

SKRIPSI

***PENURUNAN KONSENTRASI NITRAT
SECARA DENITRIFIKASI MELALUI FILTER
SULFUR ALIRAN UP FLOW***

Oleh :

DEWI RIMAWATI

00.26.005



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2005**

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

***PENURUNAN KONSENTRASI NITRAT
SECARA DENITRIFIKASI MELALUI FILTER
SULFUR ALIRAN UP FLOW***

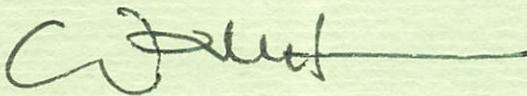


Oleh :

DEWI RIMAWATI
00.26.005

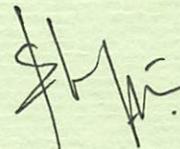
**Menyetujui
Tim Pembimbing**

Dosen Pembimbing I



Prof. Ir. Wahyono Hadi, MSc. PhD
NIP . 130806286

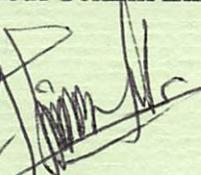
Dosen Pembimbing II



Evy Hendriarianti, ST. MMT
NIP. P. 1030300382

Mengetahui

Ketua Jurusan/Prodi Teknik Lingkungan




Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 1039900327

LEMBAR PENGESAHAN

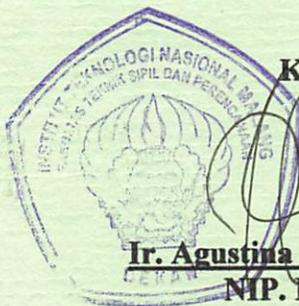
SKRIPSI

***PENURUNAN KONSENTRASI NITRAT
SEGARA DENITRIFIKASI MELALUI FILTER
SULFUR ALIRAN UP FLOW***



TELAH DIPERTAHANKAN DI HADAPAN DEWAN PENGUJI PADA UJIAN KOMPREHENSIP SKRIPSI JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN JENJANG STRATA SATU (S-1), DAN DITERIMA UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT GUNA MEMPEROLEH GELAR SARJANA TEKNIK PADA TANGGAL 19 SEPTEMBER 2005.

MENGETAHUI
PANITIA UJIAN KOMPREHENSIP SKRIPSI



Ketua

Ir. Agustina Nurul Hidayati, MTP.
NIP. P. 103 900 214

Sekretaris

Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 103 990 0327

Penguji I

Sudiro, ST. MT
NIP. Y. 1039900327

Penguji II

Candra Dwiratna, ST. MT
NIP. P. 103 000 0349

LEMBAR PERSEMBAHAN

Terima kasih

Telah mengajarku membedakan yang benar dan yang salah
Mendorongku untuk mempertahankan mimpi-mimpiku
Menunjukkan padaku untuk tidak terpengaruh oleh rintangan
Dan untuk mengubah kebingunganku menjadi senyuman, Menghapuskan air
mataku kala aku sedih, Menenangkanku saat aku ingin marah
Telah membantu sesama dengan perbuatan baik kalian dan Mengajarku bahwa
aku pun mesti menolong sesama
Terima kasih keluargaku atas segala yang kalian lakukan
Entah bagaimana jadinya diriku tanpa kalian

James Malinchak

Kupersembahkan karya kecilku ini untuk:
KELUARGAKU

Bapakku Sugeng Sukanto, Ibuku Indah Mudjiati, Adikku Gravilianda Meiliansari "terima kasih atas doa-doa setiap kali aku seminar, semangat dan dorongan setiap kali aku mengerjakan skripsi ini, serta terima kasih telah memberikan kasih sayang yang begitu besar kepadaku. Nenekku Hj. Sunarsih, Pak de Wahyu Sekeluarga, Bu lek Is Sekeluarga, Lek Yud Sekeluarga (terima kasih atas komputernya), Pak de Wandi sekeluarga (trima kasih printernya), Om Rafiq-Mas Dedik-Dik Nova (trims dah bantu aku cari bakteri, ternyata bakteri itu adanya hanya di luar negri lho) Pak de Jono, Bu de sila (makasih doanya), Mbak Novi (makasih masukkan, bantuan 'n yang selalu ada setiap kali aku penelitian, seminar sampai kompre selesai) Mas Agus (mas, aku dah lulus lho, ayo cepet selesain kui nya biar cepet nyusul lulus jugal), Mbak Tika (test psikolog lagi dong, tapi jangan yang susah ya!), Mas dodik, Mas Rudi, Mbak Nia, Mbak Anda.

Seorang sahabat bisa menyembuhkan luka hati, Menarikmu dari nada-nada sedih yang melingkupi, Menerangi langitmu yang kelabu, Menjernihkan dusta-dusta yang menipu. Seorang sahabat selalu siap dengan tangan terbuka, Untuk menghiburmu dan melindungimu dari marabahaya, Untuk membantu menyimpan segala rahasia, Untuk menemani saat ingin bersenang-senang, Seorang sahabat selalu ada disampingmu dalam suka dan duka, Dalam saat-saat bahagia atau penuh ketakutan, Selalu menyenangkan dan selalu ceria, Dan ikatan di antara sahabat akan senantiasa abadi.

Harmony Davis

TEMAN-TEMAN '00

Sari-Triyas-Erwin (makasih dah menemaniku di saat aku rapuh, putus asa, dan sedih. Nasehat yang kalian berikan mampu memberikan, menyadarkan, dan membangkitkan semangatku tuk menatap jauh lagi ke depan), *Iyan-Azis-Lalu* (akhirnya kita bisa SPSS juga dan bisa lulus bareng), *Sigit-Linda* (leganya bisa mengatasi semua. SELAMAT ya friends), *Agni-Minar (SEMANGATI)*, *Linda-Nila-Eda-Nini'*-*Obaz-Dedik*, *Rebi-Iman-Ali-Robby-Arif-Haris-Johan-Mas Rochim-Awal* (cepat lulus juga ya), *Ketut-Syamsi-Indah-Made* (akhirnya aku bisa nyusul kalian juga), *Ivan* (asik ga jadi PNS?)

TEMAN-TEMAN '01

Taufik (makasih atas semuanya, dari doa, dukungan, sampai bantuan secara langsung maupun ga yang telah kamu berikan. Hanya doa yang dapat kuberikan ke kamu), *Ika* (makasih bukunya ya, adikku yang manis, pinter, baik hati dan tidak sombong), *Wawan* (yang katanya paling cakep, jangan suka iseng 'n usil), *Wildan* (kalo ketemu, ngobrol 'n di goda ma adikku jangan malu dong! kenapa sih kamu mesti malu ma dia?), *Andre* (Hai funky boy, dah ga pemalu lagikan?), *Putu, Manik, Indra, Davi, Wenay, Poppy, Kadek, Widi, Nilu, dll*

TEMAN-TEMAN YANG LAIN

Adyat (makasih dah bantu aku penelitian), *Belly-B'cha* (Senangnya bisa lulus bareng), *Mas Imam-Mas Fajar-Mas Frista-b' Ery-b' Dini-Mas Anton-Pipink-Agung-Yustinus-Koko* (trus berjuang ya), *Mas Ari* (makasih doa yang diberikan serta selalu memberikanku semangat dan nasehat melewati ini semua)

TEMAN-TEMAN STETSIA KHUSUSNYA GASOSTU

Rani, Fitri, Indri, Vita, Ambar, Gany, Diah, Candy "pepeak", Mochid "pak kumis", Dery, Adria, Aldi "jambon", Agung, Ardi "gombira" (aku kangen kalian semua), *Teguh* (maaf klo aku dah bikin kamu kecewa tapi makasih atas supportnya).

TEMAN-TEMAN BATU PERMAI

Mas Ayi', Oky, Rizky, Ivan, Fajar, Linda, Galuh, Mayang, Mas Real, Jodi, Fandi, B'wita, B'yati, Dani, B'dini, B'dika, 'n smua yang pernah tinggal di batu permai; Mas Lubis, Mas Jun, Mas Fick, Erwin, Windu "Mbok'e", Rina, Mas Erin.

Jangan jadi pengecut, penakut dan lemah, Pantang menyerah dan beranilah berbicara, Jangan sembunyi dari terangnya sinar, Beranilah dalam hidup dan tetaplh demikjan, Jangan lari dari cobaan, kesulitan dan masalah, Bangunlah rasa percaya diri sambil mencari jalan keluarnya, Jangan pasrah begitu saja bila terjatuh, Bangkitlah segera dengan kepala tegak, Bersikaplah bijaksana, berani, tak kenal takut, Dan hidupmu akan terasa berarti sejak lahir sampai kau mati

Jeremy Durkin

Rimawati, D., Hadi, Wahyono., Hendriarianti, Evy., 2005., "*Penurunan Konsentrasi Nitrat Secara Denitrifikasi Melalui Filter Sulfur Aliran Up Flow*"., Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional Malang.

Abstraksi

Air merupakan suatu elemen penting yang mendukung adanya suatu kehidupan. Salah satu komponen kimiawi yang dapat menyebabkan air tidak layak (tidak memenuhi persyaratan) adalah nitrat. Selama ini proses pengolahan nitrat dilakukan bersama-sama dengan pengolahan ammonia baik itu secara fisik maupun kimiawi dan diperlukan suatu ketrampilan khusus serta biaya yang relatif besar. Salah satu alternatif pengolahan yang digunakan untuk mengatasi terkontaminasinya air oleh nitrat tanpa harus mengeluarkan biaya yang besar ialah dengan proses denitrifikasi menggunakan filter sulfur.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menurunkan konsentrasi nitrat melalui filter sulfur aliran kontinyu dengan memvariasikan diameter sulfur sebagai media (0,15; 0,25 dan 0,35 mm) dan penambahan konsentrasi fosfat (0, 1, 2 dan 3 mg/L). Untuk melakukan berbagai analisis terhadap data dilakukan analisa statistik dengan ANOVA, uji Duncan, korelasi, dan regresi.

Dari hasil penelitian diperoleh persentase penurunan nitrat dan perubahan nilai pH tertinggi yaitu pada variasi diameter media 0,15 mm dan penambahan konsentrasi fosfat 3 mg/L. Persentase penurunan nitrat tertinggi yaitu sebesar 56,03%, dan perubahan nilai pH tertinggi sebesar 5,89.

Kata Kunci: Air Tanah, Denitrifikasi, Filter Sulfur, Konsentrasi Nitrat,pH.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayahNya sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "*Penurunan Konsentrasi Nitrat Secara Denitrifikasi Melalui Filter Sulfur Aliran Up-Flow*" dengan baik. Skripsi ini untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar sarjana S-1 bagi mahasiswa Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Terselesainya laporan ini tidak lepas atas keikutsertaan pihak-pihak yang dengan ikhlas membantu dalam penyusunan laporan ini. Dalam laporan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang Tua dan saudara-saudaraku yang selalu memberikan dorongan moral dan material dalam memperlancar proses akademik.
2. Bapak DR. Ir. Hery Setyobudiarso, MSi selaku Dosen Wali
3. Ibu Anis Artiyani, ST selaku Kepala Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.
4. Bapak Prof. Ir. Wahyono Hadi, MSc. PhD selaku Dosen Pembimbing I.
5. Ibu Evy Hendriarianti, ST, MMT selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak Sudiro, ST, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
7. Ibu Candra Dwi R, ST, MT; Bapak Hardianto, ST; Bapak Ir. Ibnu Hidayat P.J, MT; Bapak Ir. Raphael Sotang; Bapak I. Bovi Villa S, ST; Ibu Tuani Lidiawati S, ST, MT selaku dosen-dosen Teknik Lingkungan ITN Malang.
8. Teman-teman Teknik Lingkungan dan semua pihak yang telah membantu.

Akhir kata penyusun berharap semoga laporan ini dapat berguna bagi semua pihak khususnya almamater tercinta.

Malang, September 2005

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PERSEMBAHAN	
ABSTRAKSI	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR LAMPIRAN	
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	2
1.5. Ruang Lingkup.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Denitrifikasi.....	4
2.2. Mekanisme Denitrifikasi.....	4
2.3. Nitrat.....	5
2.3.1. Nitrat Dalam Air Tanah.....	5
2.3.2. Dampak Nitrat Terhadap Makhluk Hidup.....	5
2.3.3. Metode Removal Nitrat.....	6
2.4. Filtrasi.....	7
2.4.1. Mekanisme Filtrasi.....	8
2.4.2. Jenis-jenis Filter.....	9
2.4.3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Proses Filtrasi.....	11
2.4.4. Hidrolika Filtrasi.....	12
2.5. Sulfur.....	14
2.6. Mekanisme Pelarutan Sulfur.....	15
2.7. Sulfur Sebagai Media Alternatif Removal Nitrat.....	15

2.8. Pengumpulan Data dan Pengolahan Data.....	16
2.8.1. Metode Statistik.....	16
2.8.2. Pengujian Keseragaman Data.....	17
2.8.3. Pengolahan Data Secara Statistik.....	19
2.8.4. Generalisasi dan Kesimpulan Analisis Data.....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
3.1. Diagram Alir Penelitian.....	24
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	25
3.3. Variabel Penelitian.....	25
3.3.1. Variabel Terikat.....	25
3.5.2. Variabel Bebas.....	25
3.5.3. Variabel Tetap.....	25
3.4. Sampel.....	25
3.5. Rancangan Percobaan.....	26
3.5.1. Gambar Alat.....	26
3.5.2. Reaktor Filter Sulfur.....	27
3.6. Pelaksanaan Percobaan.....	27
3.6.1. Tahapan Persiapan.....	27
3.6.2. Tahap Penelitian.....	27
3.7. Metode Penelitian.....	28
3.7.1. Metode Analisa.....	28
3.7.2. Metode Statistik.....	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1. Hasil Penelitian.....	29
4.2. Analisa Konsentrasi Akhir Nitrat.....	30
4.2.1. Analisa Deskriptif.....	30
4.2.2. Analisa ANOVA.....	33
4.2.3. Analisa Korelasi.....	35
4.2.4. Analisa Regresi.....	37
4.3. Analisa Perubahan Nilai pH (Derajat Keasaman).....	39
4.3.1. Analisa Deskriptif.....	39
4.3.2. Analisa ANOVA.....	40

4.3.3. Analisa Korelasi.....	43
4.3.4. Analisa Regresi.....	44
4.4. Pembahasan.....	47
4.4.1. Penurunan Konsentrasi Nitrat.....	47
4.4.2. Perubahan Nilai pH.....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1. Kesimpulan.....	51
5.2. Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data Konsentrasi Akhir Nitrat.....	29
Tabel 4.2. Data Nilai pH.....	30
Tabel 4.3. Persentase Penyisihan Konsentrasi Nitrat.....	32
Tabel 4.4. Hasil Uji ANOVA Persentase Penyisihan Nitrat.....	33
Tabel 4.5. Hasil Uji Duncan Persentase Penyisihan Nitrat.....	34
Tabel 4.6. Korelasi Antara Persentase Konsentrasi Nitrat, Diameter Media (mm) dan Konsentrasi Fosfat (mg/L).....	36
Tabel 4.7. Hasil Uji Regresi ANOVA Persentase Penyisihan Nitrat.....	37
Tabel 4.8. Tabel Persamaan Regresi Persentase Penyisihan Nitrat.....	37
Tabel 4.9. Tabel Persamaan R Square Persentase Penyisihan Nitrat.....	38
Tabel 4.10. Hasil Uji ANOVA Perubahan Nilai Akhir pH.....	40
Tabel 4.11. Hasil Uji Duncan Nilai Akhir pH.....	41
Tabel 4.12. Korelasi Antara Nilai pH, Diameter Media (mm) dan Konsentrasi Fosfat (mg/L).....	43
Tabel 4.13. Hasil Uji Regresi ANOVA Nilai Akhir pH.....	44
Tabel 4.14. Tabel Persamaan Regresi Nilai Akhir pH.....	45
Tabel 4.15. Tabel Persamaan R Square Nilai Akhir pH.....	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Peta Kontrol.....	17
Gambar 3.1. Reaktor Filter Sulfur.....	26
Gambar 4.1. Grafik Konsentrasi Akhir Nitrat.....	31
Gambar 4.2. Grafik Persentase Penyisihan Konsentrasi Nitrat.....	33
Gambar 4.3. Grafik Perubahan Nilai pH.....	39
Gambar 4.4. Grafik Hubungan Konsentrasi Fosfat dan Diameter Media Terhadap % Penyisihan Nitrat.....	47
Gambar 4.5. Grafik Hubungan Konsentrasi Fosfat Terhadap Nilai Akhir pH....	49

DAFTAR LAMPIRAN

Pembuatan Reaktor Filter.....	i
Larutan Sampel.....	iii
Penentuan Kadar Nitrat.....	iv
Penentuan Nilai pH.....	v
Tabel Hasil Analisa Nitrat.....	vi
Tabel Hasil Analisa pH.....	vii
Foto.....	viii
Laporan Hasil Analisa Laboratorium Kimia Universitas Brawijaya.....	xi
Perhitungan Pengujian Keseragaman Data.....	xiv
Analisa Statistik Nitrat.....	xvii
Analisa Statistik pH.....	xx

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Air merupakan suatu elemen penting yang mendukung adanya suatu kehidupan. Untuk menjadikan agar air dapat memenuhi syarat dan layak untuk dijadikan air minum, maka air tersebut harus bebas dari bahan-bahan yang mengganggu kelayakan air tersebut. Bahan-bahan tersebut bisa saja berupa suatu komponen fisik, kimia atau biologi. Salah satu komponen kimiawi yang dapat menyebabkan air tidak layak (tidak memenuhi persyaratan) untuk diminum tersebut adalah nitrat.

Selama ini proses pengolahan nitrat dilakukan bersama-sama dengan pengolahan ammonia baik itu secara fisik maupun kimiawi. Untuk melakukan pengolahan tersebut diperlukan suatu ketrampilan atau pengetahuan khusus disamping membutuhkan biaya yang relatif besar. Karena itu proses tersebut kurang cocok jika diterapkan di daerah pedesaan, sehingga diperlukan suatu cara yang dapat digunakan untuk mengolah air yang mengandung nitrat dengan biaya yang relatif ringan secara efektif.

Pengolahan senyawa nitrogen khususnya nitrat dengan sistem biologis juga telah dikembangkan dimana kemampuannya dapat diandalkan dan efisien dalam pembiayaan. Sejumlah bahan organik karbon seperti methanol, asam asetat, atau glukosa harus ditambahkan pada tahap proses denitrifikasi jika menginginkan removal nitrogen yang tinggi. Meningkatnya biaya yang disebabkan oleh adanya penambahan bahan kimia tersebut menyebabkan berkurangnya daya tarik dari pengolahan nitrogen secara biologis.

Salah satu alternatif pengolahan nitrat yang dapat dilakukan tanpa harus memperbesar biaya untuk penambahan bahan kimia adalah dengan menggunakan sulfur. Sulfur dapat berfungsi sebagai donor elektron dalam proses sintesa amonium dan nitrat dari bakteri yang akan mengubah nitrat menjadi gas nitrogen.

Proses denitrifikasi dengan menggunakan sulfur, dapat dikembangkan dalam bentuk slow filter aliran up flow. Hal ini disebabkan karena proses yang

terjadi dapat lebih sederhana dengan tanpa adanya pengolahan pendahuluan, sehingga dapat mengurangi biaya pengolahan. Filter sulfur ini dapat diaplikasikan pada instalasi penyediaan air dengan kapasitas kecil serta dapat diterapkan pada negara-negara yang sedang berkembang.

1.2. RUMUSAN MASALAH

1. Apakah batuan sulfur sebagai media filter mampu untuk menurunkan konsentrasi nitrat?
2. Bagaimanakah pengaruh diameter media dan penambahan konsentrasi fosfat dalam menurunkan konsentrasi nitrat?
3. Apakah terjadi perubahan nilai pH setelah melewati filter sulfur?

1.3. TUJUAN PENELITIAN

1. Mengetahui kemampuan filter sulfur dalam menurunkan kandungan nitrat dengan variasi ukuran butiran media.
2. Mengetahui penurunan kadar nitrat dengan variasi ukuran diameter media dan penambahan konsentrasi fosfat.
3. Mengetahui perubahan nilai pH dengan variasi ukuran diameter media dan penambahan konsentrasi fosfat.

1.4. MANFAAT PENELITIAN

1. Dapat memberikan tambahan informasi pendidikan dan pengetahuan baru mengenai proses penurunan nitrat.
2. Memberikan alternatif tambahan mengenai penurunan nitrat dengan proses sederhana.

1.5. RUANG LINGKUP

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Sampel yang digunakan adalah sampel buatan nitrat dengan konsentrasi 100 mg/l.
2. Membuat alat reaktor filter dengan skala laboratorium.

3. Media yang digunakan:
 - Batuan sulfur.
 - Kerikil sebagai media penyangga dengan diameter 4 mm
4. Parameter yang dianalisa adalah nitrat dan pH.
5. Menganalisa sampel dengan variasi:
 - ukuran butiran media sulfur 0,15 mm; 0,25 mm; 0,35 mm
 - penambahan konsentrasi fosfat 0 mg/L, 1 mg/L, 2 mg/L, 3 mg/L.

BAB II

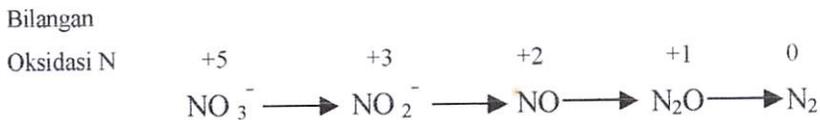
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. DENITRIFIKASI

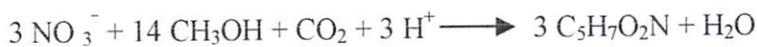
Denitrifikasi merupakan bagian penting dari siklus nitrogen di alam. Definisi denitrifikasi adalah suatu proses dimana nitrat di dalam air digunakan sebagai terminal elektron asseptor oleh bakteri pada kondisi tanpa adanya oksigen terlarut yang kemudian akan dikonversi menjadi gas nitrogen. Nitrat juga dapat direduksi menjadi NH_4^+ akan tetapi memerlukan kondisi reduksi dan organik karbon yang sangat tinggi.

2.2. MEKANISME DENITRIFIKASI

Mekanisme denitrifikasi merupakan suatu reaksi yang bertahap, dimana setiap tahap terjadi reaksi oksidasi-reduksi yaitu pengurangan bilangan oksidasi dari elektron acceptor (nitrogen) dan penambahan bilangan oksidasi pada donor elektron yang dalam hal ini adalah sumber organik karbon. Tahapan dari denitrifikasi biologis tersebut adalah sebagai berikut:



Mekanisme oksidasi-reduksi ini dapat terjadi karena adanya aktivitas bakteri *Chemotrof* yang menggantikan fungsi O_2 dengan NO_3 sebagai terminal elektron acceptor. Secara umum, reaksi sintesa dari nitrat dengan adanya organik karbon sebagai sumber energi adalah sebagai berikut:



reaksi tersebut akan terjadi pada suhu mendekati 0°C , tetapi akan terjadi lebih cepat pada range mesophilic $20 - 35^\circ \text{C}$ (Broadbent and Clark, 1965 dalam W.U. Krisno, 2000). Nilai pH yang optimum adalah netral sampai mendekati alkali, tetapi denitrifikasi akan terjadi sampai nilai pH mendekati 5 atau mendekati 9.

2.3. NITRAT

Nitrat adalah salah satu senyawa derivatif (turunan) dari unsur nitrogen dimana nitrogen ini merupakan bagian dari protein, klorofil dan beberapa senyawa biologis.

Pembentukan nitrat terjadi ketika hewan atau tumbuhan mati, sehingga senyawa organik kompleks akan terurai menjadi bentuk yang lebih sederhana dengan bantuan bakteri pengurai. Protein akan diubah menjadi asam amino dan selanjutnya akan direduksi menjadi amonia. Dengan keberadaan oksigen, amonia akan dioksidasi menjadi nitrit (NO_2^-) dan kemudian menjadi nitrat (NO_3^-).

2.3.1. Nitrat Dalam Air Tanah

Substansi yang terdapat dalam air tanah tergantung pada faktor lapisan bawah tanah selain juga faktor perkolasi. Air tanah dapat mengandung lempung, aluminium, oksida besi, silika, fungi dalam bentuk suspensi maupun dalam bentuk koloid. Substansi terlarut seperti bikarbonat, karbonat, klorida, sulfat dan nitrat (garam dari magnesium, kalsium, sodium dan potasium) dapat juga ditemukan dalam air tanah (Al-Layla, 1978). Konsentrasi substansi tersebut khususnya nitrat didalam air minum biasanya kurang dari 10 mg/L, akan tetapi pada beberapa daerah konsentrasinya pada air permukaan bisa mencapai 100 mg/L bahkan dalam air tanah dapat mencapai 600 mg/L (Schippers, 1991 dalam W.U Krisno, 2000). Keberadaan nitrat dalam sistem perairan dihasilkan dari kotoran hewan, bahan kimia (khususnya dari pupuk kimia), resapan septiktank dan buangan limbah.

2.3.2. Dampak Nitrat Terhadap Makhluk Hidup

Nitrat merupakan racun bagi manusia termasuk pula pada bayi binatang. Nitrat dapat menimbulkan masalah serius bahkan tidak jarang mengakibatkan kematian. Apabila nitrat masuk ke dalam pencernaan yang mempunyai kondisi asiditas rendah, akan dapat memacu pertumbuhan bakteri pereduksi nitrat. Bakteri ini kemudian akan mengubah nitrat menjadi nitrit yang akan diserap ke dalam aliran darah. Nitrit ini mempunyai afinitas (daya ikat) terhadap hemoglobin yang lebih besar dibandingkan dengan oksigen, sehingga nitrit akan menggantikan oksigen dalam darah. Pada akhirnya tubuh akan kekurangan oksigen dan pada

kondisi yang parah manusia dapat meninggal. Peristiwa ini sering disebut *Methemoglobinemia*. Selain itu kandungan nitrat dalam air dapat bereaksi dengan amina yang kemudian membentuk nitrosamin yang dapat menyebabkan kanker lambung.

2.3.3. Metode Removal Nitrat

Metode untuk menurunkan konsentrasi dapat berupa proses pengolahan secara fisika, kimia ataupun secara biologis. Beberapa metode untuk menurunkan konsentrasi nitrat tersebut adalah sebagai berikut:

1. Ion Exchange (proses kimia)

Anion exchange dengan menggunakan resin telah dikembangkan untuk mereduksi nitrat, khususnya untuk pengolahan dari air irigasi. Anion exchanger terdiri atas polimer padat yang tidak terlarut dalam air seperti Styrena, yang mempunyai kecenderungan untuk mengikat anion divalen, seperti ion sulfat dan nitrat dari air. Ketika kapasitas untuk mengikat nitrat berkurang, diperlukan regenerasi dengan larutan NaCl dengan konsentrasi 10% .

2. Nitrifikasi-denitrifikasi (proses Biologis)

Nitrifikasi merupakan proses konversi nitrogen amonia nitrat. Proses konversi nitrogen amonia menjadi nitrat melibatkan bakteri autotrof. Bakteri autotrof adalah bakteri yang menggunakan sumber energi dari cahaya matahari maupun dari hasil oksidasi bahan anorganik. Sumber karbon berasal dari fiksasi karbondioksida. Bakteri autotrof genus *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter* adalah jenis yang paling memegang peranan penting dalam proses nitrifikasi.

Proses nitrifikasi yang dilaksanakan oleh organisme autotrof berlangsung dalam dua tahap, yaitu:

- a) Tahap nitritasi, yaitu tahap oksidasi ion amonia (NH_4^+) menjadi ion nitrit (NO_2^+) dan dilaksanakan oleh bakteri *Nitrosomonas*.
- b) Tahap nitratasi, yaitu tahap oksidasi ion nitrit menjadi nitrat (NO_3^+) dan dilakukan oleh *Nitrobacter*.

Denitrifikasi adalah suatu proses reduksi nitrat menjadi gas nitrogen secara biologis pada kondisi tanpa oksigen. Bakteri yang bertanggung jawab dalam

proses denitrifikasi adalah jenis heterotrof fakultatif. Nitrit dan nitrat sebagai aseptor elektron, sedangkan organik karbon sebagai donor elektron. Ada dua tahap konversi dalam proses denitrifikasi, yaitu tahap nitrat menjadi nitrit dan tahap nitrit menjadi gas nitrogen (Djoko, B.M., 1994).

3. Elektrodialisis dan Reverse Osmosis

Pengolahan nitrat dengan menggunakan elektrodialisis dan reverse osmosis ini merupakan proses tersier karena proses ini sebenarnya digunakan untuk mereduksi total dissolved solid (TDS). Pada reverse osmosis ini air akan dipisahkan dari larutan garam melalui membran semipermeabel dengan menggunakan tekanan antara 14-70 Bar. Pada pengolahan ini senyawa nitrogen dapat berupa ion nitrat ataupun ammonium yang akan direduksi sebesar 40% dengan menggunakan elektrodialisis dan 80% jika menggunakan reverse osmosis (De Renzo, 1978 dalam W. U Krisno, 2000). Walaupun demikian proses ini jarang digunakan untuk mengolah nitrat mengingat biaya yang dibutuhkan lebih besar dibandingkan kemampuannya dalam mereduksi nitrat serta masalah dalam pembuangan garamnya.

2.4. FILTRASI

Proses filtrasi merupakan bagian yang cukup penting untuk proses pengolahan air. Beberapa pengertian filtrasi antara lain:

- Filtrasi adalah suatu pemisahan padatan dan cairan dimana cairan ditempatkan melalui media berpori untuk memisahkan zat padat tersuspensi halus yang mungkin ada (Reynold, 1981).
- Filtrasi adalah suatu proses dimana air diupayakan melewati suatu lapisan berpori atau kombinasi bahan berbutir untuk memisahkan zat-zat tersuspensi dan koloid yang ada dalam air (Al-Layla, 1978).
- Filtrasi adalah proses penjernihan atau penyaringan air baku melalui media berbutir porous. Selama melalui media tersebut terjadi pemisahan atau reduksi kandungan material tersuspensi, koloid, bakteri dan organisme lainnya dan mengubah unsur-unsur kimiawi air baku melalui mekanisme filtrasi yang berlangsung di sepanjang filter bed (L. Huisman, 1980 dalam S. Ni Made, 2005).

Selama proses filtrasi, partikel yang dipisahkan akan terakumulasi pada permukaan butiran media dan pada ruang diantara butiran media. Hal ini menyebabkan ukuran efektif ruang diantara butiran (pori) berkurang, sehingga tahanan (resistance) meningkat dan efisiensi filter menurun.

2.4.1. Mekanisme Filtrasi

Proses filtrasi adalah kombinasi antara beberapa proses yang berbeda. Proses yang paling penting adalah (Reynold, 1981):

1. Mechanical Straining

Yaitu proses penyaringan partikel atau material tersuspensi yang terlalu besar untuk dapat lolos melalui ruang antara butiran media. Proses ini terjadi pada permukaan filterbed dan tidak tergantung pada rate filtrasi. Clogging pada filterbed akan mengurangi ukuran pori sehingga secara teoritis akan meningkatkan efisiensi penyaringan dari media filter dan akan meningkatkan tahanan sehingga perlu dipilih butiran yang lebih kasar.

2. Sedimentasi

Proses ini akan mengendapkan partikel/material tersuspensi yang lebih halus ukurannya dari lubang pori pada permukaan butiran. Semua butiran media dapat menjadi tempat pengendapan ini. Jika filtrasi sudah berjalan cukup lama, maka endapan akan mengurangi ukuran efektif pori dan kecepatan air akan bertambah. Hal ini dapat menyebabkan kualitas effluent menjadi lebih buruk.

3. Adsorpsi

Yaitu proses penghilangan impurities dari air karena adanya gaya tarik menarik antara impurities dengan butiran media. Proses adsorpsi ini memegang peranan penting dalam proses filtrasi, karena akan menghilangkan partikel yang lebih kecil daripada partikel tersuspensi, seperti partikel koloid dan impurities terlarut. Kemampuan adsorpsi hanya terjadi pada jarak antara 0,01 – 1 m di sekitar permukaan butiran. Prinsip proses adsorpsi adalah karena adanya perbedaan muatan antara permukaan butiran dengan impurities tersuspensi/koloid yang ada disekitarnya. Partikel koloid yang berasal dari organik (umumnya bermuatan negatif) tidak akan teradsorpsi pada saat filter

masih bersih dan baru beroperasi. Setelah filtrasi berjalan dan banyak partikel positif yang tertahan pada butiran media filter, maka permukaan butiran filter menjadi lewat jenuh dan bermuatan positif. Kemudian terjadi adsorpsi tingkat kedua yaitu menarik partikel-partikel bermuatan negatif. Jika adsorpsi tingkat kedua ini mencapai kondisi oversaturated, muatan kembali menjadi negatif dan menjadi muatan positif. Semakin lama impurities yang menempel permukaan butiran media akan semakin tebal, sehingga gaya penyebab terjadinya adsorpsi (gaya van der Waals dan gaya Coulomb) menjadi menurun kekuatannya dan efisiensi filterpun menurun.

4. Aktivitas kimia

Yaitu proses dimana impurities yang terlarut diuraikan menjadi substansi yang sederhana/diubah menjadi partikel-partikel tidak terlarut, sehingga dapat dihilangkan dengan proses straining, sedimentasi dan adsorpsi pada media berikutnya.

5. Aktivitas biologi

Aktivitas biologis ini disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup di dalam filter. Secara alami bakteri terdapat di dalam air baku atau dapat juga secara sengaja ditambahkan yang akan teradsorpsi media filter dan berkembang biak dengan menggunakan bahan anorganik yang tersimpan di media sebagai makanannya.

2.4.2. Jenis-jenis Filter

Jenis proses filtrasi atau filter diklasifikasikan berdasarkan pada kecepatan air, arah aliran, tekanan air yang bekerja pada media dan tingkat kekeruhan air baku.

a. Berdasarkan kecepatan aliran dapat dibedakan menjadi:

- *Rapid Filtration*

Adalah proses pengolahan air bersih yang umumnya dilakukan sesudah proses koagulasi, flokulasi dan sedimentasi. Prinsip rapid filter melewati air melalui media berbutir kasar dengan kecepatan tinggi. Pada filter ini ukuran butiran mempunyai variasi antara 0,5 dan 2 mm atau lebih besar dengan rate filtrasi sebesar $(1,5) \cdot 10^{-3}$ m/dtk.

- *Slow Filtration*

Adalah proses pengolahan air bersih yang umumnya dilakukan untuk air permukaan tanpa unit koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi. Jadi air baku sesudah melalui prasedimentasi langsung dialirkan ke filter. Proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi dan filtrasi terjadi di filter ini dengan bantuan mikroorganisme yang terbentuk di lapisan permukaan media. Rate filtrasi untuk jenis ini mempunyai variasi kurang dari $(0,03) \cdot 10^{-3}$ sampai dengan $(0,15) \cdot 10^{-3}$ m/dtk. Komposisi filter terdiri dari butiran halus dengan diameter efektif antara 0,15 – 0,35 mm.

Beberapa keuntungan dari *slow sand filter* adalah:

- Efektif dalam menurunkan kekeruhan.
- Tidak perlu pengolahan pendahuluan dengan bahan kimia.
- Tidak perlu backwashing.
- Tidak menggunakan alat dari mesin.

Sedangkan kelemahan dari *slow sand filter* adalah:

- Kekeruhan air baku harus rendah yaitu kurang dari 50 NTU.
- Membutuhkan lahan yang luas jika air baku mengandung alga dan kekeruhan yang tinggi.

b. Berdasarkan arah alirannya

- *Downflow filter* adalah proses filtrasi dimana air mengalir secara vertikal/gravitasi dari atas ke bawah.
- *Upflow filter* adalah proses filtrasi dimana air mengalir secara vertikal dari bawah ke atas.
- *Horizontal filter* adalah proses filtrasi dimana air mengalir secara horisontal.

c. Berdasarkan tekanan yang bekerja pada media dapat dibedakan menjadi:

- *Gravity filter* adalah proses filtrasi dimana air mengalir melalui filter bed secara gravitasi.
- *Pressure filter* adalah proses filtrasi dimana air mengalir melalui filter bed dengan tekanan.

d. **Penyaringan langsung (direct filtration)**

Adalah proses filtrasi yang dilakukan pada air baku dengan kekeruhan rendah, tetapi yang masih belum memenuhi persyaratan kualitas air, misalnya air sumur dangkal. Jika diperlukan koagulan dapat diinjeksikan pada saluran yang menuju filter dan flok-flok yang terjadi langsung disaring tanpa melalui sedimentasi sehingga dapat menghemat bangunan unit pengolahan.

2.4.3. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Proses Filtrasi

Di dalam proses filtrasi terjadi reaksi kimia dan fisika sehingga banyak faktor yang saling berkaitan yang akan mempengaruhi kualitas air hasil filtrasi, efisiensi dan sebagainya.

Efisiensi dari proses filtrasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah:

1. **Debit filtrasi.**

Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan diperlukan keseimbangan antara debit filtrasi dengan kondisi media yang ada. Seringkali dengan debit yang terlalu besar akan menyebabkan tidak berfungsinya filter secara efisien. Dengan adanya aliran air yang terlalu cepat dalam melewati ruang pori diantara butiran media akan menyebabkan berkurangnya waktu kontak antara permukaan butir media penyaring dengan air yang akan disaring, sehingga proses filtrasi tidak dapat terjadi secara sempurna.

Kecepatan aliran yang terlalu tinggi melewati ruang pori antara butiran media menyebabkan partikel-partikel halus yang akan disaring lolos. Selain itu, dengan kecepatan aliran yang terlalu tinggi terjadi gesekan-gesekan butiran media yang dapat menyebabkan mengecilnya lubang pori sehingga akan cepat terjadi clogging.

2. **Kedalaman, ukuran, dan material media.**

Partikel tersuspensi yang terjadi melalui influen akan tertahan pada permukaan media filter karena adanya mekanisme filtrasi (straining). Oleh karena itu efisiensi filter merupakan fungsi karakteristik fisik dari filterbed, yang meliputi porositas dan ratio dari kedalaman media terhadap ukuran media.

Kedalaman dan ukuran media merupakan hal penting dalam perencanaan filter. Tebal tidaknya media akan menyebabkan lamanya pengaliran dan besarnya daya saring. Media yang terlalu besar biasanya mempunyai daya saring yang tinggi tetapi akan membutuhkan waktu pengaliran yang lama. Ditinjau dari segi biaya, media yang terlalu tebal tidak menguntungkan. Sebaliknya media yang tipis mempunyai waktu pengaliran yang pendek dan kemungkinan juga mempunyai daya saring yang rendah. Demikian pula dengan diameter butiran media berpengaruh pada porositas, rate filtrasi dan juga kemampuan daya saring, baik itu komposisinya, proporsinya maupun bentuk susunan dari diameter butiran.

3. Kualitas (kekeruhan) air baku.

Kualitas (kekeruhan) air baku sangat mempengaruhi efisiensi filtrasi. Kekeuhan air baku yang terlalu tinggi menyebabkan ruang pori antara butiran media akan tersumbat. Oleh karena itu, dalam melakukan filtrasi harus dibatasi kadar kekeruhan air baku yang akan diolah. Jika kekeruhan air baku terlalu tinggi maka diperlukan pengolahan awal terlebih dahulu.

4. Tinggi muka air diatas dan kehilangan tekanan.

Tinggi muka air berpengaruh terhadap besarnya debit atau rate filtrasi. Apabila tinggi muka air relatif besar maka rate filtrasi yang dibutuhkan juga semakin besar. Tinggi muka air akan menjadi naik apabila terjadi clogging pada media pada saat kotor.

5. Temperatur.

Perubahan temperatur air yang akan difiltrasi menyebabkan terjadinya perubahan secara tidak langsung pada kehilangan tekanan selama melewati media juga pada efisiensi filtrasi. Walaupun perubahan temperatur mempunyai pengaruh pada kehilangan tekanan air yang ditimbulkan dan efisiensi dari filter, tetapi hal ini tidak terlalu besar/menyolok.

2.4.4. Hidrolika Filtrasi

Pada prinsipnya aliran pada media filter dianggap sebagai aliran dalam pipa yang berjumlah banyak dan mengikuti persamaan Darcy-Weisbach sebagai berikut:

$$h_L = f \frac{L.v^2}{D_c.2g}$$

dimana:

h_L : kehilangan tekanan

f : faktor gesekan

L : panjang atau kedalaman media

v : kecepatan

D_c : diameter saluran

Pendekatan terhadap laju aliran (flow rate) $q = (\text{debit/luas area bak})$, maka kecepatan air dalam pipa v dapat dihitung sebagai berikut:

$$v = \frac{q}{\varepsilon}$$

Porositas media ε dapat dinyatakan sebagai perbandingan:

$$\varepsilon = \frac{\text{volume.rongga.media}}{\text{volume.rongga} + \text{volume.butiran.media}}$$

Persamaan Cozeny-Carmen merupakan modifikasi dari persamaan Darcy-Weisbach untuk menghitung head loss pada pipa yang menggunakan suatu kondisi pada lapisan media berpori dengan ukuran butiran yang relatif seragam.

Persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$H_L = f' \frac{D}{\psi.d} \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^2} \right) \frac{V_a}{g}$$

dimana:

f' = faktor gesekan (tanpa dimensi)

D = tebal media filter

d = diameter butiran

Ψ = shape faktor

ε = porositas media

V_a = velocity approach yang nilainya sama dengan besarnya debit dibagi luas area

g = percepatan gravitasi

Nilai dari faktor gesekan dapat diberikan dengan persamaan:

$$f' = 150 \frac{1 - \varepsilon}{N_{Re}} + 1,75$$

Bilangan Reynold N_{re} merupakan fungsi diameter dan kecepatan aliran yang diturunkan dengan rumus:

$$N_{re} = \frac{\phi \cdot d \cdot V_a}{\nu} = \frac{\phi \cdot \rho \cdot d \cdot V_a}{\mu}$$

dimana:

ρ = berat jenis

ν = viskositas dinamis

μ = viskositas kinematis

Headloss melalui media berpori dengan diameter yang relatif seragam juga diungkapkan dalam persamaan Rose, yaitu:

$$H_L = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot V_a^2}{\psi \cdot d \cdot \varepsilon^4 \cdot g}$$

C_D adalah koefisien drag yang besarnya tergantung bilangan Reynolds

$$N_{re} = \frac{\psi \cdot d \cdot q}{V \cdot \varepsilon}$$

Nilai koefisien drag untuk $N_{re} < 1$

$$C_D = \frac{24}{N_{re}}$$

Untuk $1 < N_{re} < 10 - 4$, nilai koefisien drag:

$$C_D = \frac{24}{N_{re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{re}}} + 0,34$$

2.5. SULFUR

Sulfur adalah batuan kuning yang terdiri dari beberapa macam modifikasi alotropik. Sulfur terbentuk secara luas di alam sebagai unsur atau senyawa seperti H_2S dan SO_2 yang banyak terdapat pada batuan dan berbentuk Metal Sulfida serta dalam bermacam-macam bentuk sulfat seperti Gypsum dan $CaSO_4$, Magnesium

Sulfat dan lain-lain. Sejumlah besar sulfur dibakar untuk membentuk Sulfur Dioksida yang akan dikonversikan menjadi Asam Sulfat atau Kalsium Bisulfit.

Sulfur merupakan substansi reaktif yang moderat. Sulfur akan bereaksi dengan oksigen untuk membentuk SO_2 . Sulfur juga akan bersenyawa secara langsung dengan halogen (kecuali Rodin), sebagian logam (kecuali Emas, Platina, dan Iridium) serta non logam seperti Karbon dan Fosfor.

Sulfur memiliki enam elektron pada valensi atomnya. Dengan bergabung bersama dua valensi ionik, angka tersebut akan stabil dari atom Argon yaitu 2, 8, 8. Atom sulfur akan memiliki susunan seperti demikian pada beberapa tipe senyawa sebagai berikut:

1. Senyawa kovalen sederhana seperti Hidrogen Sulfida, H_2S .
2. Senyawa ion sederhana seperti Sodium Sulfida, Na_2S .
3. Senyawa dimana atom sulfur mengalami dua ikatan diatas secara religius, contohnya dari senyawa tersebut adalah Sulfur Dioksida, SO_2 .
4. Senyawa ion atom sulfur berfungsi sebagai anion. Atom sulfur biasanya sebagai atom pusat pada kompleks anion seperti ion sulfit (SO_3^{2-}) atau pada ion sulfat dan ion trisulfat.

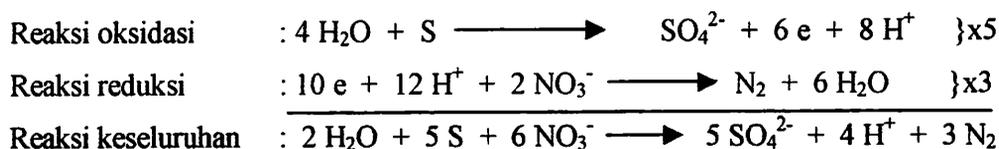
2.6. MEKANISME PELARUTAN SULFUR

Pada proses denitrifikasi, media sulfur yang ada tidak dapat langsung dimanfaatkan oleh bakteri untuk mereduksi nitrat. Bakteri dapat mempergunakan sulfur apabila sulfur tersebut telah berada dalam bentuk partikel yang dapat difusikan ke dalam bio film.

2.7. SULFUR SEBAGAI MEDIA ALTERNATIF REMOVAL NITRAT

Dari uraian sebelumnya, denitrifikasi dapat terjadi pada media yang telah diberi penambahan bahan kimia anorganik yaitu sulfur. Disini sulfur bertindak sebagai donor elektron yang akan mempercepat laju pertumbuhan dari mikroorganisme. Sulfur dimungkinkan dapat pula digunakan sebagai pereduksi nitrat dengan menggunakannya sebagai media filter. Dengan menggunakan mekanisme biologis dan kimiawi dari filtrasi, maka nitrat yang berada dalam air baku akan mengalami proses oksidasi-reduksi untuk kemudian berubah menjadi

gas nitrogen. Reaksi yang terjadi pada proses tersebut dapat dijelaskan melalui persamaan berikut:



Filter ini menggunakan prinsip dari filter lambat. Berdasarkan stokiometri pada proses ini akan dihasilkan H^+ yang akan mengakibatkan turunnya nilai pH dan berkurangnya alkalinitas. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan penambahan alkalinitas dengan menggunakan CaCO_3 yang dapat ditambahkan pada influen dari filter atau dengan menggunakan batu marmer sebagai media penyangga untuk menyuplai alkalinitas. Di dalam media filter ini bakteri yang berada di alam akan dapat tumbuh dengan adanya fosfat serta nitrat yang berfungsi sebagai sumber nutrisi dalam waktu sekitar 5 hari.

2.8. PENGUMPULAN DATA DAN PENGOLAHAN DATA

Populasi adalah totalitas semua nilai, baik itu menghitung maupun mengukur, kuantitatif maupun kualitatif dari karakteristik tertentu mengenai sekumpulan obyek yang lengkap dan jelas. Sedangkan Sampel adalah sebagian data yang diambil dari populasi dengan menggunakan cara-cara tertentu (*sumber : Sudjana, Metode Statistika, 1996 dalam P. Juli Ni Ketut, 2005*).

2.8.1. Metode Statistik

Untuk keperluan perhitungan hasil penelitian berupa data kuantitatif ini digunakan beberapa rumus statistik :

a. Rata-rata hitung

Rumus yang digunakan adalah :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

Dimana :

\bar{X} = Rata – rata hitung dari sampel

ΣX = Total jumlah sampel

n = Banyaknya sampel

b. Standart Deviasi

Rumus yang digunakan adalah :

$$S = \sqrt{\frac{n(\sum X^2) - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

Dimana :

S = Standart deviasi yang dicari

ΣX = Jumlah semua harga X yang ada

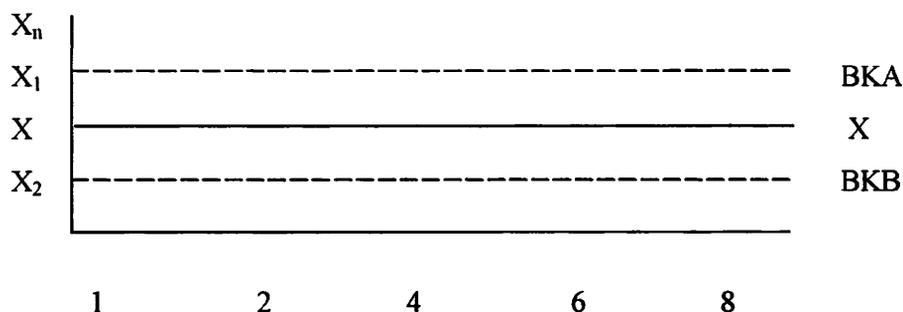
n = Jumlah pengukuran yang telah dilakukan

(Sumber: Sujana, 1996 dalam P. Juli Ni Ketut, 2005)

2.8.2 Pengujian Keseragaman Data

Pengujian keseragaman data perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum dilanjutkan pengolahan data, data disini akan diuji apakah data yang terkumpul seragam dan selanjutnya mengidentifikasi data yang ekstrim. Data ekstrim yang dimaksud adalah data yang terlalu besar atau data yang terlalu kecil dan jauh menyimpang dari trend rata-ratanya. Data yang ekstrim tidak digunakan perhitungan selanjutnya.

Untuk memudahkan pengujian maka digunakan peta kontrol dengan contoh sebagai berikut:



Gambar 2.1. Peta kontrol

Menurut *Sritomo Wignsoebroto, 1995 hal.195 dalam P. Juli Ni Ketut, 2005*, rumus yang digunakan untuk menentukan batas kontrol atas (BKA) dan batas kontrol bawah (BKB) adalah sebagai berikut :

$$BKA = \bar{X} + K.S$$

$$BKB = \bar{X} - K.S$$

Dimana :

\bar{X} = Hasil rata-rata Pengukuran

S = Standart Deviasi dari hasil pengukuran

K = Index (tergantung dari tingkat kepercayaan yang diambil) untuk kepercayaan 95%, nilai K = 2

a. Rata-rata hitung

Rumus yang digunakan adalah :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

Dimana :

\bar{X} = Rata – rata hitung dari sampel

$\sum X$ = Total jumlah sampel

n = Banyaknya sampel

b. Standart Deviasi

Rumus yang digunakan adalah :

$$S = \sqrt{\frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Dimana :

S = Standart deviasi yang dicari

X_i = Sampel hasil pengukuran ke-i

\bar{X} = Rata-rata hitung dari sampel

n = Jumlah pengukuran yang telah dilakukan

2.8.3. Pengolahan Data Secara Statistik

Untuk mengolah data kuantitatif dalam penelitian ini dibutuhkan beberapa tahapan yaitu analisis derajat hubungan diantara variabel-variabel, uji statistik dan uji beda dengan penggunaan analisa varians.

Teknik statistik yang digunakan adalah sebagai berikut :

- **Koefisien korelasi**

Koefisien Korelasi adalah indeks atau bilangan yang digunakan untuk mengukur derajat hubungan, meliputi kekuatan hubungan dan bentuk/arah hubungan.

Untuk kekuatan hubungan, nilai koefisien korelasi berada -1 dan +1. Untuk bentuk/arah hubungan, nilai koefisien korelasi dinyatakan dalam positif(+) dan negatif (-), atau $(-1 \leq KK \leq +1)$.

- Jika koefisien korelasi bernilai positif, maka variabel-variabel berkorelasi positif, artinya jika variabel yang satu naik/turun, maka variabel yang lainnya juga naik/turun. Semakin dekat nilai koefisien korelasi ke +1, semakin kuat korelasi positifnya.
- Jika koefisien korelasi bernilai negatif, maka variabel-variabel berkorelasi negatif, artinya jika variabel yang satu naik/turun, maka variabel yang lainnya akan turun/naik. Semakin dekat nilai koefisien korelasi -1, semakin kuat korelasi negatifnya.
- Jika koefisien korelasi bernilai 0 (nol), maka variabel tidak menunjukkan korelasi.
- Jika koefisien korelasi bernilai +1 atau -1, maka variabel-variabel menunjukkan korelasi positif atau negatif sempurna.

Proses untuk memperoleh koefisien korelasi ini disebut sebagai ukuran asosiasi. Oleh karena jenis data adalah kuantitatif dan bersifat interval maka dipilih rumus koefisien korelasinya adalah Koefisien Korelasi Pearson.

$$r = \frac{n \sum XY - \sum X - \sum Y}{\sqrt{(n \sum X - (\sum X)^2)(n \sum Y - (\sum Y)^2)}}$$

Dimana :

r = koefisien korelasi Pearson,

X = variabel bebas

Y = variabel terikat

Uji Statistik Koefisien Korelasi untuk mengetahui signifikan atau tidaknya hubungan antar variabel tersebut adalah :

- Untuk sampel kecil ($n \leq 30$), menggunakan uji t.

$$t = t \sqrt{\frac{n-2}{1-r}} \quad \text{dengan db} = n-2$$

- Untuk sampel kecil ($n \leq 30$), menggunakan uji z

$$z = \frac{r}{1/\sqrt{n-1}}$$

- **Regresi**

Regresi merupakan suatu alat ukur yang juga digunakan untuk mengukur ada atau tidaknya korelasi antar variabel. Analisis regresi ini lebih akurat dibanding dengan analisis lainnya karena pada analisis ini kesulitan dalam menunjukkan slope (tingkat perubahan suatu variabel terhadap variabel lainnya) dapat teratasi.

Digunakan rumus sebagai berikut :

- a. Regresi Linier Sederhana

$$Y = a + bX$$

Keterangan :

Y = variabel terikat (variabel yang diduga),

X = variabel bebas,

a = intersep

b = koefisien regresi (slop)

Untuk melihat bentuk korelasi antar variabel dengan persamaan regresi tersebut, maka nilai a dan b harus ditentukan terlebih dahulu.

$$b = \frac{n \sum XY - (\sum X) - (\sum Y)}{\sum X - (\sum X)}$$

$$a = \frac{\sum Y - b \cdot \sum X}{n}$$

Uji Statistik regresi linier sederhana bagi koefisien korelasi b menggunakan uji statistik F dengan rumus :

$$F = \frac{b \cdot \sum(X - \bar{X})}{Se}$$

Keterangan :

Y = variabel terikat (variabel yang diduga),

X = variabel bebas,

Se = kesalahan baku regresi

b. Regresi Linier Berganda

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

Keterangan :

Y = variabel terikat (variabel yang diduga),

X_1 dan X_2 = variabel bebas I dan II,

a = intersep

b_1 dan b_2 = koefisien regresi (slop)

nilai a dan b harus ditentukan terlebih dahulu dengan rumus :

$$b = \frac{n \sum XY - (\sum X) - (\sum Y)}{\sum X - (\sum X)}$$

$$a = \frac{\sum Y - b \cdot \sum X - b \cdot \sum X}{n}$$

Uji Statistik regresi linier sederhana :

- Untuk uji hipotesis serentak menggunakan uji F yaitu :

$$F = \frac{RKreg(RKR)}{RKres(RKE)}$$

Keterangan :

$Rkreg$ = rata-rata kuadrat regresi

$Rkres$ = rata-rata kuadrat residu (error)

- Untuk uji hipotesis individual menggunakan uji t, yaitu sebagai berikut

$$t = \frac{b_i - B_i}{S_{b_i}}, i = 1, 2, 3, \dots$$

Keterangan :

b_i = nilai koefisien regresi

B_i = nilai koefisien regresi untuk populasi

S_{b_i} = kesalahan baku koefisien regresi

- **Analisis Komparasi**

Analisis Komparasi atau perbedaan merupakan prosedur statistik untuk menguji perbedaan di antara dua kelompok data (variabel) atau lebih. Dikarenakan penggunaan data adalah interval maka digunakan One way Analisis Varians (ANOVA) untuk k sampel berkorelasi dan independen digunakan rumus sebagai berikut :

Sumber Varians	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Rata-rata Kuadrat	F0
Rata-rata Kolom	JKK	k-1	$S_1^2 = JKK/k-1$	$\frac{S_1^2}{S_2^2}$
Error	JKR	k (n-1)	$S_2^2 = JKE/k(n-1)$	
Total	JKT	nk - 1		

- **Analisis Deskriptif**

Analisis deskriptif merupakan prosedur statistik untuk menguji generalisasi hasil penelitian yang didasarkan atas satu variabel. Jenis data yang digunakan interval sehingga digunakan rumus *t-tes*.

$$t = \frac{X - \mu_0}{s / \sqrt{n}}$$

Keterangan :

t = nilai t hitung,

X = rata-rata X ,

μ_0 = nilai yang dihipotesiskan,

s = simpangan baku

n = jumlah anggota sampel

2.8.4. Generalisasi Dan Kesimpulan Analisis Data

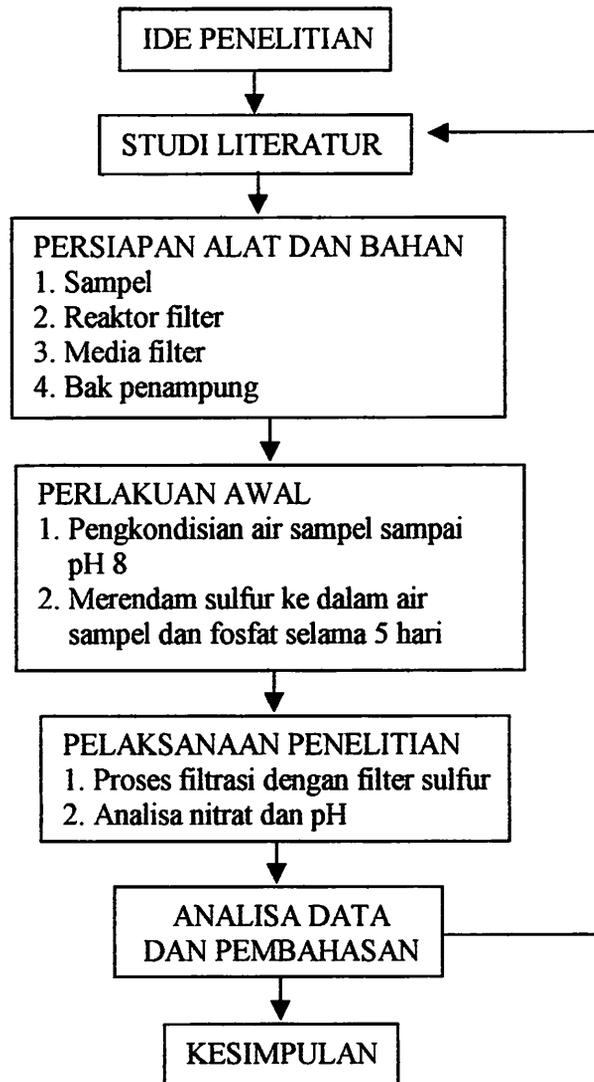
Generalisasi adalah penarikan suatu kesimpulan umum dari suatu analisis penelitian. Generalisasi yang dibuat harus berkaitan dengan teori yang mendasari penelitian yang dilakukan.

Generalisasi ini, dibuat setelah interpretasi data/penemuan yang telah dilakukan. Setelah generalisasi dibuat, selanjutnya dibuatkan kesimpulan-kesimpulan yang lebih khusus (terinci) dari penelitian berdasarkan generalisasi yang telah dibuat.

(Hasan, M. Iqbal, 2002 hal 100-138 dalam P. Juli Ni Ketut, 2005)

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1. DIAGRAM ALIR PENELITIAN



3.2. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang yang dilaksanakan pada bulan April – Mei 2005.

3.3. VARIABEL PENELITIAN

3.3.1. Variabel Terikat

- Konsentrasi nitrat
- pH

3.3.2. Variabel Bebas

- Diameter media sulfur 0,15 mm; 0,25 mm; 0,35 mm
- Penambahan konsentrasi fosfat 0 mg/l, 1 mg/l, 2 mg/l, 3 mg/l

3.3.3. Variabel Tetap

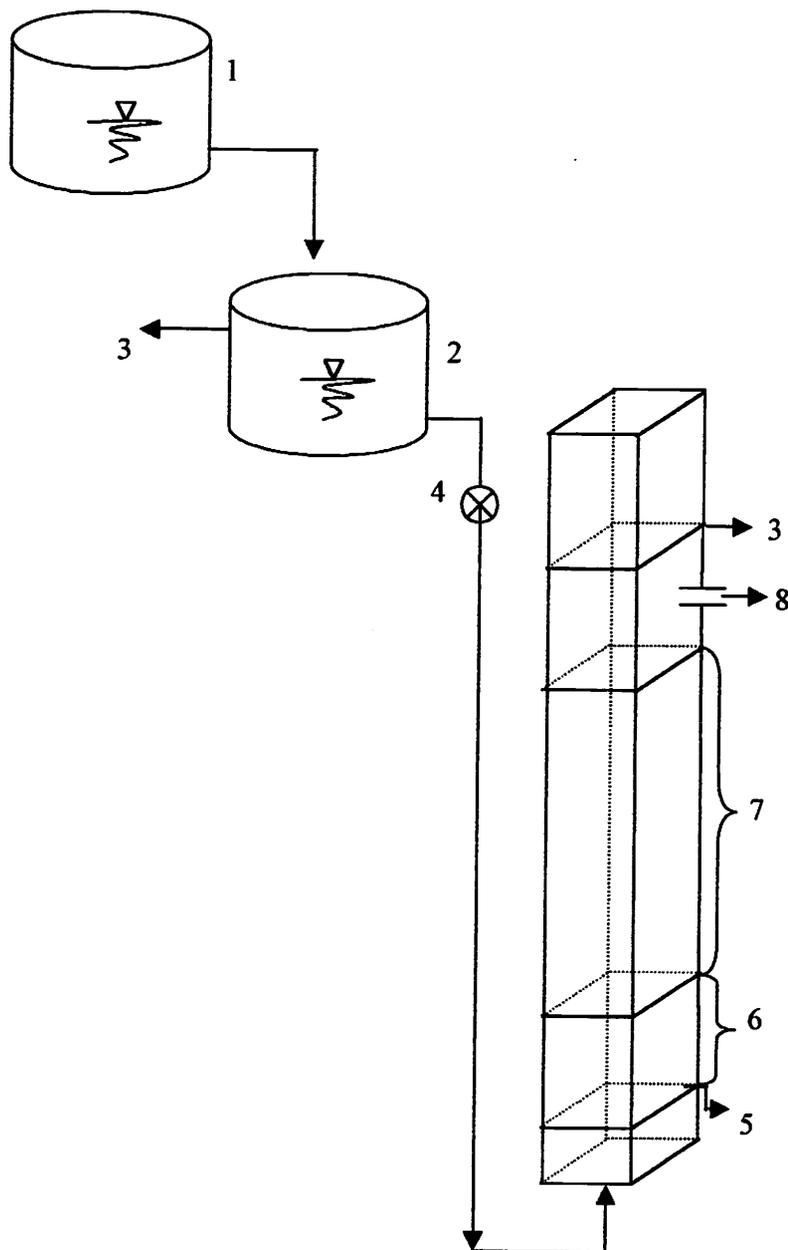
- Konsentrasi nitrat 100 mg/l
- Ketinggian media sulfur 70 cm
- Waktu detensi 4,5 jam
- Debit 0,5 l/jam
- pH sampel 8

3.4. SAMPEL

Sampel yang digunakan adalah sampel buatan yang mengandung nitrat dengan konsentrasi 100 mg/l dan telah diatur pHnya. Sampel dibuat dari senyawa KNO_3 .

3.5. RANCANGAN PERCOBAAN

3.5.1. Gambar Alat



Gambar 3.1. Reaktor Filter Sulfur

Keterangan:

1. Bak penampung influent
2. Bak pengatur debit

3. over flow
4. Stop kran
5. Perforated plate
6. Media penyangga, kerikil dengan ketinggian 20 cm
7. sulfur dengan ketinggian 70 cm
8. Effluent

3.5.2.Reaktor filter sulfur

Alat yang digunakan pada penelitian ini berupa reaktor filter skala laboratorium dengan aliran continuous up-flow. Panjang sisi-sisi reaktor adalah 5 cm dengan tinggi 130 cm. Pada bagian bawah reaktor terdapat inlet yang dibatasi dengan perforated plate. Sebelum alat reaktor filter, terdapat dua buah bak. Bak pertama merupakan bak penampung influent dan bak kedua merupakan bak pengatur debit. Detail reaktor filter sulfur dapat dilihat pada gambar 3.1.

3.6. PELAKSANAAN PERCOBAAN

3.6.1. Tahap persiapan

- Batuan sulfur diayak sesuai dengan variabel bebas yaitu 0,15 mm; 0,25 mm; dan 0.35 mm.
- Kerikil sebagai media penyangga diayak dengan ukuran 4 mm.
- Membuat sampel yang berasal dari KNO_3 dengan konsentrasi 100 mg/l.
- Membuat pH sampel sampai 8 dengan penambahan larutan NaOH.
- Sebelum reaktor dijalankan, terlebih dahulu dilakukan perlakuan awal pada media. Perlakuan tersebut yaitu dengan merendam sulfur ke dalam air sampel dan fosfat selama 5 hari untuk menumbuhkan bakteri.

3.6.2. Tahap penelitian

- Air sampel disiapkan dalam bak penampung influent.
- Dari bak penampung influent, dialirkan ke bak pengatur debit. Tinggi muka air pengatur debit harus konstan, dengan mengalirkan $Q_{\text{air baku}}$ lebih besar dari $Q_{\text{pengatur debit}}$. Kelebihan air akan mengalir melalui lubang over flow sehingga muka air akan dapat konstan.

- Setelah air melalui media filter, dilakukan sampling pada effluent.
- Sampel tersebut kemudian dianalisa penurunan konsentrasi nitrat.

3.7. METODE PENELITIAN

3.7.1. Metode Analisa

Untuk mengetahui besar konsentrasi nitrat yang melalui media filter, digunakan pembacaan spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm sedangkan untuk mengetahui nilai pH digunakan alat pH meter.

3.7.2. Metode Statistik

Analisa data dari hasil percobaan dilakukan dengan metode duncan, deskriptif, korelasi pearson dan anova.

Uji duncan yang diikuti dengan analisa deskriptif ditujukan untuk menganalisa data dari perbedaan setiap perlakuan dan mengetahui signifikansi pengaruhnya.

Korelasi pearson ditujukan untuk menganalisis hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat.

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat digunakan uji varians (ANOVA) regresi sehingga diketahui ketepatan dan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil penelitian konsentrasi nitrat yang dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Brawijaya Malang, maka data konsentrasi akhir nitrat dan nilai pH setelah diujikan dengan alat filtrasi (filter sulfur) yang memvariasikan ukuran diameter media 0,15 mm; 0,25 mm; 0,35 mm dan penambahan konsentrasi fosfat 0, 1, 2, dan 3 mg/L dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2.

Tabel 4.1. Data Konsentrasi Akhir Nitrat

Konsentrasi fosfat (mg/l)	Diameter media (mm)	Konsentrasi awal nitrat (mg/l)	Konsentrasi akhir nitrat (mg/l)			
			1	2	3	Rata-rata
0	0,15	100	62,29	62,03	62,81	62,37
	0,25	100	67,24	67,24	66,46	66,98
	0,35	100	71,41	70,63	71,93	71,32
1	0,15	100	53,96	53,44	53,18	53,52
	0,25	100	57,87	56,82	57,34	57,34
	0,35	100	64,12	64,38	63,59	64,03
2	0,15	100	47,97	46,93	47,19	47,36
	0,25	100	55,00	55,26	54,48	54,91
	0,35	100	60,99	59,69	60,47	60,38
3	0,15	100	44,32	43,54	44,06	43,97
	0,25	100	51,66	52,18	51,40	51,74
	0,35	100	59,69	59,43	59,17	59,43

(Sumber: Hasil Penelitian)

Tabel 4.2. Data Nilai pH

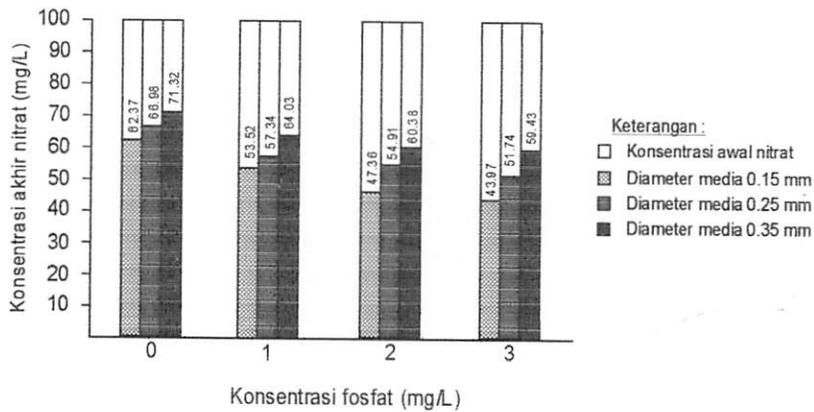
Konsentrasi fosfat (mg/l)	Diameter media (mm)	Nilai pH awal	Nilai pH akhir			
			1	2	3	Rata-rata
0	0,15	8,00	7,15	7,21	7,16	7,17
	0,25	8,00	7,25	7,26	7,28	7,26
	0,35	8,00	7,36	7,36	7,43	7,38
1	0,15	8,00	7,06	7,08	7,00	7,05
	0,25	8,00	7,20	7,26	7,23	7,23
	0,35	8,00	7,08	7,25	7,12	7,15
2	0,15	8,00	6,95	6,98	6,99	6,97
	0,25	8,00	7,01	7,20	7,16	7,12
	0,35	8,00	7,08	7,21	7,14	7,14
3	0,15	8,00	5,52	5,73	6,42	5,89
	0,25	8,00	6,88	6,90	6,77	6,85
	0,35	8,00	6,14	6,30	6,20	6,21

(Sumber: Hasil Penelitian)

4.2. ANALISA KONSENTRASI AKHIR NITRAT

4.2.1. Analisa Deskriptif

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa, batuan sulfur sebagai media filtrasi dengan perlakuan yang dikerjakan meliputi variasi diameter butiran 0,15; 0,25 dan 0,35 mm serta variasi penambahan konsentrasi fosfat 0, 1, 2, dan 3 mg/l mempunyai kemampuan menurunkan konsentrasi nitrat. Konsentrasi akhir nitrat dapat dilihat pada tabel 4.1 dan dapat dibuat grafik seperti pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Grafik Konsentrasi Akhir Nitrat

Berdasarkan tabel 4.1 dan gambar 4.1 menunjukkan bahwa konsentrasi akhir nitrat melalui filter sulfur semakin meningkat seiring dengan semakin besarnya penambahan konsentrasi fosfat serta kecilnya diameter media yang digunakan. Konsentrasi akhir nitrat terendah terdapat pada perlakuan diameter 0.15 mm dengan penambahan konsentrasi fosfat 3 mg/L yaitu sebesar 43,97 mg/L dan yang paling tinggi pada perlakuan diameter 0.35 mm dengan tanpa penambahan konsentrasi fosfat (0 mg/L) yaitu 71,32 mg/L.

Sedangkan untuk mengetahui persentase penyisihan nitrat pada tiap variasinya digunakan rumus:

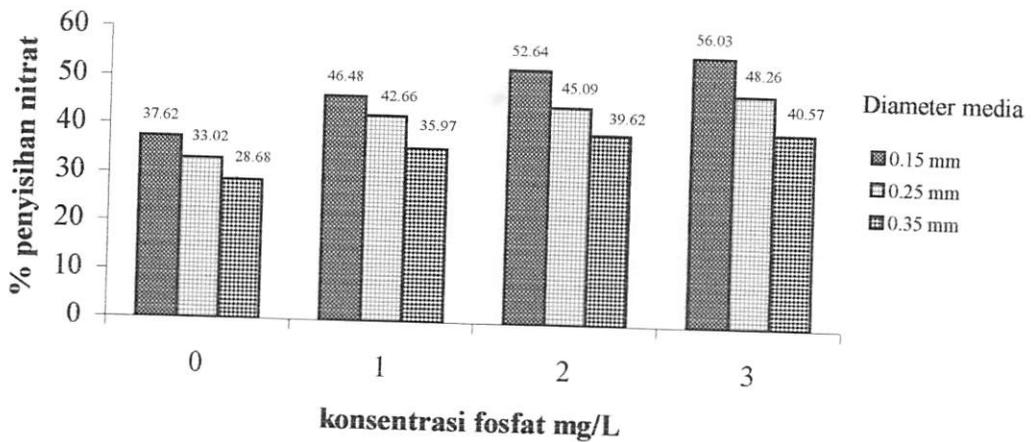
$$\%R = \frac{\text{konsentrasi.awal} - \text{konsentrasi.akhir}}{\text{konsentrasi.awal}} \times 100\%$$

Perhitungan persentase penyisihan nitrat dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Persentase Penyisihan Konsentrasi Nitrat

Konsentrasi fosfat (mg/l)	Diameter media (mm)	Persentase penyisihan konsentrasi nitrat (%)			
		1	2	3	Rata-rata (%)
0	0,15	37,71	37,97	37,19	37,62
	0,25	32,76	32,76	33,54	33,02
	0,35	28,59	29,37	28,07	28,68
1	0,15	46,04	46,56	46,82	46,48
	0,25	44,13	43,82	42,66	42,66
	0,35	35,88	35,62	36,41	35,97
2	0,15	52,03	53,07	52,81	52,64
	0,25	45,00	44,74	45,52	45,09
	0,35	39,01	40,31	39,53	39,62
3	0,15	55,68	56,46	55,94	56,03
	0,25	48,34	47,82	48,60	48,26
	0,35	40,31	40,57	40,83	40,57

Berdasarkan tabel 4.3 menunjukkan bahwa kemampuan penyisihan konsentrasi nitrat melalui filter sulfur berkisar antara 28,68 % - 56,03 %. Kemampuan penurunan terbesar adalah 56,03 % pada diameter 0,15 mm dan penambahan konsentrasi fosfat 3 mg/L, sedangkan kemampuan terkecil sebesar 28,68 % pada diameter 0,35 mm dan tanpa penambahan konsentrasi fosfat. Berdasarkan tabel 4.3 dapat dibuat grafik seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik Persentase Penyisihan Nitrat

4.2.2. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan dalam penurunan konsentrasi nitrat, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA. Hasil uji tersebut tersaji dalam tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Uji ANOVA Persentase Penyisihan Nitrat

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: % penyisihan nitrat

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2098.553 ^a	11	190.778	711.901	.000
Intercept	64259.715	1	64259.715	239790.0	.000
sampel	2098.553	11	190.778	711.901	.000
Error	6.432	24	.268		
Total	66364.700	36			
Corrected Total	2104.985	35			

a. R Squared = .997 (Adjusted R Squared = .996)

Pada tabel 4.4 merupakan hasil uji ANOVA satu faktor. ANOVA satu faktor ini untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara persentase penyisihan nitrat diantara kelompok perlakuan.

Hipotesis:

H_0 = Kedua belas rata-rata perlakuan adalah identik.

H_1 = Kedua belas rata-rata perlakuan adalah tidak identik.

Keputusan:

Terlihat bahwa F hitung adalah 711,901 dengan probabilitas 0,000. Karena probabilitas < 0,05 maka H_0 ditolak atau persentase penyisihan nitrat dalam kedua belas perlakuan tersebut memang berbeda nyata.

Untuk melihat persentase penyisihan nitrat yang paling besar dan perbedaannya dalam setiap perlakuan digunakan uji Duncan. Perlakuan dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut ini:

Tabel 4.5. Hasil Uji Duncan Persentase penyisihan Nitrat

Duncan ^{a,b}		% penyisihan nitrat											
perlakuan sampel	N	Subset											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F1D3	3	28.6767											
F1D2	3		33.0200										
F2D3	3			35.8033									
F1D1	3				37.6233								
F3D3	3					39.6167							
F4D3	3						40.5700						
F2D2	3							43.5367					
F3D2	3								45.0867				
F2D1	3									46.4733			
F4D2	3										47.9200		
F3D1	3											52.6367	
F4D1	3												56.0267
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .268

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000

b. Alpha = .05

Keterangan:

- F1D1 = Konsentrasi fosfat 0 mg/L dan diameter media 0.15 mm.
- F1D2 = Konsentrasi fosfat 0 mg/L dan diameter media 0.25 mm.
- F1D3 = Konsentrasi fosfat 0 mg/L dan diameter media 0.35 mm.
- F2D1 = Konsentrasi fosfat 1 mg/L dan diameter media 0.15 mm.
- F2D2 = Konsentrasi fosfat 1 mg/L dan diameter media 0.25 mm.
- F2D3 = Konsentrasi fosfat 1 mg/L dan diameter media 0.35 mm.
- F3D1 = Konsentrasi fosfat 2 mg/L dan diameter media 0.15 mm.
- F3D2 = Konsentrasi fosfat 2 mg/L dan diameter media 0.25 mm.
- F3D3 = Konsentrasi fosfat 2 mg/L dan diameter media 0.35 mm.
- F4D1 = Konsentrasi fosfat 3 mg/L dan diameter media 0.15 mm.
- F4D2 = Konsentrasi fosfat 3 mg/L dan diameter media 0.25 mm.
- F4D3 = Konsentrasi fosfat 3 mg/L dan diameter media 0.35 mm.

Hasil Uji Duncan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata pada seluruh perlakuan dalam persentase penyisihan nitrat. Penyisihan terendah terjadi saat perlakuan F1D3 yaitu tanpa penambahan fosfat (0 mg/L) serta pada diameter media 0,35 mm sebesar 28,6767 %. Sedangkan penyisihan konsentrasi nitrat tertinggi terjadi pada saat perlakuan F4D1 yaitu dengan penambahan fosfat 3 mg/L dan pada diameter media 0,15 mm sebesar 56,0267 %.

4.2.3. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada tidaknya serta sampai mana kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka kita analisa data dengan menggunakan analisa korelasi. Hasil dari analisa tersebut dapat kita lihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6. Korelasi antara Persentase Konsentrasi Nitrat, Diameter Media (mm) dan Konsentrasi Fosfat (mg/L)

Correlations

		% penyisihan nitrat	variasi fosfat [mg/l]	variasi diameter [mm]
Pearson Correlation	% penyisihan nitrat	1.000	.717	-.642
	variasi fosfat [mg/l]	.717	1.000	.000
	variasi diameter [mm]	-.642	.000	1.000
Sig. (1-tailed)	% penyisihan nitrat	.	.000	.000
	variasi fosfat [mg/l]	.000	.	.500
	variasi diameter [mm]	.000	.500	.
N	% penyisihan nitrat	36	36	36
	variasi fosfat [mg/l]	36	36	36
	variasi diameter [mm]	36	36	36

Dari tabel 4.6 menunjukkan bahwa:

Tingkat hubungan antara variabel yang dapat diketahui dari koefisien korelasi adalah:

- Besar hubungan persen penyisihan nitrat dengan variasi fosfat adalah 0.717. Hal ini menunjukkan bahwa, adanya hubungan yang kuat karena memiliki nilai diatas 0.5 (Yarnest, 2004). Sedangkan tanda positif, menyatakan hubungan searah yang berarti semakin besar konsentrasi fosfat maka akan diikuti dengan penyisihan nitrat yang tinggi. Tingkat signifikan nitrat dan variasi fosfat yang ditunjukkan dengan nilai 0.000 jauh lebih kecil dari 0.05 maka korelasinya nyata (signifikan).
- Besar hubungan persen penyisihan nitrat dengan variasi diameter media adalah -0.642. Hal ini menunjukkan bahwa, adanya hubungan yang kuat karena memiliki nilai diatas 0.5 (Yarnest, 2004). Sedangkan tanda negatif, menyatakan hubungan berlawanan arah yang berarti bahwa jika diameter media semakin besar maka penyisihan nitrat semakin kecil. Tingkat signifikan nitrat dan variasi diameter media yang ditunjukkan dengan nilai 0.000 jauh lebih kecil dari 0.05 maka korelasinya nyata (signifikan).

4.2.4. Analisa Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan dan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Hasil analisa tersebut dapat kita lihat pada tabel-tabel berikut:

Tabel 4.7. Hasil Uji Regresi ANOVA Persentase Penyisihan Nitrat

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1949.529	2	974.764	206.922	.000 ^a
	Residual	155.456	33	4.711		
	Total	2104.985	35			

a. Predictors: (Constant), variasi diameter [mm], variasi fosfat [mg/l]

b. Dependent Variable: % penyisihan nitrat

Dari uji ANOVA atau F test, didapat F hitung adalah 206.992 dengan tingkat signifikan 0,000. Karena probabilitas 0.000 lebih kecil dari 0.05, maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksikan konsentrasi nitrat.

Tabel 4.8. Tabel Persamaan Regresi Persentase penyisihan Nitrat

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	42.013	1.253		33.527	.000
	variasi fosfat [mg/l]	4.904	.324	.717	15.157	.000
	variasi diameter [mm]	-6.012	.443	-.642	-13.569	.000

a. Dependent Variable: % penyisihan nitrat

Tabel 4.9. Tabel Persamaan R square Persentase penyisihan Nitrat**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.962 ^a	.926	.922	2.17043

a. Predictors: (Constant), variasi diameter [mm], variasi fosfat [mg/l]

Dari tabel 4.8 dan 4.9 di atas dapat kita ketahui:

1. Persamaan regresi

$$Y = 42.013 + 4.904 X_1 - 6.012 X_2$$

Dimana: Y = % penyisihan konsentrasi nitrat

X_1 = variasi fosfat

X_2 = variasi diameter

Berdasarkan hasil analisa statistik, nilai R sebesar 0.962 menunjukkan hubungan yang kuat antar variabel konsentrasi akhir nitrat dengan penambahan konsentrasi fosfat serta diameter media karena mendekati 1 (Yarnest, 2004). Sedangkan nilai R square (r^2) sebesar 0.926 bisa disebut koefisien determinasi yang dalam hal ini berarti 92.6 % penurunan konsentrasi nitrat dipengaruhi oleh variabel konsentrasi fosfat dan diameter. Berdasarkan nilai R dan R square tersebut maka model persamaan regresi di atas dapat diterima.

Koefisien regresi untuk variasi fosfat sebesar 4.904 menyatakan bahwa setiap penambahan konsentrasi fosfat 1 mg/L akan meningkatkan persentase penyisihan nitrat sebesar 4.904 %, dan koefisien regresi untuk variasi diameter sebesar - 6.012 menyatakan bahwa setiap penambahan diameter 1 mm maka akan menurunkan persentase penyisihan nitrat sebesar 6.012 %.

2. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel independen.

Hipotesa:

H_0 = koefisien regresi tidak signifikan.

H_1 = koefisien regresi signifikan.

Keputusan:

Dasar pengambilan keputusan:

- a. Dengan membandingkan statistik hitung dengan statistik tabel. Jika statistik t hitung $<$ statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak dan begitu sebaliknya. Statistik t hitung berdasarkan tabel 4.7 adalah 15.157 (fosfat) dan 13.569 (diameter) sedangkan t tabel 2.042. Karena statistik t hitung $>$ t tabel maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.
- b. Berdasarkan probabilitas
 - Jika probabilitas $>$ 0.05 maka H_0 diterima dan H_1 ditolak
 - Jika probabilitas $<$ 0.05 maka H_0 ditolak dan H_1 diterima

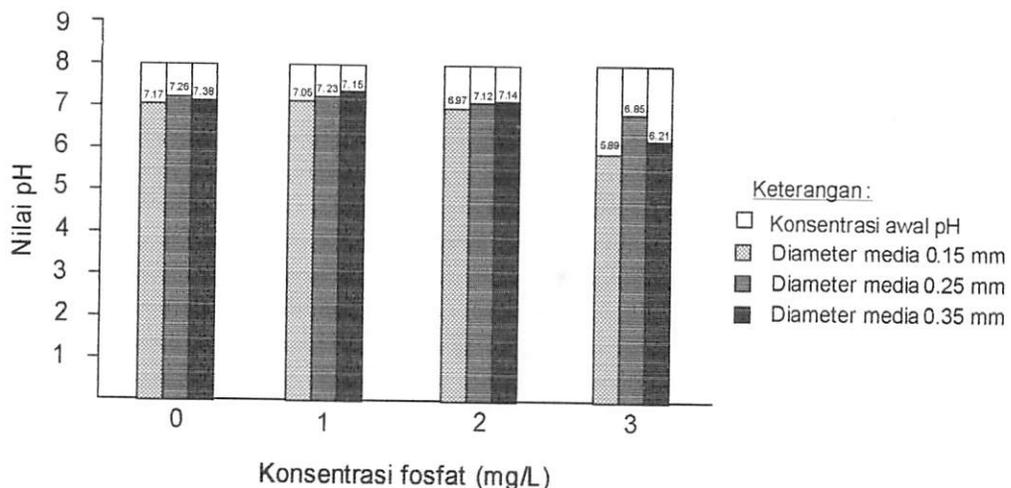
Keputusan:

Terlihat bahwa pada kolom signifikan (*significance*) adalah 0.000 atau probabilitas lebih kecil dari 0.05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima, atau koefisien regresi signifikan, atau konsentrasi fosfat dan diameter media benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap penyisihan nitrat.

4.3. ANALISA PERUBAHAN NILAI pH (Derajat Keasaman)

4.3.1. Analisa Deskriptif

Perubahan yang terjadi pada nilai pH sampel uji setelah melalui filter sulfur dapat dilihat pada tabel 4.2 dan dapat dibuat grafik seperti pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik Perubahan Nilai pH

Berdasarkan tabel 4.2 dan gambar 4.3 perubahan nilai pH setelah melalui filter sulfur dapat diketahui bahwa, semakin banyaknya penambahan konsentrasi fosfat pada setiap perlakuan maka nilai pH akan turun (semakin asam). Nilai pH tertinggi terdapat pada perlakuan diameter 0.35 mm dengan tanpa penambahan konsentrasi fosfat (0 mg/L) yaitu sebesar 7.38 dan yang paling rendah pada perlakuan diameter 0.15 mm dengan penambahan konsentrasi fosfat 3 mg/L yaitu 5.89.

4.3.2. Analisa ANOVA

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh berbagai perlakuan terhadap perubahan nilai pH, maka dilakukan analisis dengan menggunakan uji ANOVA. Hasil uji tersebut tersaji dalam tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Uji ANOVA Nilai Akhir pH.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6.525 ^a	11	.593	26.500	.000
Intercept	1737.778	1	1737.778	77637.149	.000
sampel	6.525	11	.593	26.500	.000
Error	.537	24	.022		
Total	1744.840	36			
Corrected Total	7.062	35			

a. R Squared = .924 (Adjusted R Squared = .889)

Pada tabel 4.10 merupakan hasil uji ANOVA satu faktor. ANOVA satu faktor ini untuk melihat apakah ada perbedaan yang nyata antara perubahan nilai pH diantara kelompok perlakuan.

Hipotesis:

H_0 = Kedua belas rata-rata perlakuan adalah identik.

H_1 = Kedua belas rata-rata perlakuan adalah tidak identik.

Keputusan:

Terlihat bahwa F hitung adalah 26,500 dengan probabilitas 0,000. Karena probabilitas $< 0,05$ maka H_0 ditolak atau rata-rata nilai pH dalam kedua belas perlakuan tersebut memang berbeda nyata.

Untuk melihat nilai pH akhir yang paling besar dan perbedaannya dalam setiap perlakuan digunakan uji Duncan. Perlakuan dapat dilihat pada tabel 4.11 berikut ini:

Tabel 4.11. Hasil uji Duncan Nilai Akhir pH.

pH

Duncan^{a,b}

perlakuan sampel	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
F4D1	3	5.8900					
F4D3	3		6.2133				
F4D2	3			6.8500			
F3D1	3			6.9733	6.9733		
F2D1	3			7.0467	7.0467	7.0467	
F3D2	3				7.1233	7.1233	7.1233
F3D3	3				7.1433	7.1433	7.1433
F2D3	3				7.1500	7.1500	7.1500
F2D2	3				7.1633	7.1633	7.1633
F1D1	3				7.1733	7.1733	7.1733
F1D2	3					7.2633	7.2633
F1D3	3						7.3833
Sig.		1.000	1.000	.140	.165	.134	.074

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .022.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Keterangan:

- F1D1 = Konsentrasi fosfat 0 mg/L dan diameter media 0.15 mm.
- F1D2 = Konsentrasi fosfat 0 mg/L dan diameter media 0.25 mm.
- F1D3 = Konsentrasi fosfat 0 mg/L dan diameter media 0.35 mm.
- F2D1 = Konsentrasi fosfat 1 mg/L dan diameter media 0.15 mm.
- F2D2 = Konsentrasi fosfat 1 mg/L dan diameter media 0.25 mm.
- F2D3 = Konsentrasi fosfat 1 mg/L dan diameter media 0.35 mm.
- F3D1 = Konsentrasi fosfat 2 mg/L dan diameter media 0.15 mm.
- F3D2 = Konsentrasi fosfat 2 mg/L dan diameter media 0.25 mm.

- F3D3 = Konsentrasi fosfat 2 mg/L dan diameter media 0.35 mm.
- F4D1 = Konsentrasi fosfat 3 mg/L dan diameter media 0.15 mm.
- F4D2 = Konsentrasi fosfat 3 mg/L dan diameter media 0.25 mm.
- F4D3 = Konsentrasi fosfat 3 mg/L dan diameter media 0.35 mm.

Hasil Uji Duncan (tabel 4.11) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata pada perlakuan F4D1 yaitu konsentrasi fosfat 3 mg/L dan diameter 0,15 mm serta pada perlakuan F4D3 yaitu konsentrasi fosfat 3 mg/L dan diameter 0,35 mm dalam perubahan nilai pH.

Pada perlakuan F4D2 (konsentrasi fosfat 3 mg/L dan diameter 0,15 mm), F3D1 (konsentrasi fosfat 2 mg/L dan diameter 0,15 mm), dan F2D1 (konsentrasi fosfat 1 mg/L dan diameter 0,15 mm) terletak dalam satu kelompok (satu subset). Ketiga perlakuan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang tidak nyata dalam perubahan nilai pH. Hal serupa (terletak dalam satu subset) juga terjadi pada perlakuan:

- F3D1 (konsentrasi fosfat 2 mg/L dan diameter media 0.15 mm), F2D1 (konsentrasi fosfat 1 mg/L dan diameter media 0.15 mm), F3D2 (konsentrasi fosfat 2 mg/L dan diameter media 0.25 mm), F3D3 (konsentrasi fosfat 2 mg/L dan diameter media 0.35 mm), F2D3 (konsentrasi fosfat 1 mg/L dan diameter media 0.35 mm), F2D2 (konsentrasi fosfat 1 mg/L dan diameter media 0.25 mm), F1D1 (konsentrasi fosfat 0 mg/L dan diameter media 0.15 mm).
- F2D1 (konsentrasi fosfat 1 mg/L dan diameter media 0.15 mm), F3D2 (konsentrasi fosfat 2 mg/L dan diameter media 0.25 mm), F3D3 (konsentrasi fosfat 2 mg/L dan diameter media 0.35 mm), F2D3 (konsentrasi fosfat 1 mg/L dan diameter media 0.35 mm), F2D2 (konsentrasi fosfat 1 mg/L dan diameter media 0.25 mm), F1D1 (konsentrasi fosfat 0 mg/L dan diameter media 0.15 mm), F1D2 (konsentrasi fosfat 0 mg/L dan diameter media 0.25 mm).
- F3D2 (konsentrasi fosfat 2 mg/L dan diameter media 0.25 mm), F3D3 (konsentrasi fosfat 2 mg/L dan diameter media 0.35 mm), F2D3 (konsentrasi fosfat 1 mg/L dan diameter media 0.35 mm), F2D2 (konsentrasi fosfat 1 mg/L dan diameter media 0.35 mm).

(konsentrasi fosfat 1 mg/L dan diameter media 0.25 mm), F1D1 (konsentrasi fosfat 0 mg/L dan diameter media 0.15 mm), F1D2 (konsentrasi fosfat 0 mg/L dan diameter media 0.25 mm), F1D3 (konsentrasi fosfat 0 mg/L dan diameter media 0.35 mm).

Perubahan terendah terjadi saat perlakuan F1D3 yaitu tanpa penambahan fosfat (0 mg/L) serta pada diameter media 0,35 mm senilai 7,3833. Sedangkan perubahan nilai pH tertinggi terjadi pada saat perlakuan F4D1 yaitu dengan penambahan fosfat 3 mg/L dan pada diameter media 0,15 mm sebesar 5,89.

4.3.3. Analisa Korelasi

Untuk mengetahui ada tidaknya serta sampai mana kuat lemahnya hubungan antara variabel yang diamati, maka kita analisa data dengan menggunakan analisa korelasi. Hasil dari analisa tersebut dapat kita lihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12. Korelasi antara Nilai pH, Diameter Media (mm) dan Konsentrasi Fosfat (mg/L)

Correlations

		pH	variasi fosfat [mg/L]	variasi diameter [mm]
Pearson Correlation	pH	1.000	-.734	.186
	variasi fosfat [mg/L]	-.734	1.000	.000
	variasi diameter [mm]	.186	.000	1.000
Sig. (1-tailed)	pH	.	.000	.139
	variasi fosfat [mg/L]	.000	.	.500
	variasi diameter [mm]	.139	.500	.
N	pH	36	36	36
	variasi fosfat [mg/L]	36	36	36
	variasi diameter [mm]	36	36	36

Dari tabel 4.12 menunjukkan bahwa:

Tingkat hubungan antara variabel yang dapat diketahui dari koefisien korelasi adalah:

- Besar hubungan nilai pH dengan variasi fosfat adalah -0.734. Hal ini menunjukkan bahwa adanya hubungan yang kuat karena memiliki nilai diatas 0.5 (Yarnest, 2004). Sedangkan tanda negatif menyatakan hubungan berlawanan arah yang berarti semakin besar konsentrasi fosfat maka akan diikuti dengan berkurangnya nilai pH (semakin asam). Tingkat signifikan nilai pH dan variasi fosfat yang ditunjukkan dengan nilai 0.000 jauh lebih kecil dari 0.05 maka korelasinya nyata (signifikan).
- Besar hubungan nilai pH dengan variasi diameter media adalah 0.186. Hal ini menunjukkan bahwa adanya hubungan yang lemah karena memiliki nilai dibawah 0.5 (Yarnest, 2004). Sedangkan tanda positif menyatakan hubungan searah yang berarti bahwa jika diameter media semakin besar maka nilai pH juga semakin besar. Tingkat signifikan nilai pH dan variasi diameter media yang ditunjukkan dengan nilai 0.139 jauh lebih besar dari 0.05 maka korelasinya tidak nyata (tidak signifikan).

4.3.4. Analisa Regresi

Untuk mengetahui besarnya hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat digunakan uji regresi, sehingga diketahui ketepatan dan atau signifikansi prediksi dari hubungan/korelasi data. Hasil analisa tersebut dapat kita lihat pada tabel-tabel berikut:

Tabel 4.13. Hasil Uji Regresi ANOVA Nilai Akhir pH

ANOVA ^a						
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4.046	2	2.023	22.135	.000 ^a
	Residual	3.016	33	.091		
	Total	7.062	35			

a. Predictors: (Constant), variasi diameter [mm], variasi fosfat [mg/L]

b. Dependent Variable: pH

Dari uji ANOVA atau F test, didapat F hitung adalah 22.135 dengan tingkat signifikan 0,000. Karena probabilitas 0.000 lebih kecil dari 0.05, maka model regresi bisa dipakai untuk memprediksikan nilai pH.

Tabel 4.14. Tabel Persamaan Regresi Nilai Akhir pH

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	7.473	.175		42.815	.000
	variasi fosfat [mg/L]	-.291	.045	-.734	-6.450	.000
	variasi diameter [mm]	.101	.062	.186	1.634	.112

a. Dependent Variable: pH

Tabel 4.15. Tabel Persamaan R square Nilai Akhir pH

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.757 ^a	.573	.547	.30231

a. Predictors: (Constant), variasi diameter [mm], variasi fosfat [mg/L]

Dari tabel 4.14 dan 4.15 di atas dapat kita ketahui:

1. Persamaan regresi

$$Y = 7.473 - 0.291 X_1 + 0.101 X_2$$

Dimana: Y = nilai pH

X_1 = variasi fosfat

X_2 = variasi diameter

Berdasarkan hasil analisa statistik, nilai R sebesar 0.757 menunjukkan hubungan yang kuat antar variabel nilai pH dengan penambahan konsentrasi fosfat serta diameter media karena mendekati 1 (Yarnest, 2004). Sedangkan nilai R square (r^2) sebesar 0.573 bisa disebut koefisien determinasi yang dalam hal ini berarti 57.3 % perubahan nilai pH dipengaruhi oleh variabel konsentrasi fosfat dan diameter. Berdasarkan nilai R dan R square tersebut maka model persamaan regresi di atas dapat diterima.

Koefisien regresi untuk variasi fosfat sebesar -0.291 menyatakan bahwa, setiap penambahan konsentrasi fosfat 1 mg/L akan menurunkan nilai pH sebesar $0,291$ dan koefisien regresi untuk variasi diameter sebesar 0.101 menyatakan bahwa setiap penambahan diameter 1 mm maka akan meningkatkan nilai pH $0,101$.

2. Uji t untuk menguji signifikan konstanta dan variabel independen.

Hipotesa:

H_0 = koefisien regresi tidak signifikan.

H_1 = koefisien regresi signifikan.

Keputusan:

Dasar pengambilan keputusan:

- a. Dengan membandingkan statistik hitung dengan statistik tabel. Jika statistik t hitung $<$ statistik t tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak dan begitu sebaliknya. Statistik t hitung berdasarkan tabel 4.14 adalah 6.450 (fosfat) dan 1.634 (diameter) sedangkan t tabel 2.042 . Karena statistik untuk fosfat t hitung $>$ t tabel maka H_0 ditolak dan H_1 diterima sedangkan statistik untuk diameter t hitung $<$ t tabel maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.
- b. Berdasarkan probabilitas
 - Jika probabilitas > 0.05 maka H_0 diterima dan H_1 ditolak
 - Jika probabilitas < 0.05 maka H_0 ditolak dan H_1 diterima

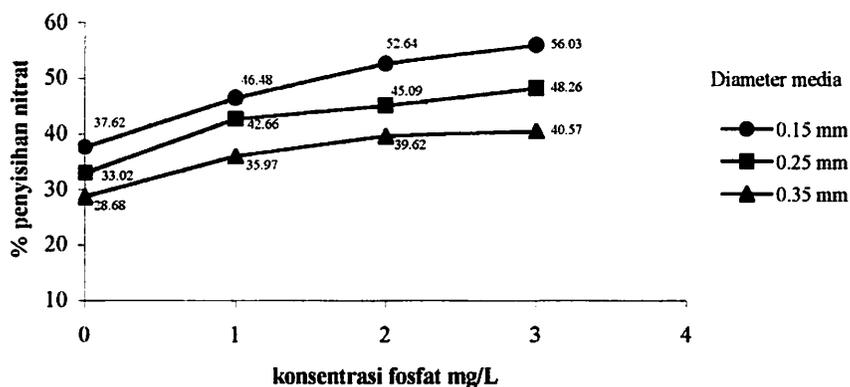
Keputusan:

Terlihat bahwa pada kolom signifikan (*significance*) untuk fosfat adalah 0.000 atau probabilitas lebih kecil dari 0.05 sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima, atau koefisien regresi signifikan, atau konsentrasi fosfat benar-benar berpengaruh secara signifikan terhadap perubahan nilai pH. Sedangkan untuk diameter pada kolom signifikan (*significance*) adalah 0.112 atau probabilitas lebih besar dari 0.005 sehingga H_0 diterima dan H_1 ditolak, atau koefisien regresi tidak signifikan, atau diameter media tidak berpengaruh secara signifikan terhadap perubahan nilai pH.

4.4. PEMBAHASAN

4.4.1. Penurunan Konsentrasi Nitrat

Dari hasil penelitian yang sudah diperoleh, reaktor filter sulfur dengan variasi diameter media dan penambahan konsentrasi fosfat terbukti dapat menurunkan konsentrasi nitrat. Kemampuan penurunan konsentrasi nitrat melalui filter sulfur ini berkisar antara 28,68 % - 56,03 %. Berdasarkan tabel 4.3 dapat dibuat grafik seperti gambar 4.4.



Gambar 4.4. Grafik Hubungan Konsentrasi Fosfat dan Diameter Media terhadap % penyisihan Nitrat

Dari gambar 4.4 menunjukkan bahwa, persentase penyisihan nitrat tertinggi sebesar 56,03 % yaitu pada variasi diameter media 0,15 mm dan penambahan konsentrasi fosfat 3 mg/L. Sedangkan persentase penyisihan nitrat terendah sebesar 28,68 % yaitu pada variasi diameter media 0,35 mm dan tanpa penambahan konsentrasi fosfat (0 mg/L). Dari gambar 4.4 juga dapat diketahui bahwa penyisihan nitrat terbesar terjadi pada diameter 0,15 mm baik itu saat tanpa penambahan fosfat (0 mg/L) maupun sampai penambahan fosfat terbesar (3 mg/L). Hal ini disebabkan karena semakin kecil ukuran diameter suatu media yang berfungsi sebagai filter, maka luas permukaan dari media tersebut semakin luas sehingga memiliki daya serap yang semakin tinggi pula (*Prayitno Sugeng, 2001*).

Variasi penambahan konsentrasi fosfat yang digunakan, juga berpengaruh terhadap persentase penyisihan nitrat yaitu, semakin besar penambahan

konsentrasi fosfat maka semakin besar pula penurunan yang akan terjadi. Hal ini disebabkan karena fosfat dibutuhkan dalam sejumlah sintesa dan peluruhan bahan organik. Di dalam proses denitrifikasi fosfat dibutuhkan dalam asam nukleat untuk transfer energi serta transfer elektron yang akan mengubah ion nitrat menjadi nitrogen. Penambahan fosfat ini juga menyebabkan filter menjadi lebih cepat berbau karena jumlah mikroorganisme lain seperti bakteri pereduksi sulfat akan tumbuh berlebih di dalam media. Dengan pertumbuhan yang berlebihan tersebut, proses reduksi sulfat menjadi sulfida akan lebih cepat sehingga filter menjadi cepat berbau dan dapat mengakibatkan terjadinya penyumbatan pada media filter (*W. U Krisno, 2000*).

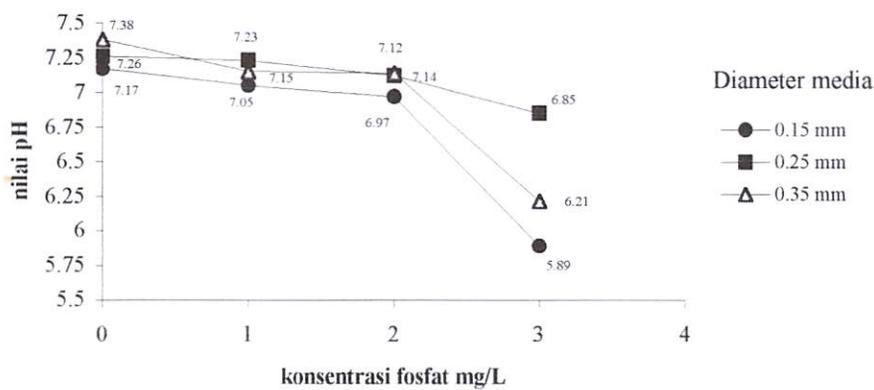
Dari hasil uji korelasi, hubungan persentase penyisihan nitrat dengan variasi fosfat dan diameter media menunjukkan hubungan yang kuat. Untuk variasi fosfat mempunyai arah hubungan yang positif yaitu dimana semakin besar konsentrasi fosfat maka akan diikuti dengan penyisihan nitrat yang tinggi. Sedangkan untuk variasi diameter media mempunyai arah hubungan yang negatif yaitu dimana semakin besar diameter media maka akan diikuti dengan penyisihan nitrat yang rendah.

Dari hasil uji regresi, menunjukkan hubungan yang kuat antar variabel penyisihan nitrat dengan penambahan konsentrasi fosfat serta diameter media, dimana 92,6 % penyisihan nitrat dipengaruhi oleh variabel konsentrasi fosfat dan diameter media.

Optimasi perlakuan terbaik yang dihasilkan dari penelitian ini adalah pada perlakuan penambahan konsentrasi fosfat 3 mg/L dengan diameter media 0,15 mm. Optimasi ini didapatkan pada uji coba yang dilakukan pada sampel buatan dengan konsentrasi nitrat 100 mg/L.

4.4.2. Perubahan Nilai pH

Dari hasil penelitian, setelah sampel melewati filter sulfur terjadi perubahan nilai pH. Perubahan nilai pH dapat dilihat pada tabel 4.2 dan dapat dibuat grafik seperti gambar 4.5.



Gambar 4.5. Grafik Hubungan Konsentrasi Fosfat terhadap Nilai Akhir pH

Dari gambar 4.5 dapat diketahui bahwa sampel buatan setelah melewati filter sulfur akan mengalami perubahan nilai pH dimana semakin banyaknya penambahan konsentrasi fosfat pada setiap perlakuan maka nilai pH akan turun (semakin asam). Hal ini disebabkan karena adanya metabolisme dari mikroorganisme yang memanfaatkan elektron dari hasil penguraian sulfur menjadi sulfat yang digunakan untuk mereduksi nitrat sehingga terbentuk ion H^+ . Terlepasnya ion H^+ ke dalam air akan menyebabkan nilai pH semakin turun. Dengan adanya penambahan konsentrasi fosfat, maka proses denitrifikasi akan berjalan cepat sehingga akan terjadi penurunan pH (Nugroho Purwo, 2003).

Dari gambar 4.5 juga dapat diketahui bahwa saat penambahan konsentrasi fosfat 0 mg/L, 1 mg/L dan 2 mg/L, nilai pH tidak terlalu berbeda/berubah. Sedangkan pada penambahan konsentrasi fosfat 3 mg/L, nilai pH terlihat perubahannya yang semakin asam. Hal ini disebabkan karena fosfat merupakan sumber nutrisi bagi mikroorganisme yang dapat mempercepat laju pertumbuhannya. Perubahan nilai pH tertinggi terjadi pada saat perlakuan dengan penambahan fosfat 3 mg/L dan pada diameter media 0,15 mm yaitu sebesar 5,89.

Dari hasil analisa statistik uji korelasi, menunjukkan hubungan variasi penambahan konsentrasi fosfat terhadap nilai pH akhir yang kuat. Arah hubungan ditunjukkan dengan tanda negatif yang berarti semakin besar konsentrasi fosfat maka akan diikuti dengan berkurangnya nilai pH (semakin asam). Sedangkan

untuk hubungan variasi diameter media terhadap nilai pH akhir relatif lemah dengan korelasi yang tidak nyata (tidak signifikan).

Dari hasil analisa anova dengan uji Duncan menunjukkan bahwa hanya ada dua perlakuan yang berbeda nyata, yaitu pada perlakuan penambahan konsentrasi fosfat 3 mg/L; diameter media 0,15 mm dan pada perlakuan penambahan konsentrasi fosfat 3 mg/L; diameter media 0,35 mm. Sedangkan kesepuluh perlakuan yang lainnya tidak berbeda nyata dan ditandai dengan terletaknya beberapa perlakuan dalam satu subset. Hal ini menyatakan bahwa dalam pemilihan variasi penambahan konsentrasi fosfat dan diameter media jaraknya terlalu berdekatan.

Dari hasil uji regresi, menunjukkan hubungan yang kuat antar variabel perubahan nilai pH dengan penambahan konsentrasi fosfat serta diameter media, dimana 57,3 % perubahan nilai pH dipengaruhi oleh variabel konsentrasi fosfat dan diameter media. Sedangkan untuk 43,7 % perubahan nilai pH dipengaruhi oleh faktor-faktor lain seperti kedalaman atau ketebalan media, kualitas air dan temperatur.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan terhadap reaktor filter dengan variasi diameter media dan penambahan konsentrasi fosfat dapat diambil kesimpulan:

1. Batuan sulfur sebagai media filter mampu menurunkan konsentrasi nitrat sampai 56,03 %.
2. Penambahan konsentrasi fosfat ke dalam influen dan diameter media yang semakin kecil akan meningkatkan filter sulfur dalam menurunkan konsentrasi nitrat. Penambahan konsentrasi fosfat 3 mg/L dan diameter media 0.15 mm merupakan variasi yang terbaik dalam menurunkan konsentrasi nitrat.
3. Setelah melewati reaktor filter, terjadi perubahan nilai pH yang menjadi semakin asam, namun tidak ada hubungan yang signifikan antara variasi diameter media terhadap nilai pH

5.2. SARAN

Dari hasil penelitian terdapat beberapa hal yang disarankan untuk dilakukan penelitian lebih lanjut yaitu:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan batuan sulfur sebagai media untuk mengolah kandungan air tanah yang mengandung besi.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan menambah konsentrasi fosfat untuk mengetahui batas optimal kemampuan filter sulfur dalam menurunkan konsentrasi nitrat.
3. Perlu dilakukan kontrol terhadap konsentrasi sulfat mengingat proses denitrifikasi menghasilkan produk akhir berupa senyawa sulfat.

DAFTAR PUSTAKA

- Alearts, G. Sumestri, S., 1987., *“Metoda Penelitian Air”*., Usaha Nasional., Surabaya.
- Al-Layla, M.A., S. Ahmad and E. J. Middlebrooks., 1978., *“Water Supply Engineering and Design”*., New York
- Anonim., 2004., *“Sulfur Denitrification”*., diakses dari <http://www.env.tu-tokyo.ac.jp/~kiyo/sulfur-E.htm>., pada tanggal 12 November 2004.
- Anonim., 2004., *“Removal of Nitrat-Nitrogen and Control Oxide by Sulfur Denitrification”*., diakses dari <http://www.env.tu.tokyo.ac.jp/~kiyo/column-bacth-E.html>., pada tanggal 12 November 2004.
- Bowo, DM., 1994., *“Teknik Pengolahan Air Limbah Secara Biologis”*., Jurusan Teknik Lingkungan ITS Surabaya.
- Keenan, Kleinfelter, Wood A. Hadyana Pudjatmaka., 1982., *“Kimia untuk Universitas”*., Erlangga., Jakarta.
- Lehninger, M.T., 1982., *“Dasar-Dasar Biokimia Jilid 3”*., Erlangga., Jakarta.
- Mohammad, Lalu Y., 1999., *“Efektifitas Metode Presipitasi dan Filtrasi Untuk Menurunkan Kadar Besi pada Air Tanah”*., Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
- Nugroho, Purwo., 2003., *“Penggunaan Filter Sulfur dalam Menurunkan Konsentrasi Nitrat Pada Air Tanah”*., Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan UPN Surabaya.
- P. Juli, Ni Ketut., 2005., *“Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil Untuk Proses Penurunan Warna Dan Kandungan Organik Dengan Koagulan Khitosan Dari Limbah Perikanan”*., Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
- Prayitno, Sugeng., 2001., *“Uji Kemampuan RBC (Rotating Biological Contactor) dalam Menurunkan Kadar COD dan SS pada Limbah Cair Industri Tekstil”*., Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
- Reynolds, Tom D., 1981., *“Unit Operations and Processes in Environmental Engineering”*., Brooks/cole Engineering Devison., Monterey., California.
- Santoso, Singgih., 2002., *“SPSS Versi 10 Mengolah Data Secara Profesional”*., PT Elex Media Komputindo., Jakarta.

- Slamet, Agus., Masduqi, Ali., 2000., "*Satuan Operasi*", Jurusan Teknik Lingkungan., ITS Surabaya
- Slamet, Agus., Masduqi, Ali., 2000., "*Satuan Proses*", Jurusan Teknik Lingkungan., ITS Surabaya
- Suantari, Ni Made., 2005., "*Uji Kemampuan Roughing Filter Aliran Horizontal Terhadap Penurunan Kadar Sulfur (S), Besi (Fe), Dan Kekeruhan Pada Air Panas*", Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
- Syamsi, Supriyadi., 2005., "*Studi Separasi Nitrat (NO_3^-) Pada Air Baku Menggunakan Metode Elektrolisis*", Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan ITN Malang.
- W. U Krisno., 2000., "*Jurnal Purifikasi*", Volume 1 Nomor 1., Jurusan Teknik Lingkungan., ITS Surabaya.
- Yarnest., 2004., "*Aplikasi Statistik*", Dioma., Malang.

LAMPIRAN

PEMBUATAN REAKTOR FILTER

1. Alat dan Bahan yang digunakan

a. Alat

- Ember
- Pipa PVC ½ dim
- Stop kran
- Kaca
- Kayu
- Kran
- Keni
- Water mur
- Selang air kecil
- Ayakan

b. Bahan

- Batuan sulfur
- Kerikil
- KNO_3
- NaOH

2. Prosedur Pembuatan Alat

Adapun prosedur pembuatan alat reaktor filter adalah sebagai berikut:

- a. Kayu yang digunakan sebagai penyangga dipotong- potong menjadi beberapa bagian. Yang pertama dipotong dengan panjang 190 cm sebagai meja bak penampung, yang kedua dipotong dengan panjang 160 cm sebagai meja bak pengatur debit, dan yang ketiga dipotong dengan panjang 140 cm sebagai penyangga reaktor.
- b. Ember yang digunakan sebagai tempat bak penampung dan bak pengatur debit, dilubangi di bagian sampingnya yang kemudian untuk bak penampung dipasangkan kran dan untuk bak pengatur debit dipasangkan keni yang kemudian disambung dengan pipa pvc ½ dim. Pada bak pengatur debit, bagian

samping atas juga dilubangi kemudian dipasangkan selang kecil yang bertujuan untuk air limpahan (over flow).

- c. Kaca digunakan sebagai reaktor mempunyai ketebalan 5 mm dipotong dengan panjang 130 cm dan lebar 5 cm. Di dalam reaktor dipasangkan sekat yang berlubang-lubang (perforated plate) 10 cm dari dasar reaktor. Kemudian 10 cm dari atas reaktor diberi lubang dan selang kecil yang digunakan sebagai air limpahan (over flow). Dari lubang over flow 10 cm, juga dilubangi yang kemudian dipasangkan sebuah kran untuk outlet atau pengambilan sampel. Di dasar reaktor, juga diberi lubang kemudian dipasangkan water mur dan disambungkan dengan pipa yang berasal dari bak pengatur debit tadi.

LARUTAN SAMPEL

□ Air Baku Nitrat

Sampel dibuat dari senyawa KNO_3 . Cara untuk mendapatkan larutan dengan konsentrasi nitrat 100 mg/L yaitu melarutkan 0,7218 g KNO_3 kedalam 1000 ml aquades.

□ Larutan Induk Fosfat

Larutan induk fosfat dibuat dengan konsentrasi 50 mg/L yaitu dengan cara melarutkan 0,011 g KH_2PO_4 kedalam 50 ml aquades. Untuk mendapatkan konsentrasi fosfat sebesar 1, 2, dan 3 mg/L dilakukan pengenceran dengan rumus:

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

Contoh untuk konsentrasi fosfat 1 mg/L

$$V_1 \times 50 \text{ mg/L} = 1 \text{ mg/L} \times 10 \text{ ml}$$

$$V_1 = 0,2 \text{ ml}$$

Jadi 0,2 ml larutan induk fosfat ditambahkan dengan aquades sebanyak 9 ml.

PENENTUAN KADAR NITRAT

Prosedur:

1. 5 cc sampel air dimasukkan ke dalam beker glass 50 cc, uapkan dengan pemanas air sampai kering.
2. Tambahkan 2 cc phenol sulfat kemudian di aduk.
3. Masukkan ke dalam labu ukur 50 cc, tambahkan 7 cc amoniak pekat sehingga timbul warna kuning dalam larutan, tambahkan aquades sampai tanda batas kemudian baca dengan spektronik 20 dengan panjang gelombang 410 nm dan catat absorbansinya.

Standar:

0,4 ppm	—————>	0,03 A
0,8 ppm	—————>	0,06 A
1,2 ppm	—————>	0,09 A
2,0 ppm	—————>	0,15 A
4,0 ppm	—————>	0,31 A

$$\text{Slop (A)} = 0,0768$$

PENENTUAN NILAI pH

Prosedur:

- 1. Ambil sampel air yang akan dianalisa.**
- 2. Masukkan pH meter ke dalam sampel air dan catat nilainya.**

TABEL HASIL ANALISA NITRAT

Konsentrasi fosfat (mg/l)	Diameter media (mm)	Konsentrasi akhir nitrat (mg/l)
0	0,15	62,37
	0,25	66,98
	0,35	71,32
1	0,15	53,52
	0,25	57,34
	0,35	64,03
2	0,15	47,36
	0,25	54,91
	0,35	60,38
3	0,15	43,97
	0,25	51,74
	0,35	59,43

TABEL HASIL ANALISA pH

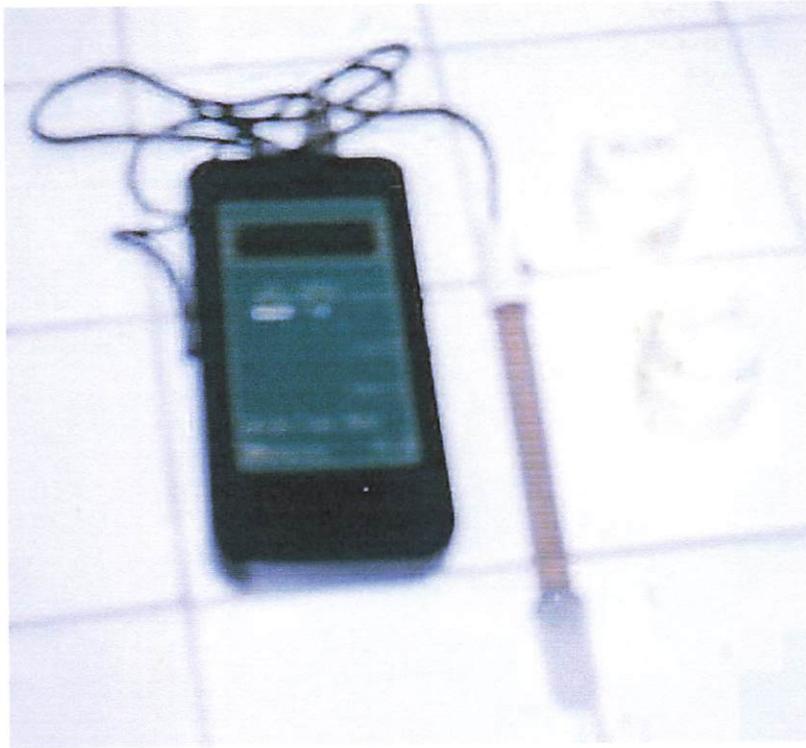
Konsentrasi fosfat (mg/l)	Diameter media (mm)	Nilai pH akhir
0	0,15	7,17
	0,25	7,26
	0,35	7,38
1	0,15	7,05
	0,25	7,23
	0,35	7,15
2	0,15	6,97
	0,25	7,12
	0,35	7,14
3	0,15	5,89
	0,25	6,85
	0,35	6,21



MEDIA FILTER



NERACA ANALITIS



pH METER



Peralatan Penelitian



REAKTOR FILTER



Perendaman media selama 5 hari



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838

LAPORAN HASIL PENELITIAN
NO : M.045 / RT.5 / T.I / R.O / TT. 150803 / 2005

Nama : Dewi Rimawati
Nim : 00.26.005
Jurusan : Teknik Lingkungan
PTN/PTS : ITN Malang
Asal sampel : Lab. Lingkungan ITN Malang
Data hasil analisa

Kode Sampel	Parameter	Kadar		Metode Analisis	
		Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
F1D1	Nitrat	62,29	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,15	-	-	pH meter
F1D1	Nitrat	62,03	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,21	-	-	pH meter
F1D1	Nitrat	62,81	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,16	-	-	pH meter
F1D2	Nitrat	67,24	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,25	-	-	pH meter
F1D2	Nitrat	67,24	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,26	-	-	pH meter
F1D2	Nitrat	66,46	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,28	-	-	pH meter
F1D3	Nitrat	71,41	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,36	-	-	pH meter
F1D3	Nitrat	70,63	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,36	-	-	pH meter
F1D3	Nitrat	71,93	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,43	-	-	pH meter
F2D1	Nitrat	53,96	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,06	-	-	pH meter
F2D1	Nitrat	53,44	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,08	-	-	pH meter
F2D1	Nitrat	53,18	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,00	-	-	pH meter
F2D2	Nitrat	57,87	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,20	-	-	pH meter



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838

LAPORAN HASIL PENELITIAN

NO : M.045 / RT.5 / T.I / R.O / TT. 150803 / 2005

Kode Sampel	Parameter	Kadar		Metode Analisis	
		Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
F2D2	Nitrat	56,82	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,26	-	-	pH meter
F2D2	Nitrat	57,34	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,23	-	-	pH meter
F2D3	Nitrat	64,12	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,08	-	-	pH meter
F2D3	Nitrat	64,38	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,25	-	-	pH meter
F2D3	Nitrat	63,59	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,12	-	-	pH meter
F3D1	Nitrat	47,97	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	6,95	-	-	pH meter
F3D1	Nitrat	46,93	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	6,98	-	-	pH meter
F3D1	Nitrat	47,97	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	6,99	-	-	pH meter
F3D2	Nitrat	55,00	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,01	-	-	pH meter
F3D2	Nitrat	55,26	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,20	-	-	pH meter
F3D2	Nitrat	54,48	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,16	-	-	pH meter
F3D3	Nitrat	60,99	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,08	-	-	pH meter
F3D3	Nitrat	59,69	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,21	-	-	pH meter
F3D3	Nitrat	60,47	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	7,14	-	-	pH meter
F4D1	Nitrat	44,32	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	5,52	-	-	pH meter



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG
FAKULTAS MIPA JURUSAN KIMIA
JL. VETERAN TELP. (0341) 575838

LAPORAN HASIL PENELITIAN
NO : M.045 / RT.5 / T.I / R.O / TT. 150803 / 2005

Kode Sampel	Parameter	Kadar		Metode Analisis	
		Hasil	Satuan	Pereaksi	Metode
F4D1	Nitrat	43,54	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	5,73	-	-	pH meter
F4D1	Nitrat	44,06	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	6,42	-	-	pH meter
F4D2	Nitrat	51,66	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	6,88	-	-	pH meter
F4D2	Nitrat	52,18	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	6,90	-	-	pH meter
F4D2	Nitrat	51,40	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	6,77	-	-	pH meter
F4D3	Nitrat	59,69	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	6,14	-	-	pH meter
F4D3	Nitrat	59,43	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	6,30	-	-	pH meter
F4D3	Nitrat	59,17	ppm	Phenol Sulfat	Spektronik-20
	pH	6,20	-	-	pH meter

Catatan :

1. Hasil analisa ini adalah nilai rata-rata pengerjaan analisis secara duplo
2. Hasil analisa ini hanya berlaku untuk sampel yang kami terima dengan kondisi sampel saat itu.



Setua
F. M. Rahman, S.Si., M.Si
NIP. 132 158 726

Malang, 23 Mei 2005
Mengetahui
Kalab. Kimia Lingkungan

Ir. Bambang Ismuyanto, MS
NIP. 131 616 317

PERHITUNGAN PENGUJIAN KESERAGAMAN DATA

Rumus yang digunakan:

$$\text{BKA} = X + K.S$$

$$\text{BKB} = X - K.S$$

Dimana:

X = Hasil rata-rata pengukuran

S = Standart deviasi

$$S = \sqrt{\frac{(X_i - X)^2}{n-1}}$$

k = Index (tergantung dari tingkat kepercayaan yang diambil) untuk kepercayaan 95%, nilai k=2

Contoh perhitungan:

Konsentrasi nitrat pada variasi fosfat 0 mg/L dan variasi diameter media 0,15 mm diperoleh hasil pengulangan sebagai berikut: $X_1=62,29$ mg/L, $X_2=62,03$ mg/L, $X_3= 62,81$ mg/L.

Diperoleh rata-rata, $X = 62,37$

Standart deviasi, $s = 0,39$

$$\text{BKA} = 62,37 + 2 \cdot 0,39 = 63,15$$

$$\text{BKB} = 62,37 - 2 \cdot 0,39 = 61,59$$

Karena $\text{BKA} >$ ketiga pengulangan dan $\text{BKB} <$ ketiga pengulangan, maka data tersebut sudah seragam.

Untuk perhitungan selanjutnya dapat ditabelkan sebagai berikut:

Tabel Keseragaman Data Konsentrasi Akhir Nitrat

Kons. Fosfat (mg/L)	Diameter media (mm)	Kons. akhir nitrat			Rata-rata (X)	(X _i - X)			(X _i - X) ²			Σ(X _i - X) ²	S	BKA	BKB
		X ₁	X ₂	X ₃		(X ₁ - X)	(X ₂ - X)	(X ₃ - X)	(X ₁ - X) ²	(X ₂ - X) ²	(X ₃ - X) ²				
0	0,15	62,29	62,03	62,81	62,37	-0,08	-0,34	0,44	0,0064	0,1156	0,1936	0,3156	0,39	63,15	61,59
	0,25	67,24	67,24	66,46	66,98	0,26	0,26	-0,52	0,0676	0,0676	0,2704	0,4056	0,45	67,88	66,08
	0,35	71,41	70,63	71,93	71,32	0,09	-0,69	0,61	0,0081	0,4761	0,3721	0,8563	0,65	72,62	70,02
1	0,15	53,96	53,44	53,18	53,52	0,44	-0,08	-0,34	0,1936	0,0064	0,1156	0,3156	0,39	54,30	52,74
	0,25	57,87	56,82	57,34	57,34	0,53	-0,52	0	0,2809	0,2704	0	0,5513	0,52	58,38	56,30
	0,35	64,12	64,38	63,59	64,03	0,09	0,35	-0,44	0,0081	0,1225	0,1936	0,3242	0,40	64,83	63,23
2	0,15	47,97	46,93	47,19	47,36	0,61	-0,43	-0,17	0,3721	0,1849	0,0289	0,5859	0,54	48,44	46,28
	0,25	55,00	55,26	54,48	54,91	0,09	0,35	-0,43	0,0081	0,1225	0,1849	0,3155	0,39	55,69	54,13
	0,35	60,99	59,69	60,47	60,38	0,61	-0,69	0,09	0,3721	0,4761	0,0081	0,8563	0,65	61,68	59,08
3	0,15	44,32	43,54	44,06	43,97	0,35	-0,43	0,09	0,1225	0,1849	0,0081	0,3155	0,39	44,75	43,19
	0,25	51,66	52,18	51,40	51,74	-0,08	0,44	-0,34	0,0064	0,1936	0,1156	0,3156	0,39	52,52	50,96
	0,35	59,69	59,43	59,17	59,43	0,26	0	-0,26	0,0676	0	0,0676	0,1352	0,26	59,95	58,91

Tabel Keseragaman Data Nilai Akhir pH

Kons. Fosfat (mg/L)	Diameter media (mm)	Nilai pH			Rata-rata (X)	(X _i - X)			(X _i - X) ²			Σ(X _i - X) ²	S	BKA	BKB
		X ₁	X ₂	X ₃		(X ₁ - X)	(X ₂ - X)	(X ₃ - X)	(X ₁ - X) ²	(X ₂ - X) ²	(X ₃ - X) ²				
0	0,15	7,15	7,21	7,16	7,17	-0,02	0,04	-0,01	0,0004	0,0016	0,0001	0,0021	0,032	7,234	7,106
	0,25	7,25	7,26	7,28	7,26	-0,01	0	0,02	0,0001	0	0,0004	0,0005	0,016	7,292	7,228
	0,35	7,36	7,36	7,43	7,38	-0,02	-0,02	0,05	0,0004	0,0004	0,0025	0,0033	0,041	7,462	7,298
1	0,15	7,06	7,08	7,00	7,05	0,01	0,03	-0,05	0,0001	0,0009	0,0025	0,0035	0,042	7,134	6,966
	0,25	7,20	7,26	7,23	7,23	-0,03	0,03	0	0,0009	0,0009	0	0,0018	0,030	7,290	7,170
	0,35	7,08	7,25	7,12	7,15	-0,07	0,1	-0,03	0,0049	0,01	0,0009	0,0158	0,089	7,328	6,972
2	0,15	6,95	6,98	6,99	6,97	-0,02	0,01	0,02	0,0004	0,0001	0,0004	0,0009	0,021	7,012	6,928
	0,25	7,01	7,20	7,16	7,12	-0,11	0,08	0,04	0,0121	0,0064	0,0016	0,0201	0,100	7,320	6,920
	0,35	7,08	7,21	7,14	7,14	-0,06	0,07	0	0,0036	0,0049	0	0,0085	0,065	7,270	7,010
3	0,15	5,52	5,73	6,42	5,89	-0,37	-0,16	0,53	0,1369	0,0256	0,2809	0,4434	0,471	6,832	4,948
	0,25	6,88	6,90	6,77	6,85	0,03	0,05	-0,08	0,0009	0,0025	0,0064	0,0098	0,070	6,990	6,710
	0,35	6,14	6,30	6,20	6,21	-0,07	0,09	-0,01	0,0049	0,0081	0,0001	0,0131	0,081	6,372	6,048

ANALISA STATISTIK NITRAT

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
perlakuan sampel	F1D1	3
	F1D2	3
	F1D3	3
	F2D1	3
	F2D2	3
	F2D3	3
	F3D1	3
	F3D2	3
	F3D3	3
	F4D1	3
	F4D2	3
	F4D3	3

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: % penyisihan nitrat

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2098.553 ^a	11	190.778	711.901	.000
Intercept	64259.715	1	64259.715	239790.0	.000
sampel	2098.553	11	190.778	711.901	.000
Error	6.432	24	.268		
Total	66364.700	36			
Corrected Total	2104.985	35			

a. R Squared = .997 (Adjusted R Squared = .996)

Post Hoc Tests

perlakuan sample

Homogeneous Subsets

% penyisihan nitrat

Duncan^{ab}

perlakuan sampel	N	Subset											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
F1D3	3	28.6767											
F1D2	3		33.0200										
F2D3	3			35.8033									
F1D1	3				37.8233								
F3D3	3					39.6167							
F4D3	3						40.5700						
F2D2	3							43.5367					
F3D2	3								45.0867				
F2D1	3									46.4733			
F4D2	3										47.9200		
F3D1	3											52.6367	
F4D1	3												56.0267
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .268.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Regression

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
% penyisihan nitrat	42.2492	7.75515	36
variasi fosfat [mg/l]	2.5000	1.13389	36
variasi diameter [mm]	2.0000	.82808	36

Correlations

		% penyisihan nitrat	variasi fosfat [mg/l]	variasi diameter [mm]
Pearson Correlation	% penyisihan nitrat	1.000	.717	-.642
	variasi fosfat [mg/l]	.717	1.000	.000
	variasi diameter [mm]	-.642	.000	1.000
Sig. (1-tailed)	% penyisihan nitrat	.	.000	.000
	variasi fosfat [mg/l]	.000	.	.500
	variasi diameter [mm]	.000	.500	.
N	% penyisihan nitrat	36	36	36
	variasi fosfat [mg/l]	36	36	36
	variasi diameter [mm]	36	36	36

Variables Entered/Removed^b

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	variasi diameter [mm], variasi fosfat _a [mg/l]		Enter

- a. All requested variables entered.
b. Dependent Variable: % penyisihan nitrat

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.962 ^a	.926	.922	2.17043

- a. Predictors: (Constant), variasi diameter [mm], variasi fosfat [mg/l]

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1949.529	2	974.764	206.922	.000 ^a
	Residual	155.456	33	4.711		
	Total	2104.985	35			

- a. Predictors: (Constant), variasi diameter [mm], variasi fosfat [mg/l]
b. Dependent Variable: % penyisihan nitrat

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	42.013	1.253		33.527	.000
	variasi fosfat [mg/l]	4.904	.324	.717	15.157	.000
	variasi diameter [mm]	-6.012	.443	-.642	-13.569	.000

- a. Dependent Variable: % penyisihan nitrat

ANALISA STATISTIK pH

Univariate Analysis of Variance

Between-Subjects Factors

		N
perlakuan sampel	F1D1	3
	F1D2	3
	F1D3	3
	F2D1	3
	F2D2	3
	F2D3	3
	F3D1	3
	F3D2	3
	F3D3	3
	F4D1	3
	F4D2	3
	F4D3	3

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6.525 ^a	11	.593	26.500	.000
Intercept	1737.778	1	1737.778	77637.149	.000
perlakuan sampel	6.525	11	.593	26.500	.000
Error	.537	24	.022		
Total	1744.840	36			
Corrected Total	7.062	35			

a. R Squared = .924 (Adjusted R Squared = .889)

Post Hoc Tests

perlakuan sampel

Homogeneous Subsets

pH

Duncan^{a,b}

perlakuan sampel	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
F4D1	3	5.8900					
F4D3	3		6.2133				
F4D2	3			6.8500			
F3D1	3			6.9733	6.9733		
F2D1	3			7.0467	7.0467	7.0467	
F3D2	3				7.1233	7.1233	7.1233
F3D3	3				7.1433	7.1433	7.1433
F2D3	3				7.1500	7.1500	7.1500
F2D2	3				7.1633	7.1633	7.1633
F1D1	3				7.1733	7.1733	7.1733
F1D2	3					7.2633	7.2633
F1D3	3						7.3833
Sig.		1.000	1.000	.140	.165	.134	.074

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = .022.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

b. Alpha = .05.

Regression

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
pH	6.9478	.44918	36
variasi fosfat [mg/L]	2.5000	1.13389	36
variasi diameter [mm]	2.0000	.82808	36

Correlations

		pH	variasi fosfat [mg/L]	variasi diameter [mm]
Pearson Correlation	pH	1.000	-.734	.186
	variasi fosfat [mg/L]	-.734	1.000	.000
	variasi diameter [mm]	.186	.000	1.000
Sig. (1-tailed)	pH	.	.000	.139
	variasi fosfat [mg/L]	.000	.	.500
	variasi diameter [mm]	.139	.500	.
N	pH	36	36	36
	variasi fosfat [mg/L]	36	36	36
	variasi diameter [mm]	36	36	36

Variables Entered/Removed^d

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	variasi diameter [mm], variasi fosfat ^a [mg/L]		Enter

a. All requested variables entered.

b. Dependent Variable: pH

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.757 ^a	.573	.547	.30231

a. Predictors: (Constant), variasi diameter [mm], variasi fosfat [mg/L]

ANOVA^b

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	4.046	2	2.023	22.135	.000 ^a
	Residual	3.016	33	.091		
	Total	7.062	35			

a. Predictors: (Constant), variasi diameter [mm], variasi fosfat [mg/L]

b. Dependent Variable: pH

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	7.473	.175		42.815	.000
	variasi fosfat [mg/L]	-.291	.045	-.734	-6.450	.000
	variasi diameter [mm]	.101	.062	.186	1.634	.112

a. Dependent Variable: pH