

**TINGKAT TOKSISITAS LIMBAH CAIR PULP DAN KERTAS
PT. BLABAK MAGELANG PENGARUHNYA TERHADAP PERTUMBUHAN
DAN KADAR PROTEIN BIJI TANAMAN KACANG MERAH
(*Phaseolus vulgaris* L)**

Haryoto dan Siti Wirdhana Ahmad

Fakultas Farmasi Universitas Muhammadiyah Surakarta

ABSTRAK. Kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L) ditumbuhkan pada media limbah cair pulp dan kertas dengan konsentrasi 0%, 1%, 2%, 5%, 10%, 15%, 25%, 50% dan 100% dengan tiga kali ulangan. Setelah itu dilakukan dengan tiga tahap yaitu tahap orientasi, tahap uji pendahuluan, dan tahap uji sesungguhnya. Pengamatan dilakukan selama 4 hari untuk menentukan LC₅₀₋₉₆ jamnya. Parameter kualitas air limbah secara fisik yang diamati adalah suhu, warna, dan bau, parameter kimia yang diukur adalah pH, DO, CO₂, BOD, alkalinitas (HCO₃⁻). Sedangkan parameter toksisitas adalah jumlah kematian tanaman. Setelah didapatkan nilai dari LC₅₀₋₉₆ jamnya, pertumbuhan tanaman dilanjutkan sampai tiba masa panen. Tingkat toksisitas LC₅₀₋₉₆ jam zat tercemar limbah cair pulp dan kertas terhadap kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L) sebesar 62,78,3%. Perlakuan dengan limbah cair pulp dan kertas pada kadar 1-15% dapat meningkatkan pertumbuhan dan kadar protein biji tanaman kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L). Kadar protein tertinggi (16,04%) dihasilkan pada perlakuan dengan kadar limbah 15%. Pada kadar 1-15% limbah cair pulp dan kertas dapat digunakan sebagai pupuk cair.

Kata Kunci: toksisitas, limbah air, pertumbuhan, kadar protein, kacang merah

PENDAHULUAN

Buangan industri yang berupa cairan dapat mempengaruhi keadaan dengan lingkungan, yaitu terganggunya keseimbangan alam antara organisme dengan lingkungannya (Bratasida & Soetrisno, 1981). Perkembangan industri membawa dampak positif terhadap lingkungan, yang berupa peningkatan sarana kebutuhan hidup. Tetapi disisi lain dapat pula bersifat negatif apabila pembangunan dan pengembangan zona industri tidak berwawasan lingkungan. Dampak negatif ini dapat menurunkan daya dukung lingkungan dan mengakibatkan pencemaran lingkungan yang meliputi aspek fisik, kimia, biologi dan sosial budaya (Sitinjak, 1986).

Beberapa substansi kimia organik maupun anorganik bersifat meracuni tumbuhan,

hewan dan manusia, yang dapat berakibat bermacam-macam tergantung jenis substansi kimianya, konsentrasinya dalam sel dan metabolisme dalam tubuh organismenya. Logam berat dapat meracuni tumbuhan apabila diserap atau diberikan kedalam sel, sehingga kerja enzim dalam proses metabolisme akan terganggu dan akhirnya pertumbuhan tanaman akan mengalami hambatan (Dix, 1981).

Salah satu industri yang menggunakan bahan-bahan kimia dalam proses produksinya adalah industri pulp dan kertas. Senyawa kimia yang digunakannya terdiri dari sulfida, hydrogen sulfida, sulfur dioksida, suspensid solid, logam-logam berat, bahan organik yang mengandung hemiselulosa, selulosa, lignin (Pariworo, 1981; Panjaitan, 1982).

Salah satu dampak utama dari berbagai jenis pembangunan adalah terjadinya perubahan kualitas perairan, baik yang terdapat di daerah sekitar proyek maupun di bagian hilir proyek. Dampak yang timbul terhadap suatu badan perairan berhubungan dengan perubahan siklus hidrologi, serta masuknya zat-zat baik yang terlarut maupun dalam bentuk tersuspensi ke dalam perairan yang menerinya (Siregar, 1982).

Beberapa sumber air seperti sungai dan danau digunakan sebagai tempat penampungan buangan, baik dari buangan rumah tangga, kegiatan manusia seperti industri, tambang, pertanian dan sebagainya. Hal ini banyak mempengaruhi kualitas air dan bahkan dapat pula mengganggu pemanfaatan daya guna air (Bukit, 1981).

Ada dua tipe kontaminan yang berbeda akibat pencemaran yaitu:

- a. Penyuburan yang sangat tinggi, komunitas biotik sangat produktif, seperti penyuburan sungai atau danau oleh nutrien-nutrien yang berasal dari sampah atau pupuk.
- b. Badan air teracuni oleh zat-zat toksis yang dapat membunuh beberapa atau bahkan meniadakan semua kehidupan organisme (Southwick, 1976)

Aspek Kimia – Fisika - Biologi dalam Pencemaran Air

Menurut Mahida (1984) kualitas air ditentukan oleh banyak sedikitnya zat-zat yang terlarut di dalamnya, baik yang berupa zat organik maupun zat anorganik.

Secara fisika, air dapat dimanfaatkan dalam kehidupan kita bila memenuhi syarat bebas dari padatan terlarut, warna, busa permukaan, bau dan rasa yang tidak enak. Banyaknya mikroorganisme, tumbuhan dan hewan air merupakan parameter biologi air. Sedangkan kondisi kimia dapat diukur dengan adanya oksigen terlarut yang cukup dan seimbang antara nutrien-nutrien yang terlarut untuk mendukung kehidupan yaitu suhu,

cahaya, CO₂, pH, warna, bau, kekeruhan, zat tersuspensi, dan makhluk hidup dalam air (Mahida, 1984).

Limbah Pulp dan Kertas

Industri pulp dan kertas merupakan industri dengan pemakaian air yang besar yaitu 150-180 m³/ton kertas yang dihasilkan P.T. Blabak menggunakan air sebesar maksimum 4000 m³/ton.

Sebagai media proses berfungsi sebagai:

- Bahan pencuci baku dari kotoran-kotoran yang tidak diinginkan.
- Bahan pemisah antara hasil pulp dengan bahan kimia hasil pemasakan.
- Media penghantar (Anonim, 1987).

Komponen dari pulping dan pembuatan kertas dapat diklasifikasikan menjadi padatan tersuspensi, komponen yang mudah didegradasikan secara biologis (*easily biodegradable*), komponen yang lambat didegradasi secara biologis (*slowly biodegradable*), komponen beracun, komponen pengubah pH, dan garam-garam anorganik (Anonim, 1981).

Pada proses pembuatan pulp secara kimia dengan menggunakan soda untuk proses pemutihan akan mengeluarkan buangan pada tersuspensi sebesar 25-55 lb/ton produksi dan bahan padat terlarut dengan BOD 45-80 lb/ton produksi, sedangkan tanpa proses pemutihan akan mengeluarkan buangan bahan padat tersuspensi sebesar 20-30 lb/ton produksi dan bahan organik dengan BOD 25-50 lb/ton produksi (Billings dan Haas, 1971).

Bahan padat tersuspensi dan bahan organik terlarut yang dibuang oleh pabrik pulp dan kertas ke dalam saluran-saluran air sungai penerima menyebabkan timbulnya pencemaran, Dikarenakan bahan padat tersuspensi yang dibuang 70-90 % dan dapat mengendap sehingga menimbulkan endapan-endapan pada tepi saluran dan sungai penerima, sedangkan bahan padat yang terlarut menyebabkan naiknya kebutuhan oksigen biokimia (BOD) perairan. Adanya bahan organik seperti klor,

soda (NaOH) dan kaporit bersifat menimbulkan korosi, perubahan pH, dan bersifat racun akan mengganggu perkembangan biakan dan kehidupan akuatik (Billings dan Haas, 1971).

Tahapan proses pembuatan pulp dan kertas serta bahan buangnya.

Proses	Limbah
Pemotongan	Serat-serat kayu, serat-serat jerami atau serta bahan baku lainnya.
Pemasakan dan pencucian	Serat-serat halus, bahan organik, bahan anorganik, soda dan lindi hitam (<i>black liquor</i>).
Penyaringan	Debu, pasir, bahan organik dan bahan anorganik
Pemutihan	Serat-serat halus dan sisa bahan kimia
Pembuatan lembaran kertas dan penyelesaian	Bahan organik dari penji-lidan dan sisa bahan pelap-saian.

Parameter Kualitas Air Limbah

1. **Temperatur:** temperatur air mempengaruhi kelarutan oksigen dan gas-gas lain, kecepatan reaksi kimia, metabolisme respirasi dan proses-proses lainnya dalam tubuh organisme (Ryadi, 1981), pertumbuhan pembusukannya secara aerob (Mahida, 1984).
2. **pH (derajat keasaman) :** merupakan parameter yang penting dan praktis, karena banyak hasil-hasil kimia dan biokimia yang penting hanya berlangsung pada pH tertentu, atau dalam kisaran pH yang kecil (Mahida, 1984). Aktifitas biokimia terbatas pada kisaran pH 6-8 (Tebutt, 1977). Dekomposisi zat organik oleh jasad aerob akan terganggu bila pH mendekati atau lebih dari 10, maka dekomposisi oleh aerob yang akan terganggu (Mahida, 1984).
3. **Oksigen Terlarut (Dissolved oksigen):** Sumber oksigen terlarut umumnya adalah

difusi oksigen dari atmosfer dan fotosintesis tumbuhan akuatik (Clarke, 1954). Disamping itu juga adalah difusi oksigen dari atmosfer pada permukaan air dan bertambahnya konsumsi oksigen oleh bakteri aerob (bertambahnya BOD) (Black, 1977). Selain itu kandungan oksigen dalam air dipengaruhi oleh keadaan suhu dan tekanan udara di atasnya (Clarke, 1954). Semakin tinggi temperatur semakin rendah kandungan oksigen perairan (Welch, 1952).

4. **BOD (Kebutuhan biologik akan oksigen) :** BOD merupakan salah satu parameter cara uji coba yang paling penting untuk menentukan kekuatan atau daya cemar air limbah dan sampah industri. Uji coba kimia mengukur jumlah zat organik yang kemungkinan akan dioksidasi oleh kegiatan bakteri aerob (Anonim, 1984). BOD5 adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan zat organik yang terdapat dalam air selama 5 hari pada suhu 20°C (Anonim, 1984).
5. **CO₂ bebas :** CO₂ bebas dan oksigen mempunyai peranan yang sangat penting pada ekosistem air. Kelarutannya tergantung pada suhu air, kadar garam, konsentrasi gas atmosferik maupun kemampuan kelarutan relatif masing-masing gas itu sendiri (Ryadi, 1981). Gas-gas CO₂ dalam air menurut Welch (1952) berasal dari : absorpsi udara dari permukaan air, dekomposisi unsur-unsur organik, respirasi tumbuhan dan hewan akuatik, percampuran substansi atau material yang mengandung CO₂. Berkurangnya CO₂ dalam air antara lain disebabkan: proses fotosintesis tumbuhan akuatik, pembentukan karang, agitasi air. Dalam perairan, CO₂ bereaksi dengan air membentuk H₂CO₃, karbonat dan bikarbonat (Clarke, 1954). Sesuai dengan reaksi:



CO₂ juga berfungsi sebagai buffer, yang membantu menjaga konsentrasi ion H⁺ dalam lingkungan akuatik dalam keadaan mendekati netral. CO₂ yang paling banyak dalam bentuk ion CO₃²⁻ bila dalam pH tinggi, sedangkan pada pH rendah CO₂ berada dalam bentuk CO₂ bebas (Clarke, 1954).

6. **HCO₃ (Alkalinitas)** : sumber alkalinitas adalah karbonat dan bikarbonat dari kalsium dan magnesium (Supriyatna, 1980). Apabila pH lebih besar daripada 8,3 alkalinitas dalam bentuk karbonat dan bikarbonat, dan apabila lebih kecil daripada 8,3 alkalinitas dalam bentuk bikarbonat (Santaniello, 1971).

Alkalinitas yang tinggi di dalam air akan meningkatkan pH tanah, bila tanah tersebut mendapat irigasi darinya. Selanjutnya tanah yang demikian itu akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, yaitu melalui pengaruhnya terhadap ketersediaan unsur-unsur hara (Dwidjoseputro, 1988).

Didaerah rawa atau dekat air laut, alkalinitas akan lebih rendah di bandingkan daerah pemukiman, karena di pemukiman penduduk banyak menggunakan sabun atau deterjen (Ryadi, 1978).

Tinjauan tentang kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L)

Tanaman kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L) merupakan anggota familia Leguminose dan berasal dari Amerika Selatan (Thomson dan Kelly, 1957., Van Steenis, 1980., Soedirdjoatmojo, 1986). Menurut Soedirdjoatmojo (1986) tanaman kacang merah merupakan jenis buncis yang berbatang tegak.

Buah kacang merah ini penting sebagai makanan manusia sebab selain mengandung

karbohidrat dan lemak, tanaman ini juga banyak mengandung bahan protein, terutama pada bijinya (Hill, 1952). Jika dikombinasikan dengan jenis makanan pokok yang mengandung hidrat arang jenis pangan dari kacang-kacangan dapat dimanfaatkan untuk mengatasi masalah kekurangan gizi di Indonesia (Irfan, 1990).

Beberapa jenis buncis tumbuh di daerah yang mempunyai ketinggian 1000 – 1500 meter dpl (Soedirdjoatmojo, 1986., Irfan, 1990). Buahnya mulai dapat dipanen setelah tanaman berusia 2-3 bulan (Soedirdjoatmojo, 1986).

Klasifikasi dari kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L).

Kedudukan tanaman *Phaseolus vulgaris* L dalam taksonomi tumbuhan adalah sebagai berikut:

- Divisio : Spermatophyta
 - Sub divisio : Angiospermae
 - Klas : Dicotyledoneae
 - Ordo : Rosales
 - Sub ordo : Rosineae
 - Familia : Legiminosae
 - Sub familia : Papillonaceae
 - Genus : Phaselus
 - Spesies : *Phaseolus vulgaris* L
- (Backer, 1965; Lawrence, 1968)

METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini dengan menyiapkan 27 buah polybag digunakan untuk 8 kali perlakuan dan 1 buah polybag kontrol masing-masing dengan 3 kali ulangan. Setiap polybag diisi dengan tanah ± 1,5 kg. Kemudian masing-masing polybag diberi pupuk kandang sebanyak 10 gram/ tanaman. Lubang untuk menanam dalamnya ± 1,5 cm.

Pengenceran limbah cair pulp dan kertas dilakukan 9 macam variasi konsentrasi dilakukan dengan cara mengencerkannya dengan air tawar dilokasi penelitian yang pengenceran hasilnya sebagai berikut: 0% terdiri dari 1 liter air tawar (kontrol); 1% (10 ml limbah + 990 ml air tawar); 2% (20 ml limbah + 980 ml air

tawar); 5% (50 ml limbah + 950 ml air tawar); 10 % (100 ml limbah + 900 ml air tawar); 15 % (150 ml limbah + 850 ml air tawar); 25 % (250 ml limbah + 750 ml air tawar); 50 % (500 ml limbah + 500 ml air tawar); 100 % terdiri dari 1 liter limbah.

Penelitian dilaksanakan dengan tiga tahap yaitu : tahap orientasi, tahap uji pendahuluan dan tahap uji sesungguhnya. Hubungan antara parameter uji satu dengan yang lain dicari dengan menggunakan rumus regresi linier $Y = a + bX$ (Spiegel, 1981).

Setelah dilakukan uji sesungguhnya persemaian tetap dilanjutkan dengan variasi konsentrasi yang lebih kecil dari konsentrasi pada tahap orientasi. Pengumpulan data dengan mengamati tolak ukur fisik meliputi: suhu, warna dan bau; mengamati tolak ukur kimia meliputi: konsentrasi oksigen terlarut / DO (Metode Winkler), konsentrasi CO₂ terlarut (Metode Mikro Winkler), alkalinitas, BOD, pH limbah.

Pengamatan tolak ukur pertumbuhan meliputi pengukuran : lebar daun, panjang daun, tinggi tanaman, panjang polong, jumlah polong dan jumlah biji. Juga dilakukan perhitungan kandungan protein dalam biji tanaman kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L) dengan metode Kjehdahl (Rosmarkan, 1982).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pabrik pulp dan kertas dalam proses pembuatannya mengeluarkan polutan berupa bahan organik, anorganik, dan bahan padat terlarut. Polutan atau limbah dari pabrik pulp dan kertas dapat dimanfaatkan sebagai pupuk yang berguna meningkatkan produksi tanaman kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L) yang berwujud pupuk cair.

Digunakan kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L) karena kacang merah merupakan bahan makanan yang mempunyai nilai gizi tinggi, kaya akan vitamin dan mengandung protein, disamping itu dapat digunakan dalam usaha mempertahankan kesuburan dan produktivitas tanah.

Dalam penelitian ini kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L) ditanam dalam masing-masing polybag yang telah disediakan dengan konsentrasi limbah yang berbeda-beda. Kemudian dinalisis secara kimia dan fisika.

Dari hasil perhitungan dengan analisis regresi linier tingkat toksisitas di dapatkan LC₅₀₋₉₆ jam zat tercemar limbah cair pulp dan kertas terhadap kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L) sebesar 62,78%. Hal ini berarti dengan konsentrasi limbah cair pulp dan kertas sebesar 62,78% dapat mematikan 50% tanaman uji. Hal ini juga menunjukkan hubungan yang positif dan signifikan. Jadi, setiap kenaikan konsentrasi limbah cair pulp dan kertas akan berpengaruh nyata pada kenaikan angka kematian tumbuhan kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L). Sedangkan hasil pengukuran suhu untuk setiap peningkatan konsentrasi limbah sebesar 1% maka suhu larutan akan meningkat sebesar 0, 028°C. Polutan yang dibuang berwarna jernih atau putih yang berasal dari unit paper dalam hal ini warna tergantung pewarnaan kertas yang akan diproduksi. Keadaan polutan ini tidak membahayakan apabila dialirkan ke sawah sekitarnya tidak mengakibatkan kerusakan terhadap sawah-sawah tersebut.

Polutan/limbah berdasarkan hasil pengukuran mempunyai pH berkisar 7,44 – 7,56; nilai pH limbah cair pabrik pulp dan kertas masih memenuhi kriteria baku mutu air limbah. Semakin tinggi konsentrasi limbah semakin rendah nilai pH, hal tersebut di duga terjadi karena adanya asam-asam organik yang berasal dari dekomposisi oleh mikroorganisme bahan organik yang terkandung dalam limbah.

Setiap peningkatan konsentrasi limbah sebesar 1% maka *Dissolved Oxygen* larutan akan menurun sebesar 0,038 mg /l. Dari hasil perhitungan dengan analisis regresi linier koefisien korelasinya – 0,858; karena mempunyai harga negatif maka semakin besar konsentrasi limbah akan menurunkan *Dissolved Oxygen* larutan limbah.

Setiap peningkatan konsentrasi limbah sebesar 1% maka CO₂ larutan menurun sebesar 0,108 mg/l, koefisien korelasinya -0,631; karena mempunyai harga negatif maka semakin besar konsentrasi limbah akan menurunkan CO₂larutan limbah.

Setiap peningkatan konsentrasi limbah sebesar 1% maka BOD larutan meningkat sebesar 0,341 mg/l, koefisien korelasinya 0,955; karena mempunyai harga positif maka semakin besar konsentrasi limbah akan menaikkan BOD larutan limbah.

Setiap peningkatan konsentrasi limbah sebesar 1% maka alkalinitas larutan menurun sebesar 0,365 mg/l, koefisien korelasinya - 0,138; karena mempunyai harga negatif maka semakin besar konsentrasi limbah akan menurunkan alkalinitas larutan limbah.

Dari hasil perhitungan analisis varians menunjukkan bahwa ada perbedaan nyata pertambahan panjang daun atau dengan kata lain bahwa perbedaan usia tanaman menyebabkan terjadinya perbedaan pertambahan panjang daun. Demikian pula dengan pertambahan konsentrasi limbah menyebabkan perbedaan

pertambahan panjang daun lebar daun. Dengan pertambahan konsentrasi limbah menyebabkan perbedaan pertambahan tinggi tanaman.

Dari hasil perhitungan statistik diperoleh nilai probabilitas 0,292; nilai probabilitas ini lebih besar dari 5% (0,05). Hal ini menunjukkan benar-benar tidak ada beda nyata antara konsentrasi limbah dengan jumlah biji, jumlah polong. Dengan penambahan konsentrasi limbah akan menambah ukuran panjang polong.

KESIMPULAN

1. Tingkat toksisitas LC₅₀₋₉₆ jam zat tercemar limbah cair pulp dan kertas terhadap kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L) sebesar 62,78%.
2. Perlakuan dengan limbah cair pulp dan kertas pada kadar 1-15% dapat meningkatkan pertumbuhan dan kadar protein biji tanaman kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L) . Kadar protein tertinggi (16,04%) dihasilkan pada perlakuan dengan kadar limbah 15%.
3. Pada kadar 1-15% limbah cair pulp dan kertas dapat digunakan sebagai pupuk cair.

DAFTAR RUJUKAN

- Anonim,1984. *Buku Panduan Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran Industri Pulp dan Kertas*. Jakarta: Departemen Perindustrian.
- Anonim,1987. *Pengolahan Air Limbah PT. Kertas Blabak*, Magelang
- Billngs,R.M. dan G.G. Haas.,1971. *Popullation Control The Pulp and Paper Industry dalam Industrial Popullation Control. Hand Book*, H.F.Lund (ed), McGraw-Hill, New York
- Bratasida,L. dan Soetrisno T.S , 1981. *Kegiatan-kegiatan Balai Besar Slulosa Dalam Menangani Masalah Pencemaran Industri Selulosa*. Bandung: Balai Besar Selulosa.
- Bukit N.T.,1981. *Masalah Kualitas Air*. Bandung: Balai Besar Selulosa PT. Pupuk Kujang. h.1-6
- Clarke, G.C.,1954. *Element of Ecology*. New York: John Willey and Sons, Inc.
- Dix, H.M.,1981.*Environmental Pollutan*. New York: John Willey and Sons, Ltd. p.168-169.
- Mahida, U.N.,1984. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Jakarta: CV. Rajawali. H.16-38.

- Panjaitan, T.H.,1982. *limbah Industri Pengaruh Pencemarannya terhadap Usaha Perikanan Budidaya*. Jakarta: Sub Direktorat Perlindungan Lingkungan, Direktorat Bina Sumber Hayati, Dirjen. Perikanan. h.75-90
- Pariworo., 1981. *Bahan Pencemar Industri yang berbahaya dan Pengaruh Terhadap Kesehatan*. Bandung: Balai Besar Selulosa PT. Pupuk Kujang. h.1-4.
- Ryadi, A.L.S.,1981. *Ekologi Ilmu Lingkungan Dasar-dasar dan Pengertiannya*. Surabaya: Usaha Nasional. h.13
- Siregar, H.,1982. *Aspek Ekologi Perairan dalam Analisis Dampak Lingkungan*. Bandung: Lembaga Ekologi Universitas Padjdjaran. h.2-3
- Sitinjak,K.,1986. *Zona Industri dan Potret Pencemaran di Sumatra Utara, Simposium Pembangunan Berwawasan Lingkungan*. Yogyakarta: Wahan Lingkungan Hidup Indonesia.
- Southwick, C.H., 1976. *Ecology and the Quality of Our Environment*. Second Edition. New York: D. van Nostrad Company. p.1 4
- Tebutt, T.H.Y.,1977. *Principle of Water Quality Control*. Second Edition. England: Pergamon Press, University of Birmingham.
- Welch, P.S., 1952. *Limnology*. New York: Mc.Graw-Hill Book Company, Inc.