

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Air Limbah

Cairan buangan yang berasal dari rumah tangga dan industri serta tempat-tempat umum lainnya dan mengandung bahan atau zat yang dapat membahayakan kesehatan manusia serta mengganggu kelestarian lingkungan hidup (Kusnoputranto, 1985). Limbah dapat berwujud padat, gas maupun cair. Dalam dunia perikanan, limbah cair merupakan wujud limbah yang paling mudah mencemari lingkungan terutama pada kegiatan budidaya. Hal ini di karenakan dalam kegiatan budidaya perikanan, air merupakan media hidup organisme yang akan dibudidayakan, sehingga limbah dalam wujud cair akan lebih cepat menyebar dan memiliki efek langsung terhadap organisme budidaya (peraturan daerah Propinsi Daerah Tingkat I Bali, 1988 *dalam* Darmawan, 2010).

1. Klasifikasi limbah

Menurut Ayuwanjani (2008), klasifikasi air limbah berdasarkan tingkat penguraian dan kandungan nitrogennya, adalah sebagai berikut:

- a. Limbah rendah penguraian dan rendah nitrogen, yang termasuk kelompok ini adalah limbah-limbah berserat tinggi dan limbah-limbah tanaman tua, diantaranya seperti jerami, sekam, serat sawit, kulit buah coklat dan kulit luar biji-bijian.

- b. Limbah rendah penguraian tetapi tinggi kandungan nitrogen. Limbah industri pangan sering menghasilkan limbah dengan kategori ini seperti limbah kopi.
- c. Limbah tinggi kandungan energi tetapi rendah nitrogen. Limbah industri gula (molase) dan limbah industri hortikultura termasuk kategori limbah dengan kandungan energi tinggi tetapi rendah kandungan nitrogen.
- d. Limbah tinggi kandungan energi dan tinggi kandungan nitrogen. Limbah yang termasuk kategori ini mayoritas lebih cenderung sebagai bahan pakan ternak monogasterik seperti tepung darah, limbah pemotong ternak, tepung ikan, bungkil dan beberapa limbah sayuran.

2. Karakteristik air limbah

Air limbah adalah kelompok air yang memiliki karakteristik sebagai berikut:

Air bekas yang tidak terpakai lagi, hasil dari berbagai kegiatan manusia sehari-hari, pada umumnya air limbah tersebut sering dibuang ke dalam tanah atau badan air seperti sungai, danau dan laut.

3. Sumber dan jenis air limbah

Menurut Ayuwanjani (2008), berdasarkan sumbernya air limbah dibagi menjadi 3, yaitu:

- a. Air limbah rumah tangga (domestik), adalah air limbah yang berasal dari kegiatan hunian, seperti rumah tinggal, hotel, sarana pendidikan, perkantoran, pasar dan fasilitas pelayanan. Air limbah domestik dapat

dikelompokkan menjadi, air buangan kamar mandi, air buangan WC dan air buangan dapur atau cucian.

- b. Air limbah industri, adalah air limbah yang berasal dari kegiatan industri, seperti pabrik kertas logam, tekstil, kulit, pangan (makanan dan minuman), industri kimia, perikanan dan lainnya.
- c. Air limbah atau rembesan air hujan, adalah air limbah yang melimpas di atas permukaan tanah dan meresap ke dalam tanah sebagai akibat terjadinya hujan.

4. Kualitas air limbah

Kualitas air limbah pada umumnya mengandung banyak kotoran-kotoran yang tersuspensi maupun terlarut dalam air yang secara alami dapat mengganggu penggunaan air untuk tujuan-tujuan tertentu. Parameter-parameter yang digunakan untuk pengukuran kualitas air, meliputi parameter kimia, fisika dan biologi. Parameter fisika merupakan parameter kualitas air yang dapat diamati secara langsung, seperti kekeruhan, warna air, bau dan suhu. Parameter kimia meliputi, alkalinitas, keasaman, karbohidroksida, kesadahan, ammonia, nitrat, fosfor dan nitrogen. Sedangkan parameter biologi pada air limbah dilakukan dengan pengamatan populasi organisme mikro, seperti tumbuhan perintis, bakteri, protozoa dan ganggang hijau (Ayuwanjani, 2008).

B. Air Buangan Lele Dumbo

Air buangan (*wastewater*) dari kegiatan pembesaran ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) secara intensif pada umumnya berdampak negatif terhadap perairan disekitarnya, karena adanya akumulasi bahan organik yang berasal dari sisa pakan maupun feses ikan lele dumbo tersebut. Pakan yang kaya protein yang diberikan pada ikan lele dumbo merupakan penyumbang terbesar bahan organik yang terkandung dalam air buangan (Darmawan, 2010). Berdasarkan hasil uji kualitas air buangan dari kegiatan pembesaran ikan lele dumbo adalah sebagai berikut :

Table 1. Hasil pengukuran parameter kualitas air dari buangan pembesaran ikan lele dumbo

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Metode
1.	NH ₃	ppm	2,27	Spektrometri
2.	NO ₃	ppm	ttd	Spektrometri
3.	NO ₂	ppm	0,25	Kjadahl
4.	P	ppm	5,74	Spektrometri
5.	N-total	ppm	4,02	Spektrometri
6.	C-organik	ppm	1,26	Titrimetri

Keterangan: ttd (tidak terdeteksi/di bawah limit Spektro Uv-Vis).

Sumber : Laboratorium Fakultas MIPA Biologi Universitas Lampung *dalam* (Darmawan, 2010).

Table 2. Hasil analisis kualitas air buangan pembesaran ikan lele dumbo pada kolam ukuran 6 x 8 meter sebanyak 1000 ekor.

No.	Parameter	Satuan	Hasil	Metode
1.	N-total	ppm	154.00	Kjadahl
2.	C-organik	ppm	39.03	Walkley-Black

Sumber : Laboratorium Ilmu Tanah Universitas Lampung tanggal 22 Mei 2013.

C. Gula Pasir atau Gula Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum* L) merupakan salah satu tanaman yang hanya bisa ditanam di daerah yang memiliki iklim tropis. Di Indonesia, perkebunan tebu menempati luas areal \pm 321 ribu hektar yang 64,74% diantaranya terdapat dipulau Jawa. Perkebunan tersebut tersebar di Medan, Lampung, Semarang, Solo dan Makassar. Dari seluruh perkebunan tebu yang ada di Indonesia, 50% diantaranya adalah perkebunan rakyat, 30% perkebunan swasta dan hanya 20% perkebunan negara (Misran, 2005).

Tebu adalah tanaman yang ditanam untuk bahan baku gula. Tebu ini termasuk jenis rumput-rumputan. Tanaman tebu dapat tumbuh hingga 3 meter di kawasan yang mendukung. Umur tanaman sejak ditanam sampai bisa dipanen mencapai kurang lebih 1 tahun. Tebu dipanen dengan cara manual atau menggunakan mesin-mesin pemotong tebu. Daun kemudian dipisahkan dari batang-batang tebu, kemudian baru dibawa ke pabrik untuk diproses menjadi gula. Tahapan-tahapan dalam proses pembuatan gula dimulai dari penanaman tebu, proses ekstraksi, pembersihan kotoran, penguapan, kristalisasi, afinasi, karbonasi, penghilangan warna, dan sampai proses pengepakan sehingga sampai ketangan konsumen (Sugar Knowledge International, 1998).

Tabel 3. Komponen-komponen dalam batang tebu

komponen	jumlah (%)
Monosakarida	0,5-1,5
Sukrosa	11-19
Zat-zat organik	0,5-1,5
Zat-zat anorganik	0,15
Sabut	11-19
Air	65-75
Bahan-bahan lain	12

sumber: (Misran, 2005)

Ada beberapa jenis karbohidrat yang dapat digunakan sebagai sumber karbon (C) untuk pembentukan bioflok seperti tepung tapioka, molase, tepung singkong dan gula pasir. Gula pasir merupakan karbohidrat dengan C, H dan O sebagai unsur pembentuknya. Gula pasir juga biasa disebut sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) dan termasuk golongan disakarida yang berasa manis, memiliki kandungan C sebesar 42.39% (Purnomo, 2012).

D. Bioflok

Bioflocs adalah pemanfaatan bakteri pembentuk flok (*flocs forming bacteria*) untuk pengolahan limbah. Tidak semua bakteri dapat membentuk bioflocs dalam air, seperti dari genera *Bacillus* hanya dua spesies yang mampu membentuk bioflok (Aiyushirota, 2009). Salah satu ciri khas bakteri pembentuk bioflok adalah kemampuannya untuk mensintesa senyawa Polihidroksi alkanoat (PHA), terutama yang spesifik seperti poli β -hidroksi butirat. Senyawa ini diperlukan sebagai bahan polimer untuk pembentukan ikatan polimer antara substansi substansi pembentuk bioflok (Aiyushirota, 2009).

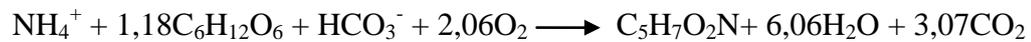
Prinsip kerja yang sama yang melibatkan PHA sebagai polimer pembentuk ikatan kompleks mikroorganisme dengan bahan organik dan anorganik adalah seperti pembentukan *natta de coco*, *natta de soya* dan klekap di tambak. Bioflocs terdiri atas partikel serat organik yang kaya akan selulosa, partikel anorganik berupa kristal garam kalsium karbonat hidrat, biopolymer (PHA), bakteri, protozoa, detritus (*dead body cell*), ragi, jamur dan zooplankton (Aiyushirota, 2009).

Bakteri yang mampu membentuk *bioflocs* diantaranya:

- *Zooglea ramigera*
- *Escherichia intermedia*
- *Paracolobacterium aerogenoids*
- *Bacillus subtilis*
- *Bacillus cereus*
- *Flavobacterium*
- *Pseudomonas alcaligenes*
- *Sphaerotillus natans*
- *Tetrad dan Tricoda* (Aiyushirota, 2009).

Pemanfaatan bioflok adalah salah satu jenis alternatif terbaru dalam mengatasi masalah kualitas air dalam akuakultur yang diadaptasi dari teknik pengolahan limbah domestik secara konvensional (Avnimelech, 2006; de Schryver *et al.*, 2008 dalam Ekasari, 2008). Prinsip utama yang dipakai dalam teknologi ini yaitu manajemen kualitas air yang didasarkan pada kemampuan bakteri heterotrof untuk memanfaatkan N organik dan anorganik yang terdapat dalam air. Secara teoritis,

pemanfaatan N oleh bakteri heterotrof dalam sistem akuakultur dapat digambarkan dalam reaksi kimia berikut:



Dari persamaan tersebut dapat dilihat secara teoritis untuk mengkonversi setiap gram N dalam bentuk amoniak diperlukan 6,07 gram karbon organik dalam bentuk karbohidrat, 0,86 karbon anorganik dalam bentuk alkalinitas dan 4,71 gram oksigen terlarut. Dari persamaan tersebut juga diperoleh bahwa C/N yang diperlukan bakteri heterotrof adalah sekitar 6, dalam sistem bioflok perbandingan antara unsur karbon (C) dengan nitrogen (N) atau dikenal dengan C/N sangat penting. Nilai ideal C/N untuk bioflok adalah 1:15 sampai 1:20 atau minimal 1:12 artinya ada 1 molekul karbon untuk setiap 12 molekul nitrogen. (Aiyushirota, 2009).

1. Pembentukan Bioflok Skala Kecil (*Bioflocs booster*)

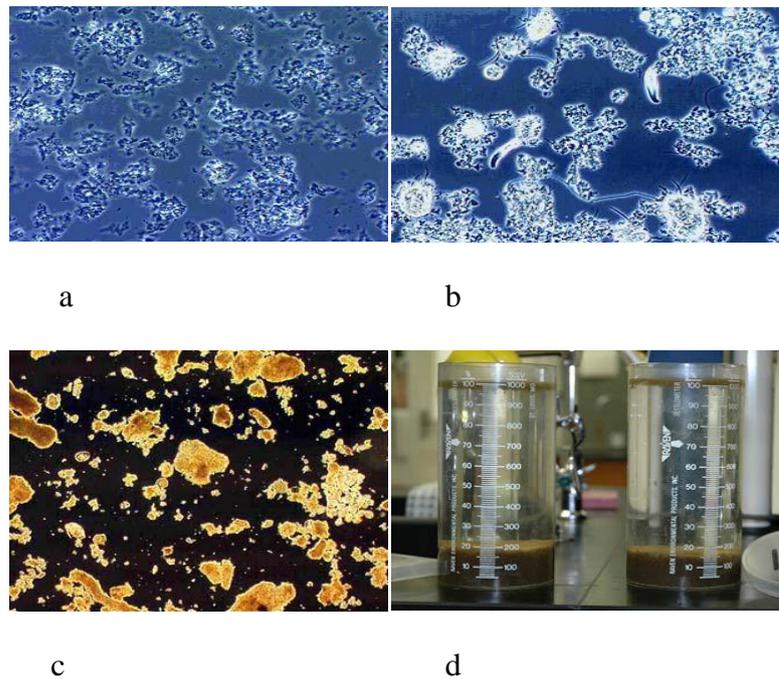
Pembibitan bioflok skala kecil dilakukan secara in door, dalam wadah fermentasi tertentu baik dalam drum atau bak fiber. Tambahkan ke dalam air bersih (tawar atau asin) pakan udang dengan konsentrasi 1% , berikut 1% nutrien bakteri yang berupa campuran buffer pH, osmoregulator berupa garam isotonik, vitamin B1, B6, B12 , hormon pembelahan sel dan prekursor aktif yang merangsang bakteri untuk mengeluarkan secara intensif enzim, metabolit sekunder dan bakteriosin selama fermentasi berlangsung (nutrient *Bacillus* spp.) serta bibit bakteri baik dari isolat lokal atau bakteri produk komersil berbasis *Bacillus* spp. yang pasti diketahui mengandung paling tidak *Bacillus subtilis*, sebagai salah satu bakteri

pembentuk bioflok. Campuran diaerasi dan diaduk selama 24-48 jam, diusahakan pH bertahan antara 6,0 -7,2 sehingga *Bacillus* tetap dalam fasa vegetatifnya, bukan dalam bentuk spora dan PHA tidak terhidrolisis oleh asam, sehingga ukuran partikel bioflok yang dihasilkan berukuran besar, paling tidak berukuran sekitar 100 μm (Aiyushirota, 2009).

2. Pembentukan Bioflok Skala Besar

Pada pengolahan limbah cair industri biasanya dosis awal penambahan *Bioflock booster* sekitar 200 ppm setiap hari selama 1-2 minggu berturut turut, selanjutnya ketika COD/BOD sudah turun, seiring penambahan *massa sludge/”bioflocs”* terjadi (mencapai volume SSV 200 ke atas, penambahan *Bioflock booster* dilakukan 1 kali seminggu saja dengan dosis 100 ppm. Pada budidaya udang (*shrimp aquaculture*) penambahan *Bioflock booster* dapat dilakukan *plate* 3-5 ppm per hari sejak pertama masuk air hingga menjelang panen, atau dapat menerapkan dosis lebih besar di 30 hari pertama budidaya dan selanjutnya dengan dosis normal 3-5 ppm pasca 30 hari pertama untuk mempercepat pembentukan bioflok. Pada pengolahan limbah industri yang sedikit menggunakan bahan organik, seperti limbah tekstil, logam, pabrik gas ammonia, pabrik pupuk kimia, ditambahkan sumber karbon tambahan berupa molase, tepung kanji/tapioka, gula pasir, urea dan TSP untuk pemupukan bakteri nitrifikasi. Untuk Industri yang berbasis pengolahan bahan organik tentu tidak diperlukan, seperti pabrik gula, pabrik tapioka, pengolahan ikan, bahan makanan (Aiyushirota, 2009). Berikut adalah gambar fase-fase pembentukan bioflok, 1) tahap inisialisasi awal pembentukan yaitu flok yang terbentuk masih berupa gumpalan-gumpalan kecil

dan keanekaragaman mikroorganisme belum melimpah, 2) tahap pembentukan dominan / stabilisasi awal yaitu keadaan flok sudah membentuk gumpalan besar dan keanekaragaman mikroorganisme mulai melimpah, 3) tahap dominan / stabil, pada tahap ini gumpalan flok sudah terlihat jelas dan besar, mikroorganisme melimpah, dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Tahap pembentukan bioflok, a). Perkembangan bioflok tahap inisialisasi awal pembentukan, b). Perkembangan bioflok tahap pembentukan dominan / stabilisasi awal, c). Perkembangan bioflok tahap dominan / stabil, d). Bioflok dalam gelas ukur (Aiyushirota, 2009).

3. Aplikasi Teknologi Bioflok Dalam Akuakultur

Kemampuan bioflok dalam mengontrol konsentrasi amoniak dalam sistem akuakultur secara teoritis maupun aplikasi telah terbukti sangat tinggi. Secara teoritis Ebeling *et al.*, (2006) dan Mara (2004) menyatakan bahwa immobilisasi amoniak oleh bakteri heterotrof 40 kali lebih cepat dibanding oleh bakteri nitrifikasi. Secara aplikasi De Sechryper *et al.*, (2009) menemukan bahwa bioflok yang ditumbuhkan dalam bioreaktor dapat mengkonversi N dengan konsentrasi 110 mg NH₄ /L hingga 98% dalam sehari.

4. Kondisi yang Mendukung Pembentukan Bioflok

a. Aerasi dan pengadukan (pergerakan air oleh aerator)

Oksigen jelas diperlukan untuk pengoksidasian bahan organik (COD/BOD), kondisi optimum sekitar 4-5 ppm oksigen terlarut. Pergerakan air harus sedemikian rupa, sehingga daerah arus mati (*death zone*) tidak terlalu luas, hingga daerah yang memungkinkan bioflok jatuh dan mengendap relatif kecil.

b. Karbon dioksida (CO₂)

Karbon dioksida menjadi salah satu kunci terpenting bagi pembentukan dan pemeliharaan bioflok. Bakteri gram negatif non patogen seperti bakteri pengoksidasi sulfide menjadi sulfat (*Thiobacillus*, *photosynthetic bacteria* seperti *Rhodobacter*), bakteri pengoksidasi besi dan mangan (*Thiothrix*) dan bakteri pengoksidasi amonium dan amonia (*Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*) memerlukan karbon dioksida untuk pembentukan selnya, mereka tidak mampu mengambil sumber karbon dari bahan organik semisal karbohidrat, protein atau lemak. Termasuk juga *Zooglea*, *Flavobacterium*, *Tetrad/Tricoda* dan bakteri

pembentuk bioflok lainnya. Bahkan *Bacillus* sendiri, sebagai pemanfaat karbon dari bahan organik dan menghasilkan gas karbon dioksida sebagai hasil oksidasinya, memerlukan karbondioksida dalam pernafasan anaerobnya ketika melangsungkan reaksi denitrifikasi.

E. Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Morfologi ikan nila (*Oreochromis niloticus*) sebagai berikut:



Gambar 3. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) (Anonim, 2010).

1. Taksonomi Ikan Nila

Kelas	: Osteichthyes
Sub-kelas	: Acanthopterygii
Ordo	: Percomorphi
Sub-ordo	: Percoidea
Family	: Cichlidae
Genus	: <i>Oreochromis</i>
Spesies	: <i>Oreochromis niloticus</i> (Saain, 1984).

2. Ciri-Ciri Ikan Nila

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan spesies yang berasal dari kawasan Sungai Nil dan danau-danau sekitarnya di Afrika. Bentuk tubuh memanjang, pipih kesamping dan warna putih kehitaman. Spesies tersebut mempunyai garis vertikal berwarna hijau kebiruan. Pada sirip ekor terdapat garis melintang yang ujung-ujungnya berwarna kemerah-merahan (Ghufran, 2009 dalam Dewi, 2012). Warna tubuh yang dimiliki ikan nila adalah hitam keabu-abuan pada bagian punggungnya dan semakin terang pada bagian perut ke bawah (Cholik, 2005). Ikan nila juga memiliki mata besar dan menonjol (Wiryanta *et al.*, 2010).

3. Habitat Ikan Nila

Habitat ikan nila adalah perairan tawar, seperti sungai, danau, waduk dan rawa-rawa, tetapi karena toleransi yang cukup tinggi terhadap salinitas (*euryhaline*) sehingga dapat pula hidup dengan baik di air payau (Ghufran, 2009 dalam Dewi 2012).

4. Pakan dan Kebiasaan Makan Ikan Nila

Pakan ikan nila di habitat asli berupa plankton, perifiton, dan tumbuh-tumbuhan lunak seperti *hydrilla* dan ganggang. Ikan nila tergolong dalam hewan omnivora (pemakan segala hewan / tumbuhan) cenderung herbivora. Secara umum, jumlah pakan yang dikonsumsi seekor ikan rata-rata berkisar antara 5-6% dari berat tubuhnya per hari. Namun, jumlah pakan yang dikonsumsi dapat berubah, karena banyak faktor yang dapat mempengaruhi seperti suhu lingkungan yang akan berpengaruh pada aktivitas metabolisme. Konsumsi pakan juga dipengaruhi oleh

ukuran ikan, ukuran ikan yang masih kecil (benih) membutuhkan makanan lebih banyak karena pertumbuhannya sangat pesat. Pada masa pemeliharaan benih, ikan nila dapat diberi pakan buatan (pelet) yang mengandung protein antara 20-25% (Ghufran, 2009 *dalam* Dewi 2012), bentuk pakan buatan dapat disesuaikan dengan umur dan ukuran benih. Benih muda ukuran kecil (2-3 cm) diberi pakan berbentuk tepung. Pakan buatan untuk benih dapat diramu dari campuran tepung ikan, minyak ikan, mineral, dan vitamin. Pada masa pemeliharaan benih tersebut ikan nila sangat responsif terhadap pakan buatan baik pelet terapung maupun pelet tenggelam (Cholik, 2005). Pemberian pakan untuk benih ikan nila dilakukan 3-4 kali dalam sehari, yaitu pada pagi, siang dan malam hari sebanyak 4-6% dari berat total tubuh benih ikan yang berukuran 5-7 cm (Ghufran, 2010) .

5. Laju Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Ikan Nila

Ikan nila jantan memiliki laju pertumbuhan lebih cepat dibandingkan dengan ikan nila betina. Laju pertumbuhan ikan nila jantan rata-rata 2,1 gram/hari, sedangkan laju pertumbuhan ikan nila betina 1,8 gram /hari (Ghufran, 2009 *dalam* Dewi, 2012). Selain pertumbuhannya cepat ikan nila juga memiliki tingkat kelangsungan hidup yang tinggi pada masa pemeliharaan benih. Wiryanta *et al.*, (2010) *dalam* Dewi (2012) menjelaskan bahwa tingkat kelangsungan hidup ikan nila dalam kegiatan pembenihan adalah 80%, sedangkan untuk pembesaran adalah 65-75%.

Tingkat kelangsungan hidup benih ikan nila dipengaruhi oleh faktor genetik, kualitas air, pakan, hama dan penyakit (Ghufran, 2009 *dalam* Dewi, 2012). Kualitas benih ikan nila akan menurun bila berasal dari indukan yang memiliki

umur lebih dari 2 tahun. Pertumbuhan benih nila akan lambat jika kandungan protein dalam pakan rendah dan jumlah pakan yang diberikan tidak sesuai dengan biomassa harian. Faktor kualitas air (pH, DO, kekeruhan, suhu) jika telah melebihi batas toleransi benih nila maka akan menyebabkan benih mati, selain itu juga hama dan penyakit juga menjadi faktor penentu kelulushidupan benih nila (Wiryanta *et al.*, 2010).

6. Kualitas Air

Parameter kualitas air yang harus diperhatikan dan tetap harus dijaga agar pertumbuhan dan perkembangan benih ikan nila berjalan dengan baik dan optimal, diantaranya suhu yang bisa ditoleransi benih nila adalah 15-37⁰C, ikan nila akan tumbuh optimal pada suhu 25-30⁰C. Derajat keasaman (pH) yang dapat ditolerir ikan nila adalah 6-9. Pertumbuhan benih ikan nila akan optimal pada pH 7-8. Oksigen terlarut (DO) yang dibutuhkan untuk benih ikan nila agar pertumbuhannya optimal adalah 3 ppm (Dewi, 2012). Menurut Popma dan Messer (2005), batas konsentrasi kandungan amoniak yang dapat mematikan ikan nila adalah $\geq 0,2$ mg/l.