N yang sangat mobil mudah hilang melalui drainase dan menguap hilang ke atmosfer. Sedangkan rata-rata N total tanah adalah 0,59% (tinggi). Menurut Engelstad (1997), perilaku N pada tanah tergenang berbeda tegas dengan tanah yang terdrainase. Penggenangan menyebabkan akumulasi NH_4^+ , ketidak stabilan NO_3^- dan semakin menurunnya kebutuhan N untuk dekomposisi bahan organik sebagai akibat dari proses dekomposisi yang tidak sempurna dari residu tanaman oleh bakteri anaerob, sehingga meningkatkan kandungan N total tanah.

Rata-rata P tersedia tanah adalah 4,05 ppm dalam pengharkatan termasuk sangat rendah. Pengendapan P oleh Al, Fe dan Mn mengubah P menjadi tidak larut. Menurut Buckman (1982), reaksi kimia antara Fe dan Al yang larut dengan H_2PO_4 akan menghasilkan hidroksi fosfat. Konsentrasi Fe dan Al yang tinggi daripada konsentrasi H_2PO_4 mengakibatkan kelarutannya dalam tanah rendah.

Kandungan Cr Total Tanah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Cr tanah sawah yang diberi pengairan dari air limbah industri tekstil cenderung meningkat. Pada Gambar 1 nampak bahwa kandungan Cr total tanah tertinggi pada titik 6, yaitu sebesar 3,99 ppm, dan kandungan Cr total terendah pada titik 9, yaitu sebesar 1,56 ppm. Adanya penggunaan limbah industri untuk mengairi persawahan menyebabkan terjadi akumulasi Cr dalam tanah. Meskipun kandungan Cr dalam limbah sangat kecil tetapi penggunaan air limbah secara periodik akan meningkatkan kandungan Cr total dalam tanah. Penyusun Cr total tanah berupa Cr terlarut dan Cr terjerap dalam larutan tanah. Menurut Stainer dan Adelberg. (1982), Cr terikat kuat pada tempat yang bermuatan negatif dalam koloid tanah. Juga pada pembentukan kompleks organik dengan logam dalam tanah menghasilkan kompleks logam yang tidak larut.



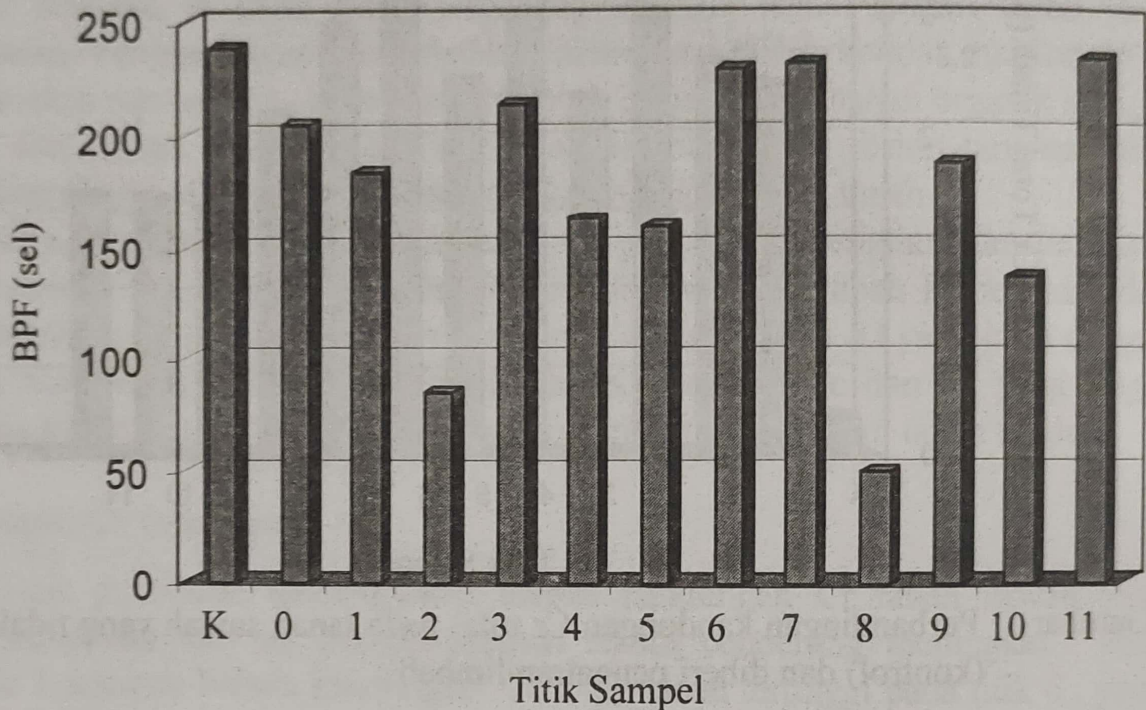
Gambar 1. Perbandingan kandungan Cr total pada tanah sawah yang tidak diberi (kontrol) dan diberi pengairan limbah .

Hasil analisis uji T antara air limbah dengan Cr total tanah menunjukkan, air limbah berpengaruh sangat nyata terhadap Cr total tanah ($P < 0,01$). Kandungan Cr pada limbah cair yang kecil tidak berarti bahwa potensinya sebagai bahan pencemar menjadi berkurang. Penggunaan air limbah secara periodik dan dalam waktu yang lama menyebabkan terjadi akumulasi Cr, yang ditunjukkan dengan tingginya kandungan Cr total tanah, sehingga menunjukkan bahwa air limbah berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan Cr dalam tanah.

Populasi Bakteri Pelarut Fosfat Tanah Sawah

Pemberian air irigasi dari air limbah industri tekstil berpengaruh terhadap populasi BPF, rata-rata populasi BPF adalah 178.10^4 koloni per gram tanah. Pada Gambar 2 terlihat bahwa populasi BPF yang tertinggi (238.10^4 koloni per gram tanah) terdapat pada tanah sawah yang tidak diberi pengairan air limbah, sedangkan populasi terendah (50.10^4 koloni per gram tanah) pada titik 8. Hasil uji T menunjukkan bahwa pH tanah, kandungan bahan organik, kandungan N, kandungan P tersedia dan logam berat Cr berpengaruh sangat nyata terhadap populasi BPF. Terdapat korelasi negatif antara pH tanah dengan populasi BPF, dan hubungan yang terbentuk sedang dan peningkatan pH tanah diikuti penurunan jumlah populasi bakteri pelarut fosfat tanah. Reaksi tanah merupakan

salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap populasi bakteri pelarut fosfat. Terjadinya sedikit perubahan pH tanah menyebabkan aktivitas mikrobia terganggu (Rao, 1982 dan 1994).



Keterangan : jumlah populasi BPF x 10⁴ koloni per gram tanah

Gambar 2. Populasi bakteri pelarut fosfat pada sawah kontrol dan sawah yang diberi pengairan limbah cair.

Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa hubungan antara bahan organik dan BPF tidak nyata ($p > 0.07$) dengan nilai $r = -0,516$ yang berarti hubungannya tidak erat. Ada kecenderungan peningkatan kandungan bahan organik diikuti dengan penurunan populasi bakteri pelarut fosfat. Bahan organik merupakan sumber hara yang diperlukan bakteri sebagai sumber energi untuk melakukan aktivitas dan metabolisme. Selain bakteri pelarut fosfat, dalam tanah masih banyak bakteri lain yang membutuhkan unsur hara. Adanya persaingan dengan mikrobia lain untuk mendapatkan unsur hara mengakibatkan populasi bakteri fosfat kurang mendapatkan unsur hara yang dibutuhkan sehingga populasinya menurun (Alexander, 1974).

Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa hubungan antara N tersedia tanah dan BPF tidak nyata ($p > 0.05$) dengan nilai $r = 0,275$ yang berarti hubungannya tidak erat. Ada kecenderungan bahwa peningkatan kandungan N tersedia dalam tanah diikuti peningkatan populasi BPF. Hal yang sama juga terjadi pada perubahan kandungan N total. Nitrogen merupakan unsur yang penting bagi

semua jasad hidup. Dengan meningkatnya N tanah, maka kebutuhan unsur hara terpenuhi sehingga populasi mikrobial meningkat.

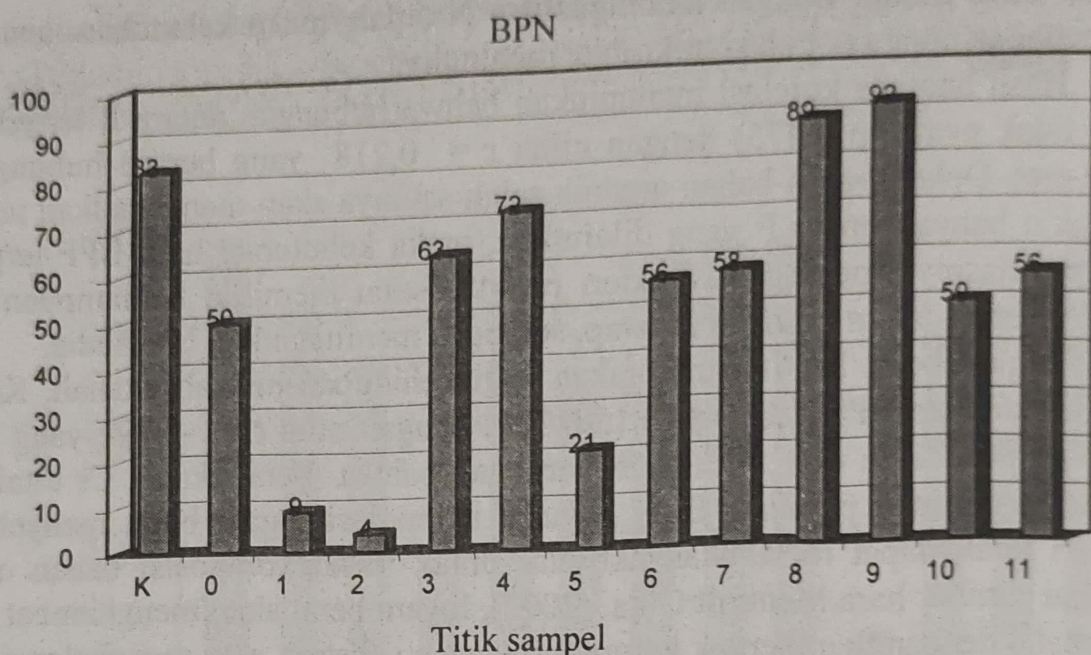
Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa hubungan antara P tersedia dan BPF tidak nyata ($p = 0,475$) dengan nilai $r = 0,218$ yang berarti hubungannya tidak erat. Dekomposisi bahan organik salah satunya akan menghasilkan unsur P. Semakin banyak unsur P yang dilarutkan, maka kebutuhan hara BPF terpenuhi dan populasinya meningkat. Bakteri pelarut fosfat memiliki kemampuan untuk melarutkan P dalam keadaan terjerap, sehingga meningkatkan P tersedia.

Logam berat bersifat merugikan bagi kehidupan mikrobial tanah. Korelasi Cr total dengan BPF tidak nyata ($p = 0,333$) dengan nilai $r = -0,292$ yang berarti hubungannya tidak erat. Ada kecenderungan bahwa peningkatan Cr total tanah diikuti penurunan populasi BPF. Adanya akumulasi logam berat menyebabkan bakteri tidak dapat melakukan aktivitas untuk mendekomposisi bahan organik sebagai sumber hara. Menurut Olga. (2002), logam berat akan menghambat proses enzimatik dengan membentuk kompleks dengan substrat, atau menghalangi gugus aktif dari enzim untuk bereaksi dengan substrat; adanya hambatan ini menyebabkan populasi BPF menjadi turun.

Populasi BPN

Pemberian air irigasi dari air limbah industri tekstil berpengaruh terhadap populasi BPN. Populasi tertinggi pada titik 9 yaitu sebesar $92 \cdot 10^5$ koloni per gram tanah, sedang populasi terendah pada titik 2 yaitu sebesar $4 \cdot 10^5$ koloni per gram tanah (Gambar 3). Adanya akumulasi logam berat Cr pada tanah sawah menyebabkan lingkungan menjadi kurang baik untuk pertumbuhan bakteri penambat nitrogen. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan BPN antara lain pH, kandungan bahan organik, kandungan N, P dan logam berat.

Hasil uji T menunjukkan pH tanah, kandungan bahan organik, kandungan N dan logam berat Cr berpengaruh sangat nyata terhadap populasi BPN. Korelasi antara BPN dengan pH tanah menunjukkan nilai $r = -0,161$, hubungannya tidak nyata ($p = 0,600$). Ada indikasi bahwa kenaikan pH tanah diikuti dengan penurunan populasi mikrobial penambat nitrogen. Tingkat kemasaman tanah atau kebasahan tanah menjadi faktor penghambat aktivitas mikrobial. Kondisi tanah yang sesuai bagi pertumbuhan mikrobial adalah tanah dengan pH netral (Brock, 1988). Menurut Sutejo. (1999), pada pH netral (6,5 – 7,5) umumnya ketersediaan unsur hara cukup, sehingga akan mempengaruhi aktivitas mikrobial dalam tanah termasuk BPN.



Keterangan : : jumlah populasi BPN x 10⁴ koloni per gram tanah

Gambar 3. Populasi bakteri penambat N pada sawah kontrol dan sawah yang diberi pengairan limbah cair

Kandungan bahan organik tanah berkorelasi negatif dengan populasi BPN dengan nilai $r = -0,396$, hubungan yang terbentuk tidak nyata ($p 0,071$). Bahan organik merupakan sumber energi yang digunakan mikrobia untuk melakukan aktivitasnya. Ketersediaan bahan organik mempengaruhi populasi mikrobia. Semakin banyak bahan organik, maka populasi mikrobia akan meningkat. Adanya penambahan bahan organik secara berlebihan mengakibatkan aktivitas mikrobia meningkat sampai pada batas maksimum. Hal itu menyebabkan energi yang tersedia habis digunakan dan persediaan makanan menjadi berkurang, sehingga populasinya akan menurun.

Hasil uji T diketahui Cr total tanah berpengaruh sangat nyata terhadap populasi bakteri penambat N ($P < 0,00$). Adanya logam berat dapat berpengaruh negatif dan positif terhadap mikrobia tanah. Pengaruh negatif apabila logam berat telah melebihi batas toleransi untuk bakteri dan pengaruh positif apabila meningkatkan populasi bakteri tanah karena bakteri telah melakukan adaptasi terhadap lingkungan tercemar. Hasil analisa korelasi menunjukkan bahwa hubungan antara Cr total dan BPN tidak nyata ($p 0,835$) dengan nilai $r = 0,064$ yang berarti hubungannya tidak erat. Ada indikasi bahwa peningkatan Cr dalam tanah tidak selalu diikuti dengan peningkatan populasi BPN tanah. Penggunaan limbah cair secara periodik mengakibatkan bakteri tanah menjadi resisten dengan kondisi lingkungan yang tercemar. Populasi bakteri yang dapat bertahan

merupakan bakteri yang memiliki tingkat resistensi tinggi terhadap kehadiran logam berat di lingkungannya. Toksisitas Cr akan muncul dalam keadaan tersedia. Kandungan Cr tersedia yang rendah mengakibatkan bakteri dapat melakukan aktivitas untuk mendekomposisi bahan organik sehingga unsur hara menjadi tersedia dan populasi bakteri meningkat.

KESIMPULAN

1. Limbah cair industri tekstil berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan Cr dalam tanah.
2. Kandungan Cr dalam air limbah sebesar 0,025 ppm, dan kandungan Cr total tanah sebesar 2,33 ppm. Kandungan Cr di dalam tanah berpengaruh sangat nyata terhadap populasi bakteri penambat N dan pelarut P.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 1999. Undang-Undang Tentang Lingkungan Hidup No 23 Tahun 1997. Kumpulan Undang-Undang Tentang Lingkungan Hidup dan Analisis Dampak lingkungan. Lembaga Penelitian Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. Jonh Wiley and Sons. New York.
- Anas, I. 1989. Biologi Tanah dalam Praktek. PAU. Bioteknologi. IPB. Bogor
- Brock, T.D., and M.T. Madigan. 1988. Biology in Microorganisms. Fifth (Eds). Prentice Hall Englewood Cliff. New Jersey.
- Buckman, H.O., dan Brady, N.C. 1982. Ilmu Tanah. Bhatara Karya Aksara. Jakarta.
- Engelstad, O. P., 1997. Teknologi dan Penggunaan Pupuk. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 949 hal.
- Foth, H.D. 1994. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Erlangga. Jakarta.

- Martopo, S. 1990. Prinsip – Prinsip Ekologi dalam Kursus Penyusunan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan. Kantor Menteri Negara Kependudukan Dan Lingkungan Hidup dan Pusat Penelitian Lingkungan Hidup. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Nugroho, B. 2001. Ekologi Mikrobial Pada Tanah Terkontaminasi Logam Berat. Makalah Falsafah Sains Program Pasca Sarjana (S3). IPB. Bogor
- Olga, M.,K. Jaromir dan N. Jitka. 2002. Some Microbiological Characteristic and Enzymatic Activities In Soil Polluted With Heavy Metal. <http://www.idd.go.th/wcss2002/abstracts/0792.pdf>.
- Palar, H. 1994. Pencemaran Air dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta.
- Pujiyanto 2001. Pemanfaatan Jasad Mikro Jamur Mikoriza dan Bakteri Dalam Sistem Pertanian Berkelanjutan di Indonesia: Tinjauan Dari Perspektif Falsafah Sains. Makalah Falsafah Sains. Program Pasca Sarjana (S3). IPB. Bogor.
- Rao, N. S. 1982. Advances in Agriculture Microbiology. Oxford & IBH Publishing Co. New Delhi.
- , 1994. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Univ. Indonesia Press. Jakarta.
- Srivasta, P.C. dan U.C Gupta. 1996. Trace Element in Crop Production. Baba Barkha Nath Printers. New Delhi. India.
- Stainer, R.Y dan Adelberg. E. A. 1982. Ecology Microbial Of the Rhizosfer dalam. Pujiyanto 2001. Program Pasca Sarjana (S3). IPB. Bogor.
- Sutejo, M. M. 1999. Pupuk dan Cara Pemupukan. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- Supriyadi dan Sudadi, 2001. Efektifitas BPF pada beberapa macam bahan pembawa inokulum. Sains Tanah Jurnal Vol. 1 No. 1: 30-36 Jurnal Ilmu Tanah FP UNS. .