

**PENGARUH PENAMBAHAN AMELIORAN ZEOLIT DAN
KAPUR PADA LIMBAH PENYAMAKAN KULIT SEBAGAI
IRIGASI AMAN BAGI PERTUMBUHAN SAWI**

Oleh:

RODLIYA M. AZIZA



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
PROGRAM STUDI ILMU TANAH
MALANG
2009**

**Pengaruh Penambahan Amelioran Zeolit dan Kapur pada Limbah
Penyamakan Kulit sebagai Irigasi Aman bagi Pertumbuhan Sawi**

Oleh

RODLIYA. M. AZIZA
0410430045 – 43

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana
Pertanian Srata Satu (S-1)**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
PROGRAM STUDI ILMU TANAH
MALANG
2009

RINGKASAN

Rodliya. M. Aziza. 0410430045-43. **Pengaruh Penambahan Amelioran Zeolit dan Kapur pada Limbah Penyamakan Kulit sebagai Irigasi Aman bagi Pertumbuhan Tanaman Sawi** . Di bawah bimbingan: Zaenal Kusuma dan Lenny Sri Nopriani

Industri penyamakan kulit merupakan salah satu industri yang menghasilkan air limbah dalam jumlah yang sangat besar serta memiliki kandungan amoniak cukup tinggi yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber nitrogen untuk tanaman. Namun untuk mengurangi kandungan senyawa berbahaya dalam air limbah sebagai perlindungan terhadap lingkungan dibutuhkan pengolahan limbah untuk memperbaiki kualitas air limbah penyamakan kulit sebagai irigasi bagi tanaman.

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengetahui kemampuan zeolit dan kapur dalam mengakumulasi amonium dari air limbah dalam rangka mengkaji kemungkinan zeolit dan kapur digunakan sebagai adsorber serta filter dari pencemaran air limbah penyamakan kulit di lingkungan. Serta pemanfaatan air limbah pencemar pascaremediasi sebagai irigasi aman bagi tanaman.

Penelitian dilakukan mulai bulan Oktober sampai dengan Desember 2008 yang terbagi menjadi dua tahap yaitu remediasi limbah dan pengaplikasian air limbah pasca remediasi pada sawi. Penelitian tahap I dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana terdiri dari 4 perlakuan dosis dengan ulangan sebanyak 3 kali. Perlakuan yang digunakan adalah KZ0 (kontrol); KZ1 (limbah + zeolit 20 g/L); KZ2 (limbah + kapur 20 g/L); KZ3 (limbah + zeolit 20 g/L + kapur 20 g/L). Penelitian tahap II menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana terdiri dari 5 perlakuan dosis dengan ulangan sebanyak 3 kali. Perlakuan yang digunakan adalah RZ0 (kontrol); RZ1 (penyiraman dengan limbah pasca remediasi KZ0); RZ2 (penyiraman dengan limbah pasca remediasi KZ1); RZ3 (penyiraman dengan limbah pasca remediasi KZ2); RZ4 (penyiraman dengan limbah pasca remediasi KZ3). Data yang diperoleh diuji secara statistik dengan uji F (taraf 5%) untuk melihat perbedaan pengaruh antar perlakuan. Pengaruh antar perlakuan dengan uji BNT pada taraf 5%. Uji korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antar parameter dengan menggunakan SPSS 11.

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut : Pemberian zeolit dan kapur berpengaruh dalam memperbaiki kualitas limbah penyamakan kulit dengan mengurangi kandungan amoniak, BOD, COD serta TSS air limbah. Pemberian kombinasi amelioran zeolit dan kapur memberikan tingkat efektifitas paling baik dalam memperbaiki kualitas air limbah penyamakan dibandingkan dengan penggunaan salah satu amelioran baik zeolit maupun kapur. Pada perlakuan KZ3, pH mengalami penurunan 7 %, penurunan NH_4^+ 2 %, penurunan BOD sebesar 80 %, COD sebesar 75 % dan TSS mengalami penurunan sebesar 25 %. Perlakuan penyiraman RZ4, tinggi tanaman meningkat sebesar 36 % dibandingkan kontrol (RZ0), serapan N tanaman memiliki nilai tertinggi dibanding dengan kontrol (RZ0).

SUMMARY

Rodliya. M. Aziza. 0410430045-43. **The Effect of Ameliorant Zeolit and Lime Addition on Leather Tanning Wastewater as a Safe Irrigation for the Growth of Mustard Greens.** Supervisors: Zaenal Kusuma, and Co- Supervisors: Lenny Sri Nopriani

Leather tanning industry is one of an industry which produce a large amount of water and ammonia content in leather tanning wastewater can be used as a source of nitrogen for plant growth. To reduce its endangered compound content and as protection for the environment, remediation processes need to be done in order to increase the quality of leather tanning wastewater as a safe irrigation for plant.

The purposes of this research were: to know the capability of zeolit and lime in accumulating ammonium from wastewater in order to examine the possibility of zeolit and lime as an absorber and filter of leather tanning wastewater in environment. The second purpose was using wastewater after remediation as a safe irrigation for plant.

This research conducted during October until December 2008 were divided into two stages. First stage used simple complete random design consist of 4 dosage treatments and 3 repetitions. The treatments were: KZ0 (control); KZ1 (wastewater + zeolit 20 gr L⁻¹); KZ2 (wastewater + lime 20 gr L⁻¹); KZ3 (wastewater + zeolit 20 gr L⁻¹ + lime 20 gr L⁻¹). Second stage experiment used simple complete random design consist of 5 watering treatments with 3 repetitions, the treatments were: RZ0 (control); RZ1 (watering with after remediation wastewater KZ0); RZ2 (watering with after remediation wastewater KZ1); RZ3 (watering with after remediation wastewater KZ2); RZ4 (watering with after remediation wastewater KZ3). Data obtained were analyzed using F test to know the difference among treatments. Obvious influence continued with BNT test. Correlation analysis was done to know the relationship among treatments using SPSS 11.

The result of the research showed that zeolit and lime addition could increase the quality of leather tanning wastewater by reduced the amount of ammonia, BOD, COD and TSS. Ameliorant combination of zeolit and lime was the most effective in improving the quality of leather tanning wastewater compared to single treatment zeolit or lime. In treatment KZ3, the acidity was decrease as much as 7 %, NH₄⁺ as much as 2%, BOD as much as 80%, COD as much as 75% and TSS as much as 25 %. In treatment RZ4 plant height increase as much as 36% compared to control (RZ0), it also has the highest N uptake of plant compared to control (RZ0).

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan kasih sayang-Nya pada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"PENGARUH PENAMBAHAN AMELIORAN ZEOLIT DAN KAPUR PADA LIMBAH PENYAMAKAN KULIT SEBAGAI IRIGASI AMAN BAGI PERTUMBUHAN SAWI"** diajukan sebagai tugas akhir dalam rangka menyelesaikan studi di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang tulus kepada :

1. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, MS Selaku Ketua Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya dan sebagai dosen pembimbing pertama. Terima kasih atas segala saran dan motivasi dari awal hingga akhir penulisan skripsi ini.
2. Lenny Sri Nopriani SP. MP Sebagai dosen pembimbing kedua, terima kasih atas saran-saran dalam perbaikan skripsi ini.
3. Dr. Ir. Sugeng Priyono, MS dan Syahrul Kurniawan, SP. MP selaku penguji, terima kasih atas saran-saran dalam rangka perbaikan skripsi ini.
4. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Tanah yang telah memberikan kemudahan penulis dalam menggunakan fasilitas Jurusan selama penelitian dan menyelesaikan skripsi.
5. Abah dan Ibu serta kakakku tercinta atas segala doa, dukungan, bimbingan, dan kesabarannya.
6. Seluruh teman-temanku angkatan 2004 (Soiler '04) yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini.

Penulis sadar bahwa karya ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran sangatlah penulis harapkan demi kesempurnaan tulisan ini. Penulis berharap semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Malang, 4 Juli 2009

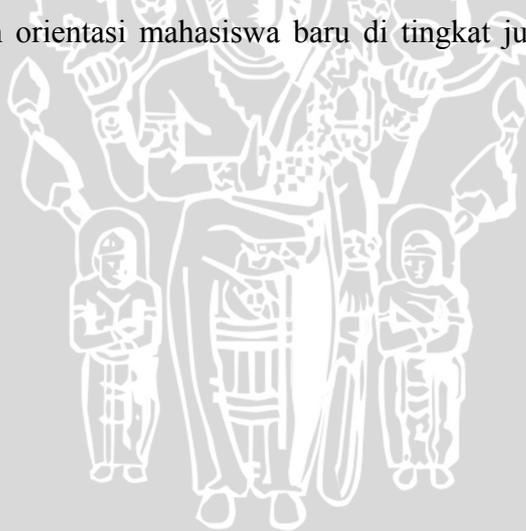
Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis adalah anak kedua dari dua bersaudara yang dilahirkan di Malang pada tanggal 22 November 1985 dari keluarga Bapak Nasroellah A. KA dan Ibu Itta Sudjiati.

Jenjang pendidikan formal penulis diawali di TK Muslimat NU lulus tahun 1996, dilanjutkan Madrasah Ibtidaiyah Islamiyah, pindah ke SDN Penanggungungan I lulus tahun 1998, pendidikan menengah pertama di MTs Negeri Malang 1 Malang lulus tahun 2001, kemudian melanjutkan ke MAN 1 Malang, pindah SMK Negeri 3 Malang dan lulus tahun 2004.

Pada tahun yang sama penulis melanjutkan ke jenjang pendidikan perguruan tinggi srata 1 (S1) Jurusan tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang melalui jalur SPMB. Selama menjadi mahasiswa jurusan tanah pernah mengikuti kepanitiaan dalam kegiatan orientasi mahasiswa baru di tingkat jurusan pada tahun 2005-2006.

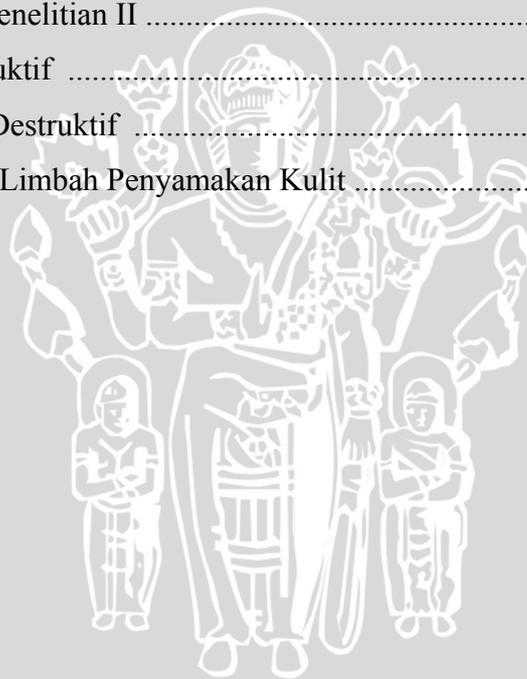


DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN.....	i
SUMMARY.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Hipotesis.....	2
1.4 Manfaat.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Air Limbah	4
2.2 Perkembangan Industri Penyamakan Kulit	7
2.3 Baku Mutu.....	11
2.4 Nitrogen	12
2.5 Proses Remediasi Air Limbah	15
2.6 Fisiologi Tanaman Sawi (<i>Brassica juncea</i> . L).....	24
III. METODOLOGI.....	26
3.1 Tempat dan Waktu	26
3.2 Alat dan Bahan.....	26
3.3 Metodologi Penelitian.....	27
3.4 Tahapan Penelitian.....	29
3.5 Metode Pengamatan	31
3.6 Analisis Data	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Kualitas Limbah Penyamakan Kulit).....	33
4.2. Penelitian I: Pengaruh Berbagai Perlakuan Remediasi Terhadap Kualitas Limbah Penyamakan Kulit).....	34
4.3. Pengaruh Air Limbah Pasca Remediasi Sebagai Irigasi Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi).....	44
4.4. Hubungan Parameter Kualitas Air Limbah dengan Pertumbuhan Tanaman Sawi	49
V. KESIMPULAN DAN HASIL	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	59

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1	Baku Mutu Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit yang Sudah Beroperasi	10
2	Metode Analisa Kimia Air Limbah	27
3	Metode Analisis Dasar Tanah	27
4	Perlakuan dalam Penelitian I	28
5	Perlakuan dalam Penelitian II	28
5	Pengamatan Destruktif	32
6	Pengamatan Non-Destruktif	32
7	Karateristik Dasar Limbah Penyamakan Kulit	33



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1	Alur Pikir Penelitian	3
2	Proses Penangkapan ion-ion oleh Adsorben dalam Proses Adsorpsi oleh Bahan Adsorben (Zeolit)	19
3	Fisiologi Tanaman Sawi (<i>Brassica juncea</i> .L)	24
4	Perubahan nilai pH pada Berbagai Perlakuan Remediasi	35
5	Perubahan nilai Amoniak pada Berbagai Perlakuan Remediasi	37
6	Perubahan nilai BOD pada Berbagai Perlakuan Remediasi	39
7	Perubahan nilai COD pada Berbagai Perlakuan Remediasi	41
8	Perubahan nilai TSS pada Berbagai Perlakuan Remediasi	43
9	Tinggi Tanaman Sawi pada Masing-masing Perlakuan Penyiraman	45
10	Jumlah Daun Tanaman Sawi pada Masing-masing Perlakuan Penyiraman	46
11	Nilai Berat Kering pada Berbagai Perlakuan Penyiraman 46 Hari Setelah Tanam	47
12	Nilai Serapan N pada Berbagai Perlakuan Penyiraman 46 Hari Setelah Tanam	48
13	Hubungan Serapan N Tanaman dengan Jumlah Pemberian N pada Tanaman Sawi	49

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Hasil Uji Laboratorium Kualitas Air Limbah Industri Penyamakan Kulit	59
2.	Perhitungan Perhitungan Jumlah Tanah dan Air Limbah Pasca Remediasi yang digunakan Tanaman Sawi serta Kebutuhan Pupuk Dasar	60
	Perhitungan Kebutuhan Pupuk Dasar per Polibag	61
3.	Denah percobaan penelitian	62
	Denah Petak Percobaan I	62
	Denah Petak Percobaan II	63
4.	Penelitian I: Remediasi Limbah Penyamakan Kulit	64
	Penelitian II: Pertumbuhan Tanaman Sawi dengan Penyiraman menggunakan Air Limbah Pasca Remediasi	65
5.	Prosedur Analisis Parameter Kualitas Air.....	68
6.	Analisis Ragam (ANOVA) Kualitas Air Remediasi Limbah Penyamakan Kulit	73
	Analisis Ragam (ANOVA) Pertumbuhan Tanaman Sawi dengan Menggunakan Air Limbah Pasca Remediasi sebagai Irigasi ...	75
7.	Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT 5%) Kualitas Air Limbah	77
	Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pertumbuhan Tanaman Sawi	78
8.	Tabel Korelasi Antar Parameter	80
9.	Grafik Regresi antar Parameter	82

I. PENDAHULUAN

I.1 Latar belakang

Peningkatan laju perindustrian yang merupakan pendukung utama pembangunan baik skala kecil, menengah, hingga besar, selalu menghasilkan hasil sampingan yang disebut limbah, baik jenis limbah cair, padat maupun gas. Limbah dikatakan berbahaya jika langsung dibuang ke perairan bebas maupun tanah (lingkungan) tanpa adanya pengolahan pengurangan bahan-bahan yang berbahaya didalamnya, misalnya kandungan logam maupun senyawa lain yang melebihi batas tertentu. Pencemaran air sungai cenderung meningkat, khususnya sungai-sungai yang melintasi perkotaan industri dan perumahan padat, sebagian besar air limbahnya dibuang langsung ke dalam sungai yang dapat menyebabkan kualitas air sungai menurun. Penggunaan air irigasi pertanian pada kota industri dan perumahan padat bersumber hanya pada sungai yang telah tercemar oleh limbah dari industri dan domestik, sehingga ada kemungkinan kandungan yang berbahaya yang dapat terserap oleh tanaman.

Industri penyamakan kulit merupakan industri yang menggunakan air dalam jumlah yang sangat besar baik untuk proses pencucian maupun proses pengolahan kulit. Proses ini menimbulkan air buangan (bekas proses) yang besar pula, dimana air buangan mengandung kebutuhan oksigen biokimia (BOD) dan amoniak yang tinggi. Limbah penyamakan kulit merupakan limbah organik cair yang mengandung minyak dan lemak yang akan mengalami dekomposisi secara alami dan dapat menimbulkan bau yang tidak sedap, juga memiliki kandungan amoniak tinggi. Menurut Zaitun (1999), bau tersebut dihasilkan pada proses penguraian senyawa mengandung nitrogen (amoniak), sulfur dan fosfor dari bahan berprotein.

Tingginya kandungan amoniak dalam limbah penyamakan kulit dapat dimanfaatkan sebagai salah satu sumber nitrogen untuk tanaman. Tanaman menyerap nitrogen dalam bentuk ammonium dan nitrat. Namun jika kandungan N terlalu tinggi dapat mengakibatkan terhambatnya proses pembungaan dan pematangan pada tanaman serta tanaman mudah terserang penyakit (Sarief, 1989). Pemanfaatan limbah cair dalam irigasi pertanian, tidak dapat langsung dipergunakan karena adanya beberapa kandungan senyawa yang perlu dikurangi jumlah kandungan atau merubah bentukannya, misalnya suhu serta kemungkinan adanya kandungan logam atau senyawa berbahaya lainnya yang berlebihan jumlahnya.

Meremediasi limbah perlu dilakukan untuk mengurangi kandungan senyawa berbahaya sebagai perlindungan terhadap lingkungan. Sehingga dibutuhkan proses remediasi limbah sebelum dibuang ke dalam lingkungan. Dibuktikan oleh Zhang (2003), bahwa zeolit merupakan bahan remediator limbah yang memiliki kemampuan sebagai penyaring amoniak (NH_3^+) yang berlebihan juga dapat menurunkan kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD) dan kebutuhan oksigen kimiawi (COD) dalam limbah. Disamping itu kapur juga banyak digunakan sebagai filter bila berkenaan dengan pH. Sehingga senyawa yang melebihi batas dapat berkurang sebelum masuk (dibuang) ke dalam lingkungan bebas maupun sebagai irigasi untuk pertanian.

I.2 Tujuan

Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengetahui kemampuan bahan amelioran yaitu zeolit dan kapur dalam mengakumulasi amoniak serta memperbaiki kualitas air limbah dalam rangka mengkaji kemungkinan zeolit dan kapur digunakan sebagai adsorber serta filter dari pencemaran air limbah penyamakan kulit di lingkungan. Serta pemanfaatan air limbah pencemar pasca remediasi sebagai irigasi aman bagi tanaman.

I.3 Hipotesis

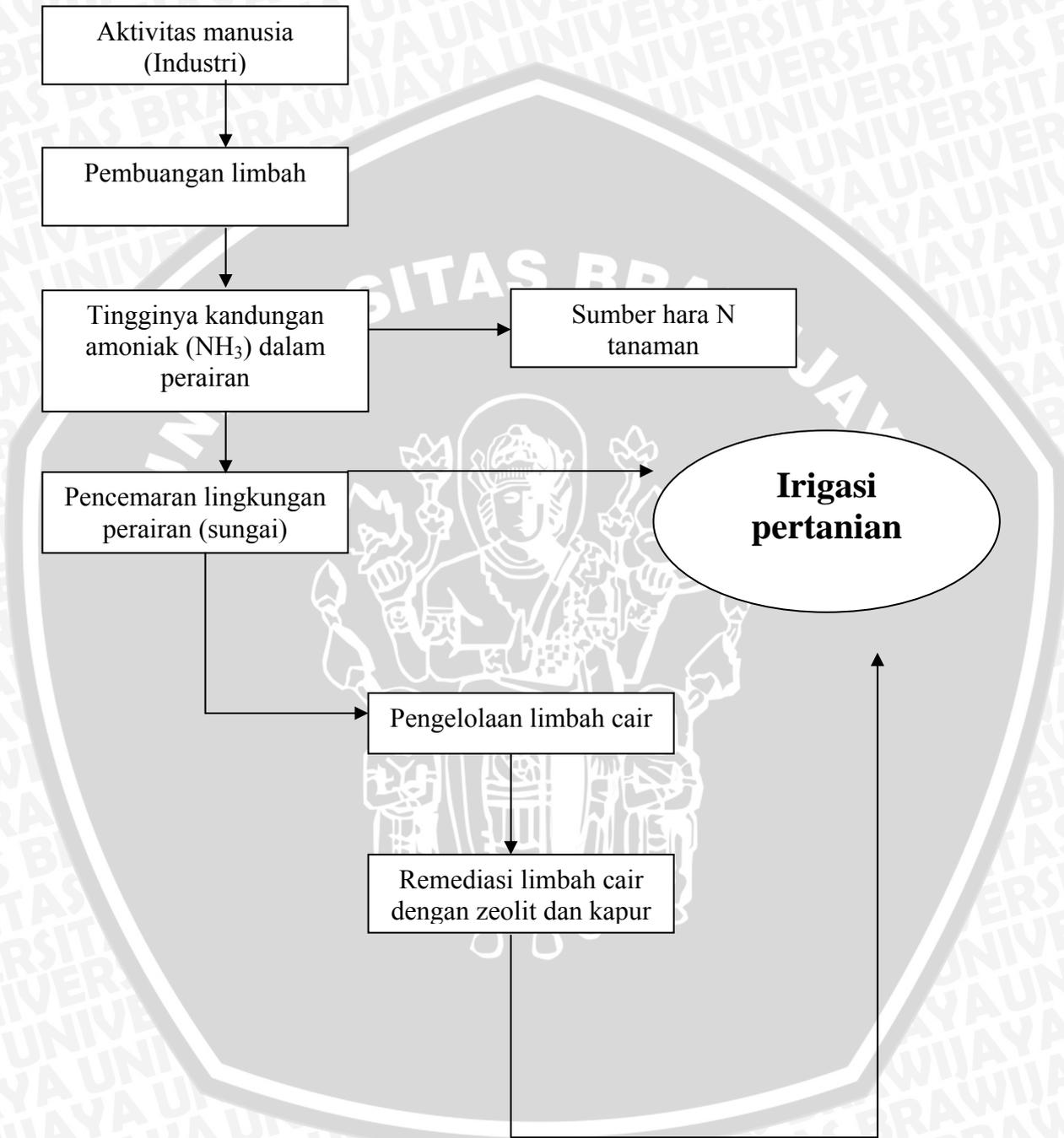
Hipotesis yang coba dibangun pada percobaan ini yaitu : (1) Proses adsorpsi limbah cair menggunakan amelioran zeolit dan kapur dapat memperbaiki kualitas air limbah penyamakan, (2) Remediasi sederhana limbah cair penyamakan kulit dapat menggunakan proses adsorpsi dan filter oleh zeolit dan kapur, (3) Air limbah pasca remediasi dapat menjadi sumber nitrogen bagi tanaman.

I.4 Manfaat

Manfaat dari percobaan ini yaitu : (1) Memanfaatkan air limbah yang ada disekitar masyarakat sebagai irigasi aman bagi tanaman, (2) Pengelolaan air limbah industri secara sederhana, (3) Pengurangan dampak buruk air limbah industri pada lingkungan.

ALUR PIKIR

Alur pemikiran yang mendasari penelitian ini adalah seperti yang tersaji pada gambar dibawah ini :



Gambar 1 : Kerangka pikir penelitian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah

2.1.1 Jenis-Jenis Air Limbah

Suatu zat dikatakan sebagai polutan (pencemar), apabila jumlahnya melebihi jumlah normal, berada pada waktu yang tidak tepat, serta berada pada tempat yang tidak tepat. penyebab terjadinya pencemaran dapat berupa masuknya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam air sehingga menyebabkan kualitas air tercemar. Masukan tersebut sering disebut dengan istilah *unsur pencemar*, yang pada prakteknya masukan tersebut berupa buangan yang bersifat rutin, misalnya buangan limbah cair. Aspek pelaku/penyebab dapat yang disebabkan oleh alam, atau oleh manusia. Indikator atau tanda bahwa air lingkungan telah tercemar adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati yaitu Pengamatan secara fisis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan tingkat kejernihan air (kekeruhan), perubahan suhu, warna dan adanya perubahan warna, bau dan rasa. Pengamatan secara kimiawi, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan zat kimia yang terlarut, perubahan pH dan Pengamatan secara biologis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan mikroorganisme yang ada dalam air, terutama ada tidaknya bakteri patogen. Indikator yang umum diketahui pada pemeriksaan pencemaran air adalah pH atau konsentrasi ion hydrogen, oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen, DO*), kebutuhan oksigen biokimia (*Biochemiycal Oxygen Demand, BOD*) serta kebutuhan oksigen kimiawi (*Chemical Oxygen Demand, COD*) (Warlina, 2004). Menurut Anwar (1996), air limbah adalah air yang tidak bersih dan mengandung berbagai zat yang membahayakan manusia dan atau hewan, dan lazimnya muncul karena perbuatan manusia termasuk industrialisasi. Air limbah juga dapat didefinisikan sebagai air yang bercampur zat-zat padat (*dissolved* dan *suspended solid*) yang berasal dari pembuangan kegiatan rumah tangga, pertanian, perdagangan, dan industri (Warlina, 2004).

Menurut Santi, 2004, Air limbah berasal dari dua jenis sumber yaitu air limbah rumah tangga dan air limbah industri. Secara umum didalam limbah rumah tangga tidak terkandung zat-zat berbahaya, sedangkan didalam limbah industri harus dibedakan antara limbah yang mengandung zat-zat yang berbahaya dan yang tidak bergantung pada jenis industrinya. Limbah industri dapat berupa polutan organik

(berbau busuk), polutan anorganik (berbuih, berwarna), atau mungkin berupa polutan yang mengandung asam belerang (berbau busuk) atau berupa suhu (air menjadi panas). Untuk limbah yang mengandung zat-zat yang berbahaya harus dilakukan penanganan khusus tahap awal sehingga kandungannya bisa di minimalisasi terlebih dahulu sebelum dialirkan pada saluran pembuangan, karena zat-zat berbahaya itu bisa mematikan fungsi mikro organisme untuk menguraikan senyawa-senyawa di dalam air limbah. Sebagian zat-zat berbahaya bahkan jika dialirkan pada hanya melewati saluran pembuangan tanpa terjadi perubahan yang berarti, misalnya logam berat, dapat menyebabkan pencemaran kimiawi (logam berat) di lingkungan. Penanganan limbah industri tahap awal ini biasanya dilakukan secara kimiawi dengan menambahkan zat-zat kimia yang bisa mengurangi zat-zat yang berbahaya tersebut (Warlina, 2004)

Dalam air limbah yang menjadi pencemar lingkungan perairan baik merupakan limbah organik maupun limbah anorganik terdapat banyak partikel organik maupun anorganik pencemar yang dapat disebut juga sebagai polutan. Polutan yang terdapat limbah cair ada berbagai jenis, dan jenis polutan tersebut menentukan bagaimana limbah cair tersebut harus diolah. Berdasarkan polutan yang terkandung di dalam limbah cair, maka limbah cair dapat dibedakan menjadi empat yaitu : 1) Mengandung bahan yang mudah menguap. Air limbah mengandung bahan yang mudah menguap, maka harus ada unit aerasi untuk mengeluarkan bahan-bahan yang mudah menguap, atau ditempatkan pada lokasi penampungan dengan luas permukaan besar agar terjadi penguapan. 2) Mengandung bahan yang mudah membusuk Limbah cair yang mengandung bahan yang mudah membusuk (*degradable*) diolah secara bakteriologi baik secara *aerob* maupun *anaerob*. 3) Limbah yang mengandung logam berat atau bahan-bahan kimia yang lain, relatif lebih sulit, sebab harus diketahui karakter dari masing-masing polutan. 4) Mengandung bakteri patogen Limbah yang mengandung bakteri patogen, harus ada unit untuk membunuh bakteri, misalnya menggunakan kaporit (Darsono, 1995).

2.1.2 Dampak Air Limbah

Sesuai dengan standar baku mutu limbah, air limbah merupakan benda sisa, maka air limbah merupakan benda yang sudah tidak dipergunakan lagi. Namun tidak berarti bahwa air limbah tersebut tidak perlu dilakukan pengelolaan, karena apabila

limbah tersebut tidak dikelola secara baik akan dapat menimbulkan gangguan lingkungan

Beberapa dampak yang dapat ditimbulkan oleh air limbah industri antara lain;

1. Gangguan Terhadap Kesehatan

Air limbah sangat berbahaya terhadap kesehatan manusia karena dapat membawa banyak penyakit yang dapat ditimbulkan melalui air limbah. Air limbah juga dapat sebagai pembawa penyakit di dalam air limbah itu sendiri banyak terdapat bakteri patogen penyebab penyakit.

Kandungan logam yang tinggi pada limbah penyamakan kulit yang tidak dilakukan pengelolaan terlebih dahulu, jika masuk ke dalam tubuh manusia dapat menimbulkan kerusakan ginjal karena penumpukan logam yang berlebih, bahkan yang lebih fatal akan dapat mengakibatkan gangguan kerusakan otak, karena rusaknya sel membran dalam setiap sel dalam tubuh (Zhang, 1993). Selain sebagai pembawa dan kandungan kuman penyakit maka air limbah juga dapat mengandung bahan-bahan beracun, penyebab iritasi, bau dan bahkan suhu yang tinggi serta bahan-bahan lainnya yang mudah terbakar.

2. Gangguan terhadap Kehidupan Biotik

Kematian kehidupan di dalam air disebabkan karena kurangnya oksigen di dalam air dapat juga karena adanya zat beracun yang berada di dalam air limbah tersebut yang dapat menyebabkan matinya ikan dan bakteri-bakteri di dalam air juga menimbulkan kerusakan pada tanaman atau tumbuhan air. Sebagai akibat matinya bakteri-bakteri, maka proses penjernihan sendiri yang seharusnya bisa terjadi pada air limbah menjadi terhambat. Akibat selanjutnya adalah air limbah akan sulit untuk diuraikan. Semakin banyak zat pencemar yang ada di dalam air limbah, maka akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen yang terlarut di dalam air limbah, yang tidak mencukupi kebutuhan mikroorganisme biotik untuk merombak amoniak menjadi nitrit dan nitrat. Rendahnya kandungan oksigen terlarut dalam air akan menyebabkan kehidupan di dalam air yang membutuhkan oksigen akan terganggu, dalam hal ini akan mengurangi perkembangannya (Azwar, 1995)

Selain bahan-bahan kimia yang dapat mengganggu kehidupan di dalam air, maka kehidupan di dalam air juga dapat terganggu dengan adanya pengaruh fisik seperti adanya tempertur tinggi yang dikeluarkan oleh industri yang memerlukan proses pendinginan. Panasnya air limbah dapat mematikan semua organisme apabila

tidak dilakukan pendinginan terlebih dahulu sebelum dibuang ke dalam saluran air limbah (Sugiharto, 1987).

2.2 Perkembangan Industri Penyamakan Kulit

2.2.1 Proses

Kulit terbentuk dari reaksi serat kalogen di dalam kulit hewan dan tannin, krom, tawas atau zat penyamak lain. Pada dasarnya untuk mengubah kulit hewan digunakan dua proses : proses rumah-balok, kulit hewan dibersihkan dan disiapkan untuk operasi penyamakan. Pertama-tama, kulit direndam dalam air untuk menghilangkan kotoran, darah, garam dan pupuk. Kemudian kulit dibersihkan dengan mesin atau tangan untuk menghilangkan sisa-sisa daging yang ada. Penghilangan bulu dilakukan secara kimia dengan tangan dan atau mesin. Bubur kapur tohor digunakan untuk melepaskan bulu, kemudian apabila bulu itu akan digunakan dapat dilarutkan dengan natrium sulfida. Langkah pertama dalam proses penyamakan adalah perendaman kulit hewan dalam larutan garam amoniak dan enzim. Semua kulit hewan untuk penyamakan krom harus mengalami pengasaman. Pengasaman membuat kulit hewan bersifat asam dengan menggunakan asam sulfat dan natrium chlorida. Penyamakan itu sendiri dilakukan di dalam tong yang berisi tannin nabati (kulit pohon, kayu, buah atau akar), atau campuran secara kimia yang mengandung krom sulfat. Pemucatan, pemberian warna coklat, cairan lemak dan pewarnaan digunakan untuk kulit khusus. Langkah-langkah akhir seperti pengeringan, perentangan dan penekanan kulit adalah proses kering dan tidak menghasilkan limbah cair (Santi, 2004).

2.2.2 Sumber Limbah Cair

Limbah cair pabrik penyamakan berasal dari larutan yang digunakan unit pemrosesan itu sendiri yaitu perendaman air, penghilangan bulu, pemberian bubuk kapur, perendaman ammonia, pengasaman, penyamakan, pemucatan, pemberian warna coklat, dan pewarnaan dan dari bekas pencucian, tetesan serta tumpahan. Penghilangan bulu dengan kapur dan sulfida biasanya merupakan penyumbang utama beban pencemaran dalam pabrik penyamaan. Limbah dengan kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD) tinggi berasal dari cairan bekas perendaman, cairan kapur bekas dan cairan penyamaan nabati. Cairan samak krom mengandung krom-trivalen kadar tinggi. Perendaman ammonia meninggalkan banyak campuran nitrogen-amonia dan

sedikit bahan organik. Limbah cair dari operasi penghilangan bulu mengandung bulu dan sulfide (Santi, 2004)

2.2.3 Pengendalian limbah dalam Pabrik

Dalam operasi penyamakan, cara-cara berikut dapat menghemat penggunaan air :

1. Penggunaan proses tong dengan aliran berlawanan
2. Pengumpulan air cucian untuk digunakan kembali dalam penambahan cairan induk.
3. Pemisahan air limbah dalam pabrik untuk daur ulang langsung dan daur ulang sesudah pengolahan tertentu.
4. Sistem kendali penggunaan air, meteran atau alat pengukur waktu.
5. Aturan rumah tangga yang baik.
6. Penggunaan pencucian dengan aliran berlawanan daripada dengan proses pembilasan berulang. Penggunaan mesin pengolah kulit untuk menggantikan tong atau drum untuk satuan proses rumah balok dan proses penyamaan.

Cara lain untuk mengurangi limbah meliputi :

1. Regenerasi (penjernihan cairan induk) dan penggunaan ulang larutan penyamak krom.
2. Daur ulang 100 % larutan penyamak nabati sekarang banyak diterapkan.
3. Pengumpulan limbah dari penghilangan sisa daging sebagai pakan hewan atau bahan pembuat lem.
4. Menyimpan bulu untuk dijual kepada pabrik karpet.
5. Meregenerasi larutan penghilang bulu.
6. Penggunaan proses-proses baru seperti enzim, oksidasi, dimetilamin atau soda kostik untuk penghilangan bulu.
7. Penggunaan proses penyamaan krom baru, yang melibatkan asam dikarboksilat dan garam-garam sebagai pengganti krom (Santi, 2004).

2.2.4 Pengolahan Limbah Cair

Kadang kala aliran limbah perlu diolah sendiri-sendiri untuk mengurangi konsentrasi beberapa zat pencemar dalam limbah cair. Aliran yang mengandung sulfida dapat dioksidasi untuk mengurangi kadar sulfida. Krom hampir selalu trivalent karena tidak perlu dilakukan reduksi bentuk heksavalennya. Aliran mengandung krom dapat diendapkan dengan menggunakan tawas, garam besi atau polimer pada pH

tinggi. Krom mungkin dapat diperoleh kembali dengan menyaring endapan, melarutkannya kembali dalam asam dan menggunakannya untuk penyamakan. Proses pengolahan primer lain meliputi penyaringan, sampai proses pengendapan untuk mengurangi kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD) dan memperoreh padatan kembali. Pengolahan secara kimia dengan menggunakan tawas, kapur tohor, fero-chlorida atau polielektrolit lebih lanjut dapat mengurangi kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD). Maka sistem pengolahan secara biologi dapat bekerja secara efektif. Keragaman laju alir dan kadar limbah mungkin besar. Karena itu, harus digunakan sistem penyamakan atau sistem laju alir tinggi. Sistem anaerob efektif, tetapi akan mengeluarkan bau tajam yang mengganggu daerah pemukiman. Sistem-sistem parit oksidasi, kolam aerob, saringan tetes dan lumpur teraktifkan sudah banyak digunakan. Danau (anaerob dan aerob) merupakan sistem yang murah dan efektif, apabila dirancang dan dioperasikan secara baik dan apabila tanah tersedia. Apabila diperlukan, dapat digunakan suatu sistem untuk menghilangkan tingkat nitrogen yang tinggi. Dalam operasi baru telah digunakan adsorpsi (penyerapan) karbon dan pengayakan mikro untuk mengurangi zat pencemar sampai tingkat rendah (Santi, 2004).

Menurut Sunu (2001), limbah cair dari pabrik penyamakan kulit mengandung bahan non-organik. Bahan non-organik merupakan bahan yang mengandung zat asam, alkalin, berbagai garam, logam dan sebagainya. Selain itu, air limbah yang mengandung zat-zat logam seperti timah, krom valensi enam, atau zat non-logam seperti sianida dan arsenic, merupakan limbah cair yang mengandung zat racun non-organik.

2.2.5 Penanganan Limbah Padat

Banyak limbah padat penyamakan kulit dapat dijual sebagai hasil sampingan, antara lain bulu, daging, dan lain-lainnya. Sebagian besar limbah padat lainnya, meliputi sisa organik dari tong, total nabati dan kulit kayu untuk penyamakan, lumpur kapur dan lumpur dari pengolah air limbah bersifat merusak tetapi tidak beracun dan biasanya dapat disebar di atas tanah atau ditimbun dalam tanah. Lumpur dan limbah lain yang mengandung krom lebih berbahaya dan ini harus disimpan ditempat penimbunan yang aman (Santi, 2004).

2.2.6 Parameter Utama

Parameter-parameter berikut ini penting dalam mendefinisikan daya cemar limbah dari kegiatan penyamakan kulit: Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), Krom (keseluruhan), Amoniak (NH_3^+) dan pH air (Santi, 2004).

2.2.7 Baku Mutu Limbah Cair

Pernah dijelaskan oleh Santi (2004), bahwa laju air limbah dalam proses operasi yang ada sekarang mungkin dapat mencapai 100m kubik per ton bahan baku, akan tetapi penghematan air dan daur ulang dapat mengurangi penggunaan air 70% - 80%. Operasi penyamakan penuh dapat menggunakan hanya 35m kubik per ton kulit mentah (kering). Jika beberapa proses dilakukan di tempat lain, seperti perendaman air, pengapuran, penghilangan bulu maka penggunaan air dapat mencapai 25m kubik per ton bahan baku.

Baku mutu pada Tabel 1 memperlihatkan teknologi pengolahan terbaik yang tersedia sekarang dan secara ekonomi dapat diterapkan. Baku mutu pada tabel ini dapat diterapkan pada seluruh pabrik penyamakan pada tahun 1995 dan harus digunakan untuk semua industri baru atau perluasannya hingga saat ini.

Tabel 1. Baku Mutu Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit yang sudah Beroperasi

Parameter	Kadar maksimum (mg/l)	Beban pencemaran maksimum (g/m)
BOD	150	10,50
COD	300	21,0
TSS	150	10,5
Sulfida (H_2S)	1,0	0,07
Krom total	20	0,14
Minyak dan lemak	5,0	0,35
Amonia total	10,0	0,70
Ph 6,0 -9,0	Debit limbah cair maksimum 70 m kubik per ton	

Sumber : Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia ; Pengendalian dan Baku Mutu EMDIBAPEDAL 1994

2.2.8 Permasalahan Limbah

Limbah penyamakan kulit menggunakan air dalam proses produksinya sekitar 70 m per ton, hal ini mampu menyumbang sekitar 45 ton amoniak per hari dalam pencemaran limbah cair ke perairan bebas selain limbah padat (Mercer, 1969). Sehingga dapat menyumbang pencemaran dalam pencemaran cukup tinggi. Parameter pencemar dalam limbah penyamakan kulit antara lain BOD, COD, TSS, pH limbah, serta yang terpenting adanya kandungan nitrogen dalam bentuk amoniak, jika langsung dibuang ke dalam perairan bebas tanpa ada pengolahan limbah terlebih dahulu, maka akan dapat mengakibatkan beberapa hal yang membahayakan antara lain eutrofikasi, penurunan kadar oksigen terlarut dalam air.

Limbah cair dari penyamakan kulit yang merupakan limbah organik dapat dimanfaatkan lagi, namun jika masih memiliki kandungan logam – logam berat seperti Cr, maka limbah penyamakan kulit termasuk ke dalam limbah non-organik. Kandungan logam berasal dari larutan penyamak kulit yang memang banyak digunakan oleh industri tersebut. Sisa larutan penyamak akan dapat menambah ion logam dalam perairan. Limbah akan langsung dibuang tanpa adanya pengolahan maka akan mencemari lingkungan karena sifat logam yang dapat menjadi racun bila dalam jumlah yang berlebihan dan limbah ini biasanya tidak dapat didekomposisikan oleh bakteri pengurai (Ali, 2005)

Menurut Eriawan (2002), kandungan utama amoniak adalah nitrogen yang dapat mengakibatkan suburnya suatu perairan (eutrofikasi) pada batas tertentu. Namun bila terjadi penumpukan N dalam perairan maka akan terjadi “kesuburan yang berlebihan” (hypereutrofikasi). Kondisi ini mengakibatkan perairan akan menjadi kekurangan oksigen terlarut dalam perairan sehingga bakteri pengurai akan menghasilkan senyawa-senyawa beracun yang berbahaya bagi lingkungan dan pemanfaatan air selanjutnya.

2.3 Baku Mutu

Baku mutu dapat dibedakan menjadi 2 yaitu baku mutu limbah dan baku mutu lingkungan. Baku mutu limbah mengatur persyaratan limbah yang boleh dibuang ke lingkungan, sedangkan baku mutu lingkungan mengatur kondisi lingkungan agar sesuai dengan kebutuhan manusia.

Baku mutu limbah cair dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

1) *Efluent standard*

Efluent standard adalah batas kadar maksimum atau minimum parameter limbah yang diperbolehkan untuk dibuang ke lingkungan. Ada 4 jenis yaitu: golongan I, II, III, dan IV. Golongan I merupakan standar limbah yang paling baik, sehingga pengolahannya pun paling sulit, dan golongan IV adalah golongan limbah yang paling jelek, sehingga apabila suatu kegiatan dituntut untuk mengolah limbah sesuai dengan golongan IV, maka tuntutan pengolahan paling ringan.

2) *Stream standard*

Stream standard adalah batas kadar maksimum atau minimum parameter suatu badan air. Badan air seperti sungai dibedakan menjadi :

- a) Badan air golongan A: yaitu badan air yang airnya digunakan sebagai air minum tanpa pengolahan yang berarti.
- b) Badan air golongan B: yaitu badan air yang airnya dapat digunakan sebagai air baku untuk diolah sebagai air minum, dan dapat digunakan untuk keperluan lain, tetapi tidak memenuhi golongan A.
- c) Badan air golongan C: yaitu badan air yang airnya digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan, dan dapat digunakan untuk keperluan lain, tetapi tidak memenuhi golongan A dan B
- d) Badan air golongan D: yaitu badan air yang airnya digunakan untuk keperluan pertanian dan untuk keperluan lain, tetapi tidak memenuhi golongan A, B, dan C
- e) Badan air golongan E yaitu badan air yang airnya tidak memenuhi kualitas air golongan A, B, C, dan D. (Anonymous, 2009)

2.4 Nitrogen

Menurut Sarief (1989), Nitrogen merupakan unsur utama bagi pertumbuhan tanaman sebab merupakan unsur penyusun dari semua protein dan asam nukleik, kandungan demikian merupakan penyusun protoplasma secara keseluruhan. Pada umumnya, nitrogen diambil tanaman dalam bentuk ammonium (NH_4^+), dan nitrat (NO_3^-) tetapi nitrat yang terserap segera terinduksi menjadi ammonium melalui enzim yang mengandung molibdimun. Ion-ion ammonium dan beberapa karbohidrat mengalami sintesis dalam daun dan diubah menjadi asam amino, terutama dalam hijau daun. Dengan demikian apabila unsur nitrogen yang tersedia lebih banyak dalam unsur lainnya, dapat dihasilkan protein lebih banyak dan daun dapat tumbuh lebih

lebar, sebagai akibatnya maka proses fotosintesis lebih banyak terjadi. Diduga lebarnya daun yang tersedia bagi proses fotosintesis secara kasar sebanding dengan jumlah nitrogen yang diberikan.

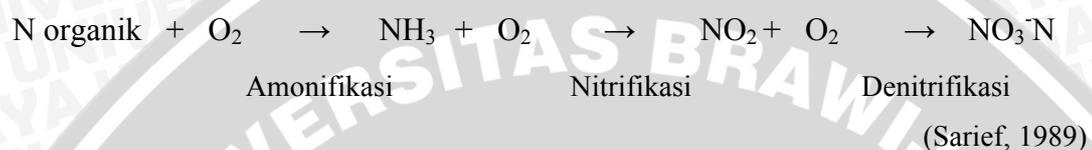
Dijelaskan oleh Sarief (1989), Pengaruh nitrogen dalam penambahan pertumbuhan daun tidak hanya pada pertumbuhan daun saja, sebab semakin tinggi pemberian nitrogen, semakin cepat sintesis karbohidrat yang diubah menjadi protein dan protoplasma. Pengaruh nitrogen dalam meningkatkan protoplasma terhadap bahan dinding sel dapat mengakibatkan bertambah besarnya ukuran sel-sel dalam dinding sel yang tipis. Keadaan ini mengakibatkan daun-daun lebih banyak mengandung air (sukulen) dan kurang keras atau kurang kasar. Jumlah nitrogen yang terlalu banyak mengakibatkan menipisnya bahan dinding sel sehingga mudah diserang hama dan penyakit, dan gampang terpengaruh oleh keadaan buruk seperti kekeringan atau kedinginan (frost). Sebaliknya, kandungan nitrogen yang rendah dapat mengakibatkan tebalnya dinding sel daun dengan ukuran sel yang kecil, dengan demikian daun menjadi keras penuh dengan serat-serat. Selain itu nitrogen dapat mempengaruhi warna daun sehingga menjadi hijau gelap. Tetapi apabila nitrogen kurang atau sangat kurang dibanding dengan unsur-unsur lain, warna daun menjadi kekuning-kuningan atau hijau kemerah-merahan. Hal ini disebabkan oleh berkurangnya protein yang berakibat menguningnya daun secara berangsur dan pertumbuhan dapat terhambat dan terhenti.

Pada umumnya nitrogen sangat diperlukan untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang, dan akar. Kalau terlampaui banyak, akan menghambat pembungaan dan pembuahan tanaman. Bentuk nitrogen dalam tanah dapat berupa N_2 , NO_3^- , NO_2^- , NH_3 , dan NH_4^+ . Bentuk tersebut bergantung pada kondisi tempat tinggal bakteri pengurai. Pada kondisi aerobik maka N dominan adalah bentuk nitrat (NO_3^-) karena adanya proses nitrifikasi. Pada keadaan lain atau pada keadaan anaerobik bentuk N yang dominan adalah amoniak (NH_4^+) (Santoso, 1988).

Salah satu bentuk lain dari nitrogen yaitu amoniak juga merupakan hasil utama dari perubahan protein yang berada pada perairan, juga dapat berasal dari dekomposisi bakteri dan bahan organik. Amoniak dalam air pada suhu dan kisaran pH tertentu banyak terdapat dalam bentuk ion yang terionisasi (NH_4^+), selama pH serta suhu meningkat amoniak yang terionisasi berubah menjadi amoniak yang tidak terionisasi (NH_3). Bentuk amoniak yang tidak terionisasi inilah yang dapat menjadi

racun bagi ekosistem perairan. Untuk mengubah amoniak dibutuhkan kandungan oksigen terlarut yang cukup, sehingga oleh bakteri dapat dirombak dan diubah menjadi bentuk nitrit dan nitrat (Wurts, 2002)

Terdapatnya amoniak dalam air erat hubungannya dengan siklus N di alam ini. Sumber amoniak dalam perairan adalah pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat di dalam tanah dan air, yang berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota organik yang mati) oleh mikroba dan jamur. Proses ini dikenal dengan istilah amonifikasi, ditunjukkan dalam persamaan reaksi:



yang lain yaitu proses reduksi gas nitrogen yang berasal dari proses difusi udara atmosfer, limbah Industri dan domestik. Amoniak perairan dapat menghilang melalui proses volatilisasi (penguapan) karena tekanan parsial amoniak dalam larutan meningkat dengan semakin meningkatnya pH. Menurut Effendi, 2003, Presentase kadar amoniak bebas meningkat seiring meningkatnya nilai pH dan suhu perairan. Pada pH 7 atau kurang sebagian besar amoniak akan mengalami ionisasi. Sebaliknya pada pH yang lebih besar dari 7, amoniak tidak terionisasi yang bersifat toksik terdapat dalam jumlah lebih besar, karena tidak mengalami ionisasi. Amoniak bebas (NH₃) yang tidak terionisasi bersifat toksik (racun) terhadap biota akuatik. Toksisitas (tingkat racun) amoniak terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, tingkat pH, dan kadar suhu. Amoniak tidak terionisasi jarang ditemukan pada perairan yang cukup mendapat pasokan oksigen, karena telah proses mengalami ionisasi yang membutuhkan oksigen. Sebaliknya, pada wilayah anoksik (tanpa oksigen) yang biasanya terdapat di dasar perairan, kadar amoniak relatif tinggi (Wurts, 2002).

Siklus Nitrogen (N) dapat diketahui bahwa amoniak (NH₃) dapat terbentuk dari : a.) Dekomposisi bahan-bahan organik yang mengandung Nitrogen baik yang berasal dari hewan (misalnya dari feces (kotoran)) oleh bakteri, b.) Hidrolisa urea yang terdapat pada urine hewan, c.) Dekomposisi bahan-bahan organik dari tumbuh-tumbuhan yang mati oleh bakteri, d.) N₂ atmosfer, melalui pengubahan menjadi N₂O₅ oleh loncatan listrik di udara, menjadi HNO₃ karena persatuan dengan air dan selanjutnya jatuh di tanah oleh hujan. Dengan melalui pembentukannya menjadi

protein organik yang terjadi selanjutnya dan oleh dekomposisi bakteri akhirnya akan terbentuk amoniak. e.) Reduksi N_2^- oleh bakteri. Dari siklus nitrogen tersebut jelas pula bahwa NH_3 bisa terdapat dalam air melalui tanah maupun langsung terjadi pada air apabila proses dekomposisi oleh bakteri atau hidrolisa terjadi dalam air (Sarief, 1989).

Amoniak dalam perairan terbagi menjadi dua bentuk yaitu amoniak terionisasi (NH_4^+) dan amoniak yang tidak terionisasi (NH_3). Amoniak yang terionisasi adalah amoniak yang memiliki ikatan positif sedang NH_3 merupakan amoniak yang tidak memiliki ikatan dan bersifat racun. Kadar amoniak bebas yang tidak terionisasi (NH_3) pada perairan sebaiknya tidak lebih dari 0,02 mg/liter. Jika kadar amoniak bebas lebih dari nilai tersebut maka perairan tersebut bersifat toksik. Kadar amoniak yang tinggi merupakan indikasi adanya pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah domestik, industri, dan limpasan pupuk pertanian (Durborow, 1997).

2.5 Proses Remediasi Air Limbah

Proses remediasi dapat dilakukan secara kimia, fisika dan biologi. Secara fisika dapat dilakukan dengan filtrasi (penyaringan), pengendapan, adsorpsi dan absorpsi, secara kimia dapat dilakukan dengan penambahan koagulan, aerasi dan dengan cara biologi yaitu pemanasan, penyinaran dengan sinar ultraviolet, klorinasi serta penggunaan bakteri baik. Proses filtrasi merupakan proses pemisahan padatan yang terlarut dalam air (larutan). Pada proses ini, filter berperan memisahkan air dari partikel-partikel padatan. Bahan padatan yang disaring untuk dipisahkan dari air antara pasir atau lumpur. Didalam proses filtrasi ini disertai dengan proses pengendapan yang bertujuan sama dengan memanfaatkan gaya gravitasi. Benda atau padatan yang berat jenisnya lebih besar daripada air akan mengendap. Proses ini membutuhkan waktu semalam atau kurang lebih 5 hari untuk pengendapan partikel. Berbeda dengan proses remediasi secara biologi, waktu yang dibutuhkan relatif panjang (Alamsyah, 2006)

Pada proses adsorpsi yaitu proses penyerapan atau penyerapan suatu zat pada suatu benda, biasa terjadi pada cairan dan gas. Dapat juga dikatakan bahwa absorpsi adalah penyerapan konsentrasi zat pada suatu benda oleh penyerap yang dilakukan menyerap sampai isi (kandungan) dalam zat tersebut. Bahan yang digunakan untuk menyerap disebut adsorbent. Proses adsorpsi dapat dilakukan dengan cara memanfaatkan adsorbent sebagai media dalam filter (Filtration bed). Bahan adsorbent

yang dipilih, setidaknya dapat menghilangkan warna keruh, bau pada air, juga dapat pula menyerap fenol, racun dan mikroorganisme pengganggu. Absorbent yang digunakan seharusnya memiliki ukuran pori-pori dengan ukuran tertentu hingga dapat digunakan untuk menyerap partikel dengan ukuran besar maupun paling kecil dan menjebaknya dalam pori tersebut. Proses ini juga dapat menyerap bahan-bahan organik yang terkandung dalam sebuah larutan (Zhang, 2003).

Proses penghilangan atau pengurangan kandungan amoniak dalam limbah umum dilakukan dengan cara filtrasi, metode pembuka ikatan ion dengan udara, pertukaran ion, klorinisasi, serta nitrifikasi dan denitrifikasi secara biologi (Metcalf and Eddy, 2003). Pemisahan dengan cara pertukaran ion merupakan metode yang paling umum dilakukan diantara beberapa metode yang lain dilihat dari sisi bagian tampilan serta biaya. Proses pengikatan amoniak dengan merubah ion ammonium (NH_4^+) menjadi ion negatif dapat dilakukan oleh kristal zeolit (Ruth, 1990)

Zeolit merupakan mineral yang dapat menukarkan kation dan mengikat ion amoniak dalam sebuah larutan. Menurut Ruth (1990), dalam perairan amoniak muncul baik dalam bentuk tanpa terionisasi (NH_3) atau dalam bentuk terionisasi (NH_4^+) bergantung pada pH serta suhu limbah. Proses penukaran ion penghilangan hanya dapat terjadi pada bentuk terionisasi saja. Keseimbangan kapasitas pertukaran selalu tetap meningkat pada pH 7. Nilai pH pada perairan harus selalu atau di bawah 7 untuk proses pertukaran ion optimum. Selama proses pertukaran ion, ion Na^+ digantikan dengan ion NH_4 dan oleh karena itu konsentrasi ion Na^+ meningkat dalam larutan (perairan) selama proses pertukaran ion. Pada saat pertukaran ion mencapai puncaknya, metode regenerasi ion diaplikasikan. Penambahan kapur dilakukan karena pada umumnya pengurangan kadar amoniak dapat ditambahkan kapur sebagai filter. Menggunakan kapur terlalu berlebihan dapat mengakibatkan kenaikan pH dalam larutan. Keadaan tersebut dapat mengakibatkan senyawa amoniak menjadi racun. Penambahan kapur untuk mengurangi kandungan amoniak akan efektif pada larutan yang alkalin.

Menurut Mercer (1969), tahapan proses pengurangan kandungan amoniak, yaitu pertama zeolit diletakkan pada kolom-kolom yang kemudian diisi dengan limbah cair sampai kapasitas penyerapan NH_3 . Hamparan zeolit yang digunakan sebagai penyaring dapat diperbaharui (regenerasi) dengan menambahi larutan kapur. Sifat kebasahan larutan kapur dapat mempercepat perubahan ion NH_4^+ , digantikan ke NO_3^- (nitrat) yang langsung mengalir kearah bak penampungan. Ion NH_4^+ digantikan

atau dipertukarkan oleh Ca^{+2} , ion yang berasal dari larutan kapur. Proses ini menghilangkan manfaat dari proses yang biasa terjadi dalam pertukaran ion yang tidak menghasilkan larutan keluaran saringan. Karena dalam proses ini larutan keluaran dari saringan adalah larutan tanpa ion amoniak yang telah disaring dan dapat dipergunakan juga setelah ditambahi oleh larutan kapur.

2.5.1. Bahan Filter dan Adsorbent

Proses remediasi pada penelitian ini menggunakan bahan-bahan amelioran yaitu zeolites yang biasa disebut juga zeolit (Dari bahasa Yunani, berasal dari kata *zein*, “to boil” yaitu mendidih; *lithos*, “a stone” merupakan batuan) adalah mineral yang tersusun atas aluminium, silikat dan oksigen. Menurut Handoko (1998), zeolit adalah suatu jenis mineral yang tersusun dari silika (SiO_4) dan alumina (AlO_4) dengan rongga-rongga didalamnya yang berisi ion-ion logam, biasanya logam alkali dan alkali tanah, dan molekul air. Ion-ion logam tersebut dapat diganti oleh kation lain tanpa merusak strukturnya. Zeolit memiliki porositas alami dan bersifat hidropilik yaitu dapat bersifat mengikat air maka mempunyai kapasitas yang tinggi sebagai penyerap. Hal ini disebabkan karena zeolit dapat memisahkan molekul-molekul berdasarkan ukuran dan konfigurasi dari molekul. Fungsi zeolit adalah untuk menyerap gas (CO_2 , N_2 , H_2S), logam-logam bervalensi 2 dan lemak / minyak. Secara kimia zeolit dapat ditulis dengan rumus empirik :



Dimana y adalah 2 atau lebih besar, n adalah valensi kation, dan w melambangkan air yang terkandung didalamnya. Zeolit terdiri dari 3 komponen yaitu : kation yang dipertukarkan; kerangka aluminosilikat; dan fase air (Sutarli, 1994).

Menurut Sutarli (1994), kegunaan zeolit sangat luas seperti untuk bahan semen puzzolan, bahan agregat ringan, dan pengisi, bahan penjernih air limbah dalam kolam ikan, pemurni gas metan, gas alam dan gas bumi, penyerap zat (logam) racun dan lainnya. Selain itu zeolit memiliki karakteristik antara lain : Katalis, diartikan demikian karena sebagai suatu zat yang digunakan sebagai perantara untuk mempercepat atau memperlambat suatu katalis suatu reaksi tanpa ada perubahan struktur kimia. Zeolit merupakan katalisator yang baik karena mempunyai pori-pori yang besar dengan permukaan yang luas. Bila digunakan sebagai adsorber maka akan terjadi difusi molekul ke dalam ruang bebas di antara kristal. Zeolit juga dapat menjadi penyaring molekul (moleccular sieving), kinerja proses penyaringan oleh mineral ini dapat

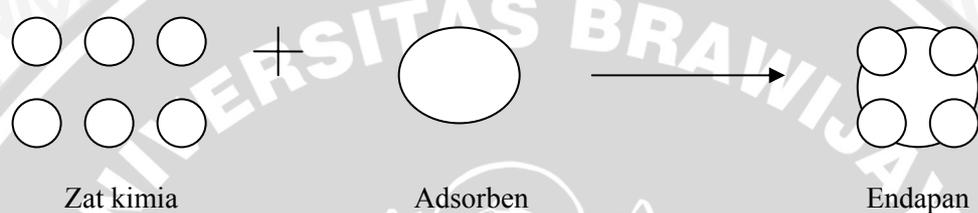
ditinjau dari dua sudut, pertama bahwa zeolit dapat menjaring molekul melalui saringan antar partikel zeolit, dan kedua yaitu bahwa zeolit dapat menyaring molekul melalui struktur rangka tiga dimensi yang porous. Zeolit sebagai adsorbent (Penyerap), kemampuan adsorpsi secara umum merupakan pengumpulan substansi-substansi terlarut yang berada dalam larutan antara dua buah permukaan. Sehingga zeolit hanya mampu menyerap molekul-molekul yang berdiameter sama atau lebih kecil dari diameter celah rongganya.

Sifat Zeolit juga sebagai. penukar ion, ion-ion rongga atau kerangka elektrolit berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion tergantung dari ukuran muatan maupun jenis zeolit. Penukar ion dalam zeolit adalah proses dimana ion asli yang terdapat dalam intra kristalin diganti dengan kation lain dari larutan. Sifat sebagai penukar ion dari zeolit bergantung pada sifat kation, suhu, dan jenis anion. Zeolit juga memiliki sifat reduksi, oksidasi serta ionisasi. Sebagai cation exchanger (penukar kation), prinsip dari proses pertukaran pada mineral ini adalah terletak pada ketidakseimbangan muatan listrik dalam molekul zeolit dan kation-kation yang terperangkap sebelumnya, dan tidak terikat secara kuat dalam struktur rangkanya sehingga mudah dapat dipertukarkan. Setiap jenis zeolit memiliki kemampuan yang berbeda dalam pertukaran kationnya. Tergantung pada perbandingan SiO_2 dan AlO_3 dan terdapat perbedaan pula dalam selektifitasnya. Selektifitas dari mineral ini akan tergantung pada struktur zeolit, mobilitas kation yang dipertukarkan, efek medan listrik yang ditimbulkan kation serta pengaruh difusi ion ke dalam larutan (Staff SSC, 2003).

Sifat dehidrasi juga di miliki oleh zeolit yaitu dapat melepaskan molekul air dalam rongga permukaan yang dapat menyebabkan medan listrik meluas ke dalam rongga utama dan akan efektif terinteraksi dengan molekul yang akan diadsorpsi. Jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori-pori atau volume ruang hampa yang akan terbentuk bila unit sel kristal zeolit dipanaskan. Dehidrasi adalah proses yang bertujuan untuk melepaskan molekul-molekul air dari kisi kristal sehingga terbentuk suatu rongga dengan permukaan yang lebih besar dan tidak lagi terlindungi yang berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Proses dehidrasi mempunyai fungsi utama melepas molekul air dari kerangka zeolit sehingga mempertinggi keaktifan zeolit. Selain itu zeolit juga dapat sebagai deodorizing agent (bahan penetral bau), sebagai contoh dalam dekomposisi amoniak yang sering dilepas secara bebas akan diikat oleh zeolit, sehingga mampu mengurangi bau busuk (tidak sedap) yang ditimbulkan selama

proses tersebut. Bau yang tajam sering menjadi permasalahan bagi air limbah penyamakan kulit.

Dalambanyak penelitian sebelumnya pengelolaan air limbah dengan penyaring zeolit dapat menghilangkan NH_4^+ sampai 0 ppm pada pH 7,5 dan menurunkan COD sampai 22 ppm. Zeolit mampu menyimpan amonium sehingga dapat dipergunakan untuk mengatur persediaan pupuk nitrogen pada proses pemupukan. Pada saat diaplikasikan pada tanaman dan amonium dibutuhkan oleh tanamam, amonium yang tersimpan akan dilepas kembali oleh zeolit dengan kadar yang dibutuhkan oleh zeolit, (Handoko, 1998).



(Alamsyah, 2006)

Gambar 2. Proses penangkapan ion-ion oleh adsorbent dalam proses adsorpsi oleh bahan adsorbent (zeolit).

2.5.2. Karakteristik Kualitas Kimia Air Limbah

Limbah cair penyamakan kulit memiliki beberapa parameter yang melebihi baku mutu golongan II, dimana kandungan bahan pencemar berada pada batas maksimum yang dianjurkan / diperbolehkan, yaitu: total zat padat tersuspensi, amoniak bebas, dan materi organik (BOD dan COD), yang berpotensi dapat mencemari lingkungan. Adanya amoniak dan materi organik dalam limbah cair dapat menurunkan kualitas lingkungan karena senyawa-senyawa tersebut, khususnya amoniak dapat mengakibatkan penurunan stabilisasi oleh aktivitas mikroorganisme dalam proses ini konsentrasi oksigen dalam badan air yang tercemar limbah akan mengalami penurunan sehingga dapat mengganggu biota air, dapat menjadi racun bagi biota perairan, dapat berperan dalam ledakan pertumbuhan alga atau eutrofikasi, dapat menghalangi proses regenerasi limbah, dan sangat berbahaya bila terkandung dalam air minum. Untuk mencegah dampak pencemaran ini limbah cair dari industri membutuhkan pengolahan terlebih dahulu untuk menurunkan konsentrasi amoniak dan materi organik yang berpotensi mencemari lingkungan, sebelum menuju perairan bebas (Susilawaty, 2007).

a. Derajat Keasaman (pH)

Konsentrasi ion hidrogen (H^+) dalam suatu cairan dinyatakan dengan pH. Organisme sangat sensitif terhadap perubahan ion hidrogen. Pada proses penjernihan air dan air limbah, pH merupakan indikator untuk meningkatkan efisiensi proses penjernihan. pH merupakan suatu faktor yang harus dipertimbangkan mengingat bahwa derajat keasaman dari air akan sangat mempengaruhi aktivitas pengolahan air yang akan digunakan, misalnya dalam melakukan koagulasi kimiawi. Menurut Sutrisno (2006), sebagai salah satu faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan atau kehidupan mikroorganisme dalam air, secara empirik pH yang optimum untuk tiap species harus ditentukan. Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan aktivitas bakteri pengoksidasi amoniak. Jika pH terlalu rendah, misalnya berkisar pada nilai 5 dapat menyebabkan keracunan pada mikroorganisme pengurai, menghambat pertumbuhan bahkan kematian mikroorganisme. Kebanyakan mikroorganisme tumbuh baik pada pH 6,0 – 8,0. Deposit asam yang mengandung SO dan NO yang menyebabkan penurunan pH dapat menjadi sumber perusakan lingkungan. Semakin rendah nilai pH, maka semakin kecil terdapat kehidupan (Howerton, 2001).

Dalam suatu perairan pH air dikatakan netral bila berada konstan pada nilai 7,0, pada pH air yang asam dapat dikarenakan dalam atmosphere mengandung karbondioksida (CO_2), karbondioksida ini larut dalam air (biasa terdapat dalam air hujan atau sumber air lainnya yang langsung bersentuhan dengan udara bebas) membentuk asam lemak (asam karbon H_2CO_3), atau karena respirasi maupun fotosintesis perairan, jika karbon dioksida dilepaskan selama respirasi dan dimanfaatkan untuk fotosintesis, sisa karbon dioksida juga akan menghasilkan asam karbon dan penumpukan konsentrasi asam karbon menyebabkan pH menjadi rendah, dalam keadaan ini amoniak biasanya dalam keadaan lebih terionisasi (NH_4^+), dengan tingginya konsentrasi pembuangan sisa nutrisi oleh mikroorganisme perairan dapat menimbulkan ledakan pertumbuhan phytoplankton yang dapat menghilangkan seluruh karbondioksida selama fotosintesis dalam perairan. Hal ini mengakibatkan air menjadi basa dengan pH dapat berada pada level lebih besar dari 9,0. Namun ada juga karena mineral tanah yang terlarut dalam air yang juga dapat mengakibatkan keasaman maupun kebasaan air. Keasaman air dapat diukur dengan cara sederhana yaitu dengan

mencelupkan lakmus ke dalam air untuk melihat perubahan warna pada kertas lakmus (Njorogr, 2004)

b. BOD (*biological oxygen demand*)

Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan-bahan organik (zat pencerna) yang terdapat di dalam air buangan secara biologi. Tingginya nilai BOD menunjukkan defisiensi oksigen sehingga tidak mampu mendukung kehidupan mikroorganisme yang membutuhkan oksigen. Bakteri membutuhkan oksigen untuk mengoksidasikan zat organik (daun, bangkai, karbihodrat, protein), akibatnya kadar oksigen terlarut dalam air semakin berkurang. Semakin banyak bahan pencemar organik yang ada dalam perairan, semakin banyak oksigen yang digunakan, sehingga mengakibatkan semakin kecilnya kadar oksigen terlarut. Banyaknya oksigen terlarut yang diperlukan bakteri untuk mengoksidasikan bahan organik disebut sebagai Konsumsi Oksigen Biologis (KOB) atau *Biological Oksigen Demand*, yang biasa disingkat BOD. Angka BOD ditetapkan dengan menghitung selisih antara oksigen terlarut awal dan oksigen terlarut setelah air cuplikan (sampel) disimpan selama 5 hari pada suhu 20°C. Karenanya BOD ditulis secara lengkap BOD205 atau BOD5 saja. Oksigen terlarut awal diibaratkan kadar oksigen maksimal yang dapat larut di dalam air. Biasanya, kadar oksigen dalam air diperkaya terlebih dahulu dengan oksigen. Setelah disimpan selama 5 hari, diperkirakan bakteri telah berbiak dan menggunakan oksigen terlarut untuk oksidasi. Sisa oksigen terlarut yang ada diukur kembali. Akhirnya, konsumsi oksigen dapat diketahui dengan mengurangi kadar oksigen awal dengan oksigen akhir (setelah 5 hari) (Effendi, 2003)

Pengukuran konsentrasi oksigen yang digunakan lebih penting daripada pengukuran oksigen terlarut (DO). Penggunaan oksigen yang rendah menunjukkan kemungkinan air jernih, mikroorganisme tidak tertarik menggunakan bahan organik dan mikroorganisme akan mati, hal ini juga berkaitan dengan nilai pH. Pada umumnya air bersih mengandung mikroorganisme relatif lebih sedikit bila dibandingkan dengan air yang tercemar. Pengukuran BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran dan untuk merancang sistem pengolahan air limbah secara biologis. BOD juga merupakan indikator pencemaran organik yang paling banyak digunakan untuk mengendalikan kualitas air atau untuk nilai kepekaan limbah.

Reaksi:



(CHONSP)

(Jorgensen, 2002)

d. COD (*chemical oxygen demand*)

Kebutuhan oksigen kimiawi (COD) adalah banyaknya oksigen yang di butuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik secara kimia, baik yang dapat didegradasi secara biologi (*biodegradable*) maupun yang sukar didegradasi secara biologis (*non biodegradable*) menjadi CO₂ dan H₂O. COD atau kebutuhan oksigen kimia (KOK) adalah jumlah oksigen (mg O₂) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter sampel air, dimana pengoksidanya adalah K₂Cr₂O₇ atau KMnO₄ (Alaerts dan Santika, 1984).

Nilai COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik. Uji COD pada umumnya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dibandingkan dengan uji BOD, karena bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD.

Reaksi:



(Effendi, 2003)

Perairan dengan nilai COD yang tinggi tidak diinginkan bagi kepentingan perikanan dan pertanian. Nilai COD pada perairan yang tidak tercemar biasanya kurang dari 20 mg/liter, sedangkan pada perairan yang tercemar dapat lebih dari 200 mg/liter dan pada limbah industri dapat mencapai 60.000 mg/liter (Fatha, 2007).

e. TSS (*Total Suspended Solid*)

Padatan tersuspensi (SS) diartikan sebagai zat padat yang mempunyai diameter 1µm yang dapat menyebabkan kekeruhan pada air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap langsung. Menurut Effendi (2003), padatan tersuspensi total adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter > 1 µm) yang tertahan pada saringan milipore dengan diameter 0,45 µm, dengan semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, maka nilai kekeruhan juga semakin tinggi.

Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil daripada sediment, misalnya tanah liat, bahan organik tertentu dan

sebagainya. Faktor penyebab adanya TSS diantaranya adalah tingginya limpasan permukaan, erosi, air limbah (Effendi, 2003).

e. Amonium (NH_4^+)

Nitrogen dalam air dapat berada dalam berbagai bentuk : nitrit, nitrat, amoniak atau Nitrogen yang terikat oleh bahan organik atau anorganik. Limbah penyamakan kulit adalah limbah organik yang mengandung amoniak dalam jumlah besar. Amoniak merupakan suatu zat yang menimbulkan bau yang sangat tajam dan menusuk hidung, hal ini disebabkan karena proses dekomposisi amoniak yang kurang sempurna. Dalam bentuk nitrit biasanya tidak bertahan lama dan merupakan keadaan sementara proses oksidasi antara amoniak dan nitrat yang dapat terjadi dalam air sungai, sistem drainase, instalasi air buangan dan sebagainya. Sedangkan nitrat adalah bentuk senyawa yang stabil dan keberadaannya berasal dari buangan pertanian, pupuk, kotoran hewan serta manusia dan sebagainya (Ruth, 1990).

Menurut Ruth (1990), amoniak dalam keadaan anaerobik, maka amoniak akan dioksidasikan menjadi nitrit dan seterusnya kepada nitrat melalui proses nitrifikasi. Jika dalam anoksik (tanpa oksigen), nitrat yang terbentuk akan bertukar ke gas nitrogen tanpa kehadiran oksigen melalui proses pendenitratan. Amoniak di perairan dapat menghilang melalui proses volatilisasi karena tekanan parsial amoniak dalam larutan meningkat dengan semakin meningkatnya pH. Sumber nitrogen yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan akuatik adalah nitrat (NO_3), ammonium (NH_4^+), dan gas nitrogen (N_2).

Amoniak jarang ditemukan pada perairan yang mendapat cukup pasokan oksigen. Ammonium adalah amoniak yang terionisasi dan tidak bersifat toksik (innocuous), namun pada suasana alkalis (pH tinggi) lebih banyak ditemukan amoniak yang tidak terionisasi dan bersifat toksik. Karena amoniak ini lebih mudah terserap ke dalam tubuh organisme akuatik dibandingkan dengan ammonium (Effendi, 2003).

Kadar amoniak pada perairan alami biasanya kurang dari 0,1 mg/l (Effendi, 2003), sedangkan standar konsentrasi maksimum yang diperbolehkan adalah sebesar 15 – 25 mg/l, untuk nitrat 0,01 – 0,7 mg/l (Ruth, 1990). Kadar amoniak yang tinggi dapat merupakan indikasi adanya pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah domestik, industri dan pertanian. Solusi penghilangan senyawa amoniak yaitu dengan cara antara lain yaitu penguapan gas amoniak, penambahan klorin / kaporit, untuk

mengoksidasikan amoniak atau pertukaran ion (dapat menggunakan sejenis tanah liat – *clinoptilolite* untuk mengoksidasikan amoniak) (Basil,1969).

2.6 Fisiologi Tanaman Sawi (*Brassica juncea*. L)

Sawi merupakan sayuran budidaya dengan pengelolaan serta pemeliharaan yang cukup mudah. Berikut adalah Gambar tanaman sawi :



Gambar 3. Sawi (*Brassica juncea*.L)

(BP2TP, 2004)

Secara umum tanaman sawi memiliki perakaran tunggang (*radix primaria*) dan cabang-cabang akar yang bentuknya bulat panjang (silindris) menyebar ke semua arah padakedalaman antara 30-50 cm. Akar-akar ini berfungsi antara menghisap air dan zat makanan dari dalam tanah, serta menguatkan berdirinya batang tanaman. Batang (*caulis*) sawi pendek sekali dan beruas-ruas, sehingga hampir tidak kelihatan. Struktur daun sawi biasanya bersayap dan bertangkai panjang yang bentuknya pipih. Tanaman sawi mudah berbunga dan berbiji secara alami, baik di dataran tinggi maupun dataran rendah. Bunga sawi tersusun dalam tangkai bunga (*inflorescentia*) yang tumbuh memanjang (tinggi) dan bercabang banyak. Tiap kuntum bunga terdiri atas empat helai daun kelopak, empat helai daun mahkota bunga berwarna kuning cerah, empat helai benang sari dan satu buah putik yang berongga dua. Biji dari tanaman ini adalah berbentuk (polong), bulat memanjang kecil-kecil, panjang ± 3 cm, dan Warna kulit benih coklat kehitaman (BP2TP, 2004).

Tanaman ini dalam penanamannya memerlukan pengolahan tanah secara umum melakukan penggemburan (pembuatan bedengan, jika untuk penanaman di lahan). Tahap-tahap penggemburan yaitu pencangkulan untuk memperbaiki struktur tanah dan sirkulasi udara dan pemberian pupuk dasar untuk memperbaiki fisik serta

kimia tanah yang akan menambah kesuburan lahan yang akan digunakan. Tanaman sawi senang tumbuh pada lahan yang bebas dari daerah teraungi, karena tanaman sawi suka pada cahaya matahari secara langsung. Sedangkan kedalaman tanah yang dicangkul sedalam 20 sampai 40 cm. Pemberian pupuk organik sangat baik untuk penyiapan tanah. Dalam hal pemanenan penting sekali diperhatikan umur panen dan cara panennya. Umur panen sawi paling lama sampai pendek yaitu 40 - 70 hari. Terlebih dahulu melihat fisik tanaman seperti warna, bentuk dan ukuran daun (Rukmana, 1994). Manfaat sawi sangat baik untuk menghilangkan rasa gatal di tenggorokan pada penderita batuk. Penyembuh penyakit kepala, bahan pembersih darah, memperbaiki fungsi ginjal, serta memperbaiki dan memperlancar pencernaan. Sedangkan kandungan yang terdapat pada sawi adalah protein, lemak, karbohidrat, Ca, P, Fe, Vitamin A, Vitamin B, dan Vitamin C (BP2TP, 2004)

Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh BP2TP (2004), tanaman sawi mudah beradaptasi pada lingkungan dan mampu menyerap zat-zat beracun, terutama logam berat dan mampu tumbuh cepat walau berada di lingkungan yang penuh tekanan. Sawi memiliki kemampuan menyerap logam yang kemudian kandungan logam tersebut akan disimpan dalam sel-selnya. Sayuran yang mengandung logam tidak layak konsumsi, artinya tanaman yang dipakai untuk membersihkan (remediasi) lahan sebaiknya tidak dijadikan bahan makanan.



III. METODOLOGI

3.1 Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan mengambil contoh air limbah industri penyamakan kulit, PT Kurnia Catur Perkasa, Kecamatan Pakis, Malang. Untuk analisis kualitas air limbah dilaksanakan di Perum Jasa Tirta. Analisis fisik tanah di Laboratorium Fisika Tanah, dan Analisis kimia di Laboratorium Kimia Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Untuk pengamatan tanaman dilaksanakan di rumah pengamatan PT Kurnia Catur Perkasa Malang. Pelaksanaan penelitian pada bulan Oktober sampai Desember 2008 dalam dua tahapan penelitian.

3.2 Alat dan bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian awal yaitu bak plastik sebagai bak penampungan dan penyaringan (tempat remediasi), gelas ukur sebagai alat ukur air limbah, Botol sebagai tempat membawa limbah untuk dianalisis, alat tulis digunakan sebagai alat pencatat hasil pengamatan.

Untuk penelitian kedua alat-alat yang digunakan yaitu gelas ukur untuk mengukur air limbah, gembor sebagai alat penyiraman, polibag sebagai media menanam sawi.

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan adalah limbah cair industri penyamakan kulit sebagai bahan utama yang diambil dari industri penyamakan kulit di daerah Pakis, Malang, Zeolit dan kapur sebagai adsorben dan filter limbah. Inceptisol yang diambil dekat lokasi industri yaitu di daerah Pakis, Malang sebagai media tumbuh sawi. Tanaman indikator yaitu Sawi (*Brassica juncea.L*). Air bebas ion sebagai pengencer limbah. Dan pupuk KCl, SP36 dan urea sebagai pupuk dasar.

3.2.3 Metode analisis :

Metode analisis kimia air limbah penyamakan kulit dilakukan di Perum Jasa Tirta meliputi :

Tabel 2. Metode Analisis Kimia Air Limbah

Analisis	Metode
BOD	APHA.Ed.20.5210B.1998
COD	Q1/LKA/19 (Spektrofotometri)
TSS	APHA.Ed.20.2540D.1998
amoniak	APHA ed.20.4500.NH3 F, 1998
pH air	Q1.1.KA/08 (Elektrometri)

Metode analisis dasar tanah serta analisa kimia tanah dan tanaman dilakukan di laboratorium fisika dan kimia, Jurusan Tanah, Universitas Brawijaya, meliputi :

Tabel 3. Metode analisis dasar tanah

Analisis	Metode atau Alat
pH tanah	Glass Electrode
N- Tersedia (ppm)	Kjeldahl
Berat Isi Tanah (g/cm ³)	Silinder
Kelas Tekstur Tanah	Pipet
Kadar Air Tanah (%)	Grafimetri

3.3 Metode penelitian

Penelitian dilakukan menjadi dua tahap penelitian. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana dengan perlakuan dosis berbeda untuk

jenis adsorben dan filter pada masing-masing air limbah. Masing-masing perlakuan diulang tiga kali.

Penelitian pertama :

Tabel 4 Perlakuan Dalam Penelitian I

Perlakuan	Remediasi (kode)
Limbah penyamakan kulit 100 % : kontrol	KZ0
Limbah penyamakan kulit + zeolit 20 g/l	KZ1
Limbah penyamakan kulit + kapur 20 g/l	KZ2
Limbah penyamakan kulit + zeolit 10 g/l + kapur 10 g/l	KZ3

Pengaturan petak percobaan dengan mengatur posisi masing-masing bak plastik sesuai dengan perlakuan secara acak dan jarak antar bak sebesar 10 cm. Hal ini bertujuan agar masing-masing perlakuan tidak saling mengkontaminasi. Denah petak percobaan tersaji dalam Lampiran 3.

Penelitian kedua menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana, yaitu perlakuan penyiraman pada tanaman sawi dengan air limbah setelah (pasca) proses remediasi dengan proses adsorpsi. Masing-masing perlakuan di ulang tiga kali.

Penelitian kedua :

Tabel 5. Perlakuan Dalam Penelitian II

Perlakuan	Penyiraman (kode)
Penyiraman dengan air murni	RZ0
Penyiraman dengan air limbah pasca remediasi KZ0	RZ1
Penyiraman dengan air limbah pasca remediasi KZ1	RZ2
Penyiraman dengan air limbah pasca remediasi KZ2	RZ3
Penyiraman dengan air limbah pasca remediasi KZ3	RZ4

Penyiraman air limbah pasca remediasi pada tanaman sawi memakai dosis sesuai dengan perhitungan kapasitas lapang tanah tiap polybag. Pengaturan petak percobaan dengan mengatur posisi masing-masing polibag sesuai perlakuan secara acak. Denah petak percobaan kedua tersaji dalam Lampiran 3

3.4 Tahapan penelitian

Pelaksanaan penelitian meliputi pengambilan sampel air limbah industri penyamakan kulit, analisa kimia air limbah, pengambilan contoh tanah, analisa dasar fisik tanah, proses remediasi air limbah, pengamatan, persiapan media, penanaman, pemupukan dasar, pemeliharaan dan pengamatan. Pengamatan dilakukan terhadap air limbah yaitu meliputi: pH air, Amonium, BOD, COD, TSS, sedangkan pengamatan terhadap tanaman meliputi: tinggi tanaman, jumlah daun, biomassa tanaman, serta serapan N tanaman.

Tahapan penelitian I :

a. Pelaksanaan Pengambilan sampel limbah cair

Limbah penyamakan kulit diambil dari inlet limbah PT. Kurnia Catur Perkasa. Limbah cair ini diambil dan ditampung dari saluran pembuangan limbah (inlet pabrik) sebelum masuk ke dalam outlet dan dibuang ke badan air (sungai).

b. Perlakuan

Perlakuan penelitian ini adalah menggunakan zeolit serta kapur serta kombinasinya. Setiap bak perlakuan berdiameter 45 cm memiliki volume 43000 cm³ yang berjumlah 12 buah, yang diberi filter zeolit dan kapur sebagai remediator. Pemberian zeolit dan kapur ke media dengan perbandingan hampir sama yaitu 20 g pada 20 liter limbah cair. Sebelumnya zeolit serta kapur ditimbang sesuai dengan takaran masing-masing perlakuan. Zeolit digunakan sebagai penyaring (filter) dan penambahan kapur dapat mengurangi kadar amoniak juga menurunkan keasaman air limbah. Perlakuan dengan 4 perlakuan ini diulang sebanyak 3 kali dan ditata memanjang berjarak 10 x 10 cm antara bak perlakuan sesuai dengan yang tertera pada Lampiran 3.

c. Pemeliharaan dan pengamatan air limbah

Dilakukan pemeliharaan serta pengamatan setiap hari dengan tujuan menjaga masing-masing perlakuan agar perlakuan tetap pada kondisi semula dan tidak terkontaminasi antar perlakuan.

Pengamatan pH dilakukan setiap hal ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas proses adsorpsi air limbah oleh bahan adsorbent. Dan untuk pencatatan data pH, amonium, BOD, COD dan TSS dilakukan pada hari ke-1, 5 dan 10, karena merupakan waktu tepat untuk mengetahui perubahan parameter tersebut.

d. Analisis laboratorium

Pengambilan contoh limbah remediasi untuk dilakukan analisa kimia laboratorium meliputi pH dan kandungan amonium, BOD, COD, TSS air limbah yang sedang remediasi pada hari ke 1, 5 dan 10.

Tahapan penelitian II :

a. Pengambilan sampel tanah

Sampel Inceptisol diambil di daerah Pakis, Malang. Pengambilan tanah dilakukan didekat lokasi pabrik penyamakan kulit, hal ini dilakukan agar didapat kondisi yang serupa jika terjadi pencemaran serta mengetahui kapasitas pencemaran.

b. Persiapan media tanaman

Tanah yang digunakan adalah Inceptisol. Tanah diangin-anginkan selama kurang lebih 2-3 hari, tanah kemudian digiling (dihaluskan) sehingga tanah yang akan digunakan sebagai media tanaman tidak mengumpal dan menjadi remah. Dilakukan juga analisis dasar tanah sehingga dapat menghitung kebutuhan jumlah air limbah sebagai pencemaran. Tanah ditimbang sebanyak 2 Kg dan dimasukkan ke dalam polibag.

c. Penyemaian

Media semai sawi menggunakan tissue yang dibasahi dengan air dengan waktu penyemaian selama 7 hari.

d. Penanaman

Bibit sawi berkecambah berumur 7 hari dipindah kedalam polibag. Tiap polibag berisi 3 bibit sawi dan setelah berumur 10 hari dilakukan penjarangan hingga tersisa 1 bibit sawi terbaik. Penanaman ini disertai dengan pemupukan dasar.

e. Denah percobaan

Setiap polibag berisi dengan media tanaman kemudian dilakukan tata letak perlakuan atau denah percobaan pada rumah kaca. Pada penelitian ini terdapat 5 kombinasi perlakuan yang diulang sebanyak 3 kali. Polibag ditata memanjang dengan jarak 15 x 15 cm antar polibag.

f. Penyiraman dan pemeliharaan

Tanaman disiram dengan air limbah pasca remediasi sesuai kapasitas lapang pada awal penanaman dan untuk selanjutnya dilakukan 2 hari sekali. Untuk pemberantasan hama dan penyakit dilakukan apabila nampak adanya serangga dilakukan secara manual.

g. Pengambilan contoh tanaman

Untuk pengambilan contoh tanaman dilakukan pada akhir tanam (panen) dikarenakan pada saat ini terjadi penyerapan unsur hara optimum dari dalam tanah dan tanaman.

h. Perhitungan contoh tanaman

Perhitungan jumlah daun dilakukan setiap 14 hari sekali sedangkan tinggi tanaman diukur pada pangkal batang tanaman sampai pucuk daun tertinggi. Sedangkan untuk pengukuran berat dilakukan pada saat akhir tanam (panen) dilakukan dengan menimbang seluruh bagian tanaman kecuali bagian akar. Dilakukan juga analisis serapan N tanaman.

3.5 Metode Pengamatan

Pengamatan dilakukan menjadi dua yaitu pertama pengamatan destruktif, yang meliputi pengukuran pH air limbah dengan menggunakan metode Elektrometri (Q1.1.KA/08) dan pengukuran amonium menggunakan metode spektrofotometer secara fenat. Untuk pengamatan berikutnya juga dilakukan pengukuran BOD, COD dan TSS limbah cair. Untuk pengukuran BOD menggunakan metode spektrofotometer, analisis COD dengan menggunakan refluks tertutup secara spektrofotometri dan metode pengukuran TSS digunakan metode gravimetri. Penimbangan berat kering tanaman, dilakukan pada saat akhir masa tanam (panen).

Pengamatan kedua dilakukan secara non-destruktif, pengamatan ini dilakukan meliputi pengukuran jumlah daun serta tinggi tanaman sawi. Pengamatan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penyiraman air limbah pasca remediasi pada pertumbuhan tanaman sawi. Dilakukan juga pengamatan berat kering tanaman dan serapan N tanaman, hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penyiraman air pasca remediasi terhadap tersedianya kandungan unsur hara, terutama unsur nitrogen.

Tabel 6. Pengamatan destruktif

Parameter	Analisis air limbah			Analisis tanaman		
	HST			HST		
	1	5	10	14	28	46
pH air limbah	√	√	√	-	-	-
Amonium	√	√	√	-	-	-
BOD	√	√	√	-	-	-

COD	√	√	√	-	-	-
TSS	√	√	√	-	-	-
Berat kering tanaman	-			46 HST		
Serapan N	-			46 HST		

Keterangan: HST = Hari Setelah Tanam (Tanaman sawi)

Tabel 7 Pengamatan Non-Destruktif

Parameter	Analisa tanaman		
	HST		
	14	28	46
Jumlah daun	√	√	√
Tinggi tanaman	√	√	√

Keterangan: HST = Hari Setelah Tanam (Tanaman sawi)

3.6 Analisis data

Data yang terkumpul dilakukan analisis ragam atau uji F ($P=5\%$) digunakan untuk melihat perbedaan pengaruh perlakuan. Uji BNT 5% dilakukan dari masing-masing taraf perlakuan untuk melihat perbedaan antar perlakuan. Uji korelasi digunakan untuk mengetahui hubungan antar variabel dengan bantuan program SPSS 12 for Windows dan Microsoft Excel.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kualitas Limbah Penyamakan Kulit

Limbah cair pabrik penyamakan berasal dari larutan yang digunakan unit pemrosesan itu sendiri yaitu perendaman air, penghilangan bulu, pemberian bubuk kapur, perendaman amoniak, pengasaman, penyamakan, pemucatan, pemberian warna coklat, dan pewarnaan dan dari bekas pencucian, tetesan serta tumpahan. Sampel limbah diambil PT Kurnia Catur Perkasa, kecamatan Pakis, Malang, pada pada hari 24 Nopember 2008 pukul 08.00 WIB dan analisa awal pukul 14.00 WIB.

Hasil analisa dasar terhadap limbah penyamakan kulit, didapat karakteristik yang terlihat pada Tabel 7.

Tabel 8. Karakteristik Dasar Limbah Penyamakan Kulit

No	Parameter	Hasil	Beban pencemaran maksimum (mg/L) *	Baku Mutu Irigasi/Gol D** (mg/L)
Air Limbah Kulit PT. Kurnia Catur Perkasa				
1	pH mg/L	8	6 – 9	6-9
2	BOD mg/L	63,75	10,50	500
3	COD mg/L	154,375	21,0	1000
4	TSS mg/L	102,15	10,5	380
5	Ammonia (NH ₃ -N) mg/L	4,312	0,70	-

Berdasar pada:

(*) Uji diatas sebagian tidak memenuhi beban pencemaran maksimum limbah cair, serta SK Gub No.45 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan usaha lainnya di Jawa Timur.

(**)Berdasar Keputusan Gubernur Kepala Daerah Tingkat I Jawa Timur. No 413 Tahun 1987

Dari data hasil analisa dasar limbah sebelum diberikan perlakuan remediasi, limbah penyamakan kulit ini PT Kurnia Catur Perkasa belum layak jika langsung dibuang ke perairan bebas karena nilai parameternya masih melebihi ambang batas Nilai derajat kemasaman (pH) limbah berada pada nilai 8, dengan demikian limbah penyamakan kulit ini memiliki pH yang tinggi dan bersifat basa (Santi, 2004). Hal

tersebut disebabkan oleh tingginya bahan organik pada limbah penyamakan kulit yang merupakan limbah organik, juga karena hilangnya karbondioksida karena penumpukan sisa nutrisi mikroba pengurai. Menurut Howerton (2001) pH air yang tidak optimal berpengaruh terhadap pertumbuhan dan ekosistem perairan, dan dapat meningkatkan daya racun hasil metabolisme seperti NH_3 dan H_2S . Kandungan BOD sebelum dilakukan remediasi adalah sebesar 63,75 mg/L. Tingginya nilai BOD ini disebabkan oleh adanya peningkatan kebutuhan oksigen bagi mikroba pengurai dalam mengurai bahan organik dalam limbah penyamakan kulit. Juga dapat pula menggambarkan tingginya kadar bahan organik dalam limbah yang tinggi pula.

Nilai COD ada pada nilai 154,375 mg/L. Nilai COD ini termasuk pada nilai yang tinggi, hal ini disebabkan kebutuhan mikroorganisme pengurai akan kandungan oksigen terlarut dalam limbah penyamakan kulit untuk proses penguraian kimiawi. Untuk nilai TSS atau nilai kekeruhan limbah berada pada nilai 102,15 mg/L, pada nilai ini dapat dikatakan cukup keruh. Kekeruhan ini dikarenakan pada limbah penyamakan kulit banyak mengandung bahan organik serta bahan anorganik. Nilai kandungan amoniak pada limbah penyamakan kulit tergolong sangat tinggi berada pada 4,312 mg/L, hal ini dikarenakan limbah penyamakan kulit merupakan limbah organik. Amoniak dapat berasal dari hasil pemecahan nitrogen organik (protein dan urea) dan nitrogen anorganik yang terdapat dalam tanah dan air, juga berasal dari dekomposisi bahan organik (tumbuhan dan biota akuatik yang telah mati) yang dilakukan oleh mikroba dan jamur yang dikenal dengan istilah ammonifikasi (Effendi, 2003).

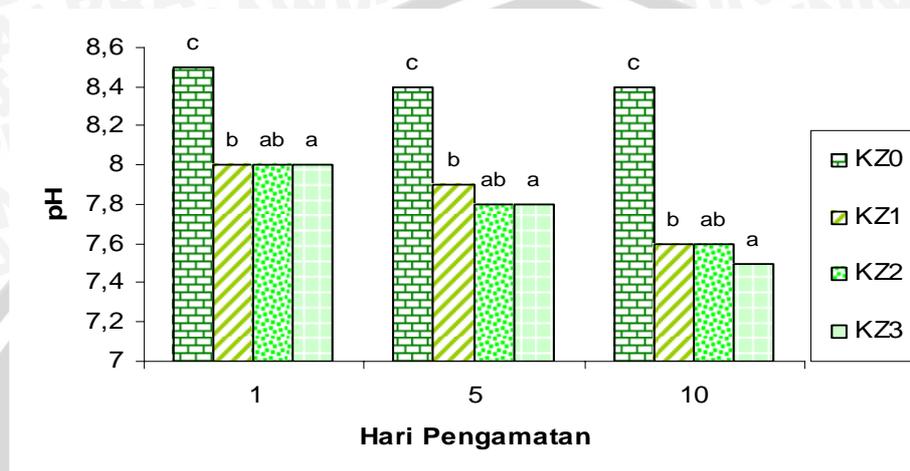
4.2 Penelitian I: Pengaruh Berbagai Perlakuan Remediasi Terhadap Kualitas Limbah Penyamakan Kulit.

4.2.1 Nilai pH

pH merupakan suatu pernyataan dari konsentrasi ion hidrogen (H^+) didalam air, besarnya dinyatakan dalam minimum logaritma dari konsentrasi ion H. Nilai pH air yang tidak optimal berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroba pengurai dalam limbah dan meningkatkan daya racun hasil metabolisme seperti NH_3 . pH air berfluktuasi mengikuti kadar CO_2 terlarut dalam perairan dan memiliki pola hubungan terbalik, semakin tinggi kandungan CO_2 perairan, maka pH akan menurun dan

demikian pula sebaliknya. Pada pH yang masam (rendah) amoniak akan tidak terionisasi dan menjadi racun bagi ekosistem perairan, karenanya nilai pH harus ditingkatkan. Nilai amoniak terionisasi (NH_4^+) berbanding lurus dengan nilai pH dalam limbah. Semakin tinggi pH semakin tinggi pula kadar NH_4^+ .

Nilai pH pada masing-masing perlakuan remediasi menunjukkan pola menurun, hal tersebut disajikan dalam Gambar 4.



Keterangan: Huruf yang berbeda pada kelompok yang sama menunjukkan beda secara nyata ($p < 0,05$), KZ0 = Limbah 100 100% (kontrol); KZ1= Limbah + Zeolit 20 g/l; KZ2 = Limbah + Kapur 20 g/L; KZ3 = Limbah + Zeolit 20 g/L + Kapur 20 g/L)

Gambar 4. Perubahan Nilai pH Pada Berbagai Perlakuan Remediasi

Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan adanya perbedaan pada tiap perlakuan remediasi berpengaruh secara nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai pH pada tiap pengamatan yaitu 1, 5 dan 10. Hasil uji BNT menunjukkan bahwa nilai pH masing-masing perlakuan remediasi saling berbeda nyata. Pada hari pengamatan perlakuan menunjukkan perubahan yang nyata. Rata-rata penurunan nilai pH dari nilai terendah ke nilai tertinggi berturut-turut pada setiap perlakuan remediasi yaitu KZ0(1%)-KZ1(5%)-KZ2(6%)-KZ3(7%).

Pada perlakuan remediasi KZ0 (kontrol) pH berada pada 8,5 pada awal pengamatan konstan pada angka tersebut, kemudian menjadi 8,4 pada hari pengamatan terakhir. Terjadi persentase sebesar penurunan 1% dalam seluruh hari pengamatan. Perlakuan remediasi KZ1 pada hari pengamatan awal pH yaitu 8 dan hingga akhir pengamatan pH cenderung turun yaitu 7,6, presentase penurunan yaitu sebesar 5%. Untuk perlakuan remediasi pH KZ2 pada pengamatan awal adalah 8 dan

pada hari pengamatan terakhir pH menjadi 7,6, persentase penurunan pada KZ2 yaitu sebesar 6%. Sedangkan perlakuan remediasi KZ3 pada hari pengamatan awal pH berada pada kisaran 8 dan pada akhir hari pengamatan berada pada 7,5, maka persentase penurunan nilai pH sebesar 7%.

Nilai pH tidak menentu pada perlakuan KZ0 yang merupakan perlakuan kontrol, dikarenakan tidak adanya perlakuan remediasi limbah. Limbah penyamakan kulit cenderung memiliki pH yang tinggi atau dalam keadaan basa (Santi, 2004). Limbah penyamakan kulit merupakan limbah organik, hal ini ditunjukkan dengan tingginya nilai BOD serta COD dalam limbah (Suyasa, 2007). Pada perlakuan KZ1 perlakuan remediasi dengan menggunakan zeolit, mampu menyeimbangkan nilai pH. Hal ini karena sifat-sifat zeolit yang diantaranya sebagai katalis serta sebagai penukar ion yang dapat menyeimbangkan nilai pH dalam air limbah. Perlakuan KZ2 yang menggunakan bahan remediator yaitu kapur, juga mampu menyeimbangkan nilai pH. Kapur biasa digunakan untuk menetralkan pH yang tinggi dengan adanya pertukaran ion. Sedangkan untuk perlakuan KZ3 menggunakan kedua bahan remediator, telah menunjukkan penurunan terhadap pH limbah pada proses remediasi. Penggabungan sifat zeolit dan kapur, mampu menyeimbangkan nilai pH (Anwar, 2001).

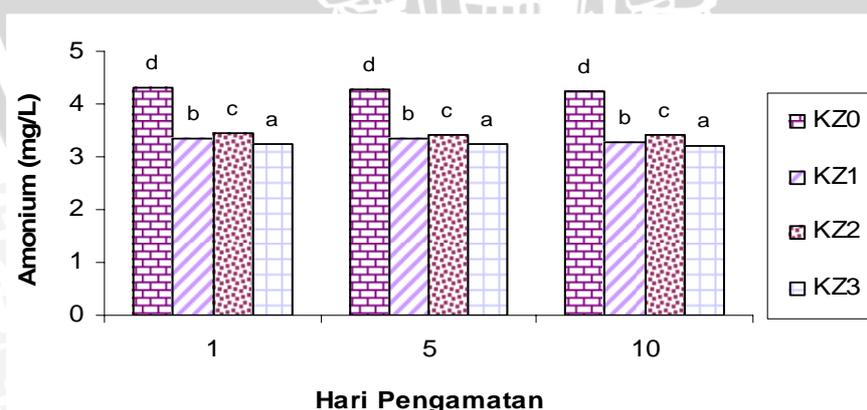
Memperbaiki kualitas air limbah dengan menggunakan adsorbent zeolit dan kapur menunjukkan hasil yang positif. Tinggi rendahnya parameter kualitas limbah penyamakan kulit seperti amoniak BOD, COD dan TSS bergantung pada tinggi rendahnya nilai pH (Nurhasan, 1996). Penggunaan adsorbent zeolit serta kapur mampu menetralkan nilai pH pada nilai yang stabil, sehingga parameter kualitas limbah penyamakan kulit menunjukkan penurunan seiring dengan stabilnya nilai pH air limbah. Untuk menetralkan kebasaaan dalam perairan digunakan bahan yang bersifat sebagai penukar ion serta penambahan kapur. Pada dasarnya penyerapan zeolit diawali dengan cara fisik yaitu penyaringan molekul yang akan terjebak dalam pori-pori zeolit yang sangat tinggi dan terbuka maka terjadilah proses adsorpsi, setelah itu dengan cara kimiawi dengan cara penukaran kation-kation alkali tanah yang dapat dipertukarkan seperti Na^+ atau yang lain (Oram, 1999). Rasio Si/Al dalam zeolit yang tinggi memiliki kemampuan menyerap molekul organik, sehingga dalam air limbah penyamakan kulit yang merupakan limbah organik dimana banyak ditemukan bahan organik (berasal lemak kulit) yang mengakibatkan pH air limbah basa dapat dikurangi sehingga pH menjadi seimbang. Penambahan kapur dalam larutan dapat menyeimbangkan pH dalam perairan (Zhang, 2003). Kapur jika

diaplikasikan dalam perairan akan bersifat reduktif sehingga akan menghasilkan asam yang dapat menurunkan pH, dengan pertukaran ion dengan kation Ca^+ dari kapur. Sehingga dapat dijadikan sebagai perpanjangan tangan dari zeolit dalam proses adsorbtasi (Fatha, 2007). Dalam penelitian Anwar (2001) disebutkan pengayaan pada limbah cair dengan penambahan bahan penukar kation dapat menurunkan pH air limbah. Perpaduan kedua adsorbent yaitu kapur yang memang biasa digunakan sebagai penetral pH dalam perairan serta dengan penambahan zeolit dapat memperbaiki kualitas air limbah dengan menunjukkan nilai pH pada nilai yang lebih stabil.

4.2.2 Nilai Amonium

Pada umumnya nitrogen dalam perairan diabsorpsi oleh fitoplankton dalam bentuk nitrat ($\text{NO}_3 - \text{N}$) dan amonia ($\text{NH}_k - \text{N}$). Senyawa-senyawa nitrogen ini sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen dalam air yang juga dipengaruhi oleh pH dalam perairan (Howerton, 2001). Menurut Alaerst dan Sartika, (1987) Kadar amoniak di perairan terdapat dalam jumlah yang terlalu tinggi (lebih besar dari 1,1 mg/l pada suhu 25 °C dan pH 7,5) dapat diduga adanya pencemaran. Pada pH yang netral amoniak dapat menjadi ammonium. Tanaman menyerap N dalam bentuk NH_4^+ . Maka parameter pengamatan yang diamati yaitu amonium.

Nilai amonium dari masing-masing perlakuan remediasi pada setiap hari pengamatan menunjukkan pola menurun, disajikan pada Gambar 5.



Keterangan: Huruf yang berbeda pada kelompok yang sama menunjukkan beda secara nyata ($p < 0,05$), KZ0 = Limbah 100 100% (kontrol); KZ1= Limbah + Zeolit 20 g/L; KZ2 = Limbah + Kapur 20 g/L; KZ3 = Limbah + Zeolit 20 g/L + Kapur 20 g/L)

Gambar 5. Perubahan Nilai Amonium Pada Berbagai Perlakuan Remediasi

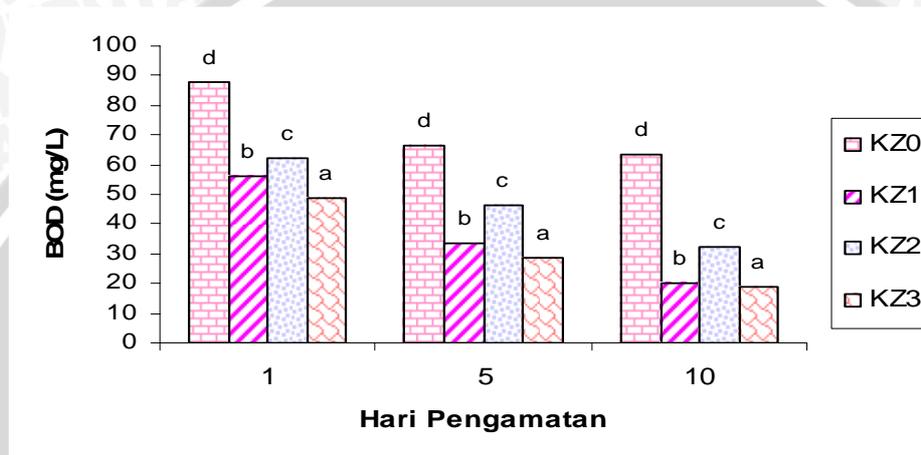
Hasil analisis ragam (ANOVA) tersaji dalam Lampiran 6, menunjukkan bahwa pada setiap perbedaan perlakuan berpengaruh secara nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai kandungan amonium air limbah. Dari hasil uji BNT dapat diketahui bahwa persentase penurunan kandungan amonium dari terendah ke nilai tertinggi pada setiap perlakuan remediasi yaitu KZ0(1%)-KZ2(1%)- KZ1(1%)-KZ3(2%).

Dari setiap hari pengamatan dihasilkan data, bahwa pada masing-masing perlakuan remediasi menunjukkan pola yang menurun namun tidak terlalu besar. Pada perlakuan KZ0 yaitu perlakuan kontrol nilai amonium berada pada 4,31 mg/L pada hari pengamatan awal setelah mengalami proses remediasi dan pada akhir pengamatan berada pada nilai 4,25 mg/L. Perlakuan KZ0 mengalami persentase penurunan sebesar 1 %. Untuk perlakuan KZ1 nilai kandungan amonium pada hari pengamatan awal sebesar 3,26 mg/L pada hari pengamatan terakhir menjadi 3,20 mg/L setelah mengalami proses remediasi, maka perlakuan KZ1 mengalami persentase penurunan sebesar 1 %. Perlakuan KZ2 nilai kandungan amonium awal berada pada nilai 3,45 setelah mengalami remediasi menjadi 3,41 mg/L pada hari pengamatan akhir. Penurunan yang terjadi pada perlakuan KZ2 sebesar 1%. Sedangkan perlakuan KZ3 nilai kandungan amonium yaitu 3,36 mg/L setelah mengalami remediasi pada hari pengamatan akhir nilai amonium sebesar 3,29 mg/L. Maka persentase penurunan kandungan amonium sebesar 2 %.

Proses remediasi tidak menurunkan kandungan amonium hal ini ditunjukkan dengan setelah melalui proses remediasi amonium tidak mengalami penurunan yang tajam. Pada perlakuan KZ3 merupakan perlakuan yang dapat menurunkan kandungan amoniak tertinggi. Kombinasi zeolit dan kapur yang mampu dapat menyeimbangkan pH dalam air limbah sehingga mengurangi amoniak dalam limbah berubah amonium. Pada perlakuan lainnya dapat pula menurunkan kandungan amoniak namun tidak terlalu tinggi. Tingkat keseimbangan dari NH_3 dan NH_4^+ bergantung pada nilai pH dan suhu limbah (Howerton, 2001). Kandungan amoniak dalam bentuk terionisasi mudah diserap oleh tanaman. Dengan selalu tersedianya amonium yang menjadi sumber unsur nitrogen (N), maka tanaman sawi yang merupakan sayuran daun dapat tumbuh baik tanpa terjadi kekurangan unsur yang sangat dibutuhkan dalam pembentukan daun yang sempurna (Sarief, 1989)

4.2.3 Nilai BOD

BOD (*biological oxygen demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air. Semakin banyak bahan pencemar organik yang ada dalam perairan, semakin banyak oksigen yang digunakan, sehingga mengakibatkan semakin kecilnya kadar oksigen terlarut. Pada masing-masing perlakuan remediasi nilai BOD menunjukkan pola yang menurun. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 6.



Keterangan: Huruf yang berbeda pada kelompok yang sama menunjukkan beda secara nyata ($p < 0,05$), KZ0 = Limbah 100 100% (kontrol); KZ1= Limbah + Zeolit 20 g/L; KZ2 = Limbah + Kapur 20 g/L; KZ3 = Limbah + Zeolit 20 g/L + Kapur 20 g/L)

Gambar 6. Perubahan Nilai BOD Pada Berbagai Perlakuan Remediasi

Hasil analisa ragam menunjukkan bahwa perbedaan perlakuan berpengaruh secara nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai BOD pada waktu pengamatan hari pertama sampai hari ke 10. Dari hasil uji BNT dapat diketahui bahwa nilai kandungan BOD dari nilai tertinggi ke nilai terendah pada setiap perlakuan remediasi yaitu KZ0(28%)-KZ2(55%)-KZ1(75%)-KZ3(80%).

Dari masing-masing perlakuan remediasi didapat data dengan pola menurun pada setiap waktu pengamatan. Pada perlakuan KZ0 yang merupakan perlakuan kontrol, nilai BOD pada hari pengamatan pertama yaitu sebesar 87,8 mg/L setelah mengalami proses remediasi pada hari pengamatan akhir atau hari 10, menunjukkan nilai sebesar 63,6 mg/L, maka persentase penurunan kandungan BOD yaitu 28%. Untuk perlakuan KZ1 kandungan BOD awal pengamatan yaitu 49,0 mg/L setelah

proses remediasi pada hari pengamatan akhir nilai kandungan BOD sebesar 20,1 mg/L. Persentase penurunan BOD pada perlakuan KZ1 sebesar 75%. Untuk perlakuan KZ2, pada hari pengamatan awal nilai BOD sebesar 62,3 mg/L pada hari akhir pengamatan dan setelah mengalami proses remediasi nilai BOD yaitu 32,5 mg/L. Persentase penurunan BOD pada perlakuan KZ2 sebesar 55%. Sedangkan perlakuan KZ3 memiliki nilai BOD yaitu 55,9 mg/L pada hari pengamatan awal setelah mengalami proses remediasi pada hari pengamatan akhir nilai BOD sebesar 20,1 mg/L, maka persentase penurunan pada perlakuan KZ3 yaitu 80 %.

Penurunan nilai BOD tertinggi diperoleh pada perlakuan KZ3 yang merupakan perlakuan remediasi menggunakan zeolit dan kapur. Limbah penyamakan kulit merupakan limbah organik, oleh mikroorganisme pengurai digunakan sebagai bahan energi bagi tubuhnya. Dijelaskan oleh Suyasa (2007) dalam kehidupan mikroorganisme pH berperan sangat penting. Tinggi rendahnya nilai BOD dipengaruhi oleh tinggi rendahnya kebutuhan mikroba pengurai dalam mengoksidasi kandungan bahan organik dalam limbah menjadi karbondioksida dan air. Semakin tinggi nilai BOD semakin tinggi pula kebutuhan mikroba akan oksigen terlarut dalam air, demikian pula sebaliknya, Semakin banyak oksigen yang dikonsumsi, maka semakin banyak pula kandungan bahan-bahan organik di dalamnya. Berkurangnya oksigen selama bioksidasi ini sebenarnya selain digunakan untuk oksidasi bahan organik, juga digunakan dalam proses sintesa sel serta oksidasi sel dari mikroorganisme. Menurut Fatha (2007), Penguraian zat organik adalah peristiwa alamiah, yaitu apabila sesuatu badan air dicemari oleh zat-zat organik, maka mikroorganisme akan menghabiskan oksigen untuk menguraikannya.

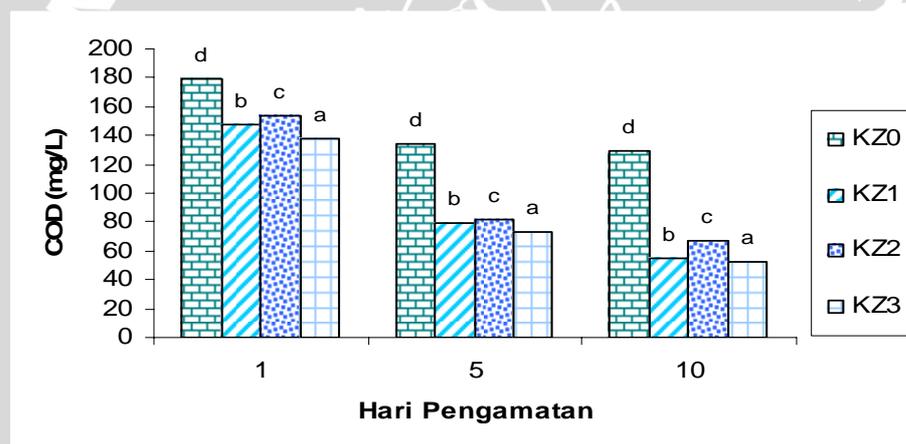
Ketersediaan oksigen yang digunakan oleh mikroba pengurai sangat dipengaruhi oleh pH dalam perairan. Penambahan zeolit yang ditambahkan dalam perlakuan remediasi dapat menukarkan ion dalam larutan limbah yang dapat menaikkan BOD. Hal ini karena semakin banyak zeolit berarti semakin banyak pula ruang pori zeolit yang digunakan untuk menyerap zat-zat organik. Berkurangnya zat-zat organik dalam limbah akan menurunkan nilai BOD karena oksigen yang digunakan oleh mikroorganisme untuk menguraikan zat organik tersebut menjadi berkurang. Berkurangnya nilai BOD menandakan bahwa penurunan BOD meningkat. Sedang penambahan kapur, dapat menetralkan pH limbah menjadi konstan pada nilai netral antara 7,5 – 8,5 sehingga mikroba pengoksidasi juga dapat hidup dan mengoksidasi bahan organik dalam limbah (Susilawaty, 2007). Kombinasi antara

zeolit dan kapur dapat menyeimbangkan pH dalam perairan sehingga kandungan oksigen terlarut tersedia untuk kehidupan mikroba pengurai.

4.2.4 Nilai COD

COD (*chemical oxygen demand*) merupakan COD adalah banyaknya oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam satu liter sampel cairan dengan sumber oksigen berasal dari zat kimia. Nilai COD dapat dijadikan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik. Uji COD biasanya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dibandingkan uji BOD karena bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dengan uji COD.

Nilai COD dari masing-masing perlakuan remediasi pada setiap hari pengamatan menunjukkan pola menurun, disajikan pada Gambar 7.



Keterangan: Huruf yang berbeda pada kelompok yang sama menunjukkan beda secara nyata ($p < 0,05$), KZ0 = Limbah 100 100% (kontrol); KZ1 = Limbah + Zeolit 20 g/L; KZ2 = Limbah + Kapur 20 g/L; KZ3 = Limbah + Zeolit 20 g/L + Kapur 20 g/L)

Gambar 7. Perubahan Nilai COD Pada Berbagai Perlakuan Remediasi

Hasil analisa ragan (ANOVA) menunjukkan bahwa perbedaan berpengaruh secara nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai COD pada pengamatan hari pertama sampai hari pengamatan terakhir. Dari hasil uji BNT dapat diketahui bahwa nilai kandungan COD dari nilai tertinggi ke nilai terendah pada setiap perlakuan remediasi yaitu KZ0(29%)-KZ2(64%)-KZ1(75%)-KZ3(77%).

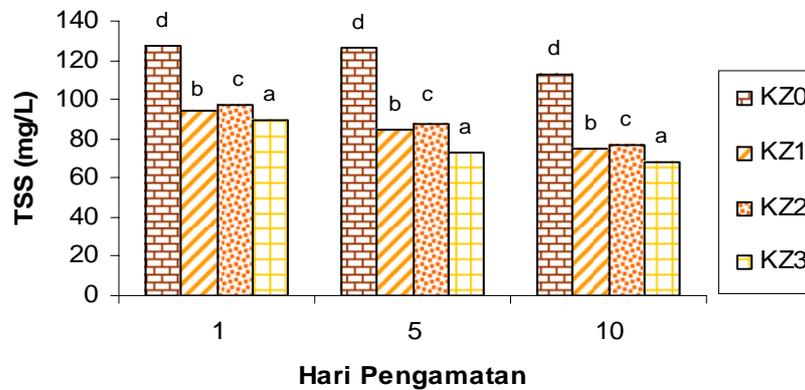
Dari masing-masing perlakuan remediasi didapat data dengan pola menurun pada setiap waktu pengamatan. Pada perlakuan KZ0 yang merupakan perlakuan kontrol, nilai COD pada hari pengamatan pertama yaitu sebesar 179,7 mg/L setelah mengalami proses remediasi pada hari pengamatan akhir atau hari 10, menunjukkan nilai sebesar 129,2 mg/L, maka persentase penurunan kandungan COD yaitu 29%. Untuk perlakuan KZ1 kandungan COD awal pengamatan yaitu 137 mg/L setelah proses remediasi pada hari pengamatan akhir nilai kandungan COD sebesar 52,6 mg/L. Persentase penurunan COD pada perlakuan KZ1 sebesar 75 %. Untuk perlakuan KZ2, pada hari pengamatan awal nilai COD sebesar 153,1 mg/L pada hari akhir pengamatan dan setelah mengalami proses remediasi nilai COD yaitu 67,2 mg/L. Persentase penurunan COD pada perlakuan KZ2 sebesar 64 %. Pada perlakuan remediasi terakhir yaitu KZ3, pada hari pengamatan awal nilai COD sebesar 147,1 mg/L sedangkan nilai COD pada akhir pengamatan dan setelah mengalami proses remediasi sebesar 54,6 mg/L. Persentase penurunan nilai COD pada perlakuan KZ3 adalah 77 %.

Penurunan nilai COD tertinggi diperoleh pada perlakuan KZ3 yang merupakan perlakuan remediasi menggunakan zeolit dan kapur. Hasil yang didapat dalam penurunan COD sebanding dengan nilai BOD, yaitu menunjukkan pola menurun. Penggunaan zeolit telah dibuktikan oleh Zhang (2003) dalam penelitiannya bahwa zeolit mempunyai kemampuan untuk mengurangi COD air limbah hingga 22 ppm. Kandungan COD akan menurun dengan turunnya pula kebutuhan oksigen oleh mikroba untuk proses penguraian. Semakin sedikit zat-zat organik yang ada dalam limbah, maka oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik tersebut menjadi berkurang, sehingga nilai COD menjadi berkurang dan penurunan COD meningkat (Sulistiyowaty, 2007). Kombinasi kapur dan zeolit dalam proses remediasi KZ3 dapat menyeimbangkan nilai pH air limbah berada pada nilai seimbang yang mendukung oksidasi mikroba pengurai untuk melakukan aktivitasnya.

4.2.5 Nilai TSS

Padatan tersuspensi total (TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter > 1 μm) yang tertahan pada saringan milipore dengan diameter 0,45 μm , dengan semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, maka nilai kekeruhan juga semakin tinggi.

Nilai TSS pada masing-masing perlakuan remediasi menunjukkan pola menurun pada waktu pertama hingga pengamatan hari terakhir. Pola menurun ini disajikan dalam Gambar 8.



Keterangan: Huruf yang berbeda pada kelompok yang sama menunjukkan beda secara nyata ($p < 0,05$), KZ0 = Limbah 100 100% (kontrol); KZ1= Limbah + Zeolit 20 g/L; KZ2 = Limbah + Kapur 20 g/L; KZ3 = Limbah + Zeolit 20 g/L + Kapur 20 g/L)

Gambar 8. Perubahan Nilai TSS Pada Berbagai Perlakuan Remediasi

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pada setiap perbedaan perlakuan berpengaruh secara nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai TSS pada tiap hari pengamatan. Dari hasil uji BNT dapat diketahui bahwa persentase kandungan TSS dari nilai terendah ke nilai tertinggi berturut-turut pada setiap perlakuan remediasi yaitu KZ3 (25%)-KZ1(22%)-KZ2(22%)-KZ0(12%).

Dari data pengamatan diperoleh, bahwa masing-masing perlakuan menunjukkan pola menurun pada pengamatan hari pertama hingga pengamatan hari keenam. Pada perlakuan KZ0 (kontrol) nilai kandungan TSS pada awal pengamatan yaitu 127,4 mg/L setelah mengalami perlakuan remediasi pada pengamatan terakhir yaitu sebesar 112,4 mg/L, maka persentase penurunan kandungan TSS pada perlakuan KZ0 adalah 12 %. Pada perlakuan KZ1 nilai TSS yaitu 94,5 mg/L setelah mengalami remediasi nilai TSS dalam pengamatan hari terakhir yaitu 74,4 mg/L, maka penurunan persentase kandungan TSS yaitu 22 %. Perlakuan KZ2 nilai TSS pada hari pengamatan awal yaitu 97,2 mg/L setelah proses remediasi pada hari pengamatan terakhir nilai TSS perlakuan KZ2 yaitu 77,2 mg/L. Persentase penurunan nilai TSS adalah 22 %. Sedangkan untuk perlakuan KZ3 nilai TSS pada hari pengamatan awal

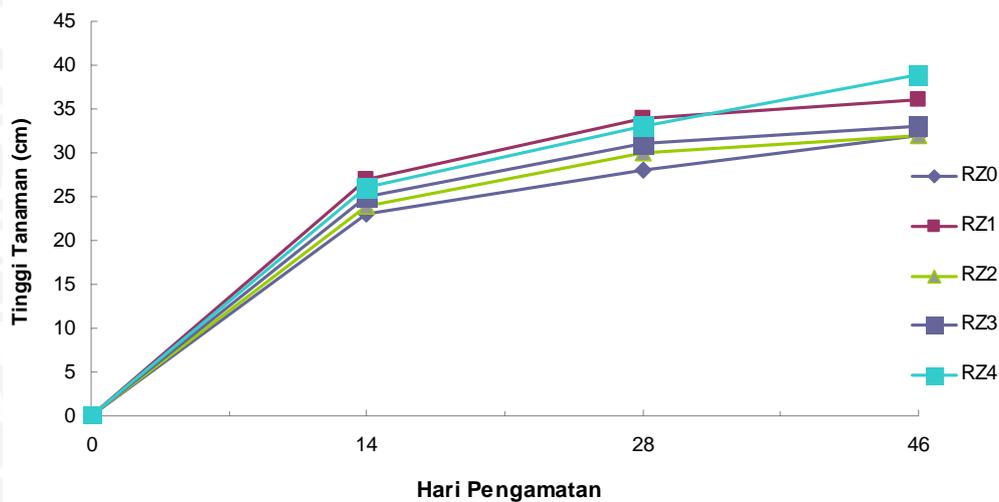
yaitu 89,5 mg/L setelah adanya proses remediasi pada pengamatan hari terakhir nilai TSS pada perlakuan KZ3 adalah 68,1 mg/L. Maka persentase penurunan nilai TSS perlakuan KZ3 adalah 25%.

Berdasarkan Gambar 8, peningkatan turunya nilai TSS terdapat pada perlakuan KZ3 yang menggunakan bahan remediator zeolit ditambah kapur. Zeolit telah lama digunakan sebagai bahan koagulan dalam meremediasi limbah. Zeolit dapat mengendapkan partikel organik yang tidak dapat mengendap serta mempercepat proses koagulasi dalam air sehingga kandungan TSS dalam limbah menjadi menurun karena tingginya nilai TSS pada limbah dapat dikarenakan tingginya kandungan bahan organik dalam air limbah (Ali *et al.*, 2005). Kandungan bahan organik dalam limbah penyamakan kulit mengakibatkan kandungan TSS dalam limbah tinggi. Penambahan zeolit mampu mengendapkan bahan organik yang tidak dapat mengendap, karena zeolit telah banyak digunakan sebagai koagulan pada limbah dengan kandungan TSS tinggi dengan proses koagulasi yang mengikat dan menyaring partikel organik dalam porinya yang banyak (Sutarli *et al.*, 2004). Melaksanakan proses koagulasi dalam waktu singkat dapat digunakan zeolit karena sifat zeolit yang mempercepat penempelan partikel organik dalam porinya. Koagulasi tanpa adanya penambahan bahan yang dapat mempercepat prosesnya akan membutuhkan waktu cukup lama (Agustiani, 2004). Proses koagulasi juga dipengaruhi oleh suhu serta pH air. Adanya penambahan kapur dapat menyeimbangkan nilai pH air sehingga proses koagulasi berjalan dengan baik.

4.3 Penelitian II: Pengaruh Air Limbah Pasca Remediasi Sebagai Irigasi Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi

4.3.1 Tinggi Tanaman Sawi

Tinggi tanaman merupakan indikasi adanya pertumbuhan pada tanaman. Pengukuran tinggi tanaman sawi dilakukan setiap 14, 28 masa tanam dan 46 HST. Hasil pengamatan dan pengukuran menunjukkan bahwa semua perlakuan memperlihatkan pola pertumbuhan yang sama yaitu makin tinggi dengan bertambahnya waktu.



Gambar 9. Tinggi Tanaman Sawi Pada Masing-Masing Perlakuan Penyiraman

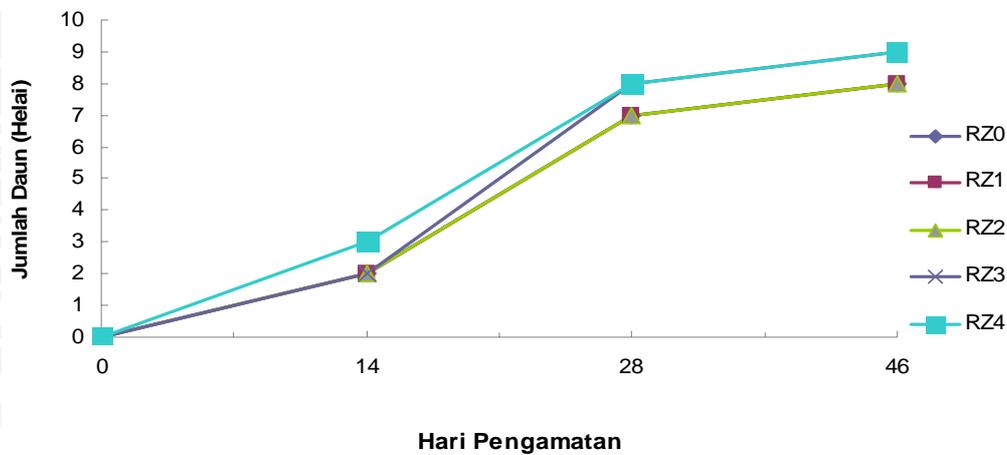
Gambar 9 diatas menyajikan pola pertumbuhan tanaman sawi pada masing-masing perlakuan penyiraman. Berdasarkan hasil analisis ragam (ANOVA) pada lampiran 6, menunjukkan bahwa setiap perlakuan penyiraman dengan menggunakan air limbah pasca remediasi berpengaruh secara nyata ($p < 0,05$) terhadap tinggi tanaman sawi. Dari hasil pengamatan diperoleh bahwa perlakuan RZ0 menghasilkan pertumbuhan tinggi tanaman sawi terendah sedangkan pada perlakuan RZ4 diperoleh pertumbuhan tinggi tanaman sawi tertinggi.

Pertumbuhan tinggi tanaman sawi dipengaruhi oleh tersedianya unsur hara. Jika unsur hara penting tersedia, maka pertumbuhan akan semakin baik (Sarief, 1989). Air limbah penyamakan kulit memiliki kandungan bahan organik tinggi, pada air limbah pasca remediasi masih didapat memberikan unsur hara bagi pertumbuhan tanaman sawi. Tinggi tanaman pada setiap perlakuan menunjukkan peningkatan jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol (RZ0). Perlakuan RZ4 mengalami peningkatan tinggi tanaman tertinggi 36 % dibanding dengan RZ0 yaitu sebesar 31 %.

4.3.2 Jumlah Daun Sawi

Penghitungan jumlah daun tanaman sawi dilakukan pada, 14, dan 28 masa tanam serta 46 HST atau masa panen. Masing-masing perlakuan memiliki pola perkembangan dan penambahan jumlah daun yang sama, yaitu jumlah daun semakin meningkat (banyak) sejalan dengan bertambahnya waktu. Gambar berikut menyajikan

pola perkembangan dan penambahan jumlah daun tanaman sawi dengan masing-masing perlakuan penyiraman



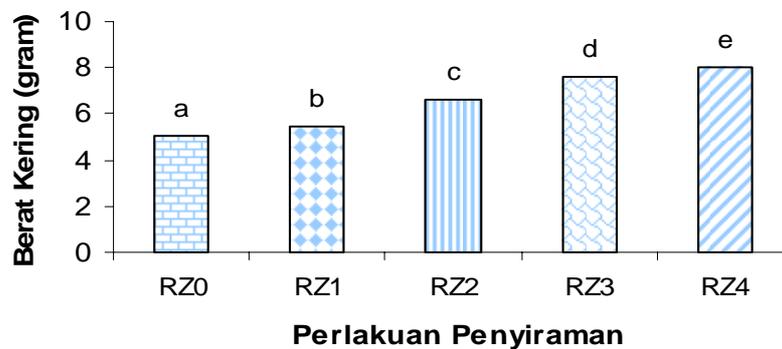
Gambar 10. Jumlah Daun Tanaman Sawi Pada Masing-Masing Perlakuan Penyiraman

Berdasarkan analisis ragam (ANOVA) yang tersaji pada Lampiran 6, pada masing-masing perlakuan penyiraman dengan menggunakan menunjukkan adanya pengaruh yang nyata ($p < 0,05$) terhadap penambahan jumlah daun tanaman sawi. Perlakuan RZ4 menghasilkan jumlah helai daun tanaman sawi tertinggi sedangkan jumlah helai daun tanaman sawi terendah dihasilkan oleh perlakuan RZ0.

Limbah penyamakan kulit merupakan limbah organik, yang dapat menambah unsur hara untuk pertumbuhan tanaman sawi. Selain itu kandungan amonium yang tinggi pada air limbah dapat menambah unsur N (nitrogen) pada tanaman sawi. Tanaman sawi merupakan sayuran daun, dimana pada tanaman sawi, daun yang dimanfaatkan. Unsur hara N sangat dibutuhkan untuk menghasilkan daun yang hijau, lebar dan kokoh (Sarief, 1989). Peningkatan jumlah daun tertinggi dimiliki oleh perlakuan RZ4 sedangkan terendah pada perlakuan RZ0. Perlakuan RZ4 mengalami peningkatan sebesar 86 % dibanding perlakuan RZ0 sebesar 84 %.

4.3.3 Berat Kering Sawi

Pada 46 hari setelah tanam atau masa panen vegetatif dengan disertai pengovenan, didapat hasil pengukuran berat kering sawi. Hasil Pengukuran berat kering sawi pada masing-masing perlakuan disajikan pada gambar berikut:



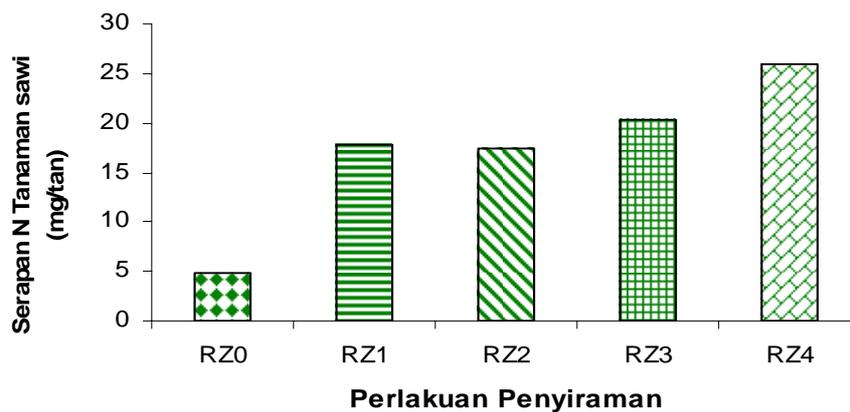
Gambar 11. Nilai Berat Kering Tanaman sawi pada Berbagai Perlakuan Penyiraman 46 Hari setelah tanam

Berdasarkan analisis ragam (Lampiran 6) pada setiap perlakuan penyiraman terhadap berat kering tanaman menunjukkan adanya perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) selama 46 hari setelah tanam. Sedangkan pada hasil uji BNT menunjukkan bahwa RZ0, perlakuan penyiraman kontrol, menghasilkan berat kering paling rendah sedangkan perlakuan RZ4 menghasilkan berat kering tertinggi.

Pada perlakuan penyiraman dengan menggunakan RZ0 (kontrol), didapat berat kering rendah. Hal ini dikarenakan perlakuan RZ0 kurang memiliki tambahan bahan organik didalamnya mengakibatkan unsur hara yang dibutuhkan tanaman sawi untuk pertumbuhan kurang tersedia sehingga hasil berat kering yang diperoleh rendah. Sedang untuk perlakuan RZ4 yang memiliki berat kering tertinggi, merupakan perlakuan dengan menggunakan perlakuan air limbah diremediasi dengan tambahan zeolit dan kapur, dimana kandungan bahan organik dalam limbah pasca remediasi masih tergolong tinggi, sehingga didapat berat kering yang tinggi pula. Menurut Sarief (1989) pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh penyerapan unsur hara (dapat berupa bahan organik). Jika pertumbuhan tanaman semakin baik karena unsur hara tersedia, maka akan menghasilkan berat kering tanaman yang tinggi (besar)

4.3.4 Serapan N Tanaman

Pengukuran nilai serapan N tanaman sawi dilakukan setelah tanaman sawi beumur 46 HST. Hasil Pengukuran serapan N tanaman sawi pada masing-masing perlakuan disajikan pada gambar berikut:



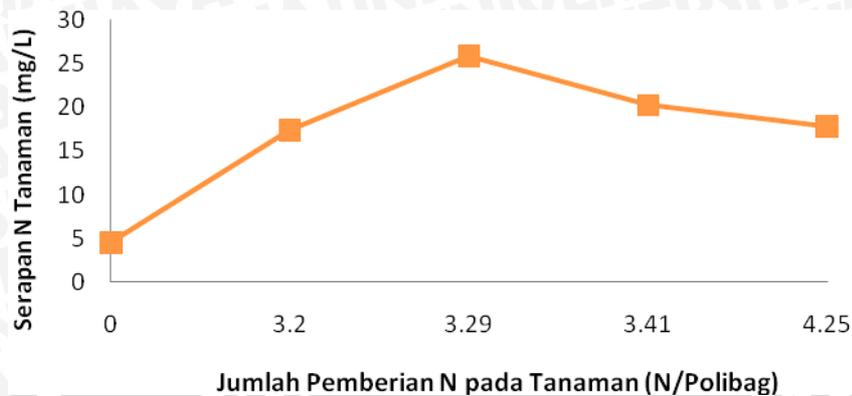
Gambar 12. Nilai Serapan N Tanaman Sawi pada Berbagai Perlakuan Penyiraman 46 Hari setelah Tanam

Berdasarkan analisis ragam (Lampiran 6) pada setiap perlakuan penyiraman terhadap serapan N tanaman menunjukkan adanya perbedaan yang nyata ($p < 0,05$) selama 46 hari setelah tanam. Hasil uji BNT menunjukkan bahwa RZ0, perlakuan penyiraman kontrol, menghasilkan serapan N tanaman paling rendah sedangkan perlakuan RZ4 menghasilkan serapan N tanaman tertinggi. Perlakuan pemberian air limbah pasca remediasi pada tanaman sawi dapat meningkatkan serapan N tanaman.

Pengukuran serapan nitrogen, salah satunya yaitu serapan N tanaman dilakukan untuk mengetahui kisaran penyerapan tanaman sawi dengan penyiraman limbah pasca remediasi. Air limbah penyamakan kulit pasca remediasi masih memiliki kandungan bahan organik yang memiliki peranan secara kimiawi dalam menyediakan N. Hal ini ditunjukkan tingginya kandungan N dari irigasi air limbah pasca remediasi. Perlakuan RZ4 memiliki nilai serapan N tanaman tertinggi dibandingkan perlakuan yang lainnya. Penggunaan perpaduan pada RZ4 yaitu remediator dan adsorpsi zeolit dapat menyaring dan mengikat amoniak sementara kemudian dilepaskan dalam bentuk amonium saat digunakan sebagai irigasi tanaman sawi, sehingga tanaman dapat menyerap N dalam bentuk amonium, sedangkan keberadaan kapur dapat menyeimbangkan nilai pH air limbah sehingga proses adsorpsi zeolit dapat berlangsung (Fatha, 2007).

Hubungan antara serapan N tanaman sawi dengan Jumlah N yang diberikan pada setiap tanaman sawi menunjukkan hubungan yang positif. Pemberian jumlah N

pada tanaman yang semakin meningkat akan meningkatkan pula serapan N oleh tanaman.



Gambar 13. Hubungan Serapan N Tanaman dengan Jumlah Pemberian N pada Tanaman Sawi

Pengaplikasian air pasca remediasi dengan kandungan amonium dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman, karena tanaman menyerap N dalam bentuk amonium dan nitrat (Sarief, 1989). Penyerapan N rendah terdapat pada penyiraman sawi dengan air limbah pasca remediasi tanpa bahan amelioran sedangkan penyerapan N tertinggi oleh tanaman diperoleh dari air limbah pasca remediasi dengan menggunakan kedua bahan amelioran yaitu zeolit dan kapur. Air limbah tanpa penambahan bahan amelioran dapat menjadi sumber N tinggi pada tanaman, namun setelah diaplikasikan pada tanaman tidak dapat diikat sepenuhnya oleh tanah maupun oleh tanaman, maka penyerapan N tanaman menjadi rendah. Penambahan zeolit dan kapur sebagai adsorben air limbah dapat mengikat N dalam air limbah dan akan dilepaskan kembali saat pengaplikasian pada tanaman. Amonium yang terperangkap dalam pori-pori zeolit dapat diserap kembali tanaman. Amonium yang terjebak dalam pori zeolit tidak mudah tercuci didalam tanah (Anwar *et al*, 2001). Bahan adsorben zeolit mampu menjebak amonium dalam porinya yang kemudian dapat dilepas kembali untuk diserap oleh akar tanaman.

4.4 Hubungan Parameter Kualitas Air Limbah dengan Pertumbuhan Sawi

Hubungan parameter kualitas air limbah penyamakan kulit dengan pertumbuhan sawi ditunjukkan dalam nilai korelasi (r). Berdasarkan hasil perhitungan

korelasi, tersaji pada lampiran 8, menunjukkan bahwa nilai pH berkorelasi positif terhadap nilai amonium ($r = 0,87^{**}$), BOD ($r = 0,92^{**}$), COD ($r = 0,85^{**}$), dan TSS ($r = 0,96^{**}$), hal ini menunjukkan bahwa nilai pH sangat berpengaruh pada tinggi rendahnya nilai BOD, COD dalam limbah. Dari persamaan regresi pada lampiran 9, menghasilkan nilai ($R^2 = 0,76$), berarti variasi nilai pH berpengaruh pada amonium sebesar 75%. Untuk BOD ($R^2 = 0,85$), dapat diartikan variasi nilai pH terhadap BOD berpengaruh sebesar 84 %. Untuk COD ($R^2 = 0,72$) yang dapat diartikan variasi pH terhadap COD berpengaruh sebesar 71%. Sedangkan nilai TSS ($R^2 = 0,93$), dapat diartikan variasi pH terhadap TSS berpengaruh sebesar 92%. Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan aktivitas bakteri pengoksidasi amonia (Totok, 2006). Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan atau kehidupan mikroorganisme dalam air.

Secara teoritis kenaikan pH akan diikuti oleh kenaikan BOD, COD dalam air limbah. Kadar oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba pengurai juga kelangsungan hidupnya dipengaruhi oleh nilai pH dalam air limbah. Kandungan amoniak juga dapat meningkat karena mikroba pengurai tidak dapat hidup, dan dapat mengakibatkan amoniak menjadi tidak terionisasi sehingga menjadi racun bagi ekosistem dalam perairan. Untuk tingkat kekeruhan (TSS), pH juga memiliki peranan penting dalam menentukan tingkat keberhasilan pengendapan. Proses koagulasi dengan menggunakan zeolit sebagai koagulan sangat tergantung pada nilai pH yang stabil. Proses koagulasi akan lebih cepat jika didukung dengan pH yang stabil. Nilai BOD ($r = 0,94^{**}$) berkorelasi positif dengan COD pada Lampiran 8. Tersaji dalam Lampiran 9, BOD ($R^2 = 0,88$) terhadap COD, dapat diartikan bahwa variasi nilai BOD berpengaruh 88% terhadap COD. Mikroba dalam aktivitas kehidupannya membutuhkan oksigen, tingkat kebutuhan tersebut ditunjukkan dengan nilai BOD serta COD dalam limbah, semakin tinggi kebutuhan oksigen semakin tinggi pula nilai BOD dan COD. Hal ini juga terjadi pada amonium yang menunjukkan hubungan yang sangat nyata dengan BOD ($r = 0,79^{**}$) serta COD ($r = 0,59^{**}$), karena transformasi amonium juga membutuhkan kandungan oksigen dalam air oleh mikroba. Dalam perhitungan korelasi menunjukkan bahwa nilai amonium berkorelasi positif dengan BOD ($R^2 = 0,62$), dapat diartikan variasi nilai amonium berpengaruh pada BOD sebesar 61%.

Hubungan yang sangat erat berat kering dengan serapan N Tanaman ($r = 0,85^{**}$) Dari uji regresi menghasilkan ($R^2 = 0,73$), berarti variasi nilai serapan N berpengaruh terhadap berat kering sebesar 72%, Hal ini dikarenakan kebutuhan akan nitrogen pada saat diperlukan untuk pertumbuhan dan pembentukan akar, batang dan daun sebagai bagian-bagian vegetatif tanaman. Tanaman menyerap N dalam tanah dalam bentuk NH_4^+ dan NO_3^- . Didalam tanah ion NH_4^+ lebih stabil karena dapat dijerap oleh liat organik dan anorganik.

Pada perlakuan remediasi memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Penyiraman tanaman sawi dengan menggunakan air limbah pasca remediasi memberikan pengaruh terhadap serapan unsur hara, yaitu Nitrogen dalam bentuk NH_4^+ . Pengaruh pada pertumbuhan tanaman berdasar bahwa tanaman dapat mendapat tambahan unsur hara dengan perlakuan penyiraman dengan menggunakan air limbah penyamakan kulit pasca remediasi. Limbah penyamakan kulit merupakan limbah organik yang memiliki bahan organik tinggi. Menurut santi (2004) diketahui bahwa limbah penyamakan kulit memiliki kandungan Nitrogen (NH_4^+ dan NH_3) yang tinggi. Unsur N merupakan unsur yang penting (essensial) bagi pertumbuhan tanaman .



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan:

1. Pemberian zeolit dan kapur dalam meremediasi limbah penyamakan kulit berpengaruh dalam memperbaiki kualitas limbah penyamakan kulit dengan mengurangi kandungan amoniak, BOD, COD serta TSS air limbah. Untuk nilai pH juga menjadi lebih stabil.
2. Pemberian kombinasi amelioran zeolit dan kapur memberikan hasil paling baik dalam memperbaiki kualitas air limbah penyamakan dibandingkan dengan penggunaan salah satu amelioran baik hanya menggunakan zeolit maupun kapur.
3. Hasil yang remediasi terbaik pada perlakuan KZ3, pH mengalami penurunan 7 %, penurunan NH_4^+ 2 %, penurunan BOD pada perlakuan kombinasi zeolit dan kapur (KZ3) sebesar 80 %, COD 77 % dan nilai TSS sebesar 25 %. Untuk perlakuan RZ4 dengan penyiraman menggunakan air limbah pasca remediasi KZ3, menghasilkan hasil terbaik yaitu tinggi tanaman mengalami peningkatan sebesar 36 %, jumlah daun 86 %, berat kering 94 % dan serapan N oleh tanaman memiliki hasil penyerapan tertinggi dibanding perlakuan penyiraman kontrol (RZ0).

5.2 Saran

Diperlukan penelitian yang lebih lanjut mengenai pengaruh zeolit dan kapur sebagai adsorbent air limbah dengan menambah parameter pengamatan serta kisaran kandungan unsur lain yang diserap oleh tanaman sawi dari air limbah pasca remediasi.

Penggunaan amelioran zeolit dan kapur dapat menjadi bahan adsorben yang memperbaiki kualitas air limbah dalam proses remediasi sederhana air limbah yang mudah ditemukan dan diperoleh dengan harga yang terjangkau. Pengaplikasian adsorben dengan cara menambahkan ke dalam air limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Addy, Kelly. 2004. *pH and Alkalinity*. URI Watershed Watch. Coastal Institute in Kingston. 1 Greenhouse Road Kingston. Rhode Island. URIWW-3, July.
- Alamsyah, Sujana. 2006. *Merakit Sendiri Alat Penjernih Air untuk Rumah Tangga*. Kawan Pustaka; Jakarta.
- Ali M. & Suciningtias W. 2005. *Minimisasi Limbah pada Industri Pulp dan Kertas*. Jurusan Teknik Lingkungan - Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Kampus ITS, Sukolilo – Surabaya. Prosiding Seminar Nasional Kimia Lingkungan VII. 28-05-2005.
- Agustiyan, Dwi. 2004. *Pengaruh pH dan Substrat Organik Terhadap Pertumbuhan dan Aktivitas Bakteri Pengoksidasi Amonia*. Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi-LIPI, Bogor 16122. *Biodiversitas* ISSN: 1412-033X Volume 5, Nomor 2 Juli 2004 Halaman: 43-47
- A. R. Rahmani. 2004. *Investigation of Ammonia Removal from Polluted Waters by Clinoptilolite Zeolite*. International Journal of Environmental Science and Technology, vol.1 No. 2, pp 125-133.
- Alaerts dan Santika, Sri S. 1984. *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional
- Alfred E. Whitehouse and J. Randolph Straughan. 1999. *Ammonia "The Rest of The Story"*. Buffalo Coal and Delta Company, inc.
(Available: <http://ammonia-therestofstory.htm>) Verified 18 November 2008
- Anonymous, 2009. *Tehnologi Pengelolaan Kualitas Air*. Program Alih Jenjang D4 Bidang Akuakultur. SITH. ITB-VEDCA-SEAMOLEC.
- Andy M. Lazur, Charles E. Cichra and Craig Watson. 2002. *The Use of Lime in Fish Ponds*. University of Florida. IFAS extension.
(Available: <http://edis.ifas.ufl.edu>) Verified 18 May 2009
- Anwar, Ea Kosman dan Husein Suganda. 2001. *Pupuk Limbah Industri*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Arsawan, Made. 2007. *Pemanfaatan Metode Aerasi dalam Pengolahan Limbah Berminyak*. Jurnal Ecotrophic. Volume.2 No.2, Nopember. ISSN 1907-5626
(Terdapat: <http://unud.ac.id/ejournal>) Diakses 18 Mei 2009
- Arsyad, S. 1976. *Pengawetan Tanah dan Air*. Departemen Ilmu-Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian. IPB. Bogor.

- Azwar, Azrul. 1995. *Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan*. Mutiara Sumber Widya. Jakarta.
- Balai Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian (BP2TP). 2004. *Budidaya sawi*. BPTP ; Jakarta.
- Basil., *et all*. 1969. *Clinoptilolite in Water-Pollution Control*. The Ore Bin. Volume 31 No 11. November . State of Oregon (Available: <http://orebin.com>) Verified 8 July 2008
- Bambang, suwerda. 2007. *Kajian Efisiensi Pengolahan Air Limbah Domestik Kandungan Logam Berat pada Ikan di Ipal Sewon Bantul Yogyakarta*. Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Bintoro. 1998. *Pencemaran Lingkungan*. Erlangga. Surakarta.
- Darsono, V. 1995. *Pengantar Ilmu Lingkungan*. Edisi Revisi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta
- Djarmiko, A dan Ali Masduqi. 2004. *Penurunan Kadar Besi oleh Media Zeolit Alam Ponorogo Secara Kontinyu*. Jurusan Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember - ITS. Jurnal Purifikasi. Vol.5. No.4. Oktober 2004 :169-174
- Demir, Ahmet. 2002. *Ammonium Removal from Aqueous Solution by Ion-Exchange Using Packed Bed Natural Zeolit*. Yildiz Technical University. Department of Environmental Engineering. 80750. Istanbul. Turkey.
(Available: <http://wrc.org.za>) Verified 18 November 2008.
- Durborow, Robert M., David M. Crosby, and Martin W. Brunson. 1997. *Ammonia in Fish Ponds*. SRAC Publication no 463. Southern Regional Aquaculture Center. United State.
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air, Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Eriawan, Rismana. 2002. *Fitoremediasi Teknologi Pengolah Limbah Alternatif* .
(Available: <http://www.terranet.or.id>) Verified on March 18.2008
- Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Pusat antar Universitas Pangan dan Gizi, IPB. Kanisius. Yogyakarta.
- Fatha, A. 2007. *Pemanfaatan Zeolit Aktif untuk Menurunkan BOD dan COD Limbah Tahu*. Tugas Akhir II. Jurusan Kimia. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri. Semarang.
(Available: <http://digilib-unnes.ac.id.pdf>) diakses 18 mei 2009

- F. M. River. 2000. *Water Quality*. (Available: www.Factsheet /waterquality-ammonia.htm) Verified 17 November 2008
- Francis R. Floyd and Craig Watson. 1996. *Ammonia*. Department of Fisheries and Aquatic Sciences. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. Florida
(Available: <http://edis.ifas.ufl.edu>) Verified 17 November 2008.
- Gardner. Franklin .P. 1991. *Physiology of Crop Plants*. Penerbit Universitas Indonesia. UI-Press
- Handoko, D. Setyawan P. 1998. *Preparasi Katalis Cr/Zeolit melalui Modifikasi Zeolit Alam*. Jurusan Kimia FMIPA. Universitas Jember.
- Howerton, Robert. 2001. *Best Management Practices for Hawaiian Aquaculture*. University of Hawaii Sea Grant Extension Services. Center for Tropical and Subtropical Aquaculture Publication No. 148.
- Jorgensen, T.C and Weatherly, L.R. 2002. *Ammonia Removal from wastewater by Ion Exchange in the Presence of Organic Contaminants*. Department of Chemical & Process Engineering. University of Canterbury, Christchurch. New Zealand. Water Research 37 (2003) 1723-1728.
(Available: www.zeolite-product.com) Verified may 18, 2009
- Karamah, Eva Fathul dan Adhi Septiyanto. 2000. *Pengaruh Suhu dan Tingkat Keasaman (pH) pada Tahap Pralakuan Koagulasi (Koagulan Aluminium Sulfat) dalam Proses Pengolahan Air Menggunakan Membran Mikrofiltrasi Polipropilen Hollow Fibre*. Departemen Teknik Gas dan Petrokimia. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia
- Metcalf and Eddy. 2003. *Wastewater Engineering. Treatment and Reuse*. 4th. Ed, Mc Graw Hill Co. New York . Verified 8 November 2008
- Mesquita, D. P. 2000. *SBR Performance for Synthetic and Fishery Wastewater Treatment*. IBB-Institute for Biotechnology and Bioengineering. Braga, Portugal.
- Murphy. 2005. *Water Quality Monitoring*. General Information on Solid. COBW.
(Available : <http://bcn.boulder.co.us/basin/data/COBW/info/TSS.html>)
- Nurhasan dan Bb. Pramudyanto. 1996. *Panduan Penanganan Limbah Cair Industri kecil Tapioka Dan Panduan Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Tapioka di Indonesia*. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. Jakarta.
- Njorogr B. 2004. *Ammonia Removal from Aqueous Solution by the Use of a Natural Zeolite*. Journal of Environment Engineering and Sciences. Verified 8 November 2008

- Oram, Brian. 1999. *pH of Drinking Water : Water Balance*. Center of Environment Quality. Environmental Engineering and Earth Sciences. Wilkes University. Verified 18 may 2009.
- Patrick J. Walsh. 2001. *Ammonia Toxicity And Urea Excretion In The Gulf Toadfish Linkages To Behavior?*. University of Miami, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, NIEHS Marine and Freshwater Biomedical Sciences Center, 4600 Rickenbacker Causeway, Miami, FL 33149 USA Ph: 305-361-4617; Fax: 305-361-4001; Verified 8 November 2008
- Rukmana, Rahmat. 1994. *Bertanam Petsai dan Sawi*. Kanisius. Yogyakarta
- Ruth, Francis-Floyd and Craig Watson. 1990. *Ammonia*. University of Florida.
- Santi, Devi Nuraini. 2004. *Pengelolaan Limbah cair pada Industri Penyamakan Kulit, Industri Pulp dan Kertas, serta Industri Kelapa Sawit*. Bagian Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara.
- Sarief, E. Saifuddin. 1989. *Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian*. Pustaka Buana. Jakarta
- Sari, Sasi Gendro. 2007. *Kualitas Air Sungai Maron Dengan Perlakuan Keramba Ikan Di Kecamatan Trawas Kabupaten Mojokerto Jawa Timur*. Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lambung Mangkurat
- Sugiharto. 1987. *Dasar – Dasar Pengelolaan Air Limbah*. Penerbit Universitas Indonesia (UI - Press).
- Suyasa, I. W. Budiarsa dan Wahyu Dwijani. 2007. *Kemampuan Sistem Saringan Pasir-Tanaman Menurunkan Nilai BOD dan COD Air Tercemar Limbah Pencelupan*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana. Jurnal Ecotrophic, Vol 2 No.1 Mei
- Sunu, Pramudya. 2001. *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*. Grasindo. Jakarta.
- Staff Pengembangan SSC. 2003. *Peranan SSC dalam Bidang Pertanian, Peternakan, Perikanan dan Pengolahan Limbah*. Lintas Sejahtera Utama. Malang
- Susilawaty, Andy. 2007. *Efektifitas Sistem Jaringan Multimedia dalam Menurunkan TSS, BOD, NH₃-N, PO₄ dan Total Coliform pada Limbah Cair Rumah Tangga*. J-Sains & Tehnologi. Vol.7 No.1: 45-46. April. ISSN 1411-4674
- Sutrisno, Totok. 2006. *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Rineka Cipta. Jakarta.

- Sutarli dan Rahmawati, 1994. *Zeolit Tinjauan Literatur*. Pusat Dokumentasi dan Informasi LIPI. Jakarta.
- Suriawiria, Linus. 1999. *Air dalam Kehidupan dan Lingkungan Sehat*. Penerbit Alumni Bandung
- Suyasa, I.W. Budiarsa. 2007. *Kemampuan Sistem Saringan Pasir-Tanaman Menurunkan Nilai BOD dan COD Air Tercemar Limbah Pencelupan*. Jurnal Ecotrophic. Volume 2 No. 1, Mei. ISSN 1907-5626 (Tersedia: <http://unud.ac.id>) Diakses: 18 Mei 2009
- Soemantojo, Roekmijati Widaningroem. 1998. *Kapasitas Adsorpsi Zeolit Alam dan H-Zeolit terhadap Larutan Amoniak dalam Reaktor Batch Tunggal*. Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Timothy Fields, Jr. and Steven A. Herman. 1998. *Management of Remediation Waste Under RCRA*. United States. Environmental Protection Agency. EPA530-F-98-026. <http://epa.gov/osw> (Verified on March 18.2008)
- Todd Zynda. 2000. *Phytoremediation : A Community Fact Sheet*. Great Lakes Mid-Atlantic. Center For Research Hazardous Substances. <http://clu-in.org/PRODUCTS/CITGUIDE/Phyto.htm> (Verified on March 18.2008)
- Warlina, Lina. 2004. *Pencemaran Air : Sumber, Dampak dan Penanggulangannya*. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Wurts, William A. 2002. *Pond pH and Ammonia Toxicity*. Kentucky State University. Daily pH Cycle and Ammonia Toxicity, World Aquaculture, 34(2):20-21
- Westbelt. 1975. *Process Design Manual for Nitrogen Control*. U.S. Environmental Protection Agency, Technology Transfer. Verified 18 July 2008
- Zhang, W. 1993. *Toxic Effect of Zn²⁺, Cu²⁺, Cd²⁺ and NH₃ on Chinese Prawn*. Chin. J. Ocean. Limnol. Vol 11 no 3. Shanghai Fisheries University.
- Zhang, Z. 2003. *Comparison of the Zeolite Sodium Chabazite and Activated Charcoal for Ammonia Control in Sealed Containers*. Asian Fisheries Sciences. Philippines.



Lampiran 1. Hasil Uji Laboratorium Kualitas Air Limbah Industri Penyamakan

Kulit

Lokasi pengambilan contoh	: PT. Kurnia Catur Perkasa
Jenis Produksi/usaha	: Kulit (Proses lengkap)
Jenis contoh uji	: Air Limbah Industri
Tempat analisa	: Perum Jasa Tirta
Pengujian	: 09-Apr-08

No	Parameter	Satuan	Hasil	Beban pencemaran maksimum (g/m)
Air Limbah Kulit PT. Kurnia Catur Perkasa				
1	pH	mg/L	8	6 – 9
2	BOD	mg/L	63,75	10,50
3	COD	mg/L	154,375	21,0
4	TSS	mg/L	102,15	10,5
5	Ammonia (NH ₃ -N)	mg/L	4,312	0,70
6	Minyak dan Lemak	mg/L	0,013	0,35
7	Sulfida (H ₂ S)	mg/L	9,3	0,07
8	Cr Total	mg/L	tt*	0,14

Keterangan:

*)tt : Tidak terdeteksi

Contoh Uji diatas sebagian tidak memenuhi beban pencemaran maksimum limbah cair, namun memenuhi SK Gub No.45 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri atau Kegiatan usaha lainnya di Jawa Timur.

Lampiran 2. Perhitungan Jumlah Tanah dan Air Limbah Pasca Remediasi yang digunakan Tanaman Sawi serta Kebutuhan Pupuk Dasar

Ring

t (cm)	d (cm)	Vring (cm³)
5,6	4,5	89,02

Kering Udara

TB + R (gr)	TO + R (gr)	R (gr)	TO (gr)
201,71	188,63	72,84	115,79

Kapasitas Lapang

TB + R (gr)	TO + R (gr)	R (gr)
259,42	231,27	102,43

$$\begin{aligned} \text{KAKU} &= \frac{M_a}{M_p} = \frac{(TB+R)-(TO+R)}{(TO+R)-R} \\ &= \frac{201,71 - 188,63}{188,63 - 72,84} \\ &= 0,1 \text{ gr/gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KAKL} &= \frac{M_a}{M_p} = \frac{(TB+R)-(TO+R)}{(TO+R)-R} \\ &= \frac{259,42 - 231,27}{231,27 - 102,43} \\ &= 0,22 \text{ gr/gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ ring} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot t \\ &= \frac{1}{4} (3,14) \cdot (4,5)^2 \cdot 5,6 \\ &= 89,02 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BI} &= \frac{BTO}{Vring} \\ &= \frac{115,79}{89,02} \\ &= 1,3 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Berat tanah Kering Udara = 5 kg/polibag

$$\begin{aligned} \text{WHC} &= (\text{KAKL} - \text{KAKU}) \times \text{Berat tanah per polibag} \\ &= (0,22 - 0,1) \times 2000 \text{ gr} \\ &= 240 \text{ gr} = 0,24 \text{ kg} = 0,24 \text{ liter/polibag} \end{aligned}$$

Perhitungan Kebutuhan Pupuk Dasar per Polibag

1. Menentukan bobot tanah lapisan olah per hektar (HLO)

$$\begin{aligned} \text{HLO} &= \text{BI} \times 1 \text{ ha tanah} \times \text{Kedalaman lapisan olah} \\ &= 1,3 \text{ gr/cm}^3 \times 10^8 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ cm} \\ &= 2600000 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Menentukan Kebutuhan Pupuk Dasar

- **Keb. KCL/ha** = $\frac{100}{50} \times \frac{94}{78} \times 100 \text{ kg K/ha}$
= 241,03 kg KCL/ha

$$\begin{aligned} \text{Pupuk/polibag} &= \frac{\Sigma \text{ tanah yang digunakan per polibag}}{\text{HLO}} \times \text{dosis pupuk/ha} \\ &= \frac{2 \text{ kg/polibag}}{2600000 \text{ kg}} \times 241,03 \text{ kg KCL/ha} \\ &= 0,1854 \cdot 10^{-3} \text{ kg KCL/ha} = 0,19 \text{ gr KCL/polibag} \end{aligned}$$

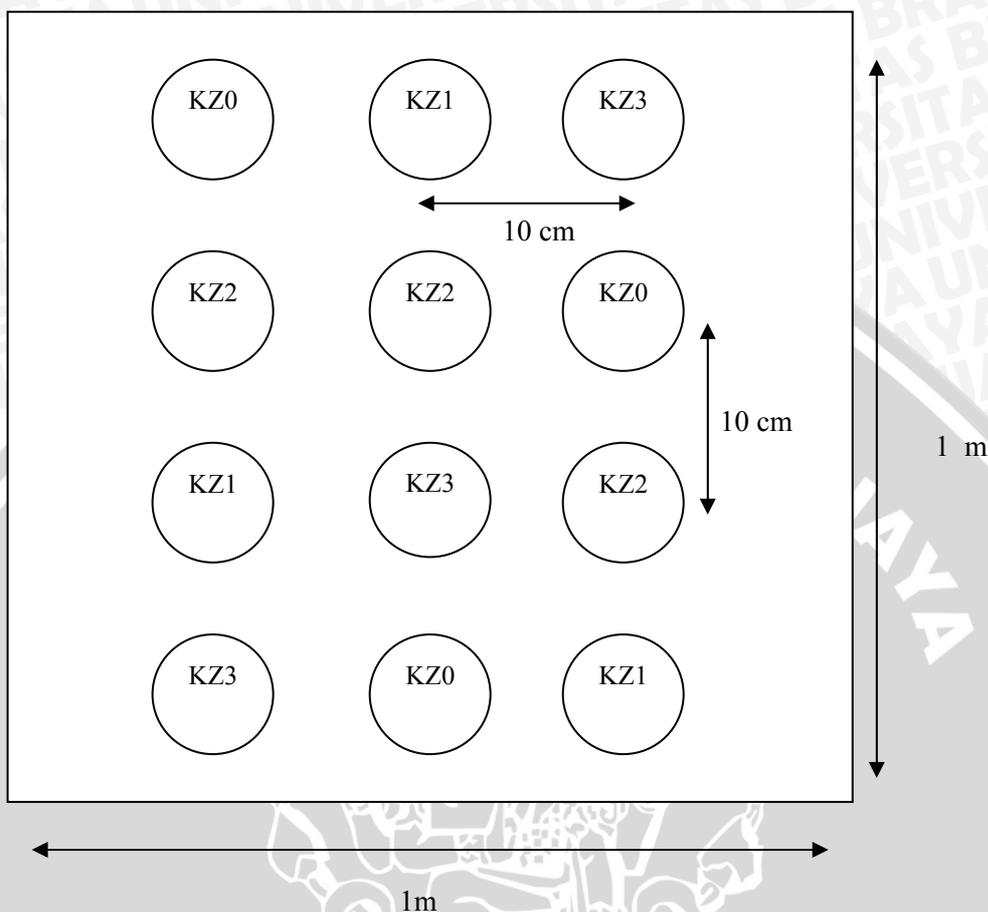
- **Keb. SP36/ha** = $\frac{100}{36} \times \frac{142}{62} \times 100 \text{ kg P/ha}$
= 636,20 kg SP36/ha

$$\begin{aligned} \text{Pupuk/polibag} &= \frac{\Sigma \text{ tanah yang digunakan per polibag}}{\text{HLO}} \times \text{dosis pupuk/ha} \\ &= \frac{2 \text{ kg/polibag}}{2600000 \text{ kg}} \times 636,20 \text{ kg SP36/ha} \\ &= 0,4893 \cdot 10^{-3} \text{ kg SP36/ha} = 0,49 \text{ gr SP36/polibag} \end{aligned}$$

- **Keb. Urea/ha** = $\frac{100}{46} \times 110 \text{ kg N/ha}$
= 239,13 kg Urea/ha

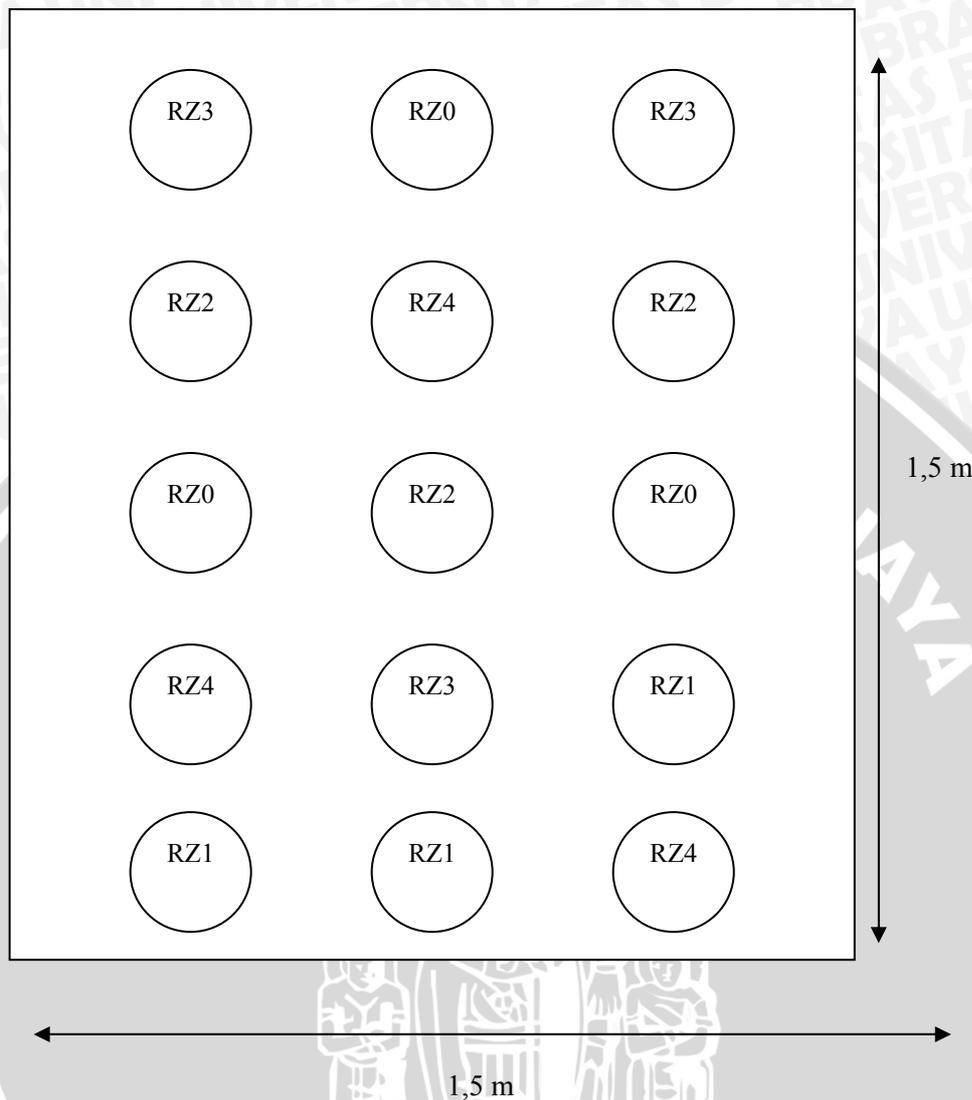
$$\begin{aligned} \text{Pupuk/polibag} &= \frac{\Sigma \text{ tanah yang digunakan per polibag}}{\text{HLO}} \times \text{dosis pupuk/ha} \\ &= \frac{2 \text{ kg/polibag}}{2600000 \text{ kg}} \times 239,13 \text{ kg Urea/ha} \\ &= 0,183910^{-3} \text{ kg Urea/ha} = 0,18 \text{ gr Urea/polibag} \end{aligned}$$

Gambar Denah Petak Percobaan I



- Keterangan: K : Limbah cair penyamakan kulit
- Z0 : Kontrol
 - Z1 : Remediator zeolit
 - Z2 : Remediator kapur
 - Z3 : Remediator zeolit + kapur

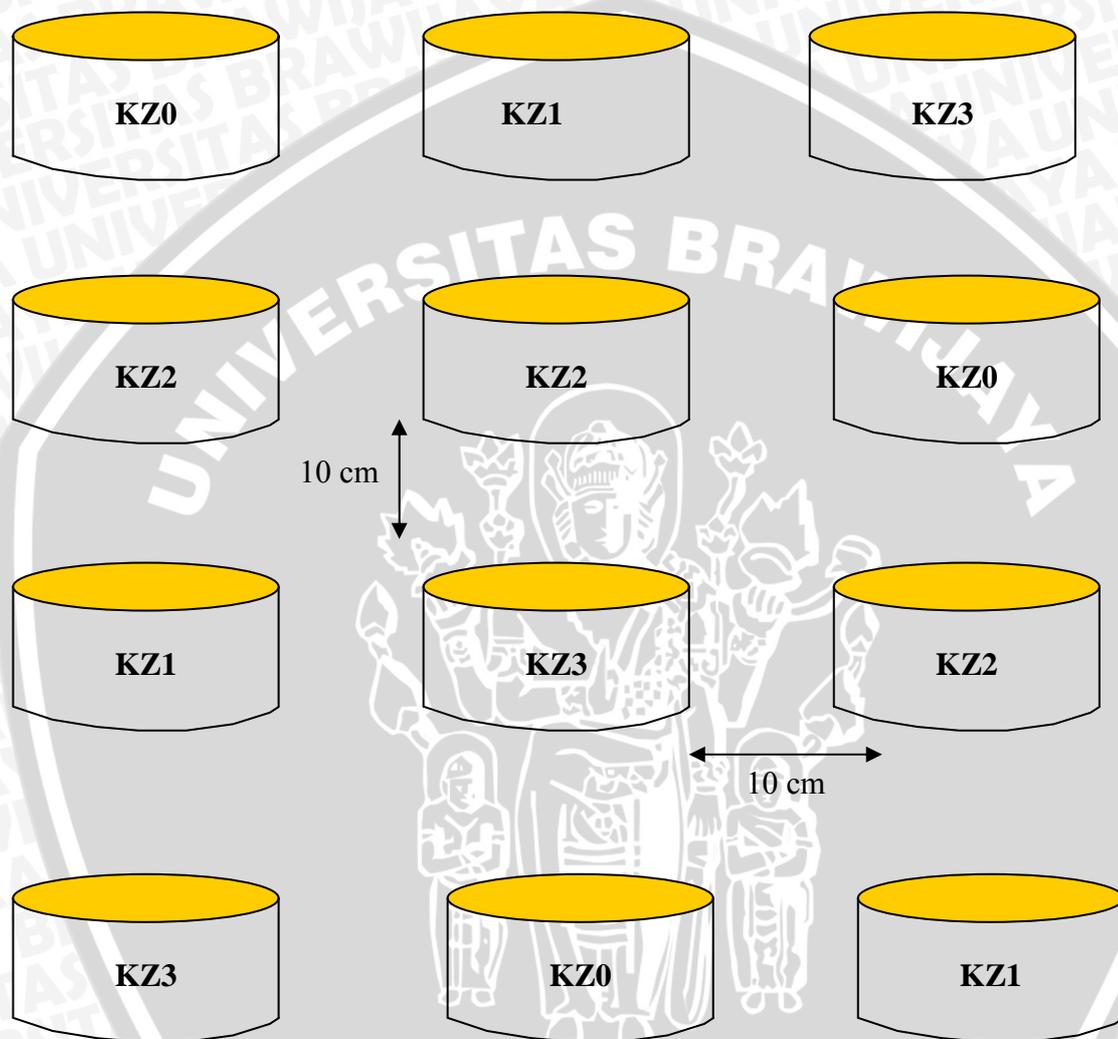
Gambar Denah Petak Percobaan II



- Keterangan: R : Penyiraman tanaman sawi
 Z0 : Kontrol (dengan air murni)
 Z1 : Dengan air limbah pasca remediasi KZO
 Z2 : Dengan air limbah pasca remediasi KZ1
 Z3 : Dengan air limbah pasca remediasi KZ2
 Z4 : Dengan air limbah pasca remediasi KZ3

Lampiran 4.

Gambar Penelitian I: Remediasi Limbah Penyamakan Kulit



Gambar Penelitian II: Pertumbuhan Tanaman Sawi dengan Penyiraman menggunakan Air Limbah Pasca Remediasi.



Pertumbuhan Tanaman Sawi pada 14 HST



Pertumbuhan Tanaman Sawi pada 28 HST



RZ0



RZ1



RZ2



RZ3



RZ4

Pertumbuhan Tanaman Sawi pada 46 HST

Lampiran 5. Prosedur Analisis Parameter Kualitas Air

1. pH

pH meter dihubungkan dengan elektroda kaca dan elektroda referensi. Kemudian pilih jenis elektroda sesuai dengan pH meter. Pada pH meter terdapat skala yang menyatakan hasil pengukuran beda potensial. Putar tombol pengukuran untuk memilih skala pH atau mV. Karena pesawat ini selalu memerlukan 10 s/d 20 menit pemanasan maka pesawat tetap dihidupkan selama mungkin. Pesawat dibiarkan dalam keadaan standby., pH meter digunakan dengan elektroda terendam larutan sampel atau buffer. Dengan melihat tombol koreksi suatu sistem pengukuran pH baik dalam potensiometer maupun elektroda dapat disesuaikan dengan suhu yang ada dalam larutan. Analisis standarisasi dilakukan setiap 4 jam sekali dikarenakan jumlah analisa yang banyak (Alaerts dan santika, 1997).

2. Amoniak (NH₃-N)

Cara uji kadar amoniak dengan menggunakan spektrofotometer secara fenat. Digunakan untuk menentukan kadar amoniak dengan spektrofotometer fenat dalam air limbah kisaran kadar 0,1 mg/L sampai 0,6 mg/L NH₃-N pada panjang gelombang 640 nm (Alaerts dan santika, 1997).

Cara kerjanya meliputi:

- pipet 25 ml contoh uji masukkan ke dalam erlenmeyer 50 mL;
- tambahkan 1 mL larutan fenol, dihomogenkan;
- tambahkan 1 mL natrium nitroprusid, dihomogenkan;
- tambahkan 2,5 mL larutan pengoksidasi, dihomogenkan;
- tutup erlenmeyer tersebut dengan plastik atau parafin film;
- biarkan selama 1 jam untuk pembentukan warna;
- masukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapannya pada panjang gelombang 640 nm.

Perhitungan:

$$\text{Kadar amonia (mg N/L)} = C \times fp$$

dengan pengertian :

C : kadar yang didapat dari hasil pengukuran (mg/L)

fp : faktor pengenceran.

3. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Analisa BOD dapat diawali dengan cara sampel dimasukkan ke dalam dua botol kaca, masing-masing 50 mL. Salah satu dari botol tersebut diinkubasi selama lima hari, kemudian diukur oksigen terlarutnya. Botol yang tersisa diukur oksigen terlarutnya pada hari ke nol dengan menambahkan 0,5 mL MnSO_4 + 0,5 mL reagen alkali iodide azida + 0,5 mL H_2SO_4 pekat. Setelah itu ditambah 3 tetes amilum dan dititrasi dengan larutan natrium thiosulfat. Selanjutnya dilakukan perhitungan BOD dan penurunan BOD limbah tahu sebelum dan sesudah perlakuan

Alur proses analisa Biological Oxygen Demand limbah cair lengkap yaitu:

- Sampel yang bersifat asam dinetralkan pada $\text{pH } 7,0 \pm 10$ dengan menggunakan asam atau basa.
- Tentukan konsentrasi klor aktif untuk sampel yang diduga mengandung sisa klor aktif (hal ini dapat menghalangi proses mikrobiologis) sampel yang diduga mengandung racun.
- Turunkan kadar oksigen dengan cara pengocokan pada sampel yang mengandung oksigen melebihi kejenuhannya (terlalu jenuh). Keadaan tersebut dapat terjadi pada sampel yang ditumbuhi ganggang.
- Pengenceran sampel, jumlah oksigen dalam botol terbatas maksimum 9 mgO_2/L tersedia, dan sebaliknya oksigen terlarut pada akhir masa inkubasi antara 3 dan 6 mgO_2/L maka sampel perlu diencerkan.
- Dari cara pemilihan derajat pengenceran P, tiga atau lebih derajat pengenceran dipilih. Bila salah satu derajat pengenceran adalah $P = 0,25$, maka 2 liter larutan sampel yang sudah diencerkan harus disiapkan yang terdiri dari 500 ml sampel asli dan 1500 air pengencer. Dua botol BOD diisi dengan larutan tersebut (larutan R), satu untuk analisis pada saat $t = 0$, yaitu botol R_1 , dan satu lagi untuk analisis pada saat $t = 5$ hari yaitu botol R_2 . Pengenceran 'S' yang berikutnya dibuat dengan memindahkan 1 liter larutan 'R' kedalam labu takar 2 liter dan pengisiannya sampai penuh dengan 1 liter air pengencer. Dua botol BOD diisi dengan larutan 'S' ini. Larutan 'T' dibuat dengan memindahkan 1 liter larutan 'S' ke dalam labu takar liter, lalu diisi sampai penuh dengan air pengencer. Dua botol BOD diisi dengan air pengencer (larutan kerja) serta benihnya berlaku sebagai blanko. BOD_5 blanko seharusnya antara 0,5 dan 2 mgO_2/L .

- f. Botol-botol BOD (sampel dan blanko) disimpan dalam inkubator (suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) selama kira-kira 1 jam. Jika suhu larutan tersebut sebelumnya lebih tinggi dari pada 20°C , maka akan terjadi penurunan volum dalam botol. Setelah 1 jam botol tersebut dibuka sebentar lalu diisi dengan air pengencer sehingga di dalam botol tertutup tidak ada gelembung udara.
- g. Simpan terus dalam inkubator (suhu $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) selama 5 hari, separuh dari jumlah botol-botol BOD tersebut dan separuhnya dikeluarkan untuk analisa oksigen.
- h. Lakukan analisa oksigen terlarut (DO) pada botol-botol blanko 1, R_1 , S_1 dan T_1 pada saat $t = 0$ hari (setelah botol disimpan 1 jam dalam inkubator untuk mendapatkan suhu 20°C) dan pada saat $t = 5$ hari. Baik cara elektrokimia dengan elektroda membran (cepat, tetapi tidak terlalu teliti) maupun dengan titrasi Winkler (teliti) dapat dipakai. Agar hasilnya teliti setelah inkubasi DO harus antara 3 dan 6 mgO_2/L . Dengan demikian 1 analisa BOD memerlukan paling sedikit 8 botol.
- i. Jika sampel BOD lebih banyak (yang memiliki air pengencer yang sama), 2 blanko tersebut sudah cukup (Alearts dan santika, 1997)

4. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Awal proses analisa COD adalah bila taksiran COD sampel $> 800 \text{ mgO}_2/\text{L}$, maka sampel harus diencerkan dengan air sulingan hingga COD berada sekitar 50 sampai $800 \text{ mgO}_2/\text{L}$. Bila taksiran COD sudah berada dalam kisaran angka-angka tersebut, maka cara kerja sebagai berikut:

- a. Sebanyak $\pm 0,4 \text{ g HgSO}_4$ dipindahkan ke gelas Erlenmeyer COD 250 ml.
- b. Dimasukkan 5 dan 6 batu didih yang telah dibersihkan terlebih dahulu ke dalam gelas Erlenmeyer tersebut.
- c. Tambahkan larutan sampel (atau sampel yang sudah diencerkan dengan air suling) sebanyak 20 ml.
- d. Tambahkan larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25 N sebanyak 10 ml.
- e. Siapkan 30 ml reagen asam sulfat-perak sulfat, pindahkan dengan menggunakan dispenser sebanyak $\pm 5 \text{ ml}$ kedalam gelas Erlenmeyer COD. Reagen H_2SO_4 dikocok perlahan-lahan dan hati-hati untuk mencegah penguapan, tetapi larutan harus tercampur dan panasnya merata.

- f. Alirkan air pendingin pada kondensor dan letakkan gelas Erlenmeyer COD di bawah kondensor. Tuangkan sisa reagen H_2SO_4 dari butir 5 yaitu ± 25 ml, melalui kondensor kedalam gelas Erlenmeyer COD (gelas refluks) sedikit demi sedikit dengan menggunakan dispenser dan selama ini menggoyangkan gelas refluks agar semua reagen dan sampel tercampur.
- g. Tempatkan kondensor dengan gelas Erlenmeyer COD (gelas refluks) atas pemanas Bunsen. Menyalakan alat pemanas dan refluks larut selama ± 2 jam.
- h. Gelas refluks dibiarkan dingin dahulu, kemudian bilas kondensor dengan air suling sebanyak kira-kira 25-50 ml.
- i. Gelas refluks dilepaskan dari kondensor, dinginkan larutan (untuk lebih cepat gelas refluks dapat direndam dalam air) kemudian encerkan larutan yang telah direfluks tadi sampai 2 kali jumlah larutan dalam gelas refluks dengan air suling. Tambahkan air suling kira-kira 150-200 ml. Dinginkan lagi sampai suhu ruangan.
- j. Tambahkan 3-4 tetes indikator ferroin dikromat yang tersisa di dalam larutan sesudah direfluks, dititrasi dengan larutan standar ferro ammonium sulfat 0,10 N, sampai warna kehijau-hijauan menjadi kecoklat-coklatan.
- k. Blanko terdiri dari 20 ml air suling yang mengandung semua reagen yang ditambahkan pada larutan sampel. Refluks dengan cara yang sama seperti disebut diatas.
- l. Untuk mendapatkan hasil yang teliti, maka harus dibuat duplikasi untuk setiap sampel
Bila COD larutan < 70 ml/L maka tetap mengikuti cara kerja diatas dengan perubahan-perubahan sebagai berikut:
 - a. Normalitas larutan standart kalium dikromat oleh 0,025 N.
 - b. Lindungi larutan sampel dalam gelas refluks dari sisa zat organis pada gelas yang mungkin ada atau debu di udara (Alearts dan Santika, 1987)

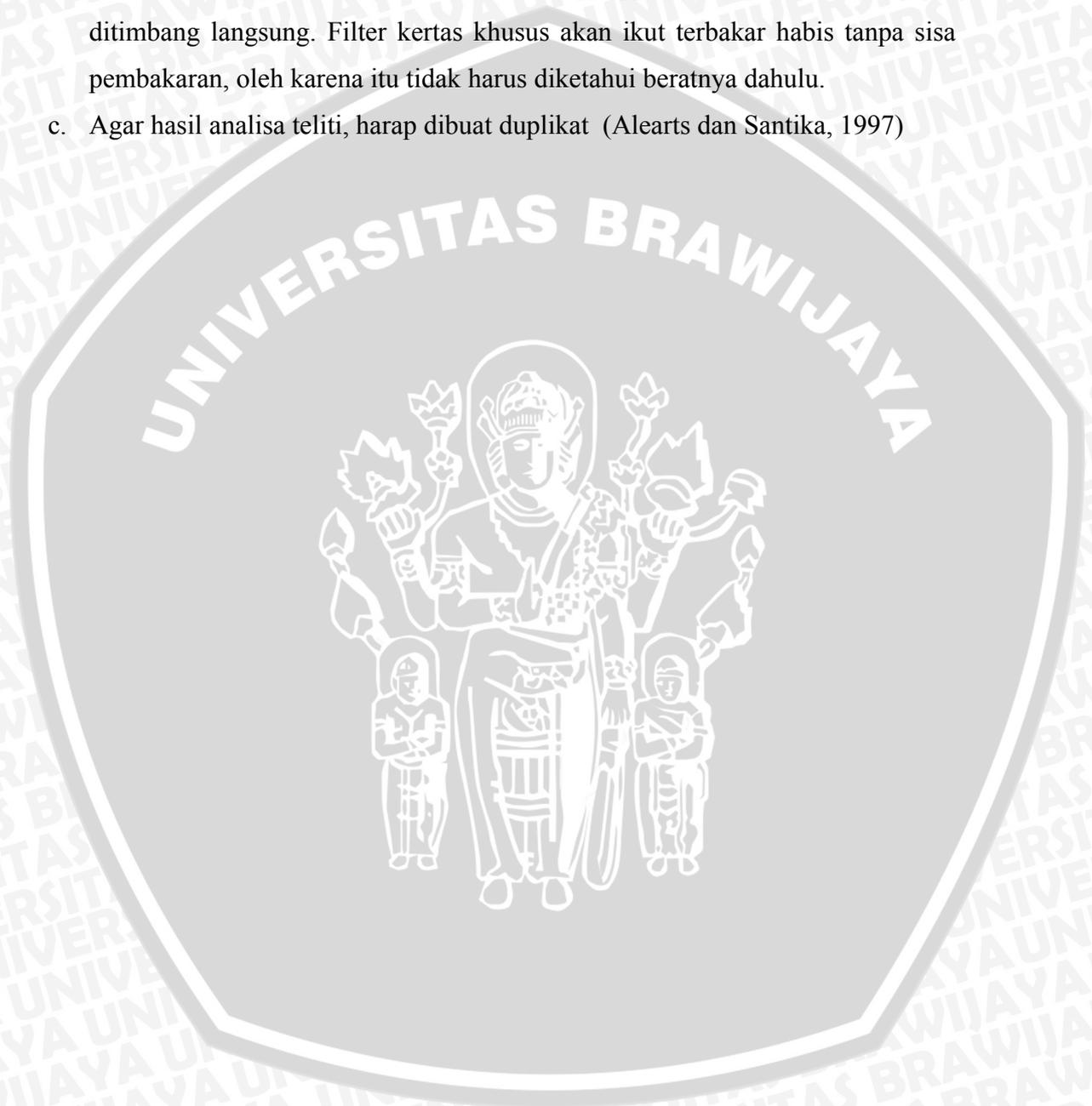
5. TSS (Total Suspended Solid)

Alur penentuan TSS yaitu:

- a. Setelah penentuan zat (padat) tersuspensi, filter serta lapisan zat padatnya, diletakkan diatas jaring-jaring yang dipasang diatas cawan porselin (cawan platina). Bila memiliki cawan Gooch, filter bersifat glass-fibre tetap pada

cawam Gooch. Kemudian dibakar dalam furnace pada suhu 550°C selama 10-20 menit. Setelah itu, dipindahkan dalam oven dengan suhu 105°C selama 30 menit sebelum didinginkan dalam desikator selama 15 menit. Setelah itu timbanglah dengan cepat.

- b. Filter fiber glass tidak ikut terbakar, sehingga hasil pembakaran dapat ditimbang langsung. Filter kertas khusus akan ikut terbakar habis tanpa sisa pembakaran, oleh karena itu tidak harus diketahui beratnya dahulu.
- c. Agar hasil analisa teliti, harap dibuat duplikat (Alearts dan Santika, 1997)



Lampiran 6

Analisis Ragam (ANOVA) Kualitas Air Remediasi Limbah Penyamakan Kulit

1. Nilai pH

Pengamatan	Sumber Keragaman (SK)	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
						5%	1%
1 HST	Perlakuan	3	0	0	8	4,07	7,59
	Galat	8	0,563	0,070			
	Total	11	0,563				
5 HST	Perlakuan	3	0,065	0,02	8	4,07	7,59
	Galat	8	0,975	0,12			
	Total	11	1,040				
10 HST	Perlakuan	3	0,002	0,0007	612,0	4,07	7,59
	Galat	8	1,535	0,192			
	Total	11	1,537				

2. Nilai Amonium

Pengamatan	Sumber Keragaman (SK)	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
						5%	1%
1 HST	Perlakuan	3	0	0	2829595	4,07	7,59
	Galat	8	2,115	0,264			
	Total	11	2,115				
5 HST	Perlakuan	3	0,00025	0,000083	4105428	4,07	7,59
	Galat	8	2,029	0,254			
	Total	11	2,03				
10 HST	Perlakuan	3	0,0005	0,00017	311843	4,07	7,59
	Galat	8	2,1075	0,263			
	Total	11	2,108				

3. Nilai BOD

Pengamatan	Sumber Keragaman (SK)	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
						5%	1%
1 HST	Perlakuan	3	0,7925	0,264	3147,27	4,07	7,59
	Galat	8	2574,278	321,78			
	Total	11	2575,070				
5 HST	Perlakuan	3	1,5115	0,504	1804,82	4,07	7,59
	Galat	8	2592,24	324,03			
	Total	11	2593,749				
10 HST	Perlakuan	3	0,1075	0,036	4326,06	4,07	7,59
	Galat	8	3888,923	486,12			
	Total	11	3889,036				

4. Nilai COD

Pengamatan	Sumber Keragaman (SK)	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
						5%	1%
1 HST	Perlakuan	3	0,635	0,212	23360,05	4,07	7,59
	Galat	8	2988,98	373,623			
	Total	11	2989,61				
5 HST	Perlakuan	3	0,0775	0,026	322885,87	4,07	7,59
	Galat	8	7264,84	908,105			
	Total	11	7264,92				
10 HST	Perlakuan	3	0,915	0,305	14,76	4,07	7,59
	Galat	8	11741,085	1467,64			
	Total	11	11742,7				



5. Nilai TSS

Pengamatan	Sumber Keragaman (SK)	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
						5%	1%
1 HST	Perlakuan	3	0,0345	0,0115	10670,07	4,07	7,59
	Galat	8	2641,47	330,184			
	Total	11	2641,502				
5 HST	Perlakuan	3	0,275	0,092	12720,65	4,07	7,59
	Galat	8	4866,395	608,299			
	Total	11	4866,67				
10 HST	Perlakuan	3	0,715	0,238	8100,19	4,07	7,59
	Galat	8	3584,805	448,101			
	Total	11	3585,52				

Analisis Ragam (ANOVA) Pertumbuhan Tanaman Sawi dengan Menggunakan Air Limbah Pasca Remediasi sebagai Irigasi

1. Tinggi Tanaman Sawi

Pengamatan	Sumber Keragaman (SK)	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
						5%	1%
14 HST	Perlakuan	4	1,733	0,433	4,57	3,48	5,99
	Galat	10	4,92	0,492			
	Total	14	50,933				
28 HST	Perlakuan	4	2,9	0,725	14,25	3,48	5,99
	Galat	10	77,6	7,76			
	Total	14	80,6				
46 HST	Perlakuan	4	0,93	0,233	48,50	3,48	5,99
	Galat	10	126,8	12,68			
	Total	14	127,73				

2. Jumlah Daun Tanaman Sawi

Pengamatan	Sumber Keragaman (SK)	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
						5%	1%
14 HST	Perlakuan	4	0,4	0,1	4,27	3,48	5,99
	Galat	10	3,2	0,32			
	Total	14	3,6				
28 HST	Perlakuan	4	0,13	0,0325	4,27	3,48	5,99
	Galat	10	6,8	0,68			
	Total	14	6,93				
46 HST	Perlakuan	4	0	0	4,167	3,48	5,99
	Galat	10	6,4	64			
	Total	14	6,4				

3. Berat Kering Tanaman Sawi

Pengamatan	Sumber Keragaman (SK)	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
						5%	1%
46 HST	Perlakuan	4	0,002	0,0005	17671,31	3,48	5,99
	Galat	10	20,25	2,025			
	Total	14	20,252				

4. Serapan N Tanaman

Pengamatan	Sumber Keragaman (SK)	db	JK	KT	F Hitung	F Tabel	
						5%	1%
46 HST	Perlakuan	4	0	0	2969253	3,48	5,99
	Galat	10	712,6	71,26			
	Total	14	712,6				

Lampiran 7

Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT 5%) Kualitas Air Limbah

1. Nilai pH

Perlakuan	Hari Pengamatan		
	1 HST	5 HST	10 HST
KZ0	8,5 c	8,4 c	8,4 c
KZ1	8 a	7,9 b	7,6 b
KZ2	8 ab	7,8 ab	7,6 ab
KZ3	8 b	7,8 a	7,5 a
BNT %	0,431	0,563	0,715

Ket: Angka yang bernotasi sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada BNT 5%

2. Nilai Amonium (mg/L)

Perlakuan	Hari Pengamatan		
	1 HST	5 HST	10 HST
KZ0	4,312 d	4,277 d	4,247 d
KZ1	3,355 b	3,341b	3,286 b
KZ2	3,448 c	3,427 c	3,407 c
KZ3	3,258 a	3,236 a	3,195 a
BNT %	0,838	0,822	0,836

Ket: Angka yang bernotasi sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada BNT 5%

3. Nilai BOD (mg/L)

Perlakuan	Hari Pengamatan		
	1 HST	5 HST	10 HST
KZ0	87,8 d	66,4 d	63,6 d
KZ1	55,9 b	33,4 b	20,1 b
KZ2	62,3 c	46,5 c	32,5 c
KZ3	49,0 a	28,4 a	19 a
BNT %	29,250	29,352	35,951

Ket: Angka yang bernotasi sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada BNT 5%

4. Nilai COD (mg/L)

Perlakuan	Hari Pengamatan		
	1 HST	5 HST	10 HST
KZ0	179,7 d	134,3 d	129,2 c
KZ1	147,1 b	79,2 b	54,6 ab
KZ2	153,1 c	81,4 c	67,2 b
KZ3	137,6 a	73,1 a	52,6 a
BNT %	31,52	49,14	62,47

Ket: Angka yang bernetasi sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada BNT 5%

5. Nilai TSS (mg/L)

Perlakuan	Hari Pengamatan		
	1 HST	5 HST	10 HST
KZ0	127,4 d	126,8 d	112,4 d
KZ1	94,5 b	85 b	74,4 b
KZ2	97,2 c	87,4 c	77,2 c
KZ3	89,5 a	73,3 a	68,1 a
BNT %	29,63	40,22	34,52

Ket: Angka yang bernetasi sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada BNT 5%

Hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) Pertumbuhan Tanaman Sawi

1. Tinggi Tanaman (cm)

Perlakuan	Hari Pengamatan		
	14 HST	28 HST	46 HST
RZ0	23 a	28 a	32a
RZ1	27 c	34 d	36 c
RZ2	24 ab	30 b	32 ab
RZ3	25 b	31 bc	33 b
RZ4	25 bc	33 c	39 d
BNT 5%	0,99	3,93	5,01

Ket: Angka yang bernetasi sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada BNT 5%

2. Jumlah Daun (helai)

Perlakuan	Hari Pengamatan		
	14 HST	28 HST	46 HST
RZ0	2 a	7 a	8 a
RZ1	2 ab	7 ab	8 ab
RZ2	2 b	7 bc	8 bc
RZ3	2 bc	8 c	9 c
RZ4	3 c	8 d	9 cd
BNT 5%	0,80	1,162	11,27

Ket: Angka yang bernotasi sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada BNT 5%

3. Berat Kering (gram)

Perlakuan	Hari Pengamatan	
	46 HST	
RZ0	5,01 a	
RZ1	5,47 b	
RZ2	6,59 c	
RZ3	7,63 d	
RZ4	7,98 e	
BNT 5%	2,01	

Ket: Angka yang bernotasi sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada BNT 5%

4. Serapan N Tanaman (mg/L)

Perlakuan	Hari Pengamatan	
	46 HST	
RZ0	4,90 a	
RZ1	17,83 c	
RZ2	17,41 b	
RZ3	20,29 d	
RZ4	25,93 e	
BNT 5%	11,89	

Ket: Angka yang bernotasi sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata pada BNT 5%

Lampiran 8

Tabel Korelasi Antar Parameter

Correlations

	pH	Amonium	BOD	COD	TSS
pH	1				
	.				
	12				
Amonium (mg/L)	,871(**)	1			
	,000	.			
	152	12			
BOD (mg/L)	,919(**)	,785(**)	1		
	,000	,003	.		
	12	12	12		
COD (mg/L)	,847(**)	,599(**)	,939(**)	1	
	,001	,040	,000	.	
	12	12	12	12	
TSS (mg/L)	,962(**)	,901(**)	,936(**)	,827(**)	1
	,000	,000	,000	,001	.
	12	12	12	12	12

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

Correlations

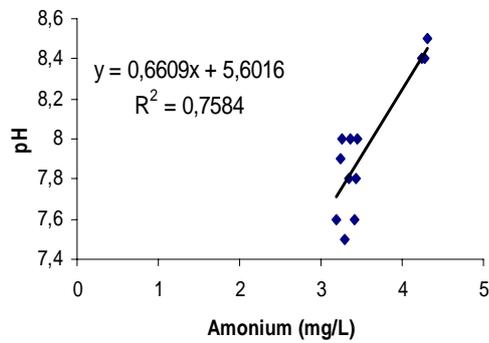
	Tinggi Tanaman	Jumlah Daun	Berat Kering	Serapan N Tanaman
Tinggi Tanaman (cm)	1			
	.			
	15			
Jumlah Daun (helai)	,878**	1		
	,000	.		
	15	15		
Berat Kering (g)	,168	,133	1	
	,550	,637	.	
	15	15	15	
Serapan N (mg/tan)	,338	,122	,851**	1
	,217	,691	,000	.
	15	15	15	15

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

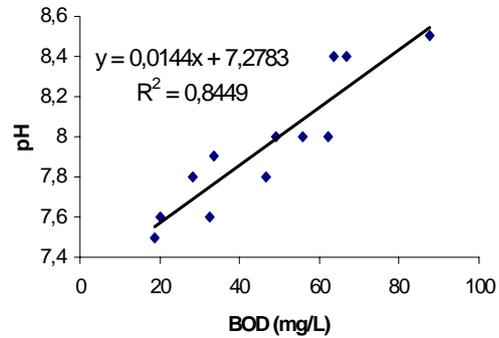
Lampiran 9

Grafik Regresi antar Parameter

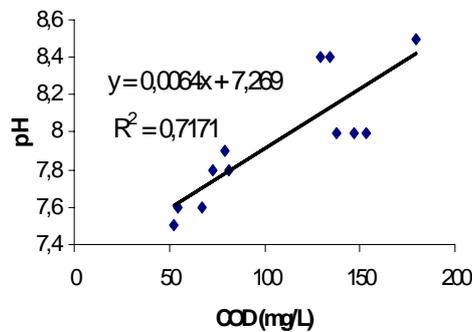
(1) Hubungan antara pH dengan Amonium



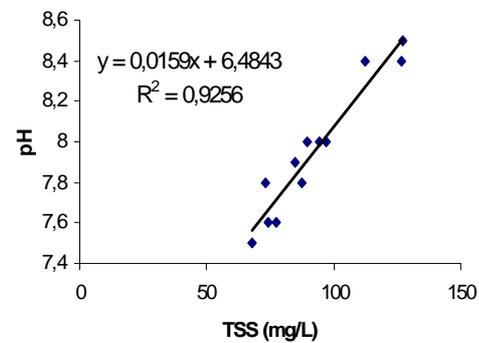
(2) Hubungan antara pH dengan BOD



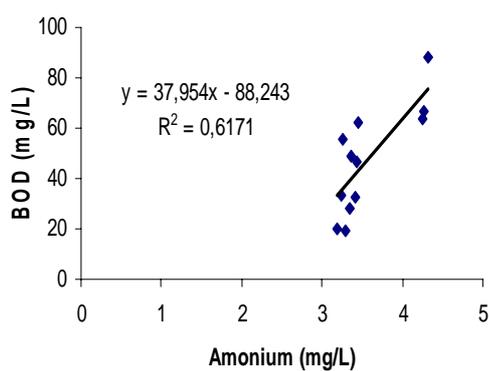
(3) Hubungan antara pH dengan COD



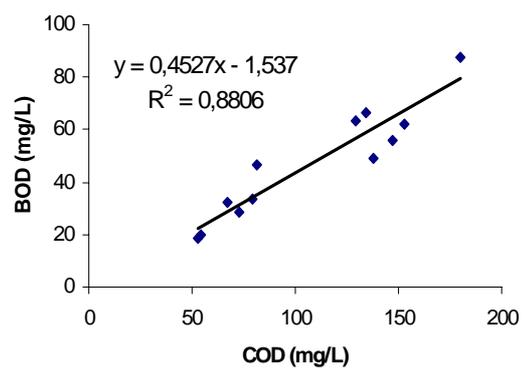
(4) Hubungan antara pH dengan TSS



(5) Hubungan antara Amonium dengan BOD

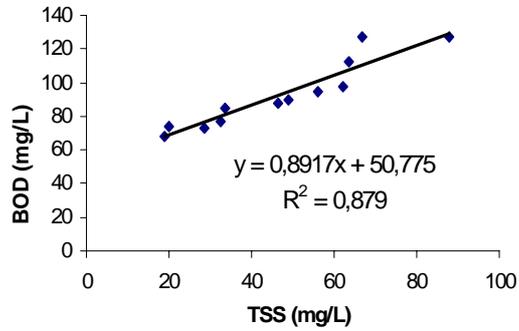


(6) Hubungan antara BOD dengan COD



(7) Hubungan antara BOD dgn TSS

Kering



8) Hubungan antara Serapan N dgn Berat

