



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Cu DAN Cr SEBELUM DAN SETELAH MELEWATI SAND FILTER DI PERAIARAN BALAI BENIH IKAN PANTAI (BBIP) TELUK BUO BUNGSU PADANG

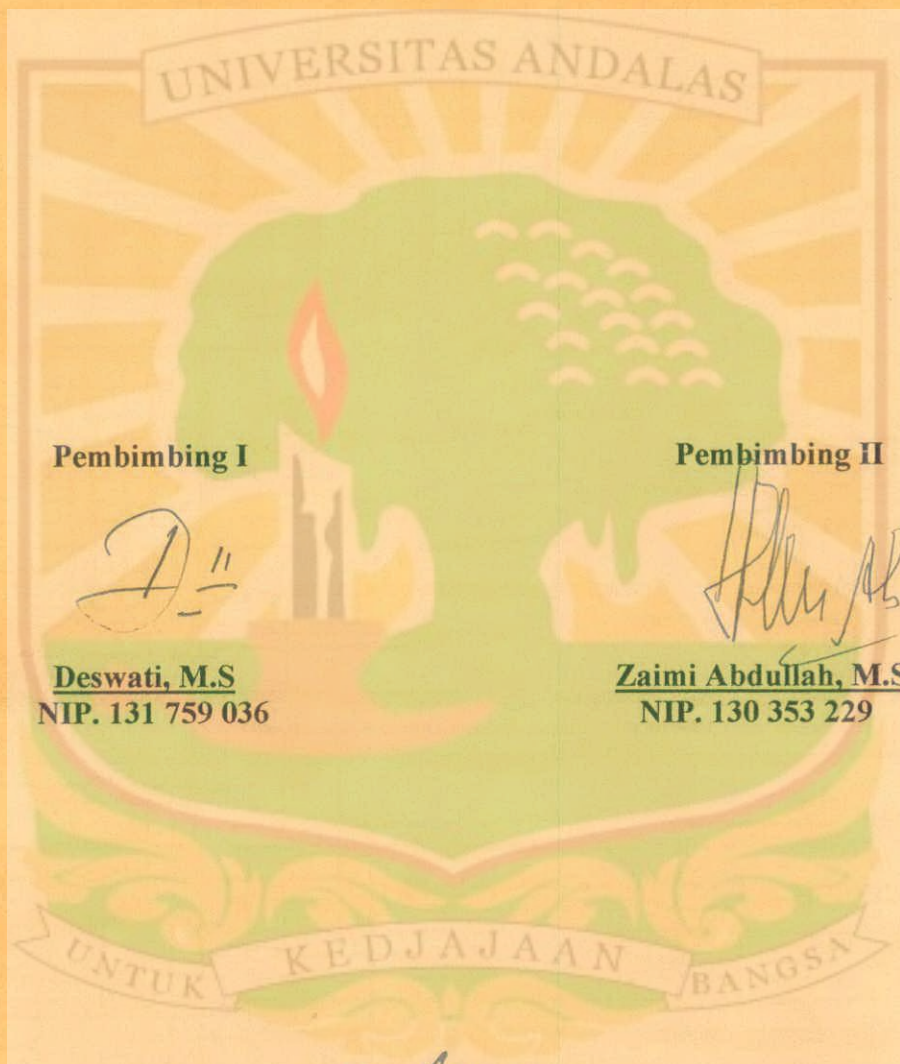
SKRIPSI



**MASHUN
02132053**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2007**

Analisis kandungan logam berat Cu dan Cr sebelum dan setelah melewati *Sand Filter* di Balai Benih Ikan Pantai (BBIP) Teluk Buo Bungus Padang, skripsi oleh Mashun (No. BP 02132053) sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sain (Strata 1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas, dan telah diuji pada tanggal : 14 Februari 2007



Pembimbing I

Deswati, M.S
NIP. 131 759 036

Pembimbing II

Zaimi Abdullah, M.S
NIP. 130 353 229

Mengetahui
Ketua Jurusan Kimia.

Dr. Djaswir Darwis, MS, DEA
NIP. 130 812 762

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **Analisis Kandungan Logam Berat Cu dan Cr Sebelum dan Setelah Melewati *Sand Filter* di Balai Benih Ikan Pantai (BBIP) Teluk Buo Bungus Padang** yang menjadi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sain Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas.

Dalam penyelesaian skripsi ini tentu saja penulis banyak mendapatkan bimbingan, bantuan dan dorongan dari berbagai pihak di samping usaha dan upaya penulis sendiri. Untuk itulah penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Deswati, M.S sebagai pembimbing I dan Bapak Zaimi Abdullah, M.S sebagai pembimbing II yang telah banyak memberikan pengarahan pada proses penelitian.
2. Bapak Zamzibar Zuki, M.P sebagai kepala laboratorium Kimia Analitik, dan Uni Ita sebagai analis yang telah memberikan kemudahan dalam proses penelitian.
3. Proyek TPSDP yang telah mendanai biaya penelitian, sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.
4. Rekan-rekan semua yang telah membantu memberikan dorongan baik dalam penelitian maupun dalam penulisan.

Sebagai manusia tentunya penulis menyadari dalam penulisan ini banyak terdapat kekhilafan ataupun kesalahan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran agar dalam penulisan skripsi ini dapat menjadi lebih baik dan lebih bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Padang, Februari 2007

Penulis

ABSTRAK

ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT Cu DAN Cr SEBELUM DAN SETELAH MELEWATI SAND FILTER DI BALAI BENIH IKAN PANTAI (BBIP) TELUK BUO BUNGUS PADANG

Oleh

Mashun

Sarjana Sain (SSi) dalam bidang Kimia Fakultas MIPA Universitas Andalas
Dibimbing oleh Deswati, M.S dan Zaimi Abdullah, M.S

Penelitian mengenai analisis kandungan logam berat Cu dan Cr sebelum dan setelah melewati *Sand Filter* telah dilakukan di Balai Benih Ikan Pantai (BBIP) Teluk Buo Bungus Padang. Sampel diambil pada 3 lokasi, lokasi 1 sebelum melewati *Sand Filter*, lokasi 2 setelah melewati *Sand Filter*, masing-masing divariasikan waktu, dan lokasi 3 pada kolam pembibitan divariasikan 2 titik pengambilan sampel. Sampel sebanyak 200 mL diekstrak dengan larutan pengompleks APDC jenuh sebanyak 2 mL dalam 7 mL MIBK dan diekstrak kembali dengan 5 mL HNO₃ 4 M, larutan diukur absorbannya dengan AAS. Didapatkan hasil konsentrasi Cr berada pada 0,0833 - 0,1814 mg/L dari konsentrasi Cu $7,568 \times 10^{-4}$ - $4,5406 \times 10^{-3}$ mg/L. Cr telah melewati ambang batas yang telah ditetapkan sedangkan Cu belum melewati ambang batas. Dari analisis statistik pada $\alpha = 0,05$ didapatkan nilai F hitung pada pengaruh waktu *Sand Filter* dihidupkan, waktu pengambilan sampel dan penggunaan *Sand Filter* untuk Cr 0,74; 3,70 dan 38,48 dengan F tabel 3,49; 3,49 dan 9,55. Sedangkan untuk logam Cu 2,26; 4,62 dan 8,26 dengan F tabel 3,49; 3,49 dan 19,00. Dapat disimpulkan untuk Cr pada penggunaan *Sand Filter* dan waktu pengambilan sampel terjadi perbedaan konsentrasi, sedangkan waktu penggunaan *Sand Filter* tidak terjadi perbedaan. Untuk Cu terjadi perbedaan konsentrasi pada pengaruh waktu pengambilan sampel sedangkan pengaruh waktu *Sand Filter* dihidupkan dan penggunaan *Sand Filter* tidak terjadi perbedaan konsentrasi.

ABSTRACT

ANALYSIS OF HEAVY METAL COMPOSITION OF Cu AND Cr BEFORE AND AFTER PASSING THROUGH *SAND FILTER* AT BALAI BENIH IKAN PANTAI (BBIP) TELUK BUO BUNGUS PADANG

By

Mashun

Bachelor of Science in Chemistry Faculty of MIPA Andalas University
Advised by Deswati, M.S dan Zaimi Abdullah, M.S

Study about the composition heavy metal of Cu and Cr analysis before and after passing through *Sand Filter* had been performed at Balai Benih Ikan Pantai (BBIP) Teluk Buo Bungus Padang. Sampel was taken at 3 location, first location before passing *Sand Filter*, second location after passing *Sand Filter* where location was varied by the time, and for third location at seeding pool also varied at 2 sample intake. 200 mL sample was extracted by 2 mL saturated APDC complex solution in 7 mL of MIBK and reextracted by 5 mL HNO₃ 4 M, then absorbance of solution is measured by AAS. From result, we got Cr concentration ranged 0,0833-0,1814 mg/L and Cu concentration ranget $7,568 \times 10^{-4}$ - $4,5406 \times 10^{-3}$ mg/L. Cr was in above assured level but Cu was not. From statistic analysis at $\alpha = 0,05$ we got calculated F at time, sampling condition and *Sand Filter* usage for Cr wats 0,74; 3,70 and 38,48 and F table was 3,49; 3,49 and 9,55. For Cu 2,26; 4,62 and 8,26 and F table 3,49; 3,49 and 19,00. It could be concluded that for Cr at the usage of *Sand Filter* and condition sampling, the concentration difference accured, but for time not. For Cu condition sampling, the concentration difference, but usage of *Sand Filter* and time not.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Gambaran Umum Perairan Pantai	4
2.1.1 Sistem Ekologi Perairan Pantai	4
2.1.2 Pentingnya Kualitas, Kandungan Senyawa Organik dan Mineral Dalam Air Laut Untuk Budidaya Perikanan.....	4
2.2 Sumber dan Dampak Logam Berat Sebagai Pencemaran Pantai... ..	5
2.2.1 Sumber Pencemaran Logam Berat di Perairan Pantai.....	5
2.2.2 Dampak Pencemaran Logam Berat Terhadap Perairan Pantai... ..	6
2.3 Logam Berat	6
2.3.1 Logam Krom (Cr).....	8
2.3.2 Logam Tembaga (Cu).....	10
2.4 Ekstraksi Pelarut	11
2.4.1 Hukum Distribusi Nernst	11
2.4.2 Ekstraksi Logam	12
2.4.3 Pengompleks APDC dan Pelarut Organik MIBK	13
2.4.4 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Ekstraksi	13
2.5 Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)	14
2.6 <i>Sand Filter</i>	16
2.7 Analisis Statistik	18
III. METODELOGI PENELITIAN	
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian.....	21
3.2 Pengambilan dan Persiapan Sampel	21
3.2.1 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel.....	21
3.2.2 Waktu Pengambilan Sampel	21

3.2.3	Persiapan Sampel.....	22
3.3	Alat dan Bahan	22
3.3.1	Alat.....	22
3.3.2	Bahan.....	22
3.4	Rancangan Percobaan	22
3.5	Prosedur Kerja	22
3.5.1	Cara Pembuatan Larutan.....	22
3.5.2	Pembuatan Larutan Standar Cr	23
3.5.3	Pembuatan Larutan Standar Cu.....	24
3.5.4	Pengolahan dan Pengukuran Sampel Dengan AAS.....	25
3.6	Analisis Statistik	25
IV. HASIL DAN DISKUSI		
4.1	Logam Krom (Cr).....	26
4.1.1	Pengaruh Waktu Dalam Penggunaan <i>Sand Filter</i>	26
4.1.2	Pengaruh Waktu Pengambilan Sampel.....	28
4.1.3	Pengaruh Penggunaan <i>Sand Filter</i>	28
4.2	Logam Tembaga (Cu)	29
4.2.1	Pengaruh Waktu Dalam Penggunaan <i>Sand Filter</i>	29
4.2.2	Pengaruh Waktu Pengambilan Sampel.....	31
4.2.3	Pengaruh Penggunaan <i>Sand Filter</i>	31
4.3	Pembahasan Umum	32
V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	34
5.2	Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....		35
LAMPIRAN.....		36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Skema alat Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)	16
Gambar 2. Skema peralatan <i>Sand Filter</i>	18
Gambar 3. Hasil pengukuran konsentrasi Cr pada variasi waktu sebelum melewati <i>Sand Filter</i> pada 4 kali pengambilan sampel	26
Gambar 4. Hasil pengukuran konsentrasi Cr pada variasi waktu setelah melewati <i>Sand Filter</i> pada 4 kali pengambilan sampel	27
Gambar 5. Hasil pengukuran konsentrasi Cr pada variasi waktu pengambilan sampel dari beberapa lokasi	28
Gambar 6. Hasil pengukuran konsentrasi Cr pada pengaruh penggunaan <i>Sand Filter</i> pada 4 kali pengambilan sampel	29
Gambar 7. Hasil pengukuran konsentrasi Cu pada variasi waktu sebelum melewati <i>Sand Filter</i> pada 4 kali pengambilan sampel	30
Gambar 8. Hasil pengukuran konsentrasi Cu pada variasi waktu setelah melewati <i>Sand Filter</i> pada 4 kali pengambilan sampel	30
Gambar 9. Hasil pengukuran konsentrasi Cu pada variasi waktu pengambilan sampel dari beberapa lokasi	31
Gambar 10. Hasil pengukuran konsentrasi Cu pada pengaruh penggunaan <i>Sand Filter</i> pada 4 kali pengambilan sampel	32

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Skema cara kerja ekstraksi logam
- Lampiran 2. Standar baku mutu air laut untuk biota laut (budidaya perikanan)
- Lampiran 3. Data absorban Krom (Cr) diukur dengan AAS
- Lampiran 4. Data absorban Tembaga (Cu) diukur dengan AAS
- Lampiran 5. Data absorban Cr dan Cu pada kolam pembibitan
- Lampiran 6. Data konsentrasi Cr dan Cu pada kolam pembibitan
- Lampiran 7. Data konsentrasi Krom (Cr) yang diukur dengan AAS (dalam mg/L)
- Lampiran 8. Data konsentrasi Tembaga (Cu) yang diukur dengan AAS (dalam 10^{-3})
- Lampiran 9. Analisis statistik dengan faktorial $4^2 \times 2$ untuk logam Krom
- Lampiran 10. Analisis statistik dengan faktorial $4^2 \times 2$ untuk logam Tembaga
- Lampiran 11. Analisis ragam untuk Krom
- Lampiran 12. Analisis ragam untuk Tembaga
- Lampiran 13. Perbandingan F hitung dengan F tabel untuk Krom dan Tembaga dari perhitungan statistik
- Lampiran 14. Perhitungan analisis varian untuk Krom
- Lampiran 15. Perhitungan analisis varian untuk Tembaga
- Lampiran 16. Gambar lokasi pengambilan sampel
- Lampiran 17. Gambar *Sand Filter* di Balai Benih Ikan Pantai (BBIP) Padang
- Lampiran 18. Kantor Balai Benih Ikan Pantai (BBIP) Padang

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Daerah pesisir merupakan daerah yang sangat baik dalam pengembangan sektor perikanan, terutama dalam budidaya ikan pantai. Di samping itu daerah pesisir juga berfungsi sebagai ekosistem tempat berlangsungnya kehidupan mahluk hidup, penyangga sumber keanekaragaman hayati dan tempat pengembangan bidang pariwisata.⁽¹⁾

Daerah ini memerlukan perhatian yang lebih terutama pada kondisi dan kualitas air yang berperan penting untuk menunjang semua aktivitas mahluk hidup. Kualitas air yang baik akan membuat sektor perikanan, pariwisata dan keseimbangan ekosistem menjadi aman terhadap manusia maupun bagi mahluk hidup yang ada di dalamnya. Air yang tercemar merupakan suatu kondisi di mana air tersebut telah terkontaminasi dengan komponen luar sehingga akan menimbulkan efek yang buruk terhadap manusia dan mahluk hidup di sekitarnya⁽¹⁾.

Perkembangan dari sektor industri, lalu lintas angkutan laut dan kegiatan rumah tangga yang semakin meningkat, membuat limbah menjadi semakin bertambah sehingga menimbulkan suatu masalah dalam penanganannya. Limbah yang dihasilkan dibuang melalui aliran sungai atau membuat saluran pipa yang diarahkan ke dasar laut. Limbah ini dapat menimbulkan pengaruh buruk bagi perairan yaitu terjadinya proses akumulasi, lama-kelamaan akan mencemari dan menimbulkan efek buruk bagi keseimbangan ekosistem yang ada, khususnya bagi kehidupan manusia⁽²⁾.

Limbah yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup yaitu limbah logam berat seperti raksa (Hg), Timbal (Pb), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu), Krom (Cr), Seng (Zn) dan Besi (Fe). Logam-logam ini akan membentuk senyawa organik dan anorganik yang berperan dalam merusak kehidupan mahluk hidup yang ada di dalam perairan⁽³⁾.

Logam berat masuk kedalam tubuh manusia dapat terjadi secara alami dan kelalaian manusia⁽⁴⁾. Logam berat bisa masuk melalui rantai makanan yaitu dari mikroorganisme laut, ke ikan dan ikan dikonsumsi oleh manusia. Proses ini

berlangsung secara terus-menerus maka jumlah dari logam yang dikonsumsi juga semakin banyak dan semakin banyak pula terakumulasi dalam tubuh manusia⁽⁵⁾.

Logam berat dalam tubuh tidak dapat dihancurkan⁽⁶⁾, bersifat toksik, dapat menjadi katalis dalam perairan⁽⁴⁾ dan mengganggu kehidupan mikroorganisme⁽⁵⁾. Pada manusia logam berat dapat mengakibatkan kerusakan sel syaraf, menghambat sistem kerja enzim, kanker dan konsentrasi yang tinggi dapat menimbulkan kematian⁽⁷⁾.

Penelitian ini sangat perlu dilakukan dalam mengontrol kandungan logam berat yang terdapat dalam air laut, terutama di daerah perairan yang kaya akan hasil sumber daya alam. Untuk itu sangat tepat apabila dilakukan penelitian di daerah perairan pantai Balai Benih Ikan Pantai (BBIP) Teluk Kabung Bungus Padang mengingat daerah ini telah lama dikembangkan budidaya perikanan. Daerah ini juga sangat berpotensi dalam pengembangan daerah wisata karena pantainya yang indah dan kaya akan keanekaragaman hayati. Sebagian besar masyarakat di sekitar pantai banyak menggantungkan kehidupan dengan menangkap ikan dan hasil lautnya. Pertimbangan lain daerah ini telah dibangunnya Depot Logistik Pertamina. Daerah ini juga dijadikan tempat jalur pelabuhan bagi para nelayan yang menggunakan perahu mesin, diduga dapat menambah kandungan polutan dari sisa minyak yang dipakai untuk mesin.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk melihat tingkat pencemaran di daerah ini. Indikator telah tercemarnya perairan Bungus Teluk Kabung dapat dilihat dari matinya beberapa kerang di perairan sekitar Balai Budidaya Ikan Pantai Teluk Buo Teluk Kabung Bungus. Indikator yang lain yaitu tercemarnya perairan di Labuhan Cina Bungus Teluk Kabung oleh logam berat Cu, Cd dan Pb pada kerang-kerangan⁽⁸⁾, air laut⁽⁹⁾, Mangrove^(10,11) dan sedimen⁽¹²⁾.

Dari itu semua mengingat daerah ini belum dikelola sepenuhnya maka kita perlu untuk mengetahui cara menangani tingkat pencemaran dan mengambil langkah yang tepat agar dapat menekan polutan seminimal mungkin. Beberapa metoda yang telah dilakukan untuk meminimalisasi kandungan logam berat antara lain dengan penukar ion yaitu penyerapan karbon aktif⁽¹³⁾. Menggunakan limbah udang⁽¹⁴⁾, menggunakan biomaterial berupa sabut kelapa sawit⁽¹⁵⁾, ganggang⁽¹⁶⁾ dan mikroorganisme⁽⁶⁾

1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang permasalahan yang telah diuraikan, maka permasalahan yang dihadapi antara lain meningkatnya aktivitas manusia terutama dalam sektor industri, transportasi dan kegiatan rumah tangga. Dari semua aktivitas tersebut maka akan sangat berpotensi untuk meningkatkan konsentrasi logam berat dan semakin lama akan semakin banyak sehingga konsentrasinya akan melampaui ambang batas. Konsentrasi yang melebihi ambang batas ini akan menyebabkan rusaknya lingkungan. Di lain pihak belum diujinya pengaruh penggunaan *sand filter* dalam mereduksi logam berat di Balai Benih Ikan Pantai (BBIP).

Penelitian analisa kandungan logam berat yaitu Cu dan Cr dalam air laut, pengaruh kandungan logam dengan adanya penggunaan *Sand Filter* sebagai penyaring dan efisiensi penggunaan *Sand Filter* perlu dilakukan. Sampel dari air laut diambil lalu diekstraksi dengan pelarut organik dengan adanya pengompleks, lalu diekstrak kembali dengan larutan asam nitrat. Kandungan logam diukur dengan menggunakan AAS. Hasil pengukuran akan dibandingkan dengan uji statistik apakah sama atau berbeda nyata.

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kandungan logam Cu dan Cr, melihat pengaruh penggunaan *Sand Filter* dan juga untuk melihat pengaruh penggunaan *Sand Filter* di Balai Benih Ikan Pantai (BBIP). Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada pihak pengelola industri, pihak pemerintah dan masyarakat setempat mengenai tingkat pencemaran logam Cu dan Cr di sekitar perairan BBIP Teluk Buo Bungus. Khusus untuk BBIP agar mendapatkan informasi mengenai tingkat pencemaran, melihat pengaruh dan efisiensi penggunaan *Sand Filter* dalam menurunkan kandungan logam Cu dan Cr. Kepada semua pihak yang terkait diharapkan agar dapat mengambil kebijakan dalam menangani kandungan logam Cu dan Cr tersebut.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gambaran Umum Perairan Pantai

2.1.1. Sistem Ekologi Perairan Pantai

Perairan pantai merupakan suatu ekosistem yang terdiri dari dua komponen yaitu komponen abiotik dan komponen biotik. Komponen abiotik terdiri atas faktor fisika yaitu sinar matahari, awan, suhu rata-rata, arus laut, curah hujan, angin, letak geografis dan tinggi dari permukaan laut. Faktor kimiawi terdiri atas kandungan air dan oksigen, kandungan nutrisi, kadar garam dan kandungan oksigen terlarut. Komponen biotik terdiri atas berbagai jenis makhluk hidup yang dikelompokkan menjadi dua bentuk yaitu produsen dan konsumen⁽³⁾.

Makhluk hidup yang terdiri atas fitoplankton, zooplankton, tumbuhan dasar laut, tumbuhan pantai, vertebrata bawah laut, bakteri, mikrozoa dan alga. Semua organisme ini sangat berperan penting dalam proses transpor energi (rantai makanan), sebagai loop pengontrol umpan balik, daur ulang, materi, pertukaran informasi, aliran keluar masuk energi, proses metabolisme dan proses bioakumulasi. Secara alami, semua proses yang terjadi dalam ekosistem berada dalam keadaannya seimbang. Campur tangan manusia dan faktor lingkungan seperti bencana alam yang tidak terkendali dapat menyebabkan terganggu keseimbangan.^(1,17)

2.1.2. Pentingnya Kualitas, Kandungan Senyawa Organik dan Mineral dalam Air Laut untuk Budidaya Perikanan

Kandungan air untuk budidaya perikanan terdiri atas bahan mineral, senyawa organik, oksigen terlarut dan mikroorganisme. Untuk mengetahui kualitas, kandungan senyawa organik dan bahan mineral dalam air laut yang dapat menimbulkan efek yang buruk jika kandungannya melebihi dosis yang ditetapkan maka kita harus mempunyai standar baku yang telah ditetapkan. Kandungan senyawa tersebut dapat menimbulkan efek yang buruk jika kandungannya melebihi ambang batas yang ditetapkan. Air laut yang baik untuk kriteria

perikanan yaitu air laut yang kandungannya memenuhi kriteria standar baku yang ditetapkan oleh Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup melalui SK No. 02/MENKLH/1988 (Tabel 1, Lampiran 2)⁽¹⁸⁾.

Nilai ini merupakan nilai standar baku yang dibuat oleh pemerintah dan sangat penting ditetapkan karena kandungan untuk air laut berbeda antara satu dengan yang lain. Air laut yang berasal dari muara suatu sungai air tawar kandungannya akan berbeda dengan air laut tanpa sungai. Faktor yang lain misalnya adalah wilayah, yaitu wilayah tropis kadar garamnya lebih rendah jika dibandingkan dengan wilayah subtropis karena perbedaan curah hujan begitu juga dengan kadar komponen yang lainnya.

2.2. Sumber dan dampak logam berat sebagai Pencemaran Pantai

2.2.1. Sumber Pencemaran Logam berat Perairan Pantai

Logam berat masuk ke perairan dari beberapa sumber yaitu secara alami dan aktivitas manusia. Sumber alami berupa proses kimiawi, biologi dan bencana alam. Kegiatan manusia berupa aktivitas industri, transportasi, pertanian dan rumah tangga⁽⁴⁾.

Sumber alami dari proses kimiawi dapat berupa pelapukan batu-batuan, aktifitas gunung berapi, metamorfite serta kelarutan garam dari tanah. Hasil pembusukan makhluk hidup berasal dari mikroorganisme, hewan dan tumbuh-tumbuhan. Faktor yang lainnya seperti erosi, kebakaran hutan dan aerosolisasi⁽⁴⁾. Menurut Bryan masuknya logam dalam lingkungan laut dapat digolongkan tiga yaitu; pertama pasokan dari daerah pantai dapat berupa aliran sungai, erosi gelombang laut dan gletser. Kedua dari laut dalam berupa endapan dan proses kimiawi. Ketiga pasokan melalui atmosfer berupa debu⁽⁴⁾.

Secara buatan dapat berupa; Pertama aktivitas pertambangan yaitu proses pembongkaran bijih yang dapat menambah konsentrasi logam ke permukaan. Kedua limbah rumah tangga yang berasal dari limbah metalbolik, korosi dan produk konsumen. Ketiga aliran buangan limbah industri terutama industri yang berhubungan dengan logam. Keempat aliran pertanian dapat berupa pestisida maupun sisa-sisa pupuk⁽⁴⁾.

2.2.2. Dampak Pencemaran Logam Berat Terhadap Perairan Pantai

Dalam perairan, logam berat dapat mengalami beberapa proses dalam makhluk hidup; Pertama logam berat dapat mengalami biotransformasi di mana proses ini terjadi perpindahan logam berat dari suatu organisme ke organisme yang lain karena adanya interaksi. Proses biotransformasi dapat terjadi karena mikroorganisme dapat mentoleransi logam yang diserap. Kedua bioakumulasi adalah proses penumpukan logam dalam tubuh mikroorganisme karena kepekaannya cukup tinggi dan dapat menyimpan dalam kapasitas yang dapat melangsungkan kehidupan, biasanya terjadi pada mikroorganisme tingkat tinggi. Ketiga proses perpindahan rantai makanan yaitu terjadi dalam proses makan-memakan dari mikroorganisme satu dengan organisme yang lain sehingga terjadi perpindahan logam berat dari tingkat tropik rendah ke tingkat tropik yang lebih tinggi. Keempat proses ekskresi yaitu proses pengeluaran oleh suatu makhluk hidup karena adanya pembuangan dari sisa metabolisme.⁽⁴⁾

Ikan merupakan jenis makhluk hidup yang sangat terbatas gerakannya. Ikan mempunyai kemampuan untuk menghindari diri yang terbatas terhadap polutan terutama dari logam berat. Ikan merupakan salah satu sumber masuknya logam berat ke dalam tubuh manusia⁽¹⁷⁾.

Logam berat memiliki pengaruh yang bermacam-macam terhadap ikan. Coleman melaporkan ikan yang terkena logam berat akan menurunkan aktivitas enzim karbonik anhidrase dan transport ATPase sampai 44%. Hughes, dkk melaporkan pengaruh Cd, Ni dan Cr pada insang ikan dapat mengalami hipoksia hingga terjadi penebalan. Gardner dan Yuvich melaporkan bahwa ikan *Findurus heteroclitus* bila terkontaminasi Cd 50 mg/L akan menyebabkan pembengkakan usus. Hg dan Cd dapat merusak ginjal ikan karena mengendap dalam lumen tubulus⁽⁴⁾.

2.3. Logam Berat

Logam berat merupakan unsur yang mempunyai densiti yang tinggi yaitu berkisar dari 6 sampai 14 (g/mL). Pada umumnya logam ini berada pada golongan unsur transisi kecuali Pb. Logam berat memiliki sifat yang keras, daya hantar panas dan listrik yang baik, apabila membentuk senyawa pada umumnya berwarna dan

bersifat paramagnetik. Warna dari logam berat ditimbulkan apabila logam bersenyawa dengan ligan dan membentuk senyawa kompleks, sedangkan sifat magnetik timbul dengan adanya elektron pada kulit d yang tidak berpasangan⁽¹⁸⁾.

Logam berat apabila bersenyawa dengan ligan akan membentuk beberapa struktur kompleks yaitu ada kompleks oktahedral, tetrahedral, segiempat planar dan oktahedral yang terdistorsi. Bentuk senyawa logam berat sangat bervariasi yaitu bentuk oksida, halida, garam, organologam dan kompleks. Disamping, logam ini juga dapat membentuk kation dan juga berada dalam keadaan murni. Apabila dipadukan dengan logam lain dan gabungan oksidanya bisa membentuk alloy^(18,19).

Bilangan koordinasi dan bilangan oksidasi dari logam berperan penting dalam kestabilan senyawa kompleks. Logam transisi biasanya memiliki beberapa bilangan koordinasi yaitu 4, 5 dan 6. Bilangan oksidasinya bervariasi yaitu mulai dari 0 sampai ada yang lebih dari +4. Bilangan oksidasi +2 misalnya MO yang sifatnya basa, $[M(H_2O)_6]^{2+}$ yang larut dalam air. Bilangan oksidasi +3 misalnya MX_3 , M_2O_3 dan kompleks $[M(H_2O)]^{3+}$. Oksidasi yang lebih tinggi yaitu besar dari +4 misalnya CrF_5 ⁽²⁰⁾.

Menurut Vouk terdapat 80 jenis dari 109 unsur kimia dimuka bumi telah teridentifikasi sebagai logam berat. Berdasarkan sudut pandang toksikologinya logam berat dibedakan atas dua yaitu ; logam berat esensial di mana keberadaan tertentu sangat dibutuhkan oleh tubuh contohnya Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lain sebagainya. Dan yang lain adalah jenis logam berat yang beracun, contohnya Hg, Cd, Pb dan $Cr^{(6)}$. Berdasarkan kegunaan dalam tubuh manusia logam berat dapat dibedakan atas unsur-unsur golongan mikronutrien misalnya Zn, Fe, dan Cu, dan golongan unsur yang belum diketahui manfaatnya, misalnya Hg, Pb dan Cd. Logam berat dalam jaringan menurut Simkiss dan Mason dibedakan atas logam kelas A yaitu Na, K, Ca dan Mg, dan logam kelas B yaitu Cu, Zn dan Ni.⁽³⁾

Secara alami, unsur atau senyawa logam berat terdapat dalam air, sedimen dan organisme laut. Kadar dari logamnya berkisar 10^{-2} -10 mg/L. Hart dan Lake mengatakan kandungan logam berat dalam air dapat berupa kompartemen logam terlarut, kompartemen partikel biotik, kompartemen komponen abiotik dan kompartemen sedimen.⁽³⁾

Kegunaan dari logam berat tidak kalah penting dengan logam yang lainnya yaitu sebagai pelapis logam yang reaktif sehingga logam akan tahan terhadap korosi, sebagai elektroda dalam elektrokimia hal ini disebabkan karena logam berat merupakan konduktor yang sangat baik. Dalam industri kimia logam berat dapat digunakan sebagai katalis dalam sintesis senyawa organik. Dalam makhluk hidup, logam berat juga berperan penting sebagai bagian penyusun sel manusia misalnya Fe sebagai inti dari hemaglobin didalam sel darah merah.

2.3.1. Logam Krom (Cr)

Kromium ditemukan pada tahun 1797 oleh Vauquelin di dalam mineral *Krocoite*, dan pada tahun 1798 krom sudah dapat diisolasi dengan mereduksi oksidanya dengan karbon. Krom bersumber dari *Cromite* bentuk spinel ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$), di alam Cr bercampur dengan logam oksida yang lain membentuk komposit misalnya $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg})\text{O} \cdot (\text{Cr}, \text{Al}, \text{Fe}^{2+})_2\text{O}_3$ ⁽²²⁾. Krom didapatkan dari *kromite* dengan cara mereduksi bijih *kromite* dengan karbon. Disamping itu dapat juga dilakukan dengan lelehan NaOH dan O_2 setelah itu dilarutkan dalam air dan kemudian diendapkan dengan natrium bikromat⁽¹⁸⁾.

Krom memiliki sipat rapuh dan tahan terhadap korosi, memiliki berat jenis 7,19 g/mL larut dalam asam HCl encer dan dalam asam sulfat. Potensial reduksi standar -0,91 Volt, struktur kristal *body center cubic (bcc)*, panas jenis pada suhu 25 °C adalah 23,25 joule/mol K, hambatan jenis pada suhu 20 °C yaitu $12,9 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$, dan ekspansi panas pada suhu 20 °C adalah $6,2 \times 10^{-6}$ ⁽²¹⁾.

Senyawa krom dapat ditemukan dalam beberapa bentuk antara lain dalam bentuk halida, oksida, bentuk garam, bentuk asam dan bentuk lainnya⁽²²⁾.

I. Bentuk Halida

Halida Krom diperoleh dengan mereaksikan logam Krom dengan asam halida pada suhu 600 sampai 700°C atau melalui reduksi dengan H_2 pada suhu 500 sampai 600°C. Cr_2Cl_2 merupakan bentuk halida Krom(I) larut dalam air dan memberikan warna biru. CrCl_3 dapat membentuk kompleks dengan THF yang berguna dalam sintesis senyawa organologam.

1. Bentuk Oksida

Bentuk oksida dari logam Krom bervariasi yaitu Krom(II) misalnya Kromium(II) asetat yang dapat mengendap dengan warna merah. Krom(III) misalnya Cr_2O_3 merupakan logam kluster yang berbentuk kristal dengan warna hitam kehijauan, oksida ini tidak larut dalam air, asam, basa dan alkohol. Krom(III) dalam air akan memberikan warna violet. Oksida krom(IV) misalnya CrO_2 sifatnya tidak larut dalam asam organik namun dapat larut dalam asam sulfat atau dalam larutan basa. Krom(VI) merupakan sifat oksida yang sangat asam dan sering juga disebut dengan asam kromat anhidrat, apabila dilarutkan dalam air akan menghasilkan asam kromat. Kelarutannya dalam air sangat besar yaitu 199 g dalam 100 mL, dan juga larut dalam asam Sulfat dan asam Nitrat.

2. Bentuk Garam

Garam krom merupakan gabungan antara kation Krom dengan anion yaitu garam krom terdiri atas Krom(III) klorida (CrCl_3) larut dalam air, Krom(III) sulfat ($\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$) bubuk violet dan tidak larut dalam air tapi larut jika ditambahkan oksidator membentuk kompleks Kalium Krom(III) sulfat ($\text{KCr}(\text{SO}_4) \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$) dalam air kelarutannya 11,1 % dalam air dingin dengan warna violet dan akan berubah warna biru pada suhu 50°C . Amoniumkrom(III) sulfat hidrat ($\text{NHCr}(\text{SO}_4) \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) merupakan senyawa berwarna hijau jika dipanaskan pada suhu 70°C . Krom(III) Flourida (CrF_3) merupakan senyawa anhidrat, apabila ada air akan membentuk Krom(III) Flourida hidrat ($\text{CrF}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Krom(III) asetat $[(\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6)(\text{CH}_3\text{COO})_2]$, Krom(III) nitrat $[(\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6)(\text{NO}_3)_3]$, Krom(III) pospat membentuk kompleks $[(\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6)(\text{PO}_4)]$, Krom(III) pospat CrPO_4 .

3. Bentuk Asam

Krom dalam senyawa asam akan membentuk asam kromat karena krom berada pada posisi anionnya. Asam kromat merupakan asam lemah dan bersifat asam poliprotik. Misalnya $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dengan konstanta ionisasi pertama = 1 dan 0,85 untuk ionisasi kedua. H_2CrO_4 K_a ionisasi pertama yaitu 1,21 dan ionisasi kedua $3,7 \times 10^{-7}$. Asam kromat akan teroksidasi kuat dengan asam kuat.



5. Bentuk lainnya

Bentuk senyawa krom yang lain yaitu CrO_2Cl dengan warna merah darah dan terhidrolisis dan dapat teroksidasi yang terurai membentuk CrO_2 . Contoh yang lain adalah Heksakarbonil krom ($\text{Cr}(\text{CO})_6$) dan dapat larut dalam kloroform.

Krom banyak digunakan dalam industri yaitu dalam industri logam krom digunakan sebagai alloy dengan besi yang tahan terhadap korosi. Zat kimia krom digunakan sebagai zat warna pada cat dan tinta. Disamping itu krom juga digunakan sebagai katalis, warna pada tekstil dan industri kayu, sebagai katalis dalam reaksi kimia dan sebagai campuran mortar pada semen^(22,23).

2.3.2. Logam Tembaga (Cu)

Logam tembaga merupakan logam yang sudah lama ditemukan yaitu semenjak 7000 SM di Anatolia, 4000 SM oleh bangsa Mesir, Mesopotamia, Palestina dan Iran. Pada tahun 1880 tembaga mulai diolah secara kimia dalam industri oleh Manhes dan David di Prancis. Pada tahun 1865 J.B Elkington (Inggris) dan E. Wohlwill (Jerman) telah dapat melakukan elektrolisis logam tembaga. Logam mulai diproduksi secara industri dimulai pada tahun 1800⁽²²⁾.

Sifat fisika dari logam tembaga yaitu logam yang lunak dan mudah ditempa, warnanya kemerahan. Kemurnian logam tembaga 99,999 % dengan densiti $8,94 \text{ g/cm}^3$, densitinya sangat berpengaruh terhadap suhu, semakin tinggi suhunya maka densitinya akan semakin turun. Tembaga merupakan suatu logam yang tahan terhadap korosi dan memiliki daya hantar listrik yang cukup bagus. Titik leleh dari tembaga 1356 K, sedangkan titik didih 2868 K. Koefisien pemuaian panjang $16,9 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ dengan potensial standar reduksi logam Cu^{+2}/Cu yaitu +0,34 Volt⁽²²⁾.

Sifat kimia tembaga yaitu tembaga merupakan unsur yang terletak pada perioda ke-4 dan golongan I B. Bilangan oksidasi yaitu dari +1 dan +2, pada temperatur yang rendah Cu^{2+} sangat stabil, tapi pada suhu 800°C Cu^+ lebih dominan. Logam tembaga sangat sulit larut dalam air, tapi dapat larut dalam asam mineral terutama dalam asam nitrat⁽¹⁹⁾.

Di alam ditemukan lebih dari 200 macam mineral dari tembaga dan bagian yang banyak melimpah adalah tembaga murni 99,92 % dengan kelimpahan

950.000 ppm setelah itu biji tembaga kelimpahan 50.000 ppm. Selain dalam bentuk tembaga murni di alam tembaga juga banyak membentuk senyawa seperti *Kalkosit*(Cu_2S), *Digenit* (Cu_9S_5), *Kovelit* (CuS), *Kalkopirit* (CuFeS_2), *Bornit* ($\text{CuFeS}_3/\text{CuFeS}_4$), *Tenantitit* ($\text{Cu}_{12}\text{As}_4\text{S}_{13}$) dan ada juga dalam bentuk oksida yaitu *Tenorit* (CuO), *Kuprit* (Cu_2O), bentuk sulfat yaitu *Brokantit* ($\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_3$) dan *Kalkantit* ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). Mineral tembaga ini berasal dari proses pendinginan magma dari letusan gunung merapi dan juga pendinginan magma di dalam perut bumi⁽²²⁾.

Logam Cu masuk ke dalam air dapat terjadi secara alami maupun dengan campur tangan manusia. Secara alami terjadi pengikisan oleh air dan kelarutan senyawa-senyawa tembaga yang larut dalam air. Proses campur tangan manusia dapat berupa aktivitas industri yang menggunakan logam Cu atau kegiatan metalurgi yang menghasilkan limbah⁽²²⁾.

Kegunaan dari logam Cu secara komersial yaitu sebagai elektroda pada sel elektrokimia (sel sekunder), sebagai penghantar listrik, sebagai fungisida, sebagai warna pada keramik dan gelas. Tembaga(I) sebagai zat pengidentifikasi senyawa organik, dan juga sebagai katalis dalam reaksi kimia. Tembaga juga dapat digunakan sebagai penyerap gas karbon monoksida⁽²²⁾.

2.1. Ekstraksi Pelarut

2.1.1. Hukum distribusi Nernst

Ekstraksi adalah metoda pemisahan yang didasarkan pada terdistribusinya zat terlarut dalam dua pelarut yang tidak saling bercampur. Zat yang sering digunakan yaitu pelarut organik yang nonpolar dengan air. Zat yang telah terdistribusi dalam dua fasa dipisahkan dengan menggunakan corong pisah, sehingga fasa organik dan fasa air dapat dipisahkan.⁽²⁴⁾

Bila suatu zat X yang terlarut dalam pelarut air dikocok dengan pelarut organik yang saling tidak bercampur di dalam corong pisah, maka zat tersebut akan terbagi ke dalam pelarut organik, maka zat X ini kita katakan telah terekstraksi dari pelarut air kepelarut organik, maka menurut hukum distribusi Nernst ;



Maka besarnya kostanta kesetimbangan adalah ;

$$\frac{[X]_{\text{organik}}}{[X]_{\text{air}}} = K_D = \text{kostan} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana K_D adalah kostanta distribusi yang nilainya untuk masing-masing pelarut adalah berbeda-beda⁽²⁵⁾. Sedangkan perbandingan total konsentrasi dalam fasa organik dengan perbandingan total dalam fasa air dikenal dengan angka perbandingan distribusi (D), secara matematis ditulis ;

$$D = \frac{[X_{\text{total}}]_{\text{organik}}}{[X_{\text{total}}]_{\text{air}}} \dots\dots\dots(2)$$

Selain itu kita juga akan mengenal persen ekstraksi (% E) yaitu perbandingan antara jumlah yang terekstrak dengan konsentrasi total dikali dengan 100 %. Hubungan antara D dengan %E yaitu ;

$$D = \frac{\%E}{100 - \%E} \times \frac{V_{\text{air}}}{V_{\text{organik}}} \dots\dots\dots(3)$$

2.4.2. Ekstraksi Logam

Logam yang terlarut dalam air pada umumnya berbentuk kation dan tidak dapat larut dalam pelarut organik nonpolar. Untuk dapat diekstraksi, logam terlebih dahulu diubah menjadi bentuk yang netral dengan menggunakan pengompleks. Ada dua jenis pengompleks logam tak bermuatan yaitu ;

1. Kompleks Asosiasi Ion yaitu yang terbentuk dari ion logam terikat secara kovalen koordinasi dengan pengompleks membentuk senyawa ion kompleks yang bermuatan positif, kemudian akan bergabung dengan pasangan ion maka membentuk pasangan kompleks yang netral.
2. Komplek Sepit yaitu kompleks yang terbentuk dari ligan yang netral menyepit ion logam yang bermuatan positif, sehingga ion logam akan menjadi netral dengan ligan di mana ligan akan melepas proton⁽²⁵⁾.

2.4.3. Pengompleks(APDC) dan Pelarut Organik (MIBK)

Amonium Pirolidin Dithio Karbamat (APDC/ $[(C_4H_8)NCS_2]NH_4$) merupakan gabungan kation ammonium dengan anion PDC dimana PDC tersusun atas pirolidin yang terikat pada asam karbamat. Senyawa APDC ini dapat mengompleks Cu pada pH 1 – 4 dan Cr pada pH 0 – 6 didalam kloroform. APDC merupakan ligan bidentat yang apabila mengompleks ion logam akan membentuk senyawa kompleks sepi. APDC merupakan suatu senyawa yang kelarutannya sedikit larut dalam air⁽²⁶⁾.

Metil Iso Butil Keton (MIBK, $CH_3COCH_2CH(CH_3)_2$) memiliki massa Molekul Relatif 100,16 dengan titik leleh $-80\text{ }^\circ\text{C}$ dan titik didih $116\text{ }^\circ\text{C}$, panas jenis pada suhu $20\text{ }^\circ\text{C}$ 1922 KJ/mol. Kelarutan MIBK dalam air pada suhu $25\text{ }^\circ\text{C}$ yaitu 1,7 % sedangkan kelarutan air dalam MIBK 1,9 %. Kemurnian senyawa ini besar dari 80 %. Kegunaan MIBK sebagai pelarut senyawa vinil, epoksida dan resin asiklik, dan resin alami serta nitro selulosa. Dalam industri MIBK digunakan sebagai pelarut dan sering juga digunakan sebagai pengekstrak sebagai antibiotik. MIBK juga digunakan sebagai intermediet dalam sintesis keton dengan proses hidrogenasi⁽²⁶⁾.

2.4.4. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Ekstraksi

Faktor yang dapat mempengaruhi ekstraksi adalah :

1. Muatan ion logam, yaitu semakin besar muatan ion logam dari senyawa kompleks maka nilai dari angka banding distribusi akan semakin besar.
2. Jenis ligan pengompleks, konsentrasi ligan pengompleks dan jenisnya sangat berpengaruh pada jumlah yang terekstrak dengan pengaruh selektifitas terhadap ion yang akan dikompleks.
3. pH ekstraksi, sangat berpengaruh dalam selektifitas pembentukan senyawa kompleks dan besarnya angka banding distribusi.
4. Senyawa organik, sebagai pengekstrak akan berpengaruh terhadap konstanta distribusi.

Secara umum faktor yang mempengaruhi ekstraksi dapat dilihat dari persamaan;

$$\log D = \log K_{ekstraksi} + n \log [HR]_o + n pH \dots\dots\dots(4)$$



2.5. Spektrofotometri Serapan Atom (AAS)

Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) adalah suatu metoda analisis yang didasarkan pada serapan energi sinar monokromatis pada panjang gelombang tertentu (panjang gelombang spesifik) oleh atom-atom dalam keadaan netral yang berwujud gas. Sinar yang diserap menyebabkan elektron valensi dari atom-atom tereksitasi dari keadaan dasar menjadi keadaan tereksitasi. Besarnya energi cahaya yang diterima oleh elektron sama dengan energi yang dibutuhkan oleh elektron untuk bereksitasi. Setiap atom memiliki serapan yang berbeda-beda misalnya untuk Cu serapan berada pada panjang gelombang 324,7 nm, sedangkan krom serapannya 357,9 nm dengan pembakar Asetitel-udara⁽²⁵⁾.

Proses kerja dari AAS yaitu larutan sampel yang mengandung analit yang akan diukur dihisap melalui pipa kapiler, dan masuk ke sistem pengkabut membentuk. Sampel yang telah dikabut dibakar dengan melewati beberapa tahap yaitu⁽²⁵⁾ ;

1. Pembebasan pelarut yang melewati residu.
2. Penguapan zat padat dengan disosiasi menjadi atom-atom penyusunnya, yang mula-mula belum tereksitasi.
3. Beberapa atom ditembak dengan sinar maka atom akan menjadi tereksitasi

Sebagian dari intensitas sinar diserap oleh atom-atom dari unsur di dalam nyala dan sebagian lagi diteruskan melewati detektor. Detektor akan merekam berapa besar sinar yang akan diteruskan. Semakin tinggi konsentrasi analit dalam sampel maka sinar akan semakin banyak diserap dan intensitas yang diteruskan semakin kecil. Dari hasil deteksi oleh detektor sinar yang datang berupa besaran fisika diubah menjadi besaran listrik yang lemah. Dengan penguat arus fotomultiplier maka sinyal akan diperkuat sehingga dapat dibaca oleh rekorder. Dari data ini dengan bantuan sederetan larutan standar kita dapat membuat kurva kalibrasi dan kita dapat menentukan konsentrasi analit dalam sampel dari nilai absorban.

Sinyal yang ditangkap oleh detektor dan direkam oleh rekorder berupa nilai transmittan (% T) atau nilai absorban (A). Sinar yang dideteksi adalah sinar monokromator dimana panjang gelombangnya adalah panjang gelombang spesifik.

Metoda ini pertama kali ditemukan oleh Walsh pada tahun 1953 dimana metoda ini dapat dilakukan untuk analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Analisis kualitatif dapat dilakukan dengan mengukur sampel dan dilihat nilai absorban terhadap panjang gelombang (kurva A vs λ) dan dicari panjang gelombang yang spesifik. Untuk analisis kuantitatif dapat diketahui dari nilai absorban dari hasil pengukuran^(24,25).

Teknik ini telah banyak digunakan dalam penelitian karena beberapa kelebihan antaralain ;

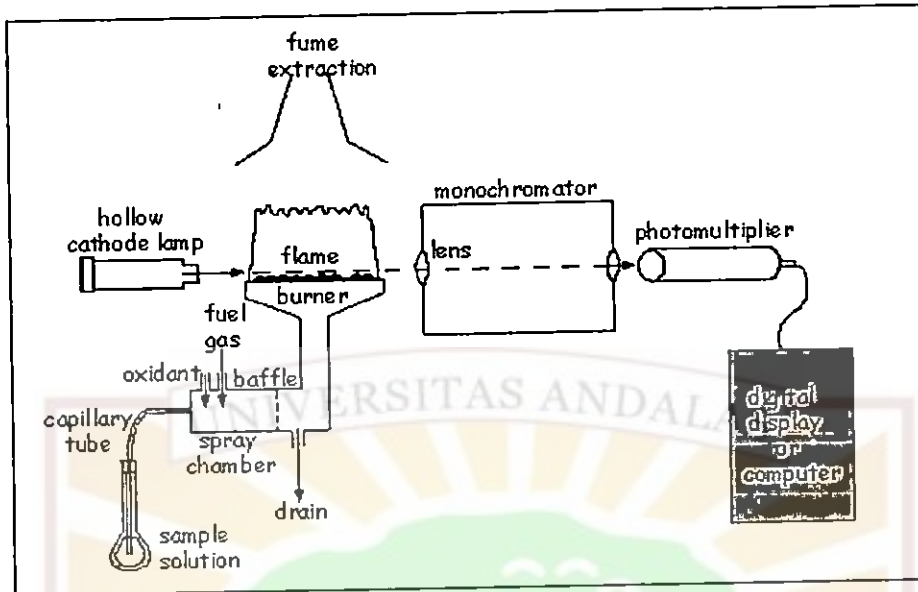
1. Waktu yang diperlukan untuk analisa relatif cepat.
2. Tingkat ketelitian yang cukup tinggi yaitu jangkauan konsentrasi runtu
3. Tidak memerlukan pemisahan terlebih dahulu.
4. Hampir bisa digunakan untuk menentukan konsentrasi semua unsur logam

Dalam pengukuran serapan sinar berlaku Hukum Lambert-Beer, dimana secara matematika dapat dinyatakan dengan persamaan ;

$$\text{Log } (I_0/I) = a \cdot b \cdot C = A \quad \dots\dots\dots(5)$$

- Dimana :
- A = absorban
 - I_0 = Intensitas radiasi mula-mula
 - I = Intensitas radiasi setelah melewati analit
 - a = Absorbisitas
 - b = Panjang medium penyerapan
 - C = Konsentrasi atom dalam sampel

Dari persamaan di atas harga serapan sebanding dengan nilai konsentrasi dalam sampel yang dianalisa. Dari persamaan A vs C merupakan fungsi yang linear⁽²⁴⁾.



Gambar 1. Skema alat Spektrofotometri Serapan Atom(AAS)

2.1.Sand Filter

Sand Filter adalah perlengkapan dasar pada pemurnian air. Air yang berfluktuasi melalui *Sand Filter* keluar melalui flok dan partikel terperangkap didalamnya. Media filter adalah pasir yang tingkatnya bervariasi. Pengotor akan diendapkan bila mengalir melalui pasir. Dalam *Sand Filter* dimasukkan karbon aktif untuk menghilangkan rasa dan bau.⁽²⁷⁾

Sand Filter telah banyak diterapkan dalam memperbaiki kualitas air. A.J Gold, dkk, telah menggunakan *Sand Filter* untuk meminimalisasi unsur N dan P serta mikroorganisme.⁽²⁸⁾ F. Amini telah melakukan pengaruh ketebalan pada efisiensi dari struktur *Sand Filter* dalam memperbaiki kualitas air.⁽²⁹⁾ *Sand Filter* juga telah diterapkan untuk menurunkan kandungan sedimen, memperbaiki BOD dan menurunkan bakteri poliform.

Sand Filter dapat dibagi atas beberapa tipe yaitu *Slow Sand Filter*, *Rapid Sand Filter*, *Pressuare Sand Filter* dan *Diatomaceous ert h Filter*. Pada *Slow Sand Filter* air masuk kedalam sistem penyaringan dengan bantuan gravitasi, air keluar sangat lambat yaitu 0,015-0,15 L/sekon dan bisa digunakan untuk menyaring air tanah. *Rapid Sand Filter* yaitu sitem penyaringan dengan menggunakan bantuan gravitasi dan ada juga dengan bantuan pompa, debit alir air yang dihasilkan yaitu

2-3 L/sekon dan digunakan untuk air tanah dan air permukaan. *Pressure Sand Filter* sistem penyaring dibantu oleh pompa dan dapat menyaring besi dan magnesium di dalam air tanah. *Diatomaceous earth Filter* sistem penyaring yang menggunakan bantuan pompa dan isi penyaringnya adalah *Diatomaceous earth*.⁽³⁰⁾

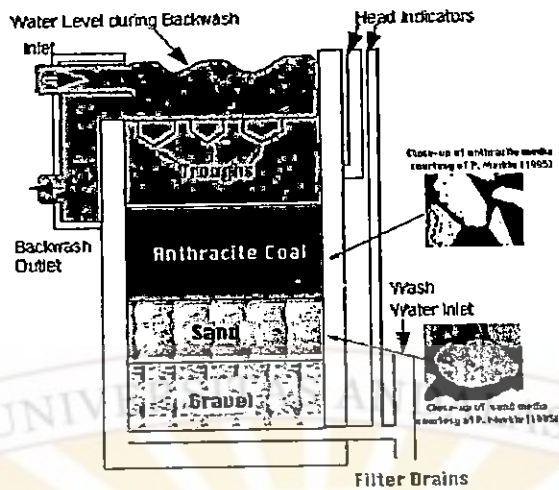
Sand Filter merupakan suatu alat yang digunakan untuk memindahkan beberapa zat partikulat sisa setelah flokkulasi dan pengendapan. Proses penyaringan pada *Sand Filter* didasarkan atas 2 prinsip yaitu penyaringan (straining) mekanik dan penyerapan fisikal. Pada *Sand Filter* terjadi proses fisika-kimia untuk memisahkan pengotor suspensi dan koloid dari air dengan mengalirkan air melalui dasar granular air dengan mengisi pori dari medium penyaring sehingga pengotor diserap pada permukaan butiran atau terperangkap pada permukaan.

Filtrasi dari *Sand Filter* terdiri dari 3 macam yaitu filter inlet, filter bet, dan filter outlet. Filter inlet terdiri dari sebuah metoda pengaturan level air penyaringan dan pemindahan limbah dalam siklus pencucian kembali. Filter bet yang paling efektif adalah kasa sampai halus untuk ukuran porinya, ini bertujuan untuk mengurangi frekuensi pencucian. Yang paling umum digunakan adalah bet filter media pencampur, disusun kira-kira 30 – 60 inci media granular dengan mengikuti susunan dari inlet ke outlet.

Filter outlet terdiri dari metoda untuk mengumpulkan dan memindahkan air saringan, mendistribusikan air cucian kembali dan mengontrol laju alir melalui filter. Pengumpulan dan pendistribusian diselesaikan dengan sebuah saluran bawah yang disebut lantai filter dan ini menyokong filter bet. Filter outlet memiliki 3 desain utama yang biasa digunakan yaitu :

1. perforated lateral
2. suspended nozzle
3. kombinasi lateral dan nozzle

Faktor utama yang mempengaruhi proses penyaringan dan penangkapan adalah ukuran partikel yang disuspensikan, ukuran pori, ukuran butiran, kecepatan filtrasi, temperatur cairan, sifat kimia air dan partikel.⁽²⁷⁾



Gambar 2. Skema alat *Sand Filter*

2.7. Analisis Statistik

Statistik adalah ilmu yang mempelajari tentang seluk beluk data yaitu tentang pengumpulan, pengolahan, penafsiran, dan penarikan kesimpulan dari data yang berbentuk angka-angka. Sedangkan data merupakan keterangan-keterangan tentang suatu hal, dapat berupa sesuatu yang diketahui atau yang dianggap atau anggapan. Data bisa didapatkan melalui penelitian. Data dari penelitian perlu untuk dianalisa agar kita mengetahui arti dari angka-angka yang dinyatakan oleh datum. Data bisa dianalisis secara kuantitatif yaitu berupa model statistik, model matematika dan model ekonometrik, dan bisa juga dianalisis secara kualitatif yaitu berupa tabel, kurva, dan angka-angka sehingga kita bisa menafsirkan arti dari data tersebut.

Dalam analisis statistik khususnya untuk data penelitian dapat di lakukan untuk uji perlakuan atau kelompok dari suatu percobaan. Pengujian yang umum dilakukan yaitu pengujian korelasi dan pengujian komparatif. Pengujian korelasi merupakan suatu pengujian yang bertujuan untuk melihat pengaruh variabel terhadap data yang dihasilkan dan bisa mengambil langkah alternatif untuk menghasilkan data semaksimal mungkin. Pengujian komparatif yaitu pengujian

suatu data dengan tujuan untuk membandingkan dua data dengan variabel yang berbeda.⁽³¹⁾

Dalam pengujian komparatif dikenal beberapa metoda antara lain uji F, uji T, uji Kai kuadrat, uji McNemer dan median test, yang semuanya khusus digunakan untuk menguji data dengan dua variabel. Untuk data yang lebih dari dua variabel maka bisa digunakan uji Cochran, Bartlett dan Anova.⁽³²⁾

Dalam uji analisis variansi atau analisis ragam bisa digunakan secara luas dalam analisis data penelitian. Analisis data dari berbagai rancangan percobaan misalnya rancangan acak kelompok, rancangan acak lengkap ataupun rancangan bujur sangkar latin dapat memberikan nilai ketepatan dalam penarikan kesimpulan.⁽³³⁾

Pengujian hipotesis adalah suatu prosedur yang menghasilkan suatu keputusan, yaitu suatu keputusan dalam menerima atau menolak hipotesis ini. Dalam pengujian, keputusan yang dibuat kemungkinan bisa benar dan bisa salah. Dalam menguji hipotesis ada beberapa langkah yang harus dilalui yaitu,⁽²⁹⁾

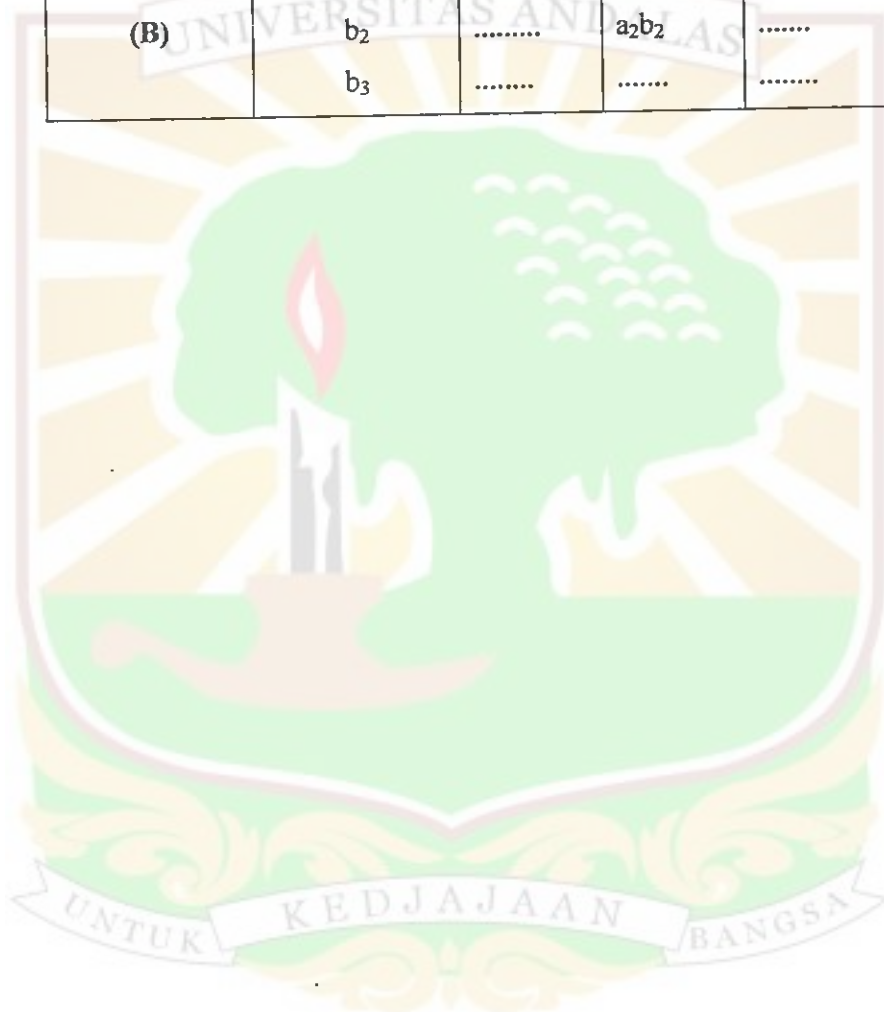
1. Menentukan formula hipotesis.
 - Hipotesis nol (H_0)
 - Hipotesis Alternatif (H_i)
2. Menentukan taraf nyata dan nilai tabel
3. Menentukan kriteria pengujian
 - Hipotesis H_0 diterima (hipotesis H_i ditolak) apabila nilai uji statistik berada di luar nilai kritis.
 - Hipotesis H_0 ditolak (hipotesis H_i diterima) apabila nilai uji statistik berada di dalam nilai kritis.
4. Melakukan uji statistik
5. Membuat kesimpulan

Dalam statistik juga dikenal istilah percobaan faktorial yaitu suatu metode analisis statistik yang melibatkan beberapa faktor variabel (perlakuan/kelompok) yang jumlahnya lebih dari dua. Istilah faktor yaitu suatu jenis perlakuan/kelompok, sehingga membuat keragaman antar perlakuan/kelompok data menjadi berbeda. Bagian dari faktor dikenal dengan istilah taraf. Jika dalam rancangan percobaan dengan dua perlakuan masing-masing dilakukan dengan dua

pengulangan maka percobaan faktorial bisa disingkat dengan 2×2 atau 2^2 . Percobaan ini bisa juga dilakukan untuk faktor yang lebih banyak, misalnya $3 \times 3 \times 2$ atau $3^2 \times 2$, artinya dalam percobaan terdapat 3 faktor, masing-masing faktor pertama 3 taraf, kedua 3 taraf dan ketiga 2 taraf.⁽³⁴⁾

Rancangan statistik dengan faktorial 3 x 3

Faktor	Perlakuan (A)			
	Taraf	a ₁	a ₂	a ₃
Kelompok (B)	b ₁	a ₁ b ₁
	b ₂	a ₂ b ₂
	b ₃



III. METODA PENELITIAN

3.1. Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik, jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas dan di Balai Benih Ikan Pantai (BBIP) Teluk Buo, Teluk Kabung Bungus, pada bulan Agustus – November 2006.

3.2. Pengambilan dan Persiapan Sampel

3.2.1. Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel terdiri dari 3 lokasi, dimana 1 lokasi sebelum melewati *Sand Filter* dan 2 lokasi setelah melewati *Sand Filter*. Masing-masing lokasi dibagi beberapa titik. Berikut rinciannya ;

1) Lokasi 1

Dalam bak penampung sebelum melewati *Sand Filter* divariasikan waktu yaitu 0, 30, 60 dan 90 menit

2) Lokasi 2

Tepat air keluar dari *Sand Filter* yaitu terdiri 0, 30, 60 dan 90 menit.

3) Lokasi 3

Pada kolam pembibitan yang terdiri atas dua titik yaitu titik 1 pada ujung selatan kolam dan titik 2 pada bagian ujung utara kolam.

3.2.2. Waktu Pengambilan Sampel

Sampel diambil 4 kali dengan periode sekali dua minggu yaitu :

Pengambilan Minggu I : 30 Juli 2006 (kondisi pasang dan keruh/hujan)

Pengambilan Minggu II : 13 Agustus 2006 (kondisi pasang)

Pengambilan Minggu III : 27 Agustus 2006 (kondisi pasang)

Pengambilan Minggu IV : 10 September 2006 (kondisi surut/purnama)

3.2.3. Persiapan Sampel

Sampel diambil berdasarkan pada tiap titik yang telah ditetapkan, dimana tiap titik di ambil sebanyak 1 Liter. Sampel yang telah diambil kemudian diawetkan dengan menggunakan asam nitrat 65 %. Untuk 1 Liter sampel ditambahkan sebanyak 2 mL asam nitrat pekat.

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Alat

Alat yang digunakan adalah Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) α -4, *Sand Filter* Anwig activated carbon filter ACF 8-36 (diameter 800 mm, tinggi 3.550 mm, laju alir 10-15 m³/jam), pH meter, Neraca Analitik, Hot Plate, Shaker, Erlenmeyer, Corong pisah, Klem, Buret, dan alat-alat gelas lainnya.

3.3.2. Bahan

Air laut, Akuades, Asam nitrat (HNO₃ 65 %, 4 M dan 0,15 M), Metil isobutyl keton (MIBK), Ammonium pyrolidin ditio karbamat (APDC), Buffer standar pH 4 dan 7, Amonium hidroksida (NH₄OH), Kalium bikromat (K₂CrO₇) dan Tembaga (Cu).

3.4. Rancangan Percobaan

Sampel yang diambil akan di variasikan antara lain sampel yang melewati *Sand Filter* dan tanpa *Sand Filter*. Lokasi untuk tanpa *Sand Filter* divariasikan waktu pengambilan sampel, sedangkan dengan menggunakan *Sand Filter* akan di variasikan waktu ketika *Sand Filter* dihidupkan. Sampel diambil 4 kali (setiap 2 minggu sekali) dengan pengulangan 2 kali pada tiap titik sampel.

3.5. Prosedur Kerja

3.5.1. Cara Pembuatan Larutan

1. APDC jenuh

APDC dimasukan dalam labu ukur 100 mL, ditambahkan dengan akuades sampai tanda batas, kocok sampai APDC tidak dapat lagi larut, disaring dan disimpan di tempat yang gelap.

2. HNO_3 4 M

Dipipet 27,7 mL HNO_3 65 %, dimasukkan dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan sampai tanda batas

3. HNO_3 0,15 M

Dipipet 10,4 mL HNO_3 65 %, dimasukkan dalam labu ukur 1000 mL dan diencerkan sampai tanda batas

4. Larutan standar Cr 1000 mg/L

Ditimbang 2,829 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dilarutkan dengan 20 mL asam nitrat 65 % dalam labu ukur 1000 mg/L, ditambahkan dengan akuades sampai tanda batas

5. Larutan standar Cu 1000 mg/L

Ditimbang 1,000 g Cu dilarutkan dengan asam nitrat 1 : 1 (v/v) di dalam labu ukur 1000 mL kemudian diencerkan dengan akuades sampai tanda batas

3.5.2. Pembuatan Larutan Standar Cr

1. Dipipet 10 mL larutan standar Cr 1000 mg/L, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan HNO_3 0,15 M sampai tanda batas didapatkan larutan standar Cr 100 mg/L, lakukan pengenceran sekali lagi agar didapatkan konsentrasi 10 mg/L.
2. Dengan menggunakan buret 50 mL dimasukkan berturut-turut 0; 4; 8; 12; 16 dan 20 mL larutan standar Cr 10 ppm ke dalam erlenmayer 250 mL yang telah berisi APDC 2 mL, sehingga didapatkan konsentrasi Cr 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1,0 mg/L.
3. Ditambahkan akuades hingga volumenya menjadi 200 mL
4. Diatur pHnya menjadi 4 dengan menggunakan HNO_3 dan NH_4OH .
5. Dipanaskan di atas hot plate hingga mendidih selama 20 menit, lalu didinginkan sampai suhu kamar.
6. Di tambahkan MIBK sebanyak 7 mL, lalu di shaker selama 20 menit dengan kecepatan 250 rpm.
7. Dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan sampai terbentuk dua lapisan.

8. Diambil fraksi MIBK dan tambahkan 5 mL HNO_3 4 M, lalu dishaker 20 menit dengan kecepatan 250 rpm.
9. Dipisahkan fraksi MIBK dengan fraksi asam nitrat sehingga didapatkan larutan standar dalam asam nitrat.
10. Diukur konsentrasi dengan menggunakan AAS pada panjang gelombang 425,4 nm dan buat kurva kalibrasi untuk Cr.

3.5.3. Pembuatan Larutan Standar Cu

1. Dipipet 10 mL larutan standar Cu 1000 mg/L, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan diencerkan dengan HNO_3 0,15 M sampai tanda batas didapatkan larutan standar Cu 100 mg/L, lakukan pengenceran dua kali lagi agar didapatkan konsentrasi 1,0 mg/L.
2. Dengan menggunakan buret 50 mL dimasukkan berturut-turut 0; 4; 8; 12; 16 dan 20 mL larutan standar Cu 1,0 ppm ke dalam erlenmayer 250 mL yang telah berisi APDC 2 mL, sehingga di dapatkan konsentrasi Cu 0; 0,02; 0,04; 0,06; 0,08 dan 0,10 mg/L.
3. Ditambahkan akuades hingga volumenya menjadi 200 mL
4. Diatur pHnya menjadi 4 dengan menggunakan HNO_3 dan NH_4OH .
5. Dipanaskan di atas hot plate hingga mendidih selama 20 menit, lalu dinginkan sampai suhu kamar.
6. Ditambahkan MIBK sebanyak 7 mL, lalu di shaker selama 20 menit dengan kecepatan 250 rpm.
7. Dimasukkan ke dalam corong pisah dan didiamkan sampai terbentuk dua lapisan.
8. Diambil fraksi MIBK dan tambahkan 5 mL HNO_3 4 M, lalu dishaker 20 menit dengan kecepatan 250 rpm.
9. Dipisahkan fraksi MIBK dengan fraksi asam nitrat sehingga didapatkan standar dalam asam nitrat.
10. Diukur konsentrasi dengan menggunakan AAS pada panjang gelombang 324,7 nm dan buat kurva kalibrasi untuk Cu.

3.5.4. Pengolahan dan Pengukuran Sampel dengan AAS

1. Dipipet 200 mL air laut dan dimasukkan dalam gelas piala 250 mL yang berisi 2 mL APDC jenuh lalu diatur pH sekitar 4 dengan HNO_3 dan NH_4OH lalu dipanaskan selama 15 menit.
2. Dinginkan sampai suhu kamar, ditambahkan 7 mL MIBK dan dikocok selama 20 menit dengan shaker dengan kecepatan 250 rpm.
3. Dimasukkan dalam corong pisah dan didiamkan selama 20 menit, sehingga terbentuk dua lapisan, lapisan atas dimasukkan dalam erlenmeyer.
4. Dipipet 5 mL HNO_3 4 M dimasukkan kedalam ekstrak MIBK dan dishaker selama 20 menit untuk ekstraksi kembali
5. Campuran dimasukkan dalam corong pisah dan didiamkan selama 20 menit hingga membentuk dua lapisan
6. Diambil lapisan bawah (ekstrak HNO_3 4 M) ukur absorbannya pada kondisi yang sama dengan larutan standar

3.6. Analisis Statistik

Data dari penelitian ini dianalisis dengan uji ragam untuk melihat pengaruh penggunaan *Sand Filter* dan tanpa *Sand Filter*, melihat pengaruh waktu *Sand Filter* dihidupkan, minggu pengambilan sampel (sampling) dan titik lokasi pengambilan sampel. Dari data yang telah di dapat maka akan di uji dengan analisa variansi dengan tiga variabel. Dalam analisa anova tiga variabel disini sama dengan percobaan faktorial $4^2 \times 2$.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Logam Krom (Cr)

Sampel diambil 4 kali selama 8 minggu dalam selang waktu 2 minggu. Sampel diambil pada 3 lokasi yaitu 1 lokasi sebelum melewati *Sand Filter* yaitu pada bak penampungan, dua lokasi yang lain setelah melewati *Sand Filter* yaitu pada bak air penampungan tepat keluar dari *Sand Filter* (lokasi 2) dan pada kolam pembibitan (lokasi 3). Pada lokasi 1 dan 2 sampel diambil berdasarkan variasi waktu yaitu tiap 30 menit sebanyak 4 kali, sedangkan lokasi 3 diambil pada 2 titik.

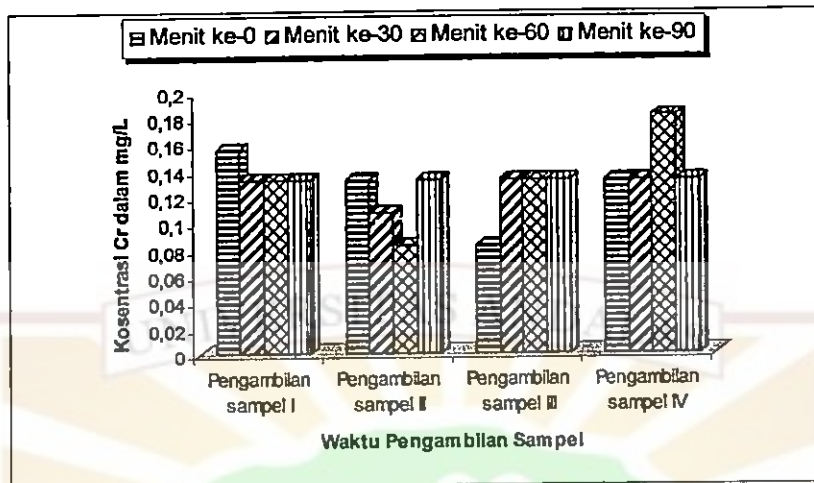
Konsentrasi Cr yang didapatkan dari hasil pengukuran dengan menggunakan AAS yaitu 0,0833 – 0,1814 mg/L. Standar baku yang ditetapkan oleh Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. 02/MENKLH/1988 untuk biota laut (budidaya perikanan) yaitu harus kecil dari 0,01 mg/L (Lampiran 2). Konsentrasi Cr yang didapat telah melewati ambang batas yang ditetapkan.

4.1.1. Pengaruh Waktu Penggunaan *Sand Filter*

Waktu penggunaan *Sand Filter* dibuat selang waktu 30 menit yang dimulai menit ke-0 sampai menit ke-90. Konsentrasi Cr pada variasi waktu dalam penggunaan *Sand Filter* diperlihatkan pada Gambar 3 dan 4. Pada Gambar 3 merupakan hasil pengukuran konsentrasi Cr sebelum melewati *Sand Filter*. Nilai konsentrasi yang tertinggi terdapat pada menit ke 60 pada waktu pengambilan sampel ke IV, dan nilai terendah terdapat pada menit 60 pada pengambilan sampel ke II dan menit ke 0 pada pengambilan sampel ke III.

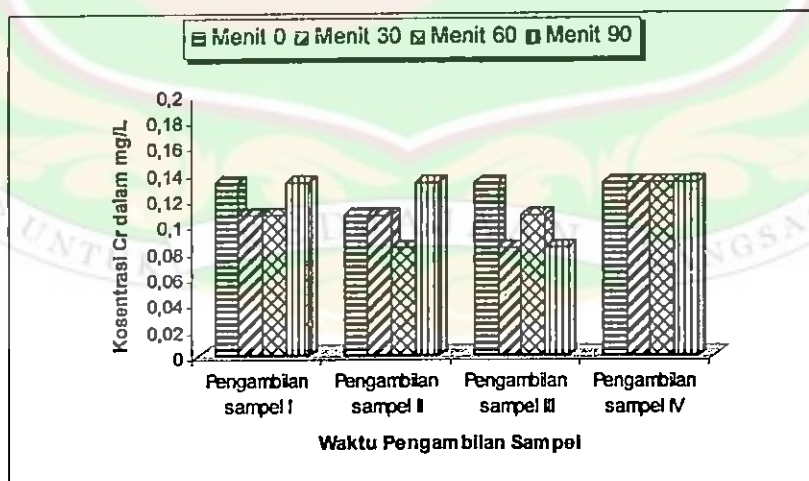
Pada Gambar 4 dapat dilihat menit ke-0 pada umumnya nilainya besar kecuali pada pengambilan sampel ke II, begitu juga untuk menit ke-90 pada umumnya besar kecuali pada pengambilan sampel ke III. Nilai konsentrasi Cr pada menit ke-30 dan ke-60 pada umumnya lebih rendah jika dibandingkan dengan menit ke-0 dan menit ke-90. Dari Gambar 4 dapat diketahui pada menit ke-0 yaitu tepat *Sand Filter* dihidupkan nilai Cr meningkat, ini mengindikasikan

adanya sisa Cr waktu penggunaan sebelumnya. Pada menit ke-90 dapat dilihat bahwa material dalam *Sand Filter* kapasitas penyerapannya semakin turun.



Gambar 3. Hasil pengukuran konsentrasi Cr pada variasi waktu sebelum melewati *Sand Filter* pada 4 kali pengambilan sampel

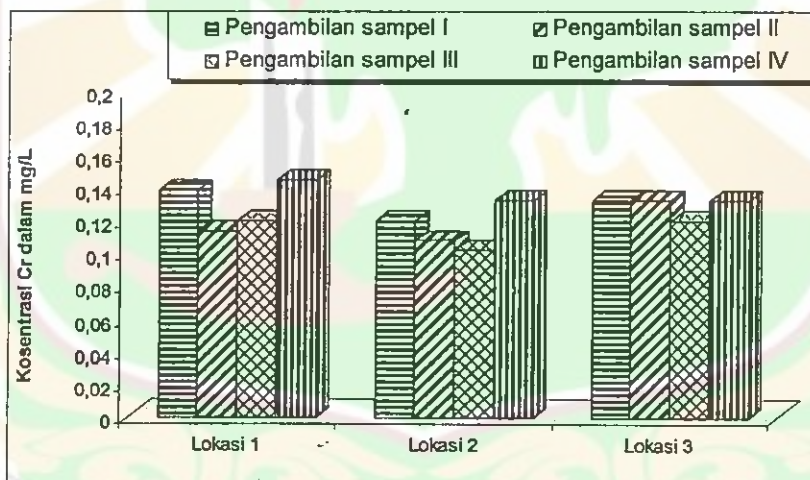
Pada pengujian statistik didapatkan nilai F hitung 0,74 dan nilai F tabel 3,49 (Lampiran 13). Dari kriteria pengujian hipotesis nol diterima yang berarti nilai konsentrasi Cr pada variasi waktu tidak berbeda nyata. Pada menit ke-0 sampai pada menit ke-90 nilai serapan dari logam Cr tidak berbeda di dalam *Sand Filter*.



Gambar 4. Hasil pengukuran konsentrasi Cr pada variasi waktu setelah melewati *Sand Filter* dihidupkan pada 4 kali pengambilan

4.1.2. Pengaruh Waktu Pengambilan Sampel

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa pada pengambilan sampel pertama, keadaan air laut keruh/turbiditas tinggi, akibatnya terjadi peningkatan konsentrasi Cr. Selanjutnya setelah melewati *Sand Filter* konsentrasi Cr menjadi berkurang, diduga karena suspensi yang terdapat dalam air laut tersaring semua oleh *Sand Filter* sehingga kemampuan *Sand Filter* menyerap logam Cr menjadi kurang sempurna. Pada pengambilan sampel keempat air laut surut akibat dari gerhana bulan, dimana kondisi ini nilai kadar garam dalam air laut menjadi meningkat dan senyawa Cr yang berbentuk garam akan meningkat konsentrasinya. Hal ini dapat dilihat bahwa konsentrasi Cr sebelum melewati *Sand Filter* dan setelah melewati *Sand Filter* konsentrasinya berkecenderungan menurun karena *Sand Filter* berfungsi menyerap ion logam Cr. Selanjutnya dari analisis statistik didapatkan nilai F hitung 3,70 dan nilai F tabel 3,49 dimana F hitung > F tabel. Ini berarti waktu pengambilan sampel berpengaruh nyata terhadap konsentrasi Cr.



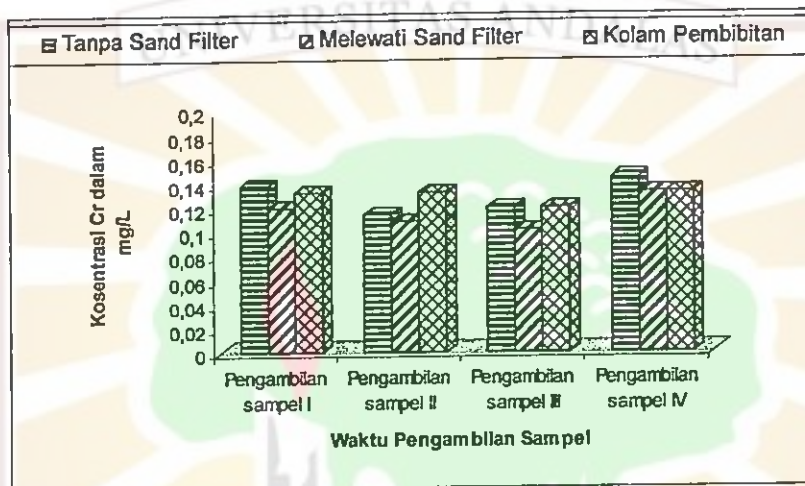
Gambar 5. Hasil pengukuran konsentrasi Cr pada waktu pengambilan sampel dari beberapa lokasi

4.1.3. Pengaruh Penggunaan *Sand Filter*

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa konsentrasi Cr sebelum melewati *sand filter* lebih besar jika dibandingkan dengan setelah melewati *sand filter*, diduga karena sand filter dapat menyerap Cr. Pada bak pembenihan nilai konsentrasi Cr lebih

rendah jika dibandingkan dengan sebelum melewati *sand filter*, tapi lebih tinggi jika dibandingkan dengan air setelah melewati *sand filter*. Ini disebabkan belum optimalnya penggunaan *sand filter* untuk menyerap Cr dalam penggunaan sehari-hari.

Pada pengujian statistik untuk melihat pengaruh penggunaan *Sand Filter* dalam menyaring Cr didapatkan nilai F hitung 38,48 dan nilai F tabel 9,55 sehingga nilai F hitung > F tabel, berarti penggunaan *sand filter* berpengaruh nyata terhadap penyerapan logam Cr.



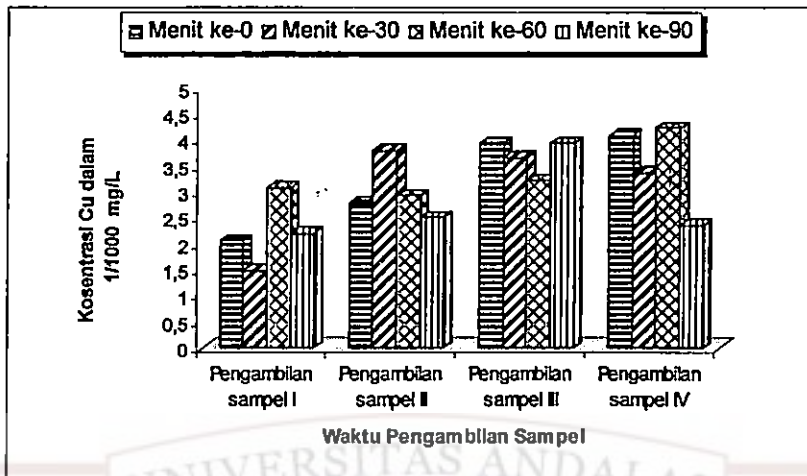
Gambar 6. Hasil pengukuran konsentrasi Cr pada pengaruh penggunaan *Sand Filter* pada 4 kali pengambilan sampel

4.2 Logam Tembaga (Cu)

Untuk sampel Cu, waktu pengambilan sampel dan lokasi pengambilan sampel sama seperti Cr. Konsentrasi Cu dari hasil pengukuran dengan menggunakan AAS didapatkan $7,568 \times 10^{-4} - 4,5406 \times 10^{-3}$ mg/L. Standar baku untuk biota laut (budidaya perikanan) yaitu harus kecil dari 0,06 mg/L (lampiran 2). Nilai ini masih di bawah standar baku yang ditetapkan.

4.1.1 Pengaruh Waktu Penggunaan *Sand Filter*

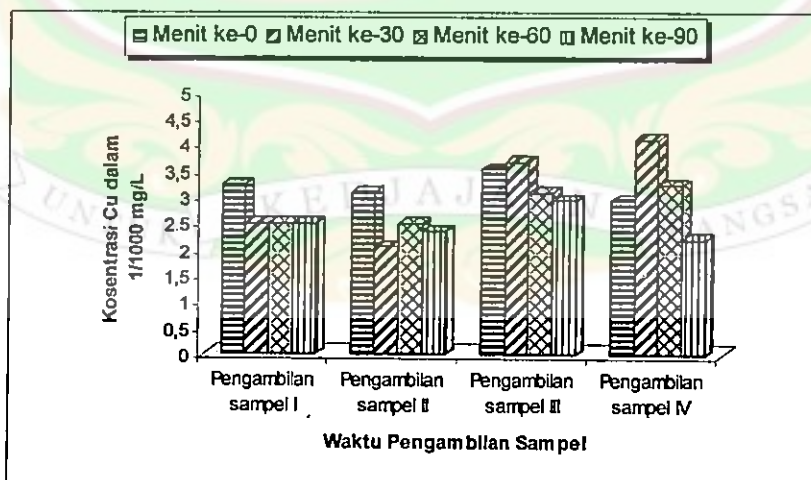
Pada Gambar 7 dapat dilihat konsentrasi Cu pada variasi waktu sebelum melewati *Sand Filter*. Nilai konsentrasi Cu yang tertinggi terdapat pada menit ke 60 pada pengambilan sampel ke IV, sedangkan yang terendah terdapat pada menit ke 60 pada pengambilan sampel ke I.



Gambar 7. Hasil pengukuran konsentrasi Cu pada variasi waktu sebelum melewati *Sand Filter* pada 4 kali pengambilan sampel

Pada Gambar 8 dapat dilihat pengaruh waktu penggunaan *Sand Filter* terhadap kandungan Cu. Konsentrasi Cu pada pengambilan sampel ke I dan pengambilan sampel ke II nilai tertinggi terjadi pada menit ke-0 yaitu tepat waktu *Sand Filter* dihidupkan. Pada pengambilan sampel ke III dan pengambilan sampel ke IV nilai tertinggi terletak pada menit ke-30.

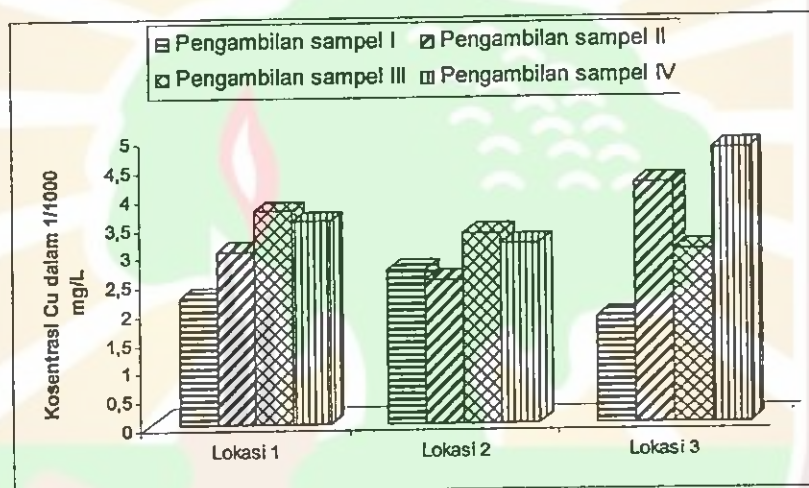
Pada pengujian statistik didapatkan nilai F hitung 2,26 dan F tabel 3,49 (Lampiran 13). Dari pengujian dapat disimpulkan pengaruh dari waktu penggunaan *Sand Filter* tidak begitu nampak. Nilai konsentrasi Cu pada menit ke-0 sampai menit ke-90 tidak berbeda nyata.



Gambar 8. Hasil pengukuran konsentrasi Cu pada variasi waktu setelah melewati *Sand Filter* dihidupkan pada 4 kali pengambilan sampel

4.1.2 Pengaruh Waktu Pengambilan Sampel

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa pada lokasi pengambilan sampel sebelum melewati *sand filter* diperoleh nilai tertinggi pada pengambilan sampel ketiga, begitu juga untuk kondisi setelah melewati *sand filter*. Konsentrasi Cu pada pengambilan sampel ketiga lebih tinggi, diduga disebabkan tingginya kandungan garam. Sedangkan pada bak pembenihan kandungan logam Cu tertinggi terjadi pada pengambilan sampel keempat, yaitu keadaan air laut sedang surut. Selanjutnya dari analisis statistik didapatkan nilai F hitung 4,62 dan nilai F tabel 3,49 dimana $F_{hitung} > F_{tabel}$. Ini berarti waktu pengambilan sampel berpengaruh nyata terhadap konsentrasi Cu.

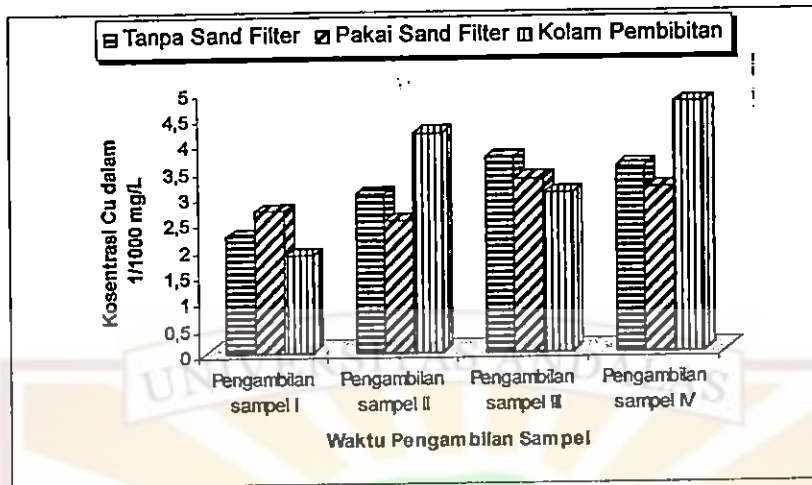


Gambar 9. Hasil pengukuran konsentrasi Cu pada waktu pengambilan sampel dari beberapa lokasi

4.1.3 Pengaruh Penggunaan Sand Filter

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa konsentrasi Cu pada pengambilan sampel pertama tinggi pada lokasi setelah melewati *sand filter*. Pada pengambilan sampel kedua, ketiga dan keempat diperoleh konsentrasi Cu sebelum melewati *sand filter* lebih tinggi jika dibandingkan setelah melewati *sand filter*. Nilai konsentrasi Cu pada bak pembenihan lebih tinggi pada pengambilan sampel kedua dan pengambilan sampel keempat. Dari nilai ini dapat diketahui bahwa penggunaan *sand filter* untuk penerapan sehari-hari untuk logam Cu belum digunakan sebaik mungkin. Selanjutnya dari uji statistik didapatkan nilai F hitung 3,0 dan nilai F

tabel 3,49 sehingga nilai F hitung $<$ F tabel, berarti penggunaan *sand filter* tidak berpengaruh nyata terhadap penyerapan logam Cu.



Gambar 10. Hasil pengukuran konsentrasi Cu pada pengaruh penggunaan *Sand Filter* pada 4 kali pengambilan sampel

4.3 Pembahasan Umum

Penggunaan *Sand Filter* untuk menyerap logam dari beberapa pengambilan sampel terhadap kandungan logam Cu dan Cr tidak begitu nampak pada nilai yang diharapkan. Hal ini disebabkan belum dioptimalkan sepenuhnya kondisi penggunaan *Sand Filter* dalam menyerap logam. Laju alir dari *Sand Filter* cukup besar sehingga waktu kontak antara ion logam dengan material *Sand Filter* hanya sedikit. Untuk penyerapan yang maksimum harus dikondisikan seoptimal mungkin waktu kontak antara ion logam dengan material penyerap di dalam *Sand Filter*. Semakin lama waktu kontak antara ion logam dengan material *Sand Filter* maka kemampuan ion logam untuk diserap akan semakin banyak.

Pada lokasi pengambilan sampel kita melihat bahwa kandungan logam Cu dan Cr di sekitar BBIP yaitu pada mulut pipa pengisap air dari pantai dan dalam bak penampungan tidak terjadi perbedaan. Hal ini memberikan informasi bahwa kedua logam ini pola penyebarannya sama di sekitar BBIP. Logam tidak terakumulasi pada lokasi tertentu, sehingga nilai yang konsentrasinya tidak berbeda.

Pada pengaruh dari waktu logam Cu dan Cr terserap lebih banyak pada menit ke 30 dan ke 60, tapi serapan tinggi pada menit ke 0 dan menit ke 90. Ini

mengindikasikan bahwa penggunaan *Sand Filter* hanya efektif selama tidak lebih dari 90 menit. Kurangnya kapasitas penyerapan logam Cu dan Cr setelah waktu 90 menit disebabkan material penyerap dalam *Sand Filter* telah jenuh. Material penyerap dalam *Sand Filter* bukan menyerap Cu dan Cr saja tapi juga meny^eerap ion logam yang lain. Kemampuan untuk menyerap Cu dan Cr semakin berkurang dengan bertambahnya waktu.



IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1.1. Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian analisis kandungan logam Cr dan Cu pada air laut dengan perlakuan penggunaan *Sand Filter* dan tanpa *Sand Filter*, variasi pengambilan sampel dan variasi waktu dapat disimpulkan ;

1. Nilai konsentrasi Cr didapatkan 0,0833 – 0,1814 mg/L sedangkan konsentrasi Cu $7,568 \times 10^{-4}$ – $4,5406 \times 10^{-3}$ mg/L. Cr telah melewati standar baku yang ditetapkan yaitu kecil 0,01 sedangkan Cu belum yaitu kecil 0,06 (Lampiran 2)
2. Untuk variasi waktu ketika *Sand Filter* dihidupkan untuk Cr F hitung 0,74 dan Cu 2,26 sedangkan F tabel untuk Cr dan Cu 3,49, dapat disimpulkan pada variasi waktu penggunaan *Sand Filter* tidak terjadi perbedaan konsentrasi.
3. Pada pengaruh waktu pengambilan sampel didapatkan F hitung Cr yaitu 3,70 sedangkan F tabel 3,49 dan Cu yaitu F hitung 4,62 sedangkan F tabel 3,49, dapat disimpulkan pengaruh dari waktu pengambilan sampel terjadi perbedaan.
4. Pada pengaruh penggunaan *Sand Filter* logam Cr nilai F hitung 38,48 sedangkan F tabel 9,55 dan Cu 8,26 sedangkan F tabel 19,00, dapat disimpulkan untuk Cr terdapat pengaruh penggunaan *Sand Filter* sedangkan Cu tidak ada pengaruh.

1.2. Saran

Penelitian ini merupakan penelitian pendahuluan dalam melihat pengaruh penggunaan *Sand Filter* dalam mereduksi logam Cu dan Cr, untuk itu disarankan pada penelitian lanjutan untuk lebih memilih kondisi yang lebih baik seperti pengaturan laju alir *Sand Filter* yang optimum, melihat kondisi sampling yang lebih baik yaitu pada kondisi normal, melihat pengaruh waktu *Sand Filter* mulai dihidupkan yang lebih kecil jangkauannya dan meneliti isi material yang lebih cocok untuk menyerap logam khusus untuk logam yang konsentrasinya di atas konsentrasi ambang batas.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

1. Todhum. H. *Ekologi Sistem Suatu Pengantar*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 1992
2. Suzyanna. *Model Pengolahan Kawasan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai Secara Terpadu*. Makalah Falasafah Sains. Program Pasca Sarjana/S3. IPB. Bogor. 2001.
3. Darmono. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam*. UI-Press. Jakarta. 2001.
4. Connel. D.W Dan Miller.G.J. *Kimia dan Ekotoksitologi Pencemaran*. UI-Press. Jakarta. 1995.
5. Darmono. *Logam dalam Sistem Biologi Mahluk Hidup*. UI-Press. Jakarta. 1995.
6. Putra S.E dan Putra J.A. *Bioremoval, Metode Alternatif Untuk Menanggulangi Pencemaran Logam Berat*. www.Chem-is-try.org. 2005.
7. Casarett and Doull's. *Toxitologi basic Science of Poison*. Second Edition. Macmillan Publishing Co, Inc. New York. 1995
8. Soesanti, R. *Analisis Kandungan Logam Pb, Cu, Cd dan Zn Pada Kerang-kerangan yang Hidup di Hutan Mangrove dan Sekiar Labuhan Cina Bungus Teluk Kabung Padang*. Skripsi, Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan ilmu pengetahuan Alam. Universitas Andalas. Padang. 2004.
9. Handayani, A. *Analisa Beberapa Kandungan Logam Berat Cd, Pb dan Cu Dalam Air Laut Disekitar Mangrove Labuhan Cina Bungus Teluk Kabung Padang*. Skripsi, Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan ilmu pengetahuan Alam. Universitas Andalas. Padang. 2004.
10. Sultanda, A.K. *Penentuan Logam Pd dan Cd Pada Jenis Bakau Rhizopora apicula di hutan Disekitar Mangrove Labuhan Cina Bungus Teluk Kabung Padang*. Skripsi, Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan ilmu pengetahuan Alam. Universitas Andalas. Padang. 2004.
11. Willian, N. *Penentuan Logam Cu dan Zn Pada Bakau Jenis Bakau Rhizopora apicula di hutan Disekitar Mangrove Labuhan Cina Bungus Teluk Kabung Padang*. Skripsi, Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan ilmu pengetahuan Alam. Universitas Andalas. Padang. 2004.
12. Yane, R.Y. *Analisis Kandungan Logam Berat Cu, Cd dan Pb Pada Sedimen Hutan Mangrove dan Sekitarnya di Labuhan Cina Bungus Teluk Kabung Kota*

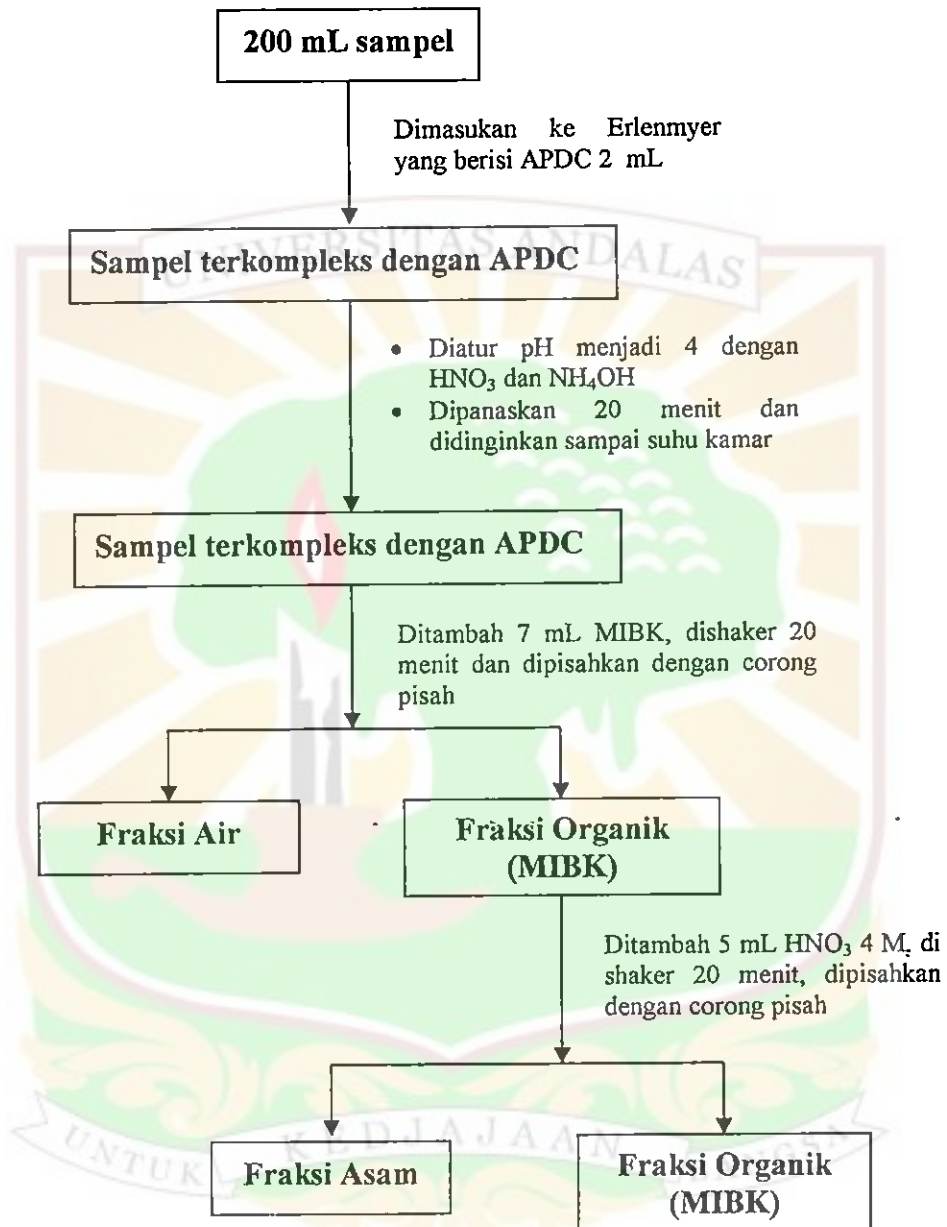
- Padang. Skripsi, Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan ilmu pengetahuan Alam. Universitas Andalas. Padang. 2004.
13. Rama, D.P dan Rama, K.N. *Enrichment of Trace Metals In Water on Activated Carbon*. *Anlyst*. 1990. 115: 1469-1471.
 14. Marganol. *Potensi Limbah Udang Penyerap Logam Berat(Timbal, Kadmium dan Tembaga) di Perairan*. Shatygio. Transdigit.com. 2001.
 15. Munaf, E dan Zein. R. *Pemamfaatan Serabut Kelapa Sawit Untuk Menyerap Ion Logam Cadmium dan Kromium Dalam Limbah*. *Jurnal Kimia Andalas*.5. 1999. 10-14.
 16. Iswaldi, I. *Studi Pemblokiran Gugus Amina dalam Ganggang Spirogyra sp Sebagai Material Penyerap ion Kadmium*. Skripsi, Jurusan Kimia. Fakultas Matematika dan ilmu pengetahuan Alam. Universitas Andalas. Padang. 2005.
 17. Rukaesih, A. *Kimia Lingkungan*. Penerbit ANDI Yogyakarta. Yogyakarta. 2004.
 18. Suratmo.F.G. *Analisis Mengenai Dampak Lingkungan*. Gajah mada University Press.Yogyakarta. 1993.
 19. Cotton, F.A dan Wilkinson, G. *Kimia Anorganik Dasar*. UI-Press. Jakarta. 1989.
 20. Sukarjo. *Kimia Koordinasi*. Edisi ke-3. PT Rineka Citra. Jakarta. 1992.
 21. Gani, A. *Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg), Kadmium (Cd) dan Plumabium (Pb)*. Skripsi, Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 1997.
 22. Barbara, E. *Ulman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Fifth Completely Revised Edition. Vol. A7. VCH. New York. 1991.
 23. Sugiarto, K.H. *Dasar-Dasar Kimia Anorganik Logam*. Univrsitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta. 2003.
 24. Day, R.A dan Underwood, J.A. *Analisa Kimia Kuantitatif* Edisi Ke-IV. Erlangga. Jakarta. 1990.
 25. Basset, J, Denney, R.C, Jeffery, G.H, Mendham, J. *Buku Ajar Vogel Kimia Analis Kuantitatif Anorganik*. EGC. Jakarta. 1994.
 26. Barbara, E. *Ulman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Fifth Completely Revised Edition. Vol. A15. VCH. New York. 1991.

27. Schamitt, Dottie and Cristie.S. *Rapid Sand Filtration Water Treatment Primer*. Enviromental information management. Civil Engineering. Dept. Virginia Tech. Virginia. 1998
28. Gold, A.J. *Wastewater Renovation in Buried and Recirculating Sand Filter*. J Environ. Qual. 21. 720-725(1992).
29. Amini, F. *Effect of Thickness on Efficiency of Sand Filter Water Quality Structure*. Water Quality Research Journal of Canada. 31(4):801-807 (1996)
30. Types of Sand Filter. G\Types of Filters.htm. 19/03/2006
31. Hasan, I. *Analisis Data Penelitian Dengan Statistik*. PT Bumi Aksara. Jakarta. 2004.
32. Anderson, R. L. *Practical Statistics For Analytical Chemists*. Van Nostrand Reinhold Company Inc. New York. 1987.
33. Walpole, R. E. *Pengantar Statistika*. Edisi ke-3. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 1995.
34. Steel, R.G.D dan Torrie, J. H. *Prinsip dan Prosedur Statistika Suatu Pendekatan Biometrik*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 1993.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Cara Kerja Ekstraksi Logam



Fraksi Asam

- Diukur Absorban
- Dicari konsentrasi
- Analisis data dengan statistik

Lampiran 2. Standar baku mutu air laut untuk biota laut (Budidaya Perikanan)

Parameter	Satuan	Baku diperbolehkan	Diharapkan
Fisika			
- Kekeruhan	NTU	< 30	< 5
- Padatan tersuspensi	mg/L	<80	<25
- Benda terapung		Nihil	Nihil
- Lapisan minyak		Nihil	Nihil
- Suhu	°C	Alami	Alami
- Bau		Alami	Nihil
Kimia			
- pH		6-9	6,5-8,5
- Salinitas	%	±10	Alami
- Oksigen terlarut (DO)	mg/L	>4	>6
- BOD	mg/L	<45	<25
- COD	mg/L	<80	<40
- Amonia (NH ₃ -N)	mg/L	<1	<0,3
- Nitrit (N-NO ₂)	mg/L	Nihil	Nihil
- Sianida (CN)	mg/L	0,2	<0,5
- Sulfida (H ₂ S)	mg/L	<0,03	<0,01
- Minyak bumi	mg/L	<5	Nihil
- Senyawa Fenol	mg/L	<0,002	Nihil
- Pestisida Organoklorin	mg/L	<0,02	Nihil
- Poliklorinat bifenil	mg/L	<0,001	Nihil
- Surfaktan	mg/L	<1,0	Nihil
Logam			
- Raksa (Hg)	mg/L	<0,003	0,0001
- Krom (Cr)	mg/L	<0,01	0,00004
- Arsen (As)	mg/L	<0,01	0,0026
- Selenium (Se)	mg/L	<0,005	0,00045
- Kadmium (Cd)	mg/L	<0,01	0,00002
- Tembaga (Cu)	mg/L	<0,06	0,001
- Timbal (Pb)	mg/L	<0,01	0,0002
- Seng (Zn)	mg/L	<0,01	0,002
- Nikel (Ni)	mg/L	<0,002	0,007
- Perak (Ag)	mg/L	<0,05	0,007
Biologi			
- E. Coliform	sel/100 mL	<1000	Nihil
- Patogen	sel/100 mL	Nihil	Nihil
- Plankton	-	Tidak blooming	Tidak blooming

Sumber : SK Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup No. 02/MENKLH/1988

Lampiran 3. Data Absorban Krom (Cr) diukur dengan AAS

Minggu (A)		Perlakuan (B)											
		Tanpa Sand Filter (b ₁)						Pakai Sand Filter (b ₂)					
		Variasi Waktu (C)						Variasi waktu (C)					
	Menit 0 (c ₁)	Menit 30 (c ₂)	Menit 60 (c ₃)	Menit 90 (c ₄)	Menit 0 (c ₁)	Menit 30 (c ₂)	Menit 60 (c ₃)	Menit 90 (c ₄)	Menit 0 (c ₁)	Menit 30 (c ₂)	Menit 60 (c ₃)	Menit 90 (c ₄)	
I (a ₁)	1	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	
	2	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	
II (a ₂)	1	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	
	2	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002	
III (a ₃)	1	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.001	
	2	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	
IV (a ₄)	1	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	
	2	0.002	0.001	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	

Lampiran 4. Data Absorban Tembaga (Cu) diukur dengan AAS

Minggu (A)		Perlakuan (B)							
		Tanpa Sand Filter (b ₁)				Pakai Sand Filter (b ₂)			
		Variasi Waktu (C)				Variasi waktu (C)			
		Menit 0 (c ₁)	Menit 30 (c ₂)	Menit 60 (c ₃)	Menit 90 (c ₄)	Menit 0 (c ₁)	Menit 30 (c ₂)	Menit 60 (c ₃)	Menit 90 (c ₄)
I (a ₁)	1	0.010	0.015	0.015	0.006	0.012	0.012	0.013	0.008
	2	0.003	0.005	0.005	0.008	0.009	0.004	0.003	0.008
II (a ₂)	1	0.004	0.012	0.004	0.009	0.008	0.003	0.003	0.002
	2	0.014	0.013	0.015	0.014	0.012	0.010	0.013	0.013
III (a ₃)	1	0.013	0.009	0.009	0.013	0.012	0.013	0.010	0.009
	2	0.013	0.015	0.012	0.013	0.011	0.011	0.010	0.010
IV (a ₄)	1	0.012	0.014	0.016	0.014	0.008	0.013	0.011	0.005
	2	0.015	0.008	0.012	0.008	0.011	0.014	0.010	0.009

Lampiran 7. Data konsentrasi Krom (Cr) yang diukur dengan AAS (dalam mg/L)

Minggu (A)		Perlakuan (B)							
		Tanpa Sand Filter (b ₁)				Pakai Sand Filter (b ₂)			
		Variasi Waktu (C)				Variasi Waktu (C)			
		Menit 0 (c ₁)	Menit 30 (c ₂)	Menit 60 (c ₃)	menit 90 (c ₄)	Menit 0 (c ₁)	Menit 30 (c ₂)	Menit 60 (c ₃)	menit 90 (c ₄)
I (a ₁)	1	0.1814	0.1324	0.1324	0.1324	0.1324	0.1324	0.1324	0.1324
	2	0.1324	0.1324	0.1324	0.1324	0.1324	0.0833	0.0833	0.1324
	Rata-rata	0.1569	0.1324	0.1324	0.1324	0.1324	0.1079	0.1079	0.1324
II (a ₂)	1	0.1324	0.1324	0.0833	0.1324	0.1324	0.1324	0.0833	0.1324
	2	0.1324	0.0833	0.0833	0.1324	0.0833	0.0833	0.0833	0.1324
	Rata-rata	0.1324	0.1079	0.0833	0.1324	0.1079	0.1079	0.0833	0.1324
III (a ₃)	1	0.0833	0.1324	0.1324	0.1324	0.1324	0.0833	0.1324	0.0833
	2	0.0833	0.1324	0.1324	0.1324	0.1324	0.0833	0.0833	0.0833
	Rata-rata	0.0833	0.1324	0.1324	0.1324	0.1324	0.0833	0.1079	0.0833
IV (a ₄)	1	0.1324	0.1814	0.1814	0.1324	0.1324	0.1324	0.1324	0.1324
	2	0.1324	0.0833	0.1814	0.1324	0.1324	0.1324	0.1324	0.1324
	Rata-rata	0.1324	0.1324	0.1814	0.1324	0.1324	0.1324	0.1324	0.1324

Lampiran 8. Data konsentrasi tembaga (Cu) yang diukur dengan AAS (dalam 10^{-3} mg/L)

Minggu (A)		Perlakuan (B)							
		Tanpa Sand Filter (b ₁)				Pakai Sand Filter (b ₂)			
		Variasi titik (C)				Variasi Waktu (C)			
		Menit 0 (c ₁)	Menit 30 (c ₂)	Menit 60 (c ₃)	Menit 90 (c ₄)	Menit 0 (c ₁)	Menit 30 (c ₂)	Menit 60 (c ₃)	menit 90 (c ₄)
I (a ₁)	1	3.0852	4,5406	4.5406	1.9210	3,6674	3.6674	3.9584	2,5031
	2	1.0478	1.6299	1.6299	2.5031	2.7942	1.3389	1.0478	2,5031
	Rata-rata	2.0665	3,0852	3.0852	2.2120	3.2308	2.5032	2.5031	2,5031
II (a ₂)	1	1.3389	3,6674	1.3389	2,7942	2.5031	1.0478	1.0478	0,7568
	2	4.2495	3,9584	4.5406	2,2495	3.6674	3.0852	3.9584	3.9584
	Rata-rata	2.7942	3,8129	2.9398	2,5218	3.0852	2.0665	2.5031	2,3576
III (a ₃)	1	3.9584	2,7942	2.7942	3.9584	3.6674	3.9584	3.0852	2.7942
	2	3.9584	4.5406	3.6674	3.9584	3.3763	3.3763	3.0852	3.0852
	Rata-rata	3.9584	3,6674	3.2308	3.9584	3.5218	3.6674	3.0852	2,9397
IV (a ₄)	1	3.6674	4,2495	4.8316	2.2495	2,5031	3.9584	3,3763	1,6299
	2	4.5406	2,5031	3,6674	2,5031	3,3763	4.2495	3,0852	2,7942
	Rata-rata	4.1040	3,3763	4,2495	2,3763	2,9397	4.1040	3,2308	2,2120

Lampiran 10. Analisis statistik dengan faktorial $4^2 \times 2$ untuk logam Tembaga (Cu)

Minggu (A)	Perlakuan Sand Filter (B)	Variasi waktu (C)				Total
		c_1	c_2	c_3	c_4	$= c_1 + c_2 + c_3 + c_4$
I = a_1	Tanpa sand Filter = b_1	2.0665 = $a_1b_1c_1$	3,0852 = $a_1b_1c_2$	3.0852 = $a_1b_1c_3$	2.2120 = $a_1b_1c_4$	10,4489 = a_1b_1
	Pakai Sand Filter = b_2	3,2308 = $a_1b_2c_1$	2.5032 = $a_1b_2c_2$	2.5031 = $a_1b_2c_3$	2,5031 = $a_1b_2c_4$	10,7402 = a_1b_2
	Total = $b_1 + b_2$	5,2973 = a_1c_1	5,5884 = a_1c_2	5.5883 = a_1c_3	4,7151 = a_1c_4	21,1891 = a_1
II = a_2	Tanpa sand Filter = b_1	2.7942 = $a_2b_1c_1$	3,8129 = $a_2b_1c_2$	2.9398 = $a_2b_1c_3$	2,5218 = $a_2b_1c_4$	12,0687 = a_2b_1
	Pakai Sand Filter = b_2	3.0852 = $a_2b_2c_1$	2.0665 = $a_2b_2c_2$	2.5031 = $a_2b_2c_3$	2,3576 = $a_2b_2c_4$	10,0124 = a_2b_2
	Total = $b_1 + b_2$	5.8794 = a_2c_1	5,8794 = a_2c_2	5.4429 = a_2c_3	4,8794 = a_2c_4	22,0811 = a_2
III = a_3	Tanpa sand Filter = b_1	3.9584 = $a_3b_1c_1$	3,6674 = $a_3b_1c_2$	3.2308 = $a_3b_1c_3$	3.9584 = $a_3b_1c_4$	14,8150 = a_3b_1
	Pakai Sand Filter = b_2	3.5218 = $a_3b_2c_1$	2.6674 = $a_3b_2c_2$	3.0852 = $a_3b_2c_3$	2.9397 = $a_3b_2c_4$	13.2141 = a_3b_2
	Total = $b_1 + b_2$	7.4802 = a_3c_1	7,3348 = a_3c_2	6.3160 = a_3c_3	6.8981 = a_3c_4	23,0291 = a_3
IV = a_4	Tanpa sand Filter = b_1	4.1040 = $a_4b_1c_1$	3,3763 = $a_4b_1c_2$	4,2495 = $a_4b_1c_3$	2,3763 = $a_4b_1c_4$	14,1061 = a_4b_1
	Pakai Sand Filter = b_2	2,9397 = $a_4b_2c_1$	4.1040 = $a_4b_2c_2$	3,2308 = $a_4b_2c_3$	2,2120 = $a_4b_2c_4$	12,4865 = a_4b_2
	Total = $b_1 + b_2$	7,0437 = a_4c_1	7,4803 = a_4c_2	7,4803 = a_4c_3	4,5883 = a_4c_4	26,5926 = a_4
Total $= a_1 + a_2 + a_3 + a_4$	Tanpa sand Filter = b_1	12,9231 = b_1c_1	13,9418 = b_1c_2	13,5053 = b_1c_3	11,0852 = b_1c_4	51,4387 = b_1
	Pakai Sand Filter = b_2	12,7775 = b_2c_1	12.3411 = b_2c_2	11,3222 = b_2c_3	10,0124 = b_2c_4	46,4532 = b_2
	Total = $b_1 + b_2$	25,7006 = c_1	26,2829 = c_2	24,8275 = c_3	21,0809 = c_4	97,8919 = T

Lampiran 11. Analisis ragam untuk Krom (Cr)

Sumber	DB (n-1)	JK	Kuad. Tengah (KT) JK/ DB	Kuad. Tengah Dugaan
JKA	3	0.0050	0.001667	$4\sigma^2_A + 2\sigma^2_{AC} + \sigma^2$
JKB	1	0.0020	0.002000	$16\sigma^2_B + 4\sigma^2_{AB} + 4\sigma^2_{BC} + \sigma^2_{ABC} + \sigma^2$
JKC	3	0.0010	0.000333	$8\sigma^2_C + 2\sigma^2_C + \sigma^2$
JKAB	9	0.0000	0.000289	$4\sigma^2_{AB} + \sigma^2_{ABC} + \sigma^2$
JKAC	3	0.0026	0.000000	$4\sigma^2_{AC} + \sigma^2$
JKBC	3	0.0002	0.000067	$4\sigma^2_{BC} + \sigma^2_{ABC} + \sigma^2$
JKAB	9	0.0052	0.000578	$\sigma^2_{ABC} + \sigma^2$
JKT	31	0.0160		

Lampiran 12. Analisis ragam untuk Tembaga (Cu)

Sumber	DB (n-1)	JK	Kuad. Tengah (KT) JK/ DB	Kuad. Tengah Dugaan
JKA	3	4,2055	1,4018	$4\sigma^2_A + 2\sigma^2_{AC} + \sigma^2$
JKB	1	0,7768	0,7768	$16\sigma^2_B + 4\sigma^2_{AB} + 4\sigma^2_{BC} + \sigma^2_{ABC} + \sigma^2$
JKC	3	2,0519	0,68397	$8\sigma^2_C + 2\sigma^2_{AC} + \sigma^2$
JKAB	9	0,4106	0,0456	$4\sigma^2_{AB} + \sigma^2_{ABC} + \sigma^2$
JKAC	3	1,8422	0,6141	$4\sigma^2_{AC} + \sigma^2$
JKBC	3	0,2813	0,0938	$4\sigma^2_{BC} + \sigma^2_{ABC} + \sigma^2$
JKAB	9	3,3656	0,37396	$\sigma^2_{ABC} + \sigma^2$
JKT	31	12,9339		

Lampiran 13. Perbandingan F hitung dengan F tabel untuk Krom dan Tembaga dari perhitungan statistik

F hitung dan F tabel untuk Krom

Sumber	F _{hitung}	F _{Tabel}	Kesimpulan
Variasi Kondisi pengambilan sampel	3.70	3.49	H ₀ : Ditolak (F _i diterima)
Peng. Sand Filter	38.48	9.55	H ₀ : Ditolak (F _i diterima)
Variasi waktu	0.74	3.49	H ₀ : Diterima (F _i ditolak)

F hitung dan F tabel untuk Tembaga

Sumber	F _{hitung}	F _{Tabel}	Kesimpulan
Variasi Kondisi pengambilan sampel	4,62	3.49	H ₀ : Ditolak (F _i diterima)
Peng. Sand Filter	8,26	19,00	H ₀ : Ditolak (F _i diterima)
Variasi waktu	2,26	3.49	H ₀ : Diterima (F _i ditolak)

Lampiran 14. Perhitungan analisis Krom (Cr)

1. Persamaan regresi

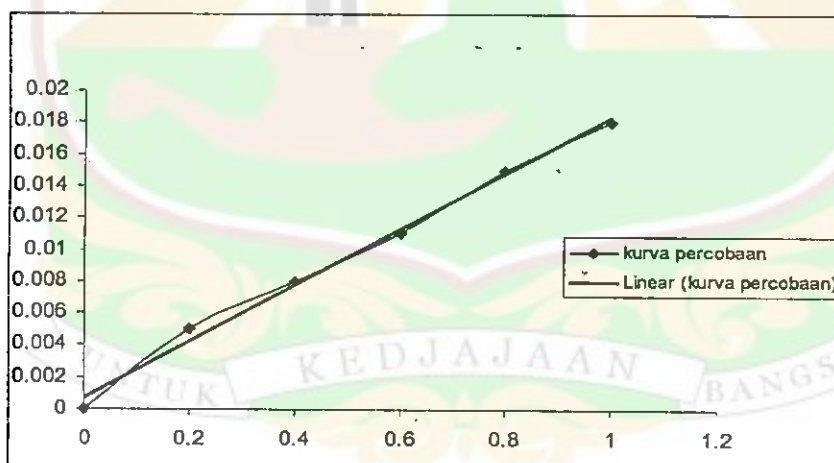
Kosentrasi/ X (mg/L)	Absorban/ Y	XY
0.0	0.000	0.0000
0.2	0.005	0.0030
0.4	0.008	0.0032
0.6	0.011	0.0066
0.8	0.015	0.0120
1.0	0.018	0.0180
ΣX = 3.0	ΣY = 0.057	ΣXY = 0.0428
ΣX^2 = 2.20	$Y_{\text{rata-rata}}$ = 0.0095	
$X_{\text{rata-rata}}$ = 0.5		

$$B = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \qquad A = Y_{\text{rata-rata}} - BX_{\text{rata-rata}}$$

$$= \frac{6(0.0428) - (3.0)(0.057)}{(6)(2.2) - (3.0)^2} \qquad = 0.0095 - (0.0204)(0.5)$$

$$= 0.0204 \qquad = -0.0007$$

Didapatkan persamaan regresi untuk Krom $Y = 0.0204X - 0.0007$



Gambar 8. Kurva kalibrasi untuk Cr

2. Perhitungan Statistik

Dalam uji statistik di rumuskan hipotesis yaitu ;

- H_0 : Tidak ada perbedaan kosentrasi antara data
- H_1 : Ada sekurang-kurangnya satu data berbeda

Menentukan kriteria pengujian ;

- H_0 di terima (H_i ditolak) apabila $F_{hitung} \leq F_{tabel}$
- H_0 di tolak (H_i di terima) apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$

Dari tabel 12, dapat di hitung ;

$$\begin{aligned} \text{➤ Faktor Koreksi (C)} &= \frac{(T)^2}{N} \\ &= \frac{(3.9178)^2}{32} \\ &= 0,4792 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Jumlah Kuadrat Total (JKT)} &= \sum_1^i \sum_1^j \sum_1^k (a_i b_j c_k)^2 - C \\ &= (0,1569^2 + 0,1324^2 + \dots + 0,1324^2) - \\ & \quad 0,4792 \\ &= 0,0160 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Jumlah Kuadrat A (JKA)} &= \frac{\sum_1^i (a_i)^2}{n_B n_C} - C \\ &= \frac{1,0347^2 + 0,8875^2 + \dots}{(2)(4)} - 0,4792 \\ &= 0,0050 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Jumlah Kuadrat B (JKB)} &= \frac{\sum_1^j (b_j)^2}{(n_A)(n_C)} - C \\ &= \frac{2,0692^2 + 1,8486^2}{(4)(4)} - 0,4792 \\ &= 0,0020 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ Jumlah Kuadrat C (JKC)} &= \frac{\sum_1^k (c_k)^2}{(n_A)(n_B)} - C \\ &= \frac{1,0101^2 + 0,9366^2 + \dots}{(2)(4)} - 0,4792 \\ &= 0,0010 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Jumlah Kuadrat AB (JKAB)} &= \frac{\sum (a_i b_j)^2}{n_c} - C - JK(A) - JK(B) \\
 &= \frac{0.5541^2 + 0.4806^2 + \dots}{(4)} - 0.4792 - \\
 &\quad 0.0050 - 0.0020 \\
 &= 0.0000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Jumlah Kuadrat AC (JKAC)} &= \frac{\sum (a_i c_k)^2}{n_b} - C - JK(A) - JK(C) \\
 &= \frac{0.2893^2 + 0.2403^2 + \dots}{(2)} - 0.4792 - \\
 &\quad 0.0050 - 0.0010 \\
 &= 0.0026
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Jumlah Kuadrat BC (JKBC)} &= \frac{\sum (b_j c_k)^2}{n_c} - C - JK(B) - JK(C) \\
 &= \frac{0.5050^2 + 0.5051^2 + \dots}{(4)} - 0.4792 - \\
 &\quad 0.0020 - 0.0010 \\
 &= 0.0002
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Jumlah Kuad. ABC (JKABC)} &= JKT - JKA - JKB - JKC - JKAB - \\
 &\quad JKAC - JKBC \\
 &= 0.0160 - 0.0050 - 0.0020 - 0.0010 - 0.0000 - \\
 &\quad 0.0026 - 0.0002 \\
 &= 0.0052
 \end{aligned}$$

$$\text{➤ Jumlah Kuadrat Sisa (JKS)} = 0.0000$$

Dari tabel 14, di hitung nilai F ;

Di cari pembagi yaitu $= (0.0052 + 0.0002)/12 = 4.5 \times 10^{-4}$

➤ Uji Faktor A (variabel A);

$$F_{Hitung} = \frac{1,667 \times 10^{-3}}{4.5 \times 10^{-4}}$$

$$= 3.70$$

$$F_{0.05,3,12} = 3.49$$

➤ Uji Faktor B (variabel B) ;

$$F_{Hitung} = \frac{KT_B + KT_{ABC}}{KT_{BC} + KT_{AB}}$$

$$F_{0.05,p,q} = \text{tabel}$$

$$= \frac{0.002000 + 0.000578}{0.000067 + 0.000000}$$

$$F_{0.05,2,3} = 9.55$$

$$= 38.48$$

$$p = \frac{(KT_B + KT_{ABC})^2}{KT_B^2 + \frac{KT_{ABC}^2}{DB_{ABC}}}$$

$$= \frac{(0.002000 + 0.000578)^2}{\frac{0.002000^2}{1} + \frac{0.000578^2}{9}}$$

$$= 1.65 \sim 2$$

$$q = \frac{(KT_{AB} + KT_{BC})^2}{KT_{AB}^2 + \frac{KT_{BC}^2}{DB_{BC}}}$$

$$= \frac{(0.000000 + 0.000067)^2}{\frac{0.000000^2}{3} + \frac{0.000067^2}{3}}$$

$$= 3$$

➤ Uji Faktor C (variabel C) ;

$$F_{Hitung} = \frac{3.33 \times 10^{-4}}{4.5 \times 10^{-4}}$$

$$F_{0.05,3,12} = 3.49$$

$$= 0.74$$

Lampiran 15. Perhitungan analisis Tembaga (Cu)

1. Persamaan regresi

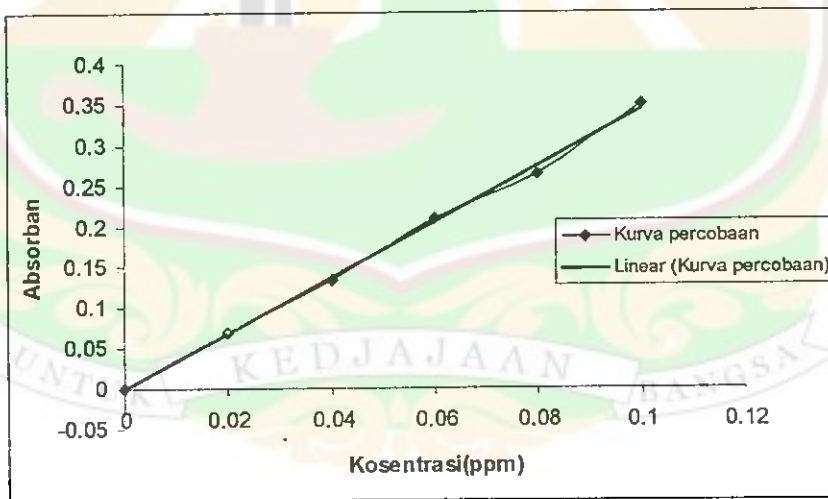
Kosentrasi/ X (mg/L)	Absorban/ Y	XY
0.00	0.000	0.00×10^{-3}
0.02	0.069	1.38×10^{-3}
0.04	0.135	5.40×10^{-3}
0.06	0.210	12.60×10^{-3}
0.08	0.264	21.12×10^{-3}
0.10	0.349	34.90×10^{-3}
$\Sigma X = 0.30$	$\Sigma Y = 1.027$	$\Sigma XY = 7.54 \times 10^{-2}$
$\Sigma X^2 = 0.022$	$Y_{\text{rata-rata}} = 0.1712$	
$X_{\text{rata-rata}} = 0.05$		

$$B = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \qquad A = Y_{\text{rata-rata}} - B X_{\text{rata-rata}}$$

$$= \frac{6(7.54 \times 10^{-2}) - (0.30)(1.027)}{(6)(0.022) - (0.3)^2} \qquad = 0.0095 - (0.0204)(0.5)$$

$$= 3.4357 \qquad = -0.0006$$

Didapatkan persamaan regresi untuk Tembaga $Y = 3.4357X - 0.0006$



Gambar 9. Kurva kalibrasi untuk Cu

2. Perhitungan Statistik

Dalam uji statistik di rumuskan hipotesis yaitu ;

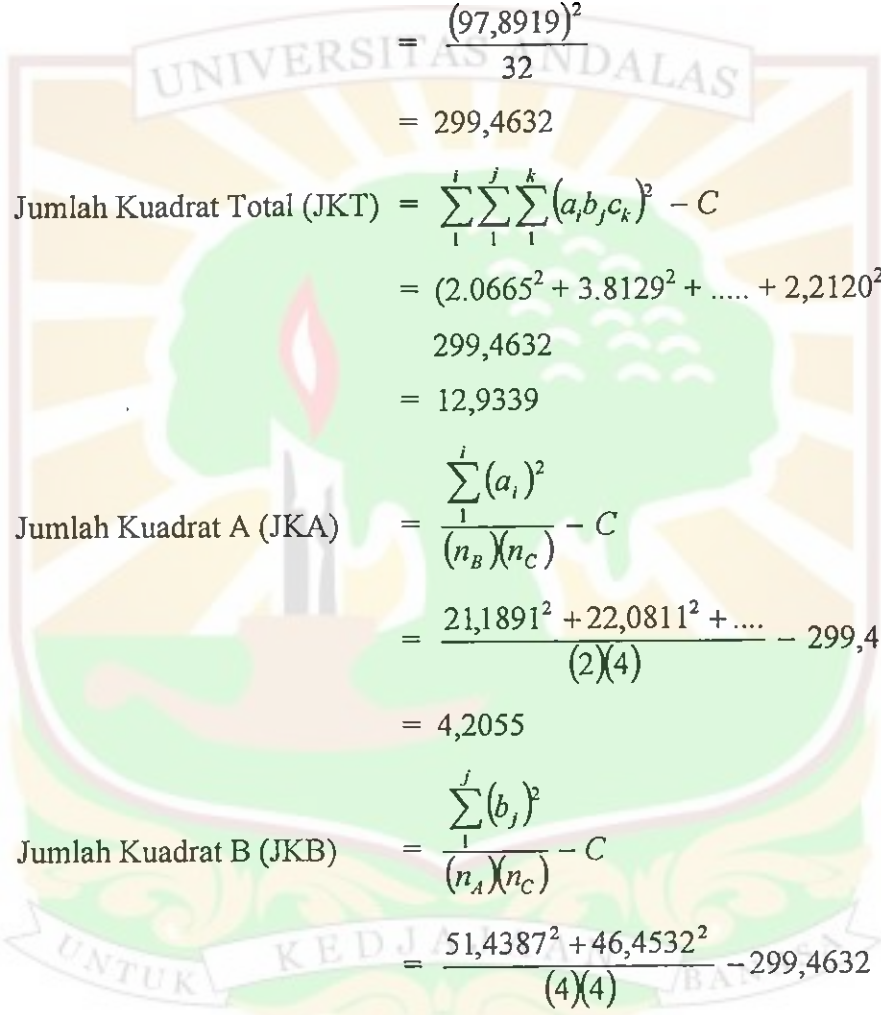
- H_0 : Tidak ada perbedaan konsentrasi antara data
- H_i : Ada sekurang-kurangnya satu data berbeda

Menentukan kriteria pengujian ;

- H_0 di terima (H_i ditolak) apabila $F_{hitung} \leq F_{tabel}$
- H_0 di tolak (H_i di terima) apabila $F_{hitung} > F_{tabel}$

Dalam uji statistik di rumuskan hipotesis yaitu ;

Dari tabel.13, dapat di hitung ;



➤ Faktor Koreksi (C)
$$= \frac{(T)^2}{N}$$
$$= \frac{(97,8919)^2}{32}$$
$$= 299,4632$$

➤ Jumlah Kuadrat Total (JKT)
$$= \sum_1^i \sum_1^j \sum_1^k (a_i b_j c_k)^2 - C$$
$$= (2,0665^2 + 3,8129^2 + \dots + 2,2120^2) - 299,4632$$
$$= 12,9339$$

➤ Jumlah Kuadrat A (JKA)
$$= \frac{\sum_1^i (a_i)^2}{(n_B)(n_C)} - C$$
$$= \frac{21,1891^2 + 22,0811^2 + \dots}{(2)(4)} - 299,4632$$
$$= 4,2055$$

➤ Jumlah Kuadrat B (JKB)
$$= \frac{\sum_1^j (b_j)^2}{(n_A)(n_C)} - C$$
$$= \frac{51,4387^2 + 46,4532^2}{(4)(4)} - 299,4632$$
$$= 0,7768$$

➤ Jumlah Kuadrat C (JKC)
$$= \frac{\sum_1^k (c_k)^2}{(n_A)(n_B)} - C$$
$$= \frac{25,7006^2 + 26,2829^2 + \dots}{(2)(4)} - 299,4632$$
$$= 2,0519$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Kuadrat AB (JKAB)} &= \frac{\sum (a_j b_j)^2}{n_c} - C - JK(A) - JK(B) \\
 &= \frac{10,4489^2 + 10,7402^2 + \dots}{(4)} - 299,4632 - \\
 &\quad 4,2055 - 0,7768 \\
 &= 0,4106
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Kuadrat AC (JKAC)} &= \frac{\sum (a_i c_k)^2}{n_B} - C - JK(A) - JK(C) \\
 &= \frac{5,2973^2 + 5,8794^2 + \dots}{(2)} - 299,4632 - \\
 &\quad 4,2055 - 2,0519 \\
 &= 1,8422
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Kuadrat BC (JKBC)} &= \frac{\sum (b_j c_k)^2}{n_c} - C - JK(B) - JK(C) \\
 &= \frac{12,9231^2 + 12,7775^2 + \dots}{(4)} - 299,4632 - \\
 &\quad 0,7768 - 2,0519 \\
 &= 0,2813
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Kuad. ABC (JKABC)} &= JKT - JKA - JKB - JKC - JKAB - \\
 &\quad JKAC - JKBC \\
 &= 12,9339 - 4,2055 - 0,7768 - 2,0519 - \\
 &\quad 0,4106 - 1,8422 - 0,2813 \\
 &= 3,3656
 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah Kuadrat Sisa (JKS)} = 0,0000$$

Dari tabel 15, di hitung nilai F ;

Di cari pembagi yaitu = $(0,2813 + 3,3656)/12 = 0,3039$

➤ Uji Faktor A (variabel A);

$$F_{Hitung} = \frac{1,4018}{0,3031}$$

$$F_{0,05,3,12} = 3.49$$

$$= 4,62$$

➤ Uji Faktor B (variabel B) ;

$$F_{Hitung} = \frac{KT_B + KT_{ABC}}{KT_{BC} + KT_{AB}}$$

$$F_{0,05,p,q} = \text{tabel}$$

$$= \frac{0,7768 + 0,37396}{0,0938 + 0,0456}$$

$$F_{0,05,2,2} = 19,00$$

$$= 8,26$$

$$p = \frac{(KT_B + KT_{ABC})^2}{\frac{KT^2_B}{DB_B} + \frac{KT^2_{ABC}}{DB_{ABC}}}$$

$$= \frac{(0,7768 + 0,37396)^2}{\frac{0,7768^2}{1} + \frac{0,37396^2}{9}}$$

$$= 1,78 \sim 2$$

$$q = \frac{(KT_{AB} + KT_{BC})^2}{\frac{KT^2_{AB}}{DB_{AB}} + \frac{KT^2_{BC}}{DB_{BC}}}$$

$$= \frac{(0,0456 + 0,0938)^2}{\frac{0,0456^2}{3} + \frac{0,0938^2}{3}}$$

$$= 1,96 \sim 2$$

➤ Uji Faktor C (variabel C) ;

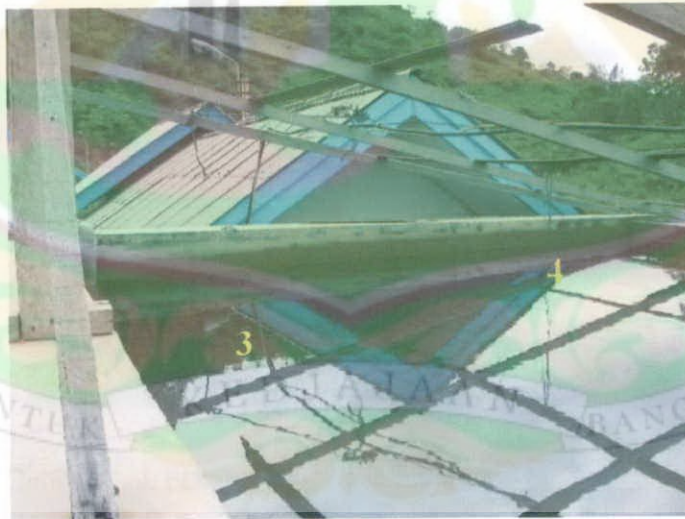
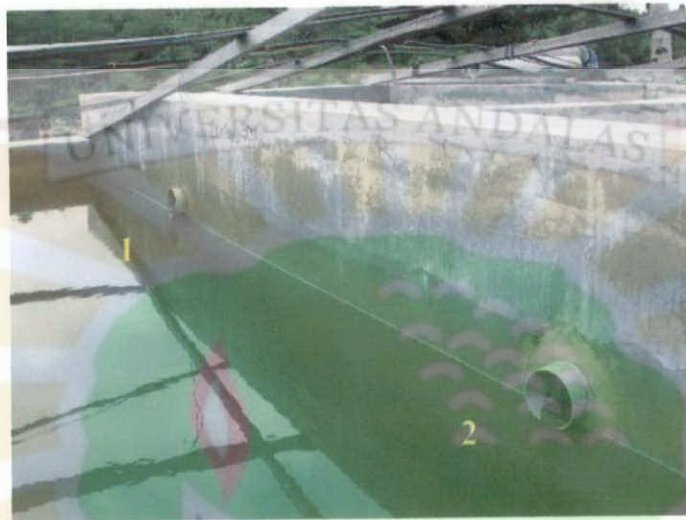
$$F_{hitung} = \frac{0,68397}{0,3031}$$

$$F_{0,05,3,12} = 3.49$$

$$= 2,26$$

Lampiran 16. Gambar Lokasi Pengambilan Sampel

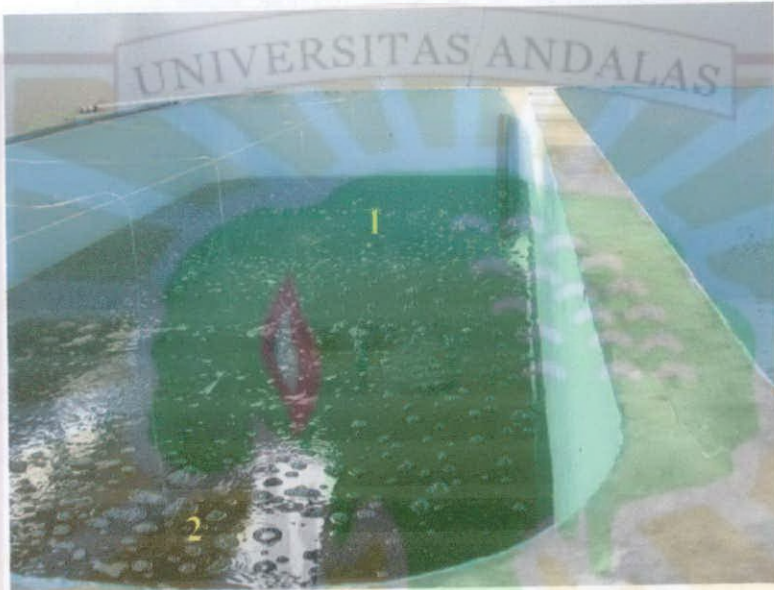
Lokasi 1. Bak Penampungan Air Masuk



Gambar bak air penampungan

Lampiran (lanjutan)

Lokasi 3. Kolam Pembibitan



Gambar kolam pembibitan

1. Titik 1
2. Titik 2



Lampiran 17. Gambar *Sand Filter* di Balai Benih Ikan Pantai (BBIP) Padang



Gambar *Sand Filter* di BBIP

UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

Lampiran 18. Kantor Balai Benih Ikan Pantai (BBIP) Padang



Gambar Kantor Balai Benih Ikan Pantai (BBIP) dilihat dari depan



Gambar Kantor Balai Benih Ikan Pantai (BBIP) dilihat dari dermaga

MILIK
LIPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS ANDALAS