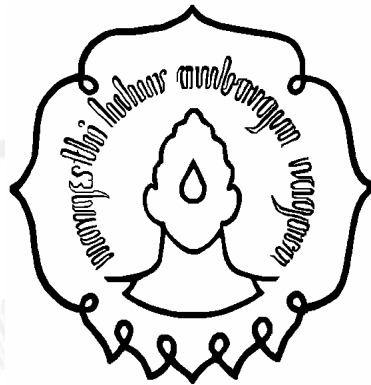


**PENGARUH LIMBAH CAIR INDUSTRI ALKOHOL
BEKONANG TERHADAP PRODUKTIVITAS TANAMAN
PADI (*Oryza sativa L.*)**



Skripsi

Oleh:

Danik Ary Widyanto

NIM. K4398018

**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2004**

**PENGARUH LIMBAH CAIR INDUSTRI ALKOHOL
BEKONANG TERHADAP PRODUKTIVITAS TANAMAN
PADI (*Oryza sativa L.*)**

Oleh:

Danik Ary Widyanto

NIM. K4398018

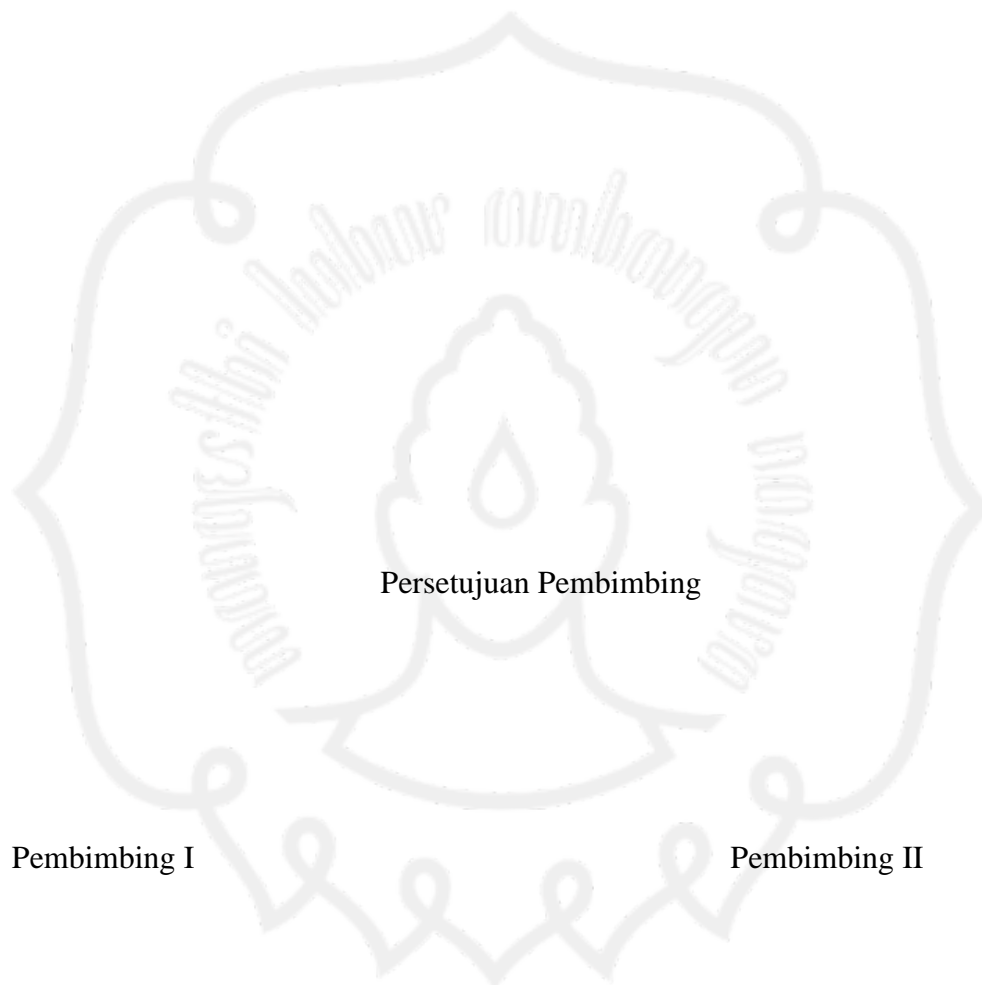
Skripsi

**Ditulis dan diajukan untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar
Sarjana Pendidikan Program Pendidikan Biologi Jurusan Pendidikan
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA**

2004

Skripsi ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta.



Persetujuan Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Harlita, S.Si, M.Si

NIP. 132 206 597

Dra. Sri Dwiastuti, M.Si

NIP. 130 902 520

Skripsi ini telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta dan diterima untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar Sarjana pendidikan.

Pada hari :

Tanggal :

Tim Penguji Skripsi

Nama Terang

Tanda tangan

| | | |
|------------|-------------------------------|-------|
| Ketua | : Dra. Hj. Alvi Rosyidi, M.Pd | |
| Sekretaris | : Drs. Dwi Oetomo, M.Si | |
| Anggota I | : Harlita, S.Si, M.Si | |
| Anggota II | : Dra. Sri Dwiastuti, M.Si. | |

Disahkan oleh

Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Universitas Sebelas Maret

Dekan,

Drs. H Trisno Martono, M.M

NIP. 130 529 720

ABSTRAK

Danik Ary Widyanto. **PENGARUH LIMBAH CAIR INDUSTRI ALKOHOL BEKONANG TERHADAP PRODUKTIVITAS TANAMAN PADI (*Oryza sativa L.*)**. Skripsi, Surakarta: Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Sebelas Maret Surakarta, Juli 2004.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan konsentrasi limbah cair industri alkohol terhadap produktivitas tanaman padi (*Oryza sativa L.*).

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di Rumah Kaca (greenhouse) Laboratorium Pusat, Universitas Sebelas Maret Surakarta dan analisis pengamatan dilaksanakan di Laboratorium Program Biologi, Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret Surakarta.. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan 5 macam perlakuan masing-masing dengan 5 x ulangan. Populasi adalah seluruh tanaman padi yang ditanam di Polibag sejumlah 125 tanaman. Sample diambil dengan Teknik *Random Sampling*. Teknik pengumpulan data variabel pertumbuhan diambil dari hasil pengukuran beberapa indikator produktivitas yaitu berat basah buah dan berat kering buah dengan konsentrasi air limbah adalah 0 %, 0.1 %, 0.2 %, 0.3 % dan 0.4 %. Teknik teknik eksperimen yang langsung disajikan dalam bentuk tabel. Variasi analisis data yang digunakan adalah analisis variansi satu jalan dengan uji lanjut yaitu Uji Beda Jarak Nyata Duncan.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh yang signifikan dari limbah cair industri alkohol Bekonang Sukoharjo terhadap produktivitas tanaman padi (*Oryza sativa L.*), selain itu juga didapatkan bahwa konsentrasi limbah cair industri alkohol yang optimal untuk menghasilkan produktivitas tanaman padi (*Oryza sativa L.*) adalah 0.2 %.

MOTTO

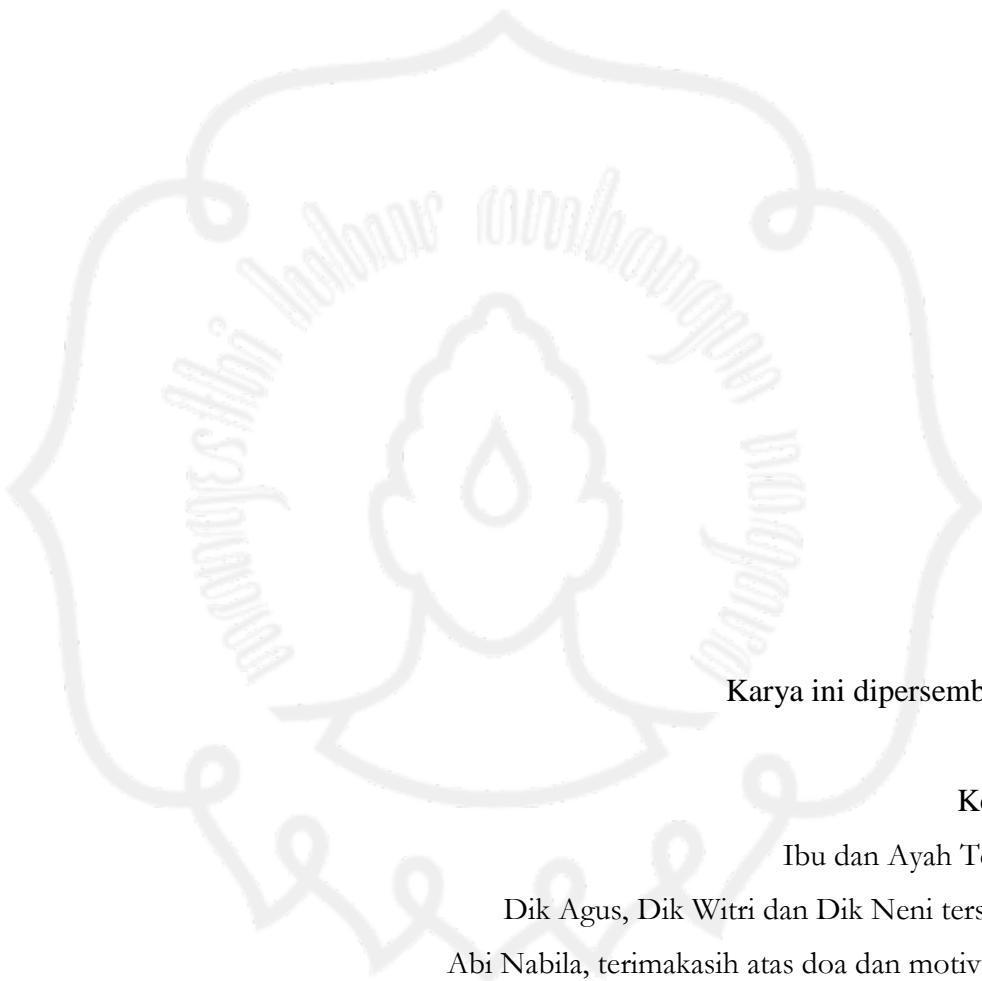
“Hai orang-orang yang beriman, bertaqwalah kepada Allah dan hendaklah setiap diri memperhatikan apa yang telah diperbuatnya untuk hari esok (akhirat), dan bertaqwalah kepada Allah, sesungguhnya Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan”.

(Al-Hasyr: 18)

“Sesungguhnya sebuah cita-cita akan terwujud manakala kuat rasa keyakinan kepadanya, ikhlas dalam berjuang dijalanannya, semakin bersemangat dalam merealisasikannya, dan kesiapan beramal dan berkorban dalam mewujudkannya”.

(Hasan Al-Banna, Majmu'ah Rasail)

PERSEMBAHAN



Karya ini dipersembahkan

Kepada:

Ibu dan Ayah Tercinta
Dik Agus, Dik Witri dan Dik Neni tersayang,
Abi Nabila, terimakasih atas doa dan motivasinya,
murabbi yang pernah membimbingku
adik-adikku di UKMI, SKI, KAMMI, BEM, DEMA, ORBIT dan HMP,
teman-teman di Pesantren Mahasiswa Insan Kamil,
teman-teman di Unit Kampus 2002-2004,
teman-teman perjuangan di Partai Keadilan Sejahtera,
dan almamater.

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya bagi Allah, Rabb Semesta Alam. Kami memuji, memohon pertolongan dan ampunan kepada-Nya. Kami berlindung kepada Allah dari kejelekan diri dan kejahatan perbuatan kami. Barangsiapa diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkannya. Barangsiapa yang disesatkan, maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk, menolong dan membimbingnya.

Banyak hambatan yang menimbulkan kesulitan dalam penyelesaian penulisan skripsi ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak akhirnya kesulitan-kesulitan yang timbul dapat teratasi. Untuk itu, atas segala bentuk bantuannya, disampaikan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta, yang telah memberikan ijin penyusunan skripsi.
2. Ketua Jurusan P. MIPA FKIP Universitas Sebelas Maret Surakarta, yang telah memberikan ijin penyusunan skripsi.
3. Ketua Program Pendidikan Biologi FKIP Universitas Sebelas Maret Surakarta, yang telah memberikan ijin penyusunan skripsi.
4. Harlita, S.Si, M.Si, selaku Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi.
5. Dra. Sri Dwiastuti, M.Si, selaku Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi.
6. Laboran Biologi FKIP Universitas Sebelas Maret Surakarta, yang telah membantu selama penelitian di laboratorium.

Semoga amal kebaikan semua pihak tersebut mendapat imbalan dari Allah SWT.

Meskipun dalam skripsi ini masih banyak kekurangan dan kelemahannya, namun diharapkan bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan para pembaca.

Surakarta, 25 Agustus 2004

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---------------------------------------|---------|
| JUDUL | i |
| PENGAJUAN | ii |
| PERSETUJUAN | iii |
| PENGESAHAN | iv |
| ABSTRAK | v |
| MOTTO | vi |
| PERSEMBAHAN | vii |
| KATA PENGANTAR | viii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang Masalah | 1 |
| B. Identifikasi Masalah | 3 |
| C. Pembatasan Masalah | 3 |
| D. Perumusan Masalah | 4 |
| E. Tujuan Penelitian | 4 |
| F. Manfaat Penelitian | 4 |
| BAB II LANDASAN TEORI | 6 |
| A. Tinjauan Pustaka | 6 |
| 1. Tanaman Padi | 6 |
| 2. Limbah cair Industri alkohol | 15 |
| 3. Produktivitas Tanaman Padi | 24 |
| B. Kerangka Pemikiran | 25 |
| C. Hipotesis | 29 |

| | |
|---|----|
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 30 |
| A. Tempat dan Waktu Penelitian | 30 |
| B. Metode Penelitian | 30 |
| C. Populasi dan Sampel | 33 |
| D. Teknik Pengumpulan Data | 34 |
| E. Teknik Analisis Data | 34 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN | 35 |
| A. Deskripsi Data | 37 |
| 1. Berat Basah | 37 |
| 2. Berat Kering | 38 |
| B. Pengujian Hipotesis | 39 |
| C. Pembahasan Hasil Analisis Data | 41 |
| BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN | 45 |
| A. Simpulan | 45 |
| B. Implikasi | 45 |
| C. Saran | 45 |
| DAFTAR PUSTAKA | 47 |
| LAMPIRAN | 53 |

DAFTAR TABEL

| | halaman |
|--|---------|
| Tabel 1. Komposisi Molase..... | 21 |
| Tabel 2. Kandungan Unsur-Unsur Organik Limbah Cair Alkohol Menurut Balai Teknik Kesehatan Lingkungan | 23 |
| Tabel 3. Kandungan Unsur-Unsur Organik Limbah Cair Alkohol Bekonang Menurut Sudadi dkk..... | 24 |
| Tabel 4. Rancangan Penelitian | 31 |
| Tabel 5. Tabel Ringkasan Anava Satu Jalan | 35 |
| Tabel 6. Berat Basah Tanaman Padi Dalam Gram | 37 |
| Tabel 7. Berat Kering Tanaman Padi Dalam Gram | 38 |
| Tabel 8. Rangkuman Anava Satu Jalan Berat Basah Tanaman Padi..... | 40 |
| Tabel 9. Rangkuman Anava Satu Jalan Berat Kering Tanaman Padi | 40 |
| Tabel 10. Ringkasan Hasil Pengujian Duncan Berat Basah Tanaman Padi | 41 |
| Tabel 11. Ringkasan Hasil Pengujian Duncan Berat Kering Tanaman Padi | 41 |

DAFTAR GAMBAR

| | halaman |
|--|---------|
| Gambar 1. Diagram Alur Kerangka pemikiran | 27 |
| Gambar 2. Bagan Paradigma Penelitian | 28 |
| Gambar 3. Histogram Pengaruh Perlakuan Konsentrasi Limbah Cair Industri Alkohol Bekonang K ₀ , K ₁ , K ₂ , K ₃ , K ₄ Terhadap Berat Basah..... | 38 |
| Gambar 4. Histogram Pengaruh Perlakuan Konsentrasi Limbah Cair Industri Alkohol Bekonang K ₀ , K ₁ , K ₂ , K ₃ , K ₄ Terhadap Berat Basah | 39 |
| Gambar 5. Alat dan Bahan..... | 49 |
| Gambar 6. Tanaman Padi Umur 30 Hari Setelah Tanam | 49 |
| Gambar 7. Tanaman Padi Umur 50 Hari Setelah Tanam | 50 |
| Gambar 8. Tanaman Padi Umur 85 Hari Setelah Tanam | 50 |
| Gambar 9. Pemanenan | 51 |
| Gambar 10. Menimbang Berat Basah dengan Timbangan analitik..... | 51 |
| Gambar 11. Pengeringan Dengan Memasukkan ke Dalam Oven..... | 52 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | halaman |
|---|---------|
| Lampiran 1. Data Hasil Penelitian | 53 |
| Lampiran 2. Uji Anava Satu Jalan | 54 |
| Lampiran 3. Uji Duncan | 58 |
| Lampiran 4. Tabel Zi | 62 |
| Lampiran 5. Tabel Chi-Kuadrat | 64 |
| Lampiran 6. Daftar Nilai Kritis L Untuk Uji Liliefors | 65 |
| Lampiran 7. Daftar Nilai Persentil Untuk Distribusi F | 66 |
| Lampiran 8. Daftar Nilai Baku P Untuk Uji Duncan | |

BAB I**PENDAHULUAN****A. Latar Belakang Masalah**

Perkembangan industri alkohol di Bekonang dari tahun ke tahun menunjukkan sebuah perkembangan yang cukup pesat. Hal ini selaras dengan tingkat kebutuhan industri farmasi maupun industri kimia akan alkohol yang juga semakin meningkat.

Dengan meningkatnya tingkat produktivitas industri alkohol, ternyata telah menimbulkan permasalahan-permasalahan lain yang lebih kompleks. Salah satu permasalahan yang cukup besar, dan sering menimbulkan potensi konflik

dalam masyarakat adalah persoalan pengelolaan limbah yang dihasilkan oleh industri alkohol tersebut.

Saat ini belum ada pengelolaan limbah industri alkohol yang sesuai dengan kelayakan pengelolaan limbah secara standar. Pembuatan unit pengelola limbah yang modern memerlukan investasi yang besar yang tidak mungkin terjangkau oleh para perajin, sehingga perlu dicarikan jalan keluar lain yang lebih murah dan dapat diterapkan oleh para perajin.

Di sekitar area industri alkohol terdapat beberapa tanaman pangan yang justru tumbuh dengan subur, meskipun irigasi yang digunakan untuk mengaliri area persawahan itu berasal dari sungai yang sudah tercemari oleh air limbah industri alkohol. Fakta ini bisa terlihat misalnya di kota Malang. Tanaman tebu yang tumbuh di lokasi sekitar pabrik industri alkohol PT Molindo Raya Industrialis (MRI) Malang ternyata dapat tumbuh dengan sangat subur. (www.kompas.com)

Hal yang sama juga terjadi di sekitar industri alkohol Bekonang. Tanaman padi yang cukup mendominasi jenis tanaman pangan di Bekonang, juga tumbuh dengan subur. Bahkan para petani biasanya sengaja untuk mengalirkan limbah tersebut ke irigasi sawah. Menurut para petani pemakaian limbah alkohol secukupnya akan menghemat pupuk dan hasilnya tidak kalah baik dengan menggunakan pupuk sintesis. Banyak sedikitnya limbah alkohol yang digunakan tidak bisa petani kemukakan karena hanya menurut perkiraan saja.

Beberapa fakta di atas menunjukkan bahwa limbah tersebut menyimpan berbagai potensi positif untuk bisa dimanfaatkan. Limbah tersebut diduga sangat baik digunakan sebagai bahan pupuk organik, yang akan meningkatkan produktivitas tanaman budidaya, khususnya padi yang merupakan tanaman unggulan masyarakat Bekonang.

Ada beberapa pertimbangan yang mendukung dimanfaatkannya limbah cair industri alkohol sebagai pupuk organik untuk tanaman padi. Pertama, limbah tersebut memiliki kadar bahan organik yang tinggi, juga mengandung cukup protein, vitamin dan mineral. Kedua, volume limbah yang dihasilkan juga cukup besar, sehingga cukup layak untuk dikelola sebagai bahan pupuk organik cair.

Hasil penelitian Balai Teknik Kesehatan Lingkungan menunjukkan bahwa limbah alkohol bisa digunakan sebagai pupuk selain digunakan untuk proses fermentasi berikutnya. Hasil penelitian tersebut juga menyebutkan bahwa dalam limbah alkohol di Bekonang mengandung unsur-unsur Fe, Mn, Cu, Zn dan Nitrat. Unsur-unsur ini bisa digunakan tanaman padi untuk pertumbuhannya. Dari hasil penelitian Sudadi (1999:37) didapatkan bahwa limbah cair industri alkohol juga mengandung unsur-unsur pokok seperti N, P dan K serta bahan organik dalam jumlah yang relatif besar.

Saat ini di Desa Bekonang terdapat lebih dari 120 buah industri rumah tangga yang menghasilkan alkohol kadar 40 % sebanyak 1000 – 1500 liter/hari dengan limbah yang dihasilkan berkisar antara 7000 – 10.000 liter/hari. Dari jumlah tersebut dapat diketahui bahwa limbah cair alkohol memiliki volume limbah yang cukup besar, sehingga cukup layak untuk digunakan sebagai pupuk organik.

Dengan memanfaatkan limbah alkohol Bekonang ini, maka akan diperoleh dua manfaat sekaligus, yaitu dapat mengatasi masalah pencemaran lingkungan oleh limbah industri alkohol Bekonang dan dapat meningkatkan pendapatan perajin alkohol. Disamping itu juga akan menambah ragam dan pasokan pupuk organik yang dimanfaatkan oleh petani di sekitar lokasi industri. Keuntungan yang diperoleh adalah bagi masyarakat sekitar industri yang terhindar dari pencemaran limbah alkohol serta bagi pemerintah daerah yang tidak perlu mengeluarkan biaya untuk menanggulangi pencemaran tersebut.

Dari berbagai hal tersebut diatas melatarbelakangi disusunnya penelitian skripsi berjudul : **PENGARUH LIMBAH CAIR INDUSTRI ALKOHOL BEKONANG TERHADAP PRODUKTIVITAS TANAMAN PADI (*Oryza sativa L.*)**

Identifikasi Masalah

Dari latar belakang di atas dapat dibuat identifikasi masalah sebagai berikut :

1. Limbah industri alkohol Bekonang memiliki kandungan hara/nutrisi yang diperlukan oleh tumbuhan.
2. Tanaman padi (*Oryza sativa L.*) memerlukan nutrisi yang cukup mengandung bahan organik untuk pertumbuhan, selain syarat tumbuh yang lain.
3. Digunakannya limbah cair alkohol sebagai alternatif lain untuk pupuk yang bisa digunakan oleh tanaman padi (*Oryza sativa L.*).
4. Perbedaan hasil produksi tanaman padi (*Oryza sativa L.*) yang diberi limbah alkohol dan diberi air biasa belum diketahui oleh para petani tanaman padi.

Pembatasan Masalah

Dari identifikasi masalah diatas ternyata permasalahan yang ada masih luas sehingga perlu diadakan pembatasan masalah sebagai berikut :

5. Subyek Penelitian

Subyek Penelitian adalah tanaman padi (*Oryza sativa L.*) yang dibatasi pada fase generatif dengan indikator produktivitas yaitu berat basah dan berat kering buah.

6. Obyek Penelitian

Obyek Penelitian adalah limbah cair industri alkohol yang diambil dari air limbah yang mengalir diluar pabrik dengan konsentrasi 0 %, 1 %, 2 %, 0.3 % dan 0.4 %.

Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan pembatasan masalah di atas maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu apakah terdapat pengaruh limbah cair industri alkohol Bekonang Sukoharjo terhadap produktivitas tanaman padi (*Oryza sativa L.*)?

Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah :

7. Untuk mengetahui pengaruh limbah cair industri alkohol Bekonang Sukoharjo terhadap produktivitas tanaman padi (*Oryza sativa L.*)
8. Untuk mengetahui besarnya konsentrasi limbah cair industri alkohol yang optimal untuk menghasilkan produktivitas tanaman padi (*Oryza sativa L.*).

Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadikan masukan yang penting dalam :

9. Memberikan sumbangan pemikiran kepada petani padi mengenai pemanfaatan limbah cair industri alkohol sebagai alternatif pupuk organik.
10. Memberikan informasi kepada perajin alkohol untuk memanfaatkan limbah yang diproduksi sebagai pupuk organik.
11. Mengurangi pencemaran lingkungan yang sangat meresahkan masyarakat di sekitar lokasi industri alkohol Bekonang.
12. Memberikan tambahan kajian untuk pengayaan materi mata pelajaran “Keseimbangan Ekosistem”, serta “Pertumbuhan dan Perkembangan” pada semester 1 dan semester 3 SMU.

BAB II

LANDASAN TEORI

Tinjauan Pustaka

1. Tanaman Padi

a. Morfologi

1) Akar

Padi mempunyai akar serabut. Pertumbuhan akar dimulai dari proses perkecambahan benih. Mula-mula akar dari benih yang berkecambah hanya berupa akar pokok, kemudian akar masuk ke dalam tanah hanya sedalam lapisan tanah bagian atas. Menurut (Ismunadji *et al*, 1988: 75), akar primer (radikula) yang tumbuh sewaktu berkecambah bersama akar-akar lain yang muncul dari janin dekat bagian buku *skutellum* disebut akar seminal, yang jumlahnya 1-7. Apabila terjadi gangguan fisik pada akar primer, maka hal ini akan mempercepat pertumbuhan akar-akar seminal lainnya.

Pada padi sawah, tanaman akan membentuk enam orde perakaran, dan diameter akar orde terakhir selalu lebih kecil dari orde sebelumnya. Perkembangan akar-akar ini tampaknya sangat dipengaruhi oleh tersedianya N. pertumbuhan akar hanya akan terjadi secara aktif bila kadar N pada batang lebih dari 1%.

Menurut Soemartono *et al* (1984: 18).Akar masuk ke dalam tanah hanya sedalam lapisan tanah yang dikerjakan, jadi umumnya tidak lebih dalam dari 25 cm. Jelaslah bahwa tanamana padi itu terutama mengambil zat-zat makanan dari lapisan tanah yang teratas saja. Menurut Titiek I. dan Wani H. U. (1995:2) lapisan tanah bagian atas pada umumnya mengandung bahan organik yang lebih tinggi dibandingkan lapisan tanah di bawahnya, karena akumulasi bahan organik inilah maka lapisan tanah tersebut berwarna gelap dan merupakan lapisan tanah yang subur sehingga merupakan bagian tanah yang sangat penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Lapisan tanah ini disebut lapisan tanah atas (top soil) atau disebut pula lapisan olah; dan mempunyai kedalaman sekitar 20 cm. Lapisan atas mengandung fosfat organik yang berasal dari akumulasi dari sisa-sisa tanaman.

2) Batang

Batang padi terdiri dari beberapa ruas yang dibatasi oleh buku. Panjang batang tergantung jenisnya. Padi jenis unggul biasanya berbatang pendek atau lebih pendek daripada padi lokal, sedangkan jenis padi yang tumbuh di tanah rawa dapat lebih panjang yaitu antara 2 – 6 m (AAK, 1990: 21).

Batang yang pendek dan kaku merupakan sifat yang dikehendaki dalam pengembangan varietas-varietas unggul, karena tanaman yang memiliki sifat demikian akan tahan rebah, perbandingan antara gabah dan jeraminya lebih seimbang dan tanggap terhadap pemupukan nitrogen (Ismunadji *et al* 1988: 78).

3) Daun

Daun tanaman padi tumbuh pada batang dalam susunan yang selang-seling. Satu daun pada tiap buku. Tiap buku terdiri dari:

- a) Helaiian daun
- b) Pelepah daun yang membungkus ruas
- c) Telinga daun (*auricle*)
- d) Lidah daun (*ligule*)

Terdapatnya telinga daun dan lidah daun pada padi dapat digunakan untuk membedakannya dengan rumput-rumputan selagi keduanya dalam stadia bibit (*seedling*), karena daun rumput-rumputan hanya memiliki lidah atau telinga daun tidak ada sama sekali (Ismunadji *et al*, 1988: 77).

Daun yang keluar terakhir disebut daun bendera. Duduknya daun ini dengan sudut kurang dari 90° , tetapi ada pula yang lebih dari 90° . Sifat-sifat keturunan memegang peranan penting dalam hal ini. (Soemartono *et al*, 1984: 18).

Pelepah dan helaiian daun berfungsi untuk menjalankan fotosintesis maupun respirasi, memperkuat dan melindungi tunas-tunas yang sedang tumbuh. Sementara itu *profilla* juga berfungsi melindungi sumbu batang lateral yang masih muda. Bertambah luasnya daun pada komunitas tanaman disebabkan oleh dua faktor, yaitu:

- a) Meningkatnya jumlah anakan.
- b) Meningkatnya luas tiap daun itu sendiri (Ismunadji *et al*, 1988: 77–78).

Daun yang dikehendaki untuk meningkatkan hasil produksi ialah jumlah daun banyak, tebal, pendek, kecil dan tegak serta kadar klorofilnya tinggi.

4) Anakan

Anakan (tunas) tumbuh setelah tanaman padi mempunyai 4–5 daun atau tanaman berumur 10 hari. Anakan akan tumbuh pada dasar batang. Jumlah anakan berbeda-beda untuk setiap varietas, biasanya berkisar antara 19–50 anakan.

Untuk varietas unggul, prosentase anakan yang produktif berkisar 75%. Faktor lain yang bisa mempengaruhi jumlah anakan tersebut, antara lain: jarak tanaman, musim tanam dan pupuk. Jarak yang lebar, musim tanam yang tepat dan penggunaan pupuk yang cukup maka akan menyebabkan bertambahnya jumlah anakan, tetapi bila jarak terlalu lebar maka akan menurunkan jumlah anakan permeter persegi. Jarak tanam untuk setiap padi yang baik adalah 20 x 20 cm. Anakan yang dikehendaki adalah jumlah banyak, kompak dan tegak.

5) Bunga dan malai

Bunga padi secara keseluruhan disebut malai. Butir-butir padi terletak pada cabang pertama dan kedua, sedangkan sumbu utama malai adalah ruas buku yang terakhir pada batang.

Bunga padi termasuk bunga telanjang yang memiliki satu bakal buah (*ovary*), 6 benang sari dan 2 putik. Bakal buah mengandung cairan yang berwarna ungu tua/keunguan yang telah berubah bentuk, fungsinya untuk mengatur pembukaan bunga.

6) Buah

Gabah atau padi adalah *ovary* yang telah masak, bersatu dengan *lemma* dan *palea*. Buah ini merupakan hasil penyerbukan dan pembuahan yang mempunyai bagian-bagian sebagai berikut:

a) Embrio (lembaga)

Terletak pada bagian lemma, relatif sangat kecil dan berada pada sisi ventral dari beras. Pada lembaga ini terdapat daun lembaga (calon batang dan calon daun) serta akar lembaga (calon akar).

b) Endosperm

Bagian dari buah/biji yang besar, yang biasa disebut beras. Endosperm ini terdiri dari zat tepung, sedangkan selaput protein melingkupi zat tepung. Endosperm mengandung zat gula, lemak, serta bahan atau zat-zat anorganik, disamping itu juga mengandung protein.

c) Bekatul

Bagian buah padi yang berwarna coklat (AAK, 1990: 27). Biji padi setelah masak dapat terus tumbuh, tetapi kebanyakan baru beberapa minggu sudah dituai. Biji padi yang kering benar tumbuhnya ± 2 tahun.

b. Kedudukan Padi dalam Klasifikasi

Tanaman padi termasuk dalam suku *Poaceae* atau *Gramineae*. Suku tersebut marganya berupa terna annual atau perenial, ada juga yang berupa semak atau pohon yang tinggi.

Tanaman padi sefamili dengan rumput-rumputan, cantel, tebu, jagung dan juga bambu. Padi termasuk kelas monokotil (berkeping satu).

Berdasar taksonomi tumbuhan, maka padi termasuk dalam :

Divisio : Spermatophyta

Sub Divisio : Angiospermae

Class : Monocotyledoneae

Ordo : Poales

Famili : Poaceae

Genus : *Oryza*

Spesies : *Oryza sativa* L.

(Gembong, 2000: 436-440)

c. Pertumbuhan Padi

Pertumbuhan padi mengalami beberapa periode, yaitu :

1) Periode Vegetatif

Periode ini mencakup pertumbuhan akar, batang dan daun, yang memerlukan banyak cadangan makanan (karbohidrat) yang dirombak menjadi energi.

Periode ini ada 2 fase, yaitu :

a) Fase Bibit Berkecambah

Fase ini dimulai dengan pertumbuhan akar dan daun berturut-turut dan bibit menyerap sebagian besar dari endosperm (Soemartono *et al*, 1984: 59).

Perkecambahan dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu :

(1) Faktor internal, meliputi : persediaan cadangan makanan dan kandungan hormon dalam biji.

(2) Faktor eksternal, meliputi : temperatur, kelembaban, dan sinar matahari.

Fase ini berlangsung \pm 21 hari.

b) Fase Pertunas

Fase ini dimulai dari terbentuknya tunas pertama dari buku terbawah, akan bertambah sampai tercapai jumlah maksimum, berhenti membentuk tunas setelah tunas-tunas tersier terbentuk.

2) Periode Reproduksi

Periode ini lamanya 30 hari.

a) Fase Primordia

Fase ini terjadi pada saat padi berumur 60 – 70 hari setelah tabur benih.

b) Fase Pemanjangan Ruas dan “*Booting*”

Padi sedang bunting (\pm 75 hari sesudah tabur).

c) Fase Heading

Fase ini ditandai dengan keluarnya malai dari pelepah daun bendera.

d) Fase Berbunga

Fase ini terjadi pada 100 hari sesudah tabur.

3) Periode Pemasakan

Lamanya 25 sampai 35 hari yang meliputi beberapa fase, yaitu :

a) Fase Masak Susu

- b) Fase Masak Tepung
- c) Fase Masak Gabah
- d) Fase Lewat Masak (Soemartono *et al*, 1984 : 59 – 60).

Pertumbuhan padi dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik faktor internal maupun faktor eksternal. Faktor internal yang mempengaruhi adalah faktor genetik yang dikendalikan oleh gen (DNA) yang terdapat di dalam kromosom. Faktor luar yang penting dalam menentukan pertumbuhan adalah :

1) Tanah

Tanah sebagai media tumbuh bagi tanaman yang memberi hara dan kelembaban. Fungsi tanah yang primer :

- a) Memberikan unsur-unsur mineral. Melayaninya baik sebagai medium pertukaran maupun sebagai tempat persediaan.
- b) Memberikan air dan melayaninya sebagai reservoir.
- c) Melayani tanaman sebagai tempat berpegang dan bertumpu untuk tegak.

(Sri Setyati Harjadi, 1991 : 112).

Sifat-sifat fisik tanah sangat diperlukan sebagai dasar, sebab penyimpanan unsur hara yang diperlukan tanaman dan kapasitas penyediaan air dalam tanah dapat diketahui; selain itu dapat diketahui juga pertumbuhan akar dan aerasinya. Sifat fisik tanah mencakup tekstur tanah, struktur tanah, air serta udara dalam tanah. Pertumbuhan juga dipengaruhi oleh pH tanah. Nilai pH tanah yang cocok untuk kebanyakan tanaman pertanian berkisar antara 6 – 7 (netral). “Derajat keasaman (pH) yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat mempengaruhi secara negatif” (Rinsema W.T., 1993 : 20).

2) Curah Hujan

Tanaman padi membutuhkan curah hujan yang baik, rata-rata 200 mm per bulan.

3) Temperatur (Suhu)

Tanaman padi tumbuh baik pada suhu 23° C ke atas. Suhu Indonesia sepanjang tahun hampir konstan. Pengaruh suhu terhadap tanaman padi adalah kehampaan pada biji.

4) Tinggi Tempat

Daerah yang cocok untuk tanaman padi adalah :

- a) Daerah antara 0 – 650 meter, suhu 26,5° C – 22,5° C
- b) Daerah antara 650 – 1500 meter, suhu 22,5° C – 18,7° C

5) Sinar Matahari

Tanaman padi memerlukan sinar matahari yang digunakan untuk proses fotosintesis.

6) Angin

Angin mempunyai pengaruh positif dan negatif bagi tanaman padi. Pengaruh positif, yaitu : membantu dalam proses penyerbukan dan pembuahan, sedangkan pengaruh negatifnya adalah : angin dapat membawa penyakit bagi tanaman.

7) Musim

Musim berhubungan erat dengan hujan. Penanaman padi pada musim kemarau hasil yang diperoleh lebih tinggi daripada musim penghujan dengan catatan pengairan baik. Hal ini disebabkan karena penyerbukan dan pembuahan tidak terganggu oleh hujan (AAK, 1990 : 34 – 35).

d. Mekanisme Fisiologis Pengambilan Zat Hara ke Dalam Tanaman Padi

Limbah cair industri alkohol memiliki kadar bahan organik yang tinggi, juga mengandung cukup protein, vitamin dan mineral. Dari hasil penelitian Sudadi (1999) didapatkan bahwa limbah cair industri alkohol mengandung unsur-unsur pokok seperti N, P dan K serta bahan organik dalam jumlah yang relatif besar. Komposisi kimia bahan pembuatan alkohol, yaitu molase juga mengandung unsur-unsur yang cukup penting untuk tanaman, ditambah sel-sel khamir yang ada maka dimungkinkan limbah alkohol masih sangat kaya akan bahan organik, hara mineral, protein, lemak dan vitamin yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian Balai Teknik Kesehatan Lingkungan juga menunjukkan

bahwa dalam limbah alkohol di Bekonang mengandung unsur-unsur Fe, Mn, Cu, Zn dan Nitrat.

Berikut mekanisme fisiologis pengambilan zat hara yang terkandung dalam limbah cair alkohol ke dalam tanaman padi :

Akar pada umumnya menyerap garam mineral dalam bentuk ion (kation dan anion) dari larutan air limbah yang mengandung berbagai larutan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman, baik berupa ion hara yang esensial maupun ion-ion esensial dan senyawa organik. Mobilitas ion-ion tersebut yang terlarut dalam air mencapai akar melalui dua cara menurut Nye dan Tinker dalam Fitter dan hay (1998: 96), yaitu:

- a) aliran massa, ion dapat bergerak menuju akar ke gradient potensial yang disebabkan oleh transpirasi.
- b) Difusi, gradient konsentrasi dihasilkan oleh pengambilan ion pada permukaan akar.

1. Aspek-aspek Dasar Masuknya Ion ke Dalam Akar

Menurut Peter R.Goldsworthy & N.M. Fisher (1992:133), jalan yang biasa ditempuh air dan ion-ion memasuki tanaman adalah gerakan radial melintang ke dalam akar yang diikuti dengan pengangkutan ke atas dalam xilem. Melewati korteks, air terutama mengikuti lintasan ruang bebas yang terdiri atas dinding-dinding sel dan semua ruang yang terisi air antara sel-sel yang berdekatan. Lintasan ini dapat dicapai langsung dari larutan tanah di sebelah luar akar karena tidak ada membran diantaranya. Ion-ion dapat terbawa air melewati ruang bebas atau dapat berdifusi di dalam ruang-ruang bebas sebagai tanggapan terhadap gradien kadarnya sendiri. Sebagaimana diuraikan lebih dahulu, korteks menyediakan daerah luas untuk pengambilan secara selektif melewati plasmalema ke dalam sitoplasma. Jadi suatu ion yang memulai perjalanannya ke dalam ruang-ruang bebas, dapat pada sembarang tempat dalam korteks dipindahkan ke lintasan sitoplasma dan melanjutkan perjalanan maju melalui plasmadesmata yang menghubungkan sitoplasma sel-sel yang berdekatan.

Pada endodermis, lintasan ruang bebas terhalang oleh pita kaspari yang memaksa pemindahan ion dan air melewati endodermis berlangsung dalam sitoplasma. Setelah melewati pita kaspari, aliran transpirasi dapat kembali ke ruang bebas stele yang jaraknya relatif pendek antara endodermis dan xilem. Mengenai bagaimanakah sebenarnya ion-ion memasuki xilem, penjelasan yang paling mungkin adalah bahwa di dalam stele, ion-ion yang tertimbun dalam sitoplasma berpindah kembali ke dalam aliran transpirasi. Pembawa- pembawa yang kerjanya berlawanan dengan yang terdapat dalam korteks mungkin dapat terlibat. Pembawa-pembawa balik yang aktif akan mengatur gerakan ion-ion melewati membran sedemikian jauh sehingga penimbunan bersih masih dapat terjadi. Pembawa-pembawa pasif hanya akan melantarkan kecenderungan ion-ion untuk berpindah ke suatu kadar yang lebih rendah dalam aliran transpirasi.

Epidermis yang terbasahi oleh larutan di luarnya bukan merupakan ketidaksinambungan yang nyata karena proses-proses aliran massa dan difusi berlangsung terus antara fase cair tanah dan ruang-ruang bebas akar. Ion-ion yang tertimbun secara aktif seperti kalium dan fosfat akan menunjukkan kenaikan kadar ke arah pusat akar yang hanya menurun sangat dekat dengan pembuluh-pembuluh xilem. Ion-ion yang tidak ditimbun, atau yang ditimbun secara lambat dalam hubungan dengan persediaanya, akan meningkat kadarnya dalam lintasan ruang bebas korteks sementara tanaman melakukan transpirasi dan akan cenderung untuk berdifusi kembali ke dalam tanah. Relatif ion-ion tersebut akan menyeberangi endodermis dan kadarnya dalam stele akan rendah.

Pemindahan selektif ion-ion melewati membran cenderung untuk menciptakan gradien muatan listrik yang mendukung pergerakan ion-ion yang muatan berlawanan.

2. Pengambilan Zat Hara Oleh Akar Dalam Tanah

Menurut Peter R.Goldsworthy & N.M. Fisher (1992:135-137), ukuran dasar ketersediaan suatu zat hara bagi pengambilan oleh panjang akar tertentu adalah kadar zat hara tersebut dalam larutan tanah pada permukaan akar. Pada gilirannya kadar ini tergantung pada tingkat awal zat hara dalam tanah dan

perubahan-perubahan dalam kadar pada permukaan akar yang dapat terjadi sebagai suatu akibat pengambilan air dan zat-zat hara. Perubahan-perubahan tersebut muncul sebagai berikut.

Bila sel-sel korteks mulai menimbun suatu ion zat hara, kadar di sebelah luar sel-sel berkurang dan suatu gradien kadar berkembang dalam tanah sangat dekat sekitar akar. Bentuk gradien kadar ini akan tergantung pada laju pengambilan oleh sel-sel korteks dan kemampuan zat hara untuk berdifusi melewati tanah sampai ke permukaan akar, tetapi pada saat yang sama, zat-zat hara juga akan terbawa menuju akar oleh aliran massa dalam aliran transpirasi – lama tanaman melakukan transpirasi dan pengambilan air dari akar tersebut. Jadi, ada dua proses pengangkutan utama, difusi dan aliran masa, yang menyebabkan pergerakan radial zat-zat hara melewati tanah sampai permukaan penyerapan akar. Kedua proses tersebut bekerja dalam medium yang sama, yaitu tempat sesatan ruang-ruang terisi air dalam tanah dan dinding-dinding sel korteks. Sementara tak mungkin untuk memisahkan sepenuhnya komponen-komponen difusi dan aliran massa dalam pemindahan zat hara karena kedua proses tersebut saling mempengaruhi terus, dapat dibuat beberapa penyamarataan yang mudah.

Ion-ion yang relatif berlimpah dalam larutan tanah barangkali sampai pada akar dengan aliran massa dalam jumlah yang kadang-kadang dapat melebihi kapasitas akar untuk menyerapnya. Dalam hal ini, kadar di sebelah luar sel-sel korteks akan mulai meningkat dan ion-ion akan berdifusi secara radial menjauhi akar.

2. Limbah cair Industri alkohol

a. Pengertian Air Limbah

Berbagai kepustakaan menyebutkan pengertian air limbah dalam istilah maupun batasan yang berbeda, namun secara umum mengandung pengertian yang sama. Batasan air limbah dari berbagai sumber dikemukakan oleh Suparman dan Suparmin (2002: 11-12) berikut ini:

1) Okun dan Ponghis (1975: xii) menyatakan:

“..... kata air limbah.... Seharusnya dipakai untuk mengartikan semua limbah cair rumah tangga, termasuk air kotor dan semua limbah industri yang dibuang ke sistem saluran air limbah, kecuali air hujan atau drainase permukaan.”

2) Tchobanoglous dan Eliassen (1979, hal 1) mendefinisikan air limbah sebagai berikut: “..... gabungan cairan atau sampah yang terbawa air dari tempat tinggal, kantor, bangunan perdagangan, industri, serta air tanah, air permukaan dan air hujan yang mungkin ada.”

3) Menurut Willgoose (Udin Djabu, 1991: 9)

“Air limbah adalah air yang membawa sampah dari tempat tinggal, bangunan perdagangan, dan industri berupa campuran air dan bahan padat terlarut atau bahan tersuspensi.”

4) Menurut Environmental Protection Agency (Udin Djabu, 1991: 9)

“Air limbah adalah air yang membawa bahan padat terlarut atau bahan tersuspensi dari tempat tinggal, kebun, bangunan perdagangan, dan industri.”

Dari beberapa definisi air limbah tersebut, dapat disimpulkan bahwa air limbah merupakan gabungan atau campuran dari air dan bahan-bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari sumber domestik (perkantoran, perumahan, dan perdagangan), sumber industri dan pada saat tertentu tercampur dengan air tanah, air permukaan, atau air hujan. Air tanah, air permukaan dan air hujan pada kondisi tertentu masuk sebagai komponen air limbah, karena pada keadaan sistem saluran pengumpul limbah cair sudah rusak atau retak, air alam itu dapat menyatu dengan komponen limbah cair lainnya dan harus diperhitungkan upaya penanganannya.

b. Sumber Air Limbah

Jenis dan macam air limbah dikelompokkan berdasarkan sumber penghasil atau penyebab air limbah. Menurut Soekidjo Notoatmodjo (1997: 170) secara garis besar air limbah dapat dikelompokkan menjadi sebagai berikut:

- 1) Air buangan yang bersumber dari rumah tangga (*domestic waste water*), yaitu air limbah yang berasal dari pemukiman penduduk. Pada umumnya air limbah ini terdiri dari ekskreta (tinja dan air seni), air bekas cucian dapur, kamar mandi, dan umumnya terdiri dari bahan-bahan organik.
- 2) Air buangan industri (*industrial waste water*) yang berasal dari berbagai jenis industri akibat proses produksi, zat-zat yang terkandung didalamnya sangat bervariasi sesuai dengan bahan baku yang dipakai oleh masing-masing industri, antara lain: nitrogen, sulfida, amoniak, lemak, garam-garam, zat pewarna, mineral, logam berat, zat pelarut dan sebagainya. Oleh sebab itu, pengolahan jenis air limbah ini, agar tidak menimbulkan polusi lingkungan menjadi lebih rumit.
- 3) Air buangan kotapraja (*municipal waste water*), yaitu air buangan yang berasal dari daerah: perkantoran, perdagangan, hotel, restoran tempat-tempat umum, tempat-tempat ibadah, dan sebagainya. Pada umumnya zat-zat yang terkandung dalam jenis air limbah ini sama dengan air limbah rumah tangga.

Pengelompokkan sumber air limbah berdasarkan sumber penghasil dan penyebab air limbah secara umum terdiri dari:

- 1) Air Limbah Domestik

Air limbah yang berasal dari kegiatan penghunian, seperti rumah tangga, hotel, sekolahan, kampus, perkantoran, pertokoan, pasar dan fasilitas-fasilitas pelayanan umum. Air limbah yang domestik dapat dikelompokkan menjadi:

- air buangan kamar mandi
- air buangan WC; air kotor atau tinja
- air buangan dapur dan cucian

- 2) Air Limbah Industri

Air limbah yang berasal dari kegiatan industri, seperti pabrik industri logam, tekstil, kulit, pangan (makanan, minuman), industri kimia dan lainnya.

- 3) Air Limbah Limpasan dan Rembesan Air Hujan

Air limbah yang melimpas diatas permukaan tanah dan meresap kedalam tanah sebagai akibat terjadinya hujan.

Data mengenai sumber air limbah dapat dipergunakan untuk memperkirakan jumlah rata-rata aliran air limbah dari berbagai jenis perumahan, industri dan aliran air tanah yang ada disekitarnya. Kesemuanya ini harus dihitung perkembangannya atau pertumbuhannya sebelum membuat suatu bangunan pengolahan air limbah serta merencanakan pemasangan saluran pembuangannya.

c. Pemanfaatan Air Limbah Industri Alkohol Sebagai Pupuk Organik

Alam merupakan suatu sistem daur yang tertutup. Zat dan energi tidak bisa dihancurkan. Bahan-bahan yang tidak diinginkan dan tidak dapat dihancurkan tidak bisa begitu saja dibuang dalam suatu sistem yang tertutup. Bahan-bahan itu hanya bisa dibuang ditempat lain. Oleh karena itu sering terjadi bahwa suatu jalan pemecahan pembuangan limbah untuk seseorang dapat menimbulkan masalah pencemaran untuk yang lain.

Dengan demikian, dengan sangat mudah kita bisa melihat bahwa sumber daya dalam sistem tertutup itu terbatas. Oleh karena itu harus disadari bahwa limbah itu juga merupakan sumber daya alam yang harus diubah –tidak saja untuk mencapai standar tertentu untuk kemudian dibuang, tetapi juga agar dapat menghasilkan produk yang bermanfaat serta sesuai dengan sistem tertutup itu. Suhadi Hardjo (1989: 32)

Limbah yang biasanya dapat dimanfaatkan untuk bidang pertanian adalah limbah industri hasil pertanian. Pengertian dari limbah industri hasil pertanian menurut Suhadi Hardjo (1989: 32) adalah produk suatu proses industri yang belum mempunyai nilai ekonomis, yang dibatasi oleh ruang dan waktu.

Masalah-masalah limbah yang dihadapi selama ini adalah sebagai berikut :

1. Sikap masyarakat yang kurang menghargai limbah.
2. Belum semua limbah hasil pertanian dimanfaatkan secara optimal.
3. Pencemaran oleh limbah yang belum dimanfaatkan
4. teknologi yang tepat yang mudah diterapkan dimasyarakat belum ada.
5. Adanya tanggapan bahwa pemanfaatan limbah mengakibatkan nilai tambah yang relatif kecil.

6. Kurangnya usaha pemerintah yang mendorong pengusaha untuk memanfaatkan limbah industri hasil pertanian.

Sebagai jalan keluar untuk mengatasi permasalahan tersebut di atas dapat dilakukan beberapa usaha seperti, memanfaatkan limbah industri pertanian dan memandang limbah industri hasil pertanian sebagai bahan industri.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tadi, maka dalam kerangka umum ini, pengolahan limbah patutlah mendapat tempat yang penting. Metode ini terutama cocok untuk daerah kering, karena dapat membantu atau mempercepat terjadinya asimilasi tanah kering dengan biosistemnya.

Menurut Uwe Neis (1993: 49) dalam merancang dan mengoperasikan sarana pengolahan air limbah untuk keperluan pertanian, aspek-aspek berikut harus dipertimbangkan :

1. Jenis limbah yang akan dimanfaatkan kembali.
2. Dampaknya pada tanah dan sistem tanaman.
3. Dampaknya pada ruang lingkup ekologi lain, misalnya udara dan air tanah.
4. Dampaknya pada manusia yang bekerja di lingkungan pemrosesan pemanfaatan kembali atau konsumen dari produk pertanian yang tumbuh di lingkungan tersebut.

Dengan komposisi yang tepat, pemanfaatan limbah cair industri alkohol telah memenuhi aspek-aspek tersebut.

Ada beberapa potensi yang dimiliki oleh limbah cair industri alkohol yang mendukung dimanfaatkannya limbah tersebut sebagai pupuk organik. Beberapa potensi itu antara lain :

1. Limbah tersebut memiliki kadar bahan organik yang tinggi, juga mengandung cukup protein, vitamin dan mineral. Dari hasil penelitian Sudadi (1999: 37) didapatkan bahwa limbah cair industri alkohol mengandung unsur-unsur pokok seperti N, P dan K serta bahan organik dalam jumlah yang relatif besar. Komposisi kimia bahan pembuatan alkohol, yaitu molase juga mengandung unsur-unsur yang cukup penting untuk tanaman, ditambah sel-sel khomir yang ada maka dimungkinkan limbah alkohol masih sangat kaya akan bahan organik, hara mineral, protein, lemak dan vitamin yang sangat penting untuk

pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian Balai Teknik Kesehatan Lingkungan juga menunjukkan bahwa limbah alkohol bisa digunakan sebagai pupuk selain digunakan untuk proses fermentasi berikutnya. Hasil penelitian tersebut juga menyebutkan bahwa dalam limbah alkohol di Bekonang mengandung unsur-unsur Fe, Mn, Cu, Zn dan Nitrat. Unsur-unsur ini bisa digunakan tanaman padi untuk pertumbuhannya.

2. Volume limbah yang dihasilkan juga cukup besar. Saat ini di Desa Bekonang terdapat lebih dari 120 buah industri rumah tangga yang menghasilkan alkohol kadar 40 % sebanyak 1000 – 1500 liter/hari dengan limbah yang dihasilkan berkisar antara 7000 – 10.000 liter/hari. Dari jumlah tersebut dapat diketahui bahwa limbah cair alkohol memiliki volume limbah yang cukup besar dan cukup layak untuk digunakan sebagai pupuk organik. (Sudadi, 1999: 2).

d. Air Limbah Industri Alkohol

Desa Bekonang terletak kira-kira 20 km sebelah tenggara kota Solo. Desa ini termasuk ke wilayah Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah.

Sebagaimana industri kimia pada umumnya, industri rumah tangga alkohol di Desa Bekonang juga menghasilkan limbah yang cukup besar dan potensial menimbulkan masalah pencemaran lingkungan. Sampai saat ini limbah yang dihasilkan dari industri rumah tangga ini belum dikelola secara baik. Limbah tersebut hanya dibuang begitu saja ke saluran umum sehingga dapat mencemari lingkungan dan pendangkalan saluran. Memang sampai saat ini belum ada keluhan dari masyarakat di sekitar lokasi industri mengenai pencemaran limbah ini. Hal ini karena sebagian besar penduduk tersebut adalah perajin alkohol sehingga mereka telah terbiasa dengan keadaan tersebut dan memang jumlah limbah yang dihasilkan belum terlalu besar sehingga gangguan pencemaran yang ditimbulkan belum terlalu mengganggu. Untuk itu perlu dipikirkan pengelolaan limbah dari industri rumah tangga ini secara tepat, karena tidak tertutup kemungkinan mereka akan meningkatkan jumlah produksi sehingga juga akan meningkatkan limbah sampai melalui batas toleransi tidak mengganggu tersebut.

Di sisi lain, limbah industri alkohol tersebut mengandung bahan organik dan unsur hara yang siap tersedia bagi tanaman dalam jumlah yang cukup tinggi sehingga berpeluang untuk digunakan sebagai bahan pupuk cair yang dapat menambah pendapatan bagi pengrajin.

Bahan dasar pembuatan alkohol Bekonang adalah molase atau tetes hasil samping dari pabrik gula. Molase tersebut diencerkan dengan air dan difermentasi oleh khamir selama masa inkubasinya. (Sudadi, 1999: 1-4)

Molase sebagai bahan dasar dari pembuatan alkohol mempunyai komposisi sebagai berikut :

Tabel 1. Komposisi molase

| Komponen | Kadar |
|-----------------------------------|-----------|
| Berat kering, % | 77 –84 |
| Sukrosa, % | 33.78 |
| Gula invert, % | 26.96 |
| Total gula, % | 60.94 |
| Total nitrogen, % | 0.4 – 1.5 |
| P ₂ O ₅ , % | 0.6 – 2.0 |
| CaO, % | 0.88 (ca) |
| MgO, % | 0.98 Mg) |
| K ₂ O, % | 2.68 (K) |
| Abu, % | 9.46 |
| Na, % | 0.06 |
| Boron, % | 410 |
| Fe, % | 158 |
| Mn, % | 57 |
| Zn, % | 11 |
| Ni, % | 1 |
| Pb, % | 0.75 |
| Co, % | 0.54 |

| | |
|------------------------|------|
| Thiamin, ug/100 g d.b. | 830 |
| Riboplavin, -,- | 250 |
| Piridoksin, -,- | 650 |
| Niasinamide, -,- | 2100 |
| Asam pantotenat, -,- | 2140 |
| Asam folat, -,- | 3.8 |
| Biotir, -,- | 120 |

Sumber : Crueger & Crueger, 1990 : Blum, 1983

Melihat komposisi kimia molase tersebut, ditambah sel-sel khomir yang ada maka dimungkinkan limbah alkohol masih sangat kaya akan bahan organik, hara mineral, protein, lemak dan vitamin yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. (Sudadi, 1999: 7)

Ciu adalah alkohol 45 % yang diperoleh dari hasil penyulingan tetes tebu. Tetes tebu adalah zat cair kental berwarna coklat tua pekat yang berasal dari sisa proses pembuatan gula dan rasanya manis. Proses pembuatan alkohol sampai saat ini belum diproduksi secara besar-besaran. Kebanyakan dari produsen alkohol adalah industri rumah tangga. Di Kecamatan Bekonang Sukoharjo, hampir setiap rumah dari penduduknya membuat alkohol. Ada yang memproduksi secara besar-besaran dan ada yang memproduksi dalam skala kecil.

Proses pembuatan alkohol, sehingga diperoleh limbah alkohol adalah sebagai berikut :

Tahap pertama.

Tahap pertama adalah fermentasi tetes tebu yang dicampur dengan badheg, air dan ragi dengan perbandingan 60:60:60:20 liter, atau 3:3:3:1. Campuran ini dimasukkan ke dalam tong berkapasitas 200 liter. Fermentasi berlangsung 8-9 hari dan jika fermentasi belum selesai maka akan keluar gas.

Tahap kedua.

Tahap kedua adalah penyulingan I. Dalam proses ini, bahan yang difermentasi dimasukkan ke dalam tabung penyulingan lalu dipanaskan. Penguapan yang kuat akan naik ke atas melalui rintangan-rintangan dalam tabung dan akan melalui selang khusus untuk saluran uap. Saluran ini kemudian di buat berbentuk spiral dan dimasukkan ke dalam tong berisi air pendingin. Uap yang melalui pendingin akan mengembun dan cairan yang terbentuk ini adalah merupakan alkohol 45 % atau biasa disebut alkohol. Dalam proses ini menghasilkan cairan coklat tua pekat yang biasanya disebut badheg.

Untuk menghasilkan alkohol yang berkadar lebih tinggi, dilakukan penyulingan lagi tahap II dan tahap III, dimana masing-masing akan menghasilkan alkohol dengan kadar 80 % dan 90 %.

Hasil analisis kimia yang dilakukan oleh Balai Teknik Kesehatan Lingkungan, di dalam limbah cair alkohol terdapat unsur-unsur organik sebagai berikut :

Tabel 2. Kandungan unsur-unsur organik limbah cair alkohol menurut Balai Teknik Kesehatan Lingkungan.

| PARAMETER | HASIL ANALISIS KIMIA |
|--------------------|----------------------|
| PH | 6,6 |
| Zat padat terlarut | 15640 mg/l |
| Besi | 22.23 mg/l |
| Mangan | 7.6 mg/l |
| Tembaga | 0.28 mg/l |
| Seng | 1.98 mg/l |
| Nitrat | 7300 mg/l |
| Klorida | 1004 mg/l |

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Sudadi (1999: 37) disebutkan Hasil analisis kimia tanah dan limbah cair industri alkohol Bekonang, sebagai berikut :

Tabel 3. Kandungan unsur-unsur organik limbah cair alkohol Bekonang menurut Sudadi dkk

| Sifat Kimia | Nilai | Harkat |
|-------------|-------|--------|
|-------------|-------|--------|

| | | |
|-----------------------|-------|-------------------|
| | 0.23 | Rendah |
| | 9.27 | Rendah |
| | 0.24 | Sangat Rendah |
| | 3.52 | Rendah |
| | 8.87 | Rendah |
| N- Total, % | 6.83 | Netral |
| P- Tersedia. % | | |
| K- Tertukar, me % | 1.42 | C/N rasio = 12.29 |
| Bahan Organik, % | 4.19 | Cukup Rendah |
| C/N Rasio | 1.04 | |
| PH (H ₂ O) | 30.08 | |

| | | |
|-------------------|--|--|
| N- Total, % | | |
| P- Tersedia. % | | |
| K- Tertukar, me % | | |
| Bahan Organik, | | |

Produktivitas Tanaman Padi

Produktivitas tanaman padi dapat diartikan sebagai kemampuan tanaman padi untuk menghasilkan buah dan biasanya di ukur dengan menggunakan parameter berat buah.

Berat tanaman berarti bahan tanaman yang di bawah pengaruh grafitasi dan dapat diukur dengan cara penimbangan biasa. Bobot sering juga digunakan untuk menyatakan berat dalam hal berat tanaman. Kedua istilah ini mempunyai pengertian yang sama yaitu hasil penimbangan (menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia Edisi Kedua 1993, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan , balai Pustaka).

Menurut Sitompul & Bambang Guritno (1995: 89) biomassa tanaman merupakan ukuran yang paling sering digunakan untuk menggambarkan dan mempelajari pertumbuhan tanaman. Ini didasarkan atas kenyataan bahwa taksiran biomassa (berat) tanaman relative mudah diukur dan merupakan integrasi dari hamper semua peristiwa yang dialami tanaman sebelumnya. Sehingga parameter ini barangkali merupakan indicator pertumbuhan yang paling representative apabila tujuan utama adalah untuk mendapatkan penampilan keseluruhan pertumbuhan tanaman atau suatu organ tertentu. Berat segar (berat basah) dapat digunakan untuk menggambarkan biomassa tanaman apabila hubungan berat basah dengan berat kering linier.

Pengukuran biomassa tanaman dapat dilakukan melalui penimbangan bahan tanaman yang sudah dikeringkan. Pengeringan bahan, yang bertujuan untuk menghilangkan semua kandungan air bahan, dilaksanakan pada suhu yang relative tinggi selama jangka waktu tertentu. (Sitompul & Bambang Guritno, 1995: 90)

Kerangka Pemikiran

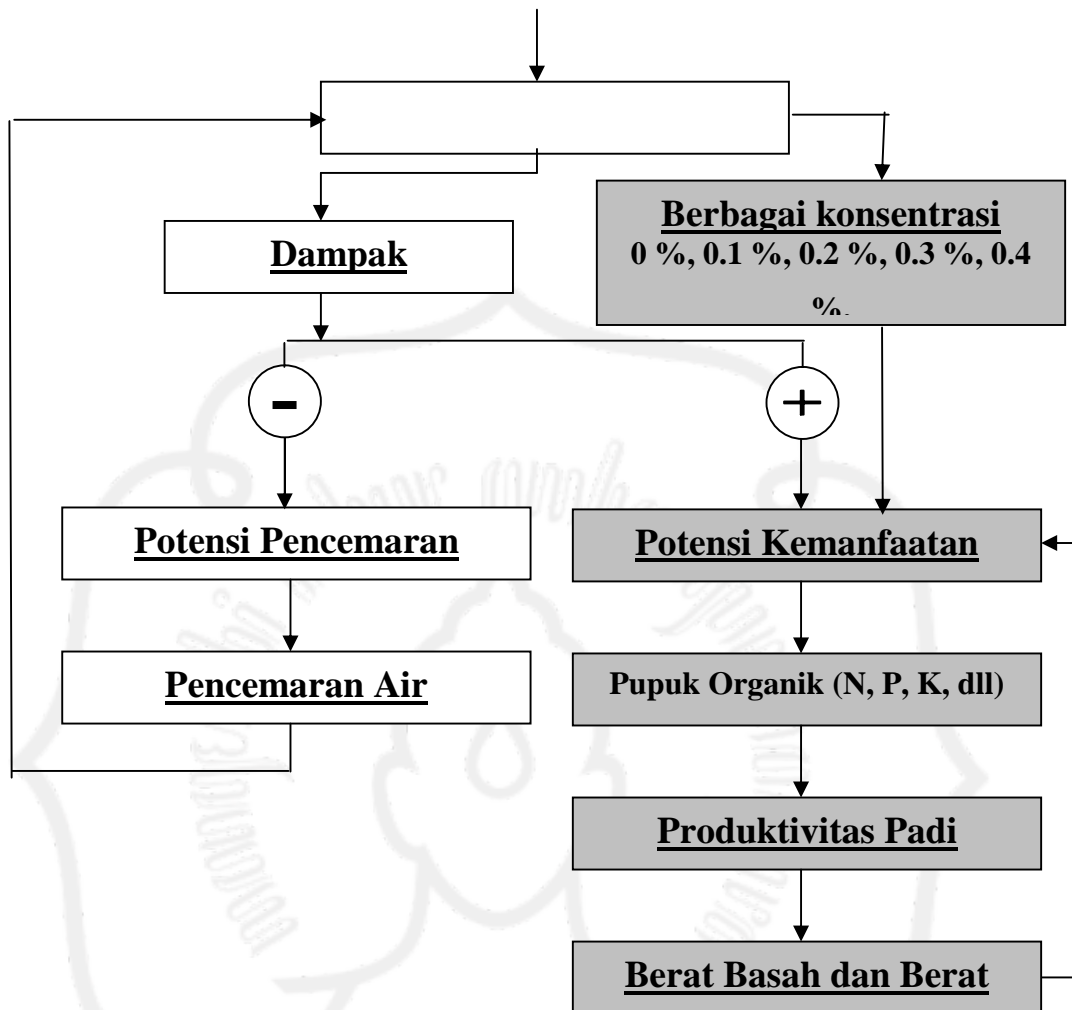
Semakin lama perkembangan Industri alkohol Bekonang semakin meningkat pesat. Jumlah perajin alkohol semakin lama juga semakin banyak, yang itu berarti pula bahwa jumlah limbah yang dihasilkan pun semakin banyak. Dari penelitian yang dilakukan oleh Sudadi (1999: 2) diperoleh jumlah limbah yang rata-rata dihasilkan oleh perajin alkohol Bekonang yaitu 7000-10.000 l/hari. Jumlah tersebut tentu bukan jumlah yang sedikit, dan tidak menutup kemungkinan ketika penanganannya kurang serius maka akan berdampak buruk terhadap kesehatan lingkungan.

Keberadaan limbah tersebut mempunyai dampak yang besar bagi masyarakat, terutama masyarakat di sekitar lokasi industri. Ada dua dampak yang dirasakan oleh masyarakat. Yang pertama adalah dampak negatif, dimana limbah tersebut mempunyai potensi untuk menimbulkan pencemaran lingkungan. Ketika limbah tersebut hanya dibuang di sungai tanpa ada pengelolaan lebih lanjut, maka hal tersebut dapat mengancam kesehatan lingkungan masyarakat. Pencemaran lingkungan menjadi ancaman yang akan menimbulkan banyak konflik di masyarakat, dimana hal tersebut akan mengancam eksistensi dari industri alkohol itu sendiri. Gejala pencemaran yang sering dirasakan masyarakat adalah pencemaran air, dimana sungai-sungai adalah tempat yang selama ini dijadikan sasaran pembuangan limbah alkohol. Selain itu limbah alkohol mempunyai bau yang tidak sedap yang sangat mengganggu lingkungan masyarakat sekitar.

Selain dampak negatif di atas, ternyata limbah alkohol juga memiliki dampak positif yang sebenarnya bisa dimanfaatkan oleh para pengrajin alkohol maupun para petani di sekitar lokasi industri. Limbah alkohol ternyata menyimpan potensi kemanfaatan yang selama ini belum banyak dioptimalkan

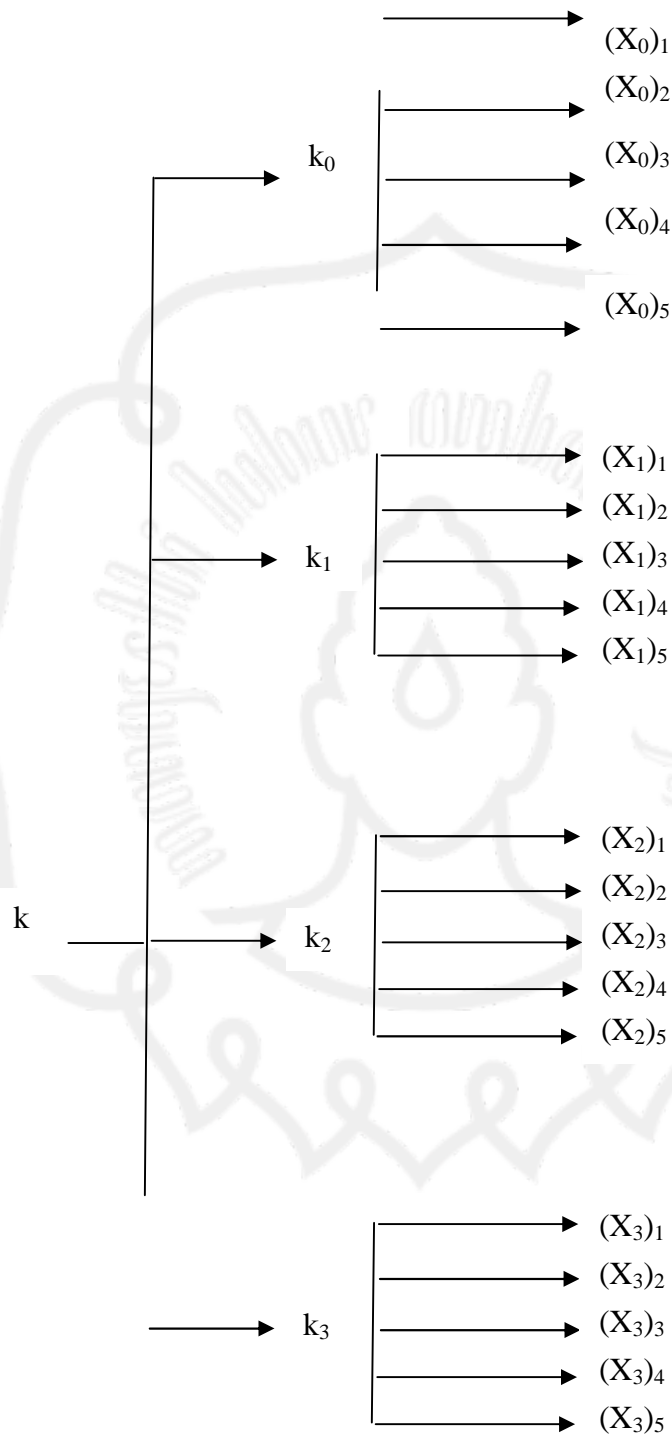
pemanfaatannya oleh masyarakat. Dari hasil pemeriksaan Balai Kesehatan Lingkungan dan juga Sudadi (1999) didapatkan bahwa ternyata limbah cair industri alkohol Bekonang mengandung unsur-unsur hara dan juga bahan organik yang cukup tinggi, dimana unsur-unsur tersebut merupakan unsur pokok yang diperlukan oleh tanaman.

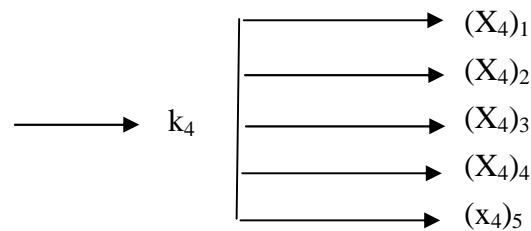
Ada beberapa tanaman yang potensial untuk dialiri limbah tersebut. Salah satu diantaranya adalah tanaman padi (*Oryza sativa L.*). Tanaman padi merupakan tanaman unggulan para petani di Desa Bekonang, Kecamatan Mojolaban, Kabupaten Sukoharjo. Beberapa lahan tanaman padi yang dialiri limbah tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya limbah alkohol tersebut tidak menyebabkan tanaman mati, tetapi justru semakin subur. Oleh karena itu perlu diteliti lebih lanjut mengenai pemanfaatan limbah tersebut dan juga konsentrasi yang optimal untuk dapat menghasilkan produktivitas tanaman padi yang paling baik. Sebagai sebuah parameter untuk mengetahui produktivitas tanaman padi penelitian adalah dengan mengukur berat basah dari buah yang dihasilkan. Dan dengan parameter inilah bisa diketahui sejauh mana pengaruh dari pemberian limbah cair alkohol Bekonang terhadap produktivitas tanaman padi (*Oryza sativa L.*).



Gambar 1: Diagram Alur Kerangka pemikiran

Berdasarkan alur kerangka pemikiran di atas, maka disusun suatu paradigma penelitian sebagai berikut:





Gambar 2: Bagan Paradigma Penelitian

Keterangan:

K : Perlakuan pada tanaman padi.

k_0 : Penyiraman dengan air control (0 %)

k_{1-4} : Air limbah alkohol dengan konsentrasi masing-masing 0.1 %, 0.2 %, 0.3 %, 0.4 %.

x_{0-4} : Produktivitas padi dengan $n = 5$ x pengulangan

Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah ada pengaruh perbedaan konsentrasi limbah cair industri alkohol terhadap produktivitas tanaman padi (*Oryza sativa* L.).

BAB III

METODOLOGI

A. Tempat dan Waktu penelitian

1. Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca (*greenhouse*) Laboratorium Pusat, Universitas Sebelas Maret Surakarta dan analisis pengamatan dilaksanakan

di Laboratorium Program Biologi, Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 2 tahun, yaitu sejak bulan Agustus 2002 sampai dengan bulan Agustus 2004.

B. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode penelitian dengan melakukan percobaan secara langsung dilokasi penelitian. Dalam hal ini peneliti melakukan penyiraman terhadap tanaman padi dengan konsentrasi air limbah yang berbeda.

1. Alat dan bahan

a. Alat

Peralatan yang digunakan adalah: a) Gelas ukur untuk mengukur volume air, b) Gelas beker digunakan untuk menyiram tanaman, c) Pipet tetes digunakan untuk mengambil air limbah, d) Penggaris untuk mengukur tinggi tanaman, e) Oven digunakan untuk mengeringkan buah padi, f) Timbangan analitik digunakan untuk menimbang buah padi, i) Tugal digunakan untuk menanam padi., g) Dayung digunakan untuk penyiraman, h) Cangkul untuk pengolahan tanah.

30

b. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah : a) Padi varietas IR₆₄ dari toko pertanian, b) Media tanam berupa tanah sawah ,c) Air limbah alkohol, d). Pupuk urea, e) , f) Polybag dengan ukuran 10 kg.

2. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL, dengan 5 macam perlakuan masing-masing dengan 5 x ulangan. Dengan demikian terdapat 25 satuan percobaan yang dapat dilukiskan sebagai berikut :

Tabel 4 : Rancangan Penelitian

| Perlakuan Ulangan | k ₀ | k ₁ | k ₂ | k ₃ | k ₄ |
|----------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 | (x ₀) ₁ | (x ₁) ₁ | (x ₂) ₁ | (x ₃) ₁ | (x ₄) ₁ |
| 2 | (x ₀) ₂ | (x ₁) ₂ | (x ₂) ₂ | (x ₃) ₂ | (x ₄) ₂ |
| 3 | (x ₀) ₃ | (x ₁) ₃ | (x ₂) ₃ | (x ₄) ₃ | (x ₄) ₃ |
| 4 | (x ₀) ₄ | (x ₁) ₄ | (x ₂) ₄ | (x ₄) ₄ | (x ₄) ₄ |
| 5 | (x ₀) ₅ | (x ₁) ₅ | (x ₂) ₅ | (x ₄) ₅ | (x ₄) ₅ |

Keterangan :

k₀₋₄ : Air limbah alkohol dengan konsentrasi masing-masing 0 %, 0.1 %, 0.2 %, 0.3 %, 0.4 %.

x₀₋₄ : Produktivitas padi dengan n = 5 x pengulangan

3. Cara kerja

a. Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan adalah tanah. Tanah yang digunakan yaitu tanah yang diambil dari area persawahan Bekonang.

b. Pemilihan benih

Benih padi varietas IR₆₄ diperoleh dari toko pertanian. Benih yang baik yaitu benih yang sudah disertifikasi oleh balai sertifikasi benih dan dipilih dari varietas unggul. Persiapan lahan persemaian dengan membuat bendengan dengan ukuran panjang 500 cm, lebar 100 cm dan tinggi bendengan 30 cm dan digenangi air selama 24 jam. Genangan air dikurangi hingga keadaan macak-macak. Benih direndam selama 24 jam dan diperamkan selama 48 jam agar berkecambah. Benih

yang berkecambah segera disebar merata dengan kerapatan sama pada media persemaian.

c. Penanaman

Tanaman padi yang siap ditanam (setelah disemai selama 25 hari) dipindah ke media tanam dengan cara mengambil bibit yang sehat dan seragam tinggi maupun jumlah daun. Tugal kecil digunakan untuk memudahkan penanaman pada polibag. Tiap polibag ditanami 5 tanaman.

d. Penyiraman

Penyiraman dengan air limbah alcohol sesuai perlakuan yaitu tiap sore hari. Penyiraman dihentikan pada 3-5 hari menjelang pemanenan agar buah padi tidak busuk.

e. Pemupukan

Pupuk yang digunakan adalah pupuk urea. Diberikan setelah 5 hari tanam.

f. Penyiangan

Penyiangan dilakukan bila sudah tumbuh rerumputan, yakni pada umur sekitar 3 dan 6 minggu setelah tanam. Penyiangan dilakukan dengan cara mencabut rumput-rumput yang tumbuh.

g. Pengendalian hama dan penyakit

Pengendalian hama dan penyakit dilakukan secara langsung. Apabila tanaman padi terlihat tanda-tanda terserang hama dan penyakit dilakukan pembasmian hama dan penyakit dengan cara-cara:

- 1) Pengambilan secara mekanik
- 2) Penyemprotan pestisida bila diperlukan

h. Pemungutan hasil

Hal ini dilakukan apabila tanaman berumur kurang lebih tiga bulan setelah tanam. Pemanenan dilakukan dengan cara mengeluarkan tanaman dari polibag yang telah disobek, lalu diambil buahnya.

i. Penghitungan parameter.

Penghitungan parameter dapat dilakukan setelah dilakukan pemanenan. Parameter yang diambil meliputi :

1. Berat basah buah

Penghitungan parameter berat basah dilakukan langsung setelah pemanenan. Buah padi dibersihkan dan ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik.

2. Berat kering buah

Setelah dihitung berat basahnya, kemudian dilakukan penghitungan untuk parameter berat kering. Penghitungan berat kering ini dilakukan dengan cara memasukkan buah ke dalam oven dengan suhu 60° C selama 24 jam, kemudian dilakukan penimbangan dengan timbangan analitik setiap harinya, sampai ditemukan tiga hasil terakhir yang konstan.

C. Populasi dan Sampel

Polulasi dalam penelitian ini adalah seluruh tanaman padi yang ditanam di polybag, sedangkan sampel penelitian adalah bagian dari populasi karakteristik (kontrol) dan dengan perlakuan dengan mengadakan seleksi. Sampel yang dipilih adalah tanaman padi yang mempunyai kemampuan hidup paling baik dibanding dengan yang lain dalam perlakuan yang sama.

Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah dengan cara *random sampling*, dimana sampel yang digunakan dalam penelitian berasal dari populasi yang tidak didasarkan atas strata atau daerah tetapi dengan kriteria tersebut diatas

D. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini data diambil dari hasil pengukuran beberapa indikator produktivitas dengan teknik eksperimen langsung disajikan dalam bentuk tabel.

Varibel yang dikenakan dalam penelitian ini yaitu :

1. **Variabel bebas**, yaitu limbah cair industri alkohol dengan konsentrasi 0 %, 0.1 %, 0.2 %, 3 % dan 0.4 %.
2. **Variabel terikat**, yaitu produktivitas tanaman padi (*Oryza sativa L.*) varietas IR₆₄, dengan indikator produktivitas yaitu :
 - a. Berat basah buah
 - b. Berat kering buah

E. Teknik Analisis Data

Analisis data yang digunakan adalah analisis statistik dengan uji Analisis Varian Satu Jalan dan uji lanjutnya adalah Duncan.. Langkah-langkah uji tersebut sebagai berikut :

1. Uji Analisis

Uji Anava Satu Jalan

Menurut Sutrisno Hadi (1997 : 389) Uji Anava Satu Jalan dengan n yang sama langkah-langkahnya sebagai berikut :

- 1) Menghitung jumlah kuadrat total atau $Dk_{tot} =$

$$Dk_{tot} = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}$$

- 2) Menghitung kuadrat antar kelompok atau $Dk_{ant} :$

$$Dk_{ant} = \frac{(\sum x_1)^2}{n_1} + \frac{(\sum x_2)^2}{n_2} + \dots + \frac{(\sum x_m)^2}{n_m} - \frac{(\sum x_{tot})^2}{N}$$

- 3) Menghitung kuadrat dalam kelompok atau Dk_{dal}

$$Dk_{dal} = Dk_{tot} - Dk_{ant}$$

- 4) Menghitung mean kuadrat antara atau Mk_{ant} :

$$Mk_{ant} = \frac{Dk_{ant}}{db_{ant}}$$

Dalam rangka db_{ant} : derajat kebebasan antara kelompok, diperoleh dari jumlah kelompok satu, atau $(m-1)$.

- 5) Menghitung mean kwadrat dalam kelompok atau Mk_{dal}

$$Mk_{dal} = \frac{Dk_{dal}}{db_{dal}}$$

Dalam mana db_{dal} = derajat kebebasan antar kelompok, diperoleh dari db_{tot} dikurangi dengan db_{ant} sedangkan $db_{tot} = N-1$

- 6) Menghitung F-ratio

$$F = \frac{Mk_{ant}}{Mk_{dal}}$$

- 7) Melihat F_{-tabel} atau F_t

$$F_t = F_{db_{ant}; db_{dal}} = \frac{Mk_{ant}}{Mk_{dal}}$$

Tabel 5 Tabel ringkasan anava satu jalan

| Sumber Variasi | db | Dk | MK | F_0 | F |
|----------------|-------|---|------------------------|-----------------------------|-----|
| | | | | | 5 % |
| Antar kelompok | $m-1$ | $\frac{(\sum X_k)^2}{n_k} - \frac{(\sum X_{total})^2}{N}$ | $\frac{DK_{ant}}{m-1}$ | $\frac{MK_{ant}}{MK_{dal}}$ | ? |
| Dalam kelompok | $N-M$ | $X_{tot}^2 - \frac{(\sum X_{tot})^2}{n_k}$ | $\frac{DK_{dal}}{N-M}$ | | |
| Total | $N-1$ | $X_{tot}^2 - \frac{(\sum X_{tot})^2}{n_k}$ | - | - | - |

Pengetesan : (1) jika $F_0 \geq F_t$ 5 % , maka H_0 ditolak

(2) jika $F_0 \leq F_t 5\%$, maka H_0 diterima

Kesimpulan : (1) ada perbedaan *apa* antara kelompok *apa*

(2) tidak ada perbedaan *apa* antara kelompok *apa*

2. Uji Lanjut

Uji lanjut anava satu jalan menggunakan Uji Duncan. Menurut Siswandari (1998 : 23) langkah-langkah uji ini sebagai berikut :

- 1) Urutkan mean perlakuan dari yang terkecil sampai yang terbesar
- 2) Dari tabel range signifikansi Duncan temukan nilai $r\alpha$ (p,f) untuk $p= 2, 3, \dots, \alpha$ adalah tingkat signifikansi dan f adalah dk untuk dalam kelompok (error)
- 3) Ubah range signifikansi seperti pada butir 2 ke dalam (a-1) range signifikansi terkecil. R_p dengan terlebih dahulu menghitung s.e :

$$s.e = \sqrt{\frac{MSE}{n}} = \sqrt{\frac{MKdal}{n}}$$

- 4) Komparasikan perbedaan mean absolut dari pasangan mean yang diinginkan dengan range signifikansi terkecil. Mulailah dari pasangan yang menghasilkan perbedaan mean terbesar sampai dengan yang terkecil.
- 5) Dua mean perlakuan dikatakan berbeda secara signifikansi jika perbedaan mean absolut lebih besar dari R_p yang menjadi pembandingnya mulai dari R_p terbesar sampai R_p yang terkecil.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

Deskripsi Data

Berat Basah

Hasil pengamatan berat basah yang diukur dari seluruh buah padi setelah selesai dipanen tanpa dikeringkan adalah sebagai berikut:

Tabel 6. Berat Basah Tanaman Padi Dalam Gram

| Perlakuan | Ulangan | | | | | Total | Rerata |
|----------------|---------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| K ₀ | 43.31 | 41.76 | 42.83 | 42.40 | 43.91 | 214.21 | 42.84 |
| K ₁ | 44.38 | 45.96 | 43.21 | 45.22 | 46.06 | 224.83 | 44.97 |
| K ₂ | 47.22 | 46.57 | 47.46 | 48.15 | 47.34 | 236.74 | 47.35 |
| K ₃ | 44.30 | 44.71 | 43.68 | 45.18 | 43.86 | 221.73 | 44.35 |
| K ₄ | 40.18 | 42.19 | 40.86 | 42.95 | 41.90 | 208.08 | 41.62 |

Keterangan :

k₀ = Air biasa (tanpa limbah)

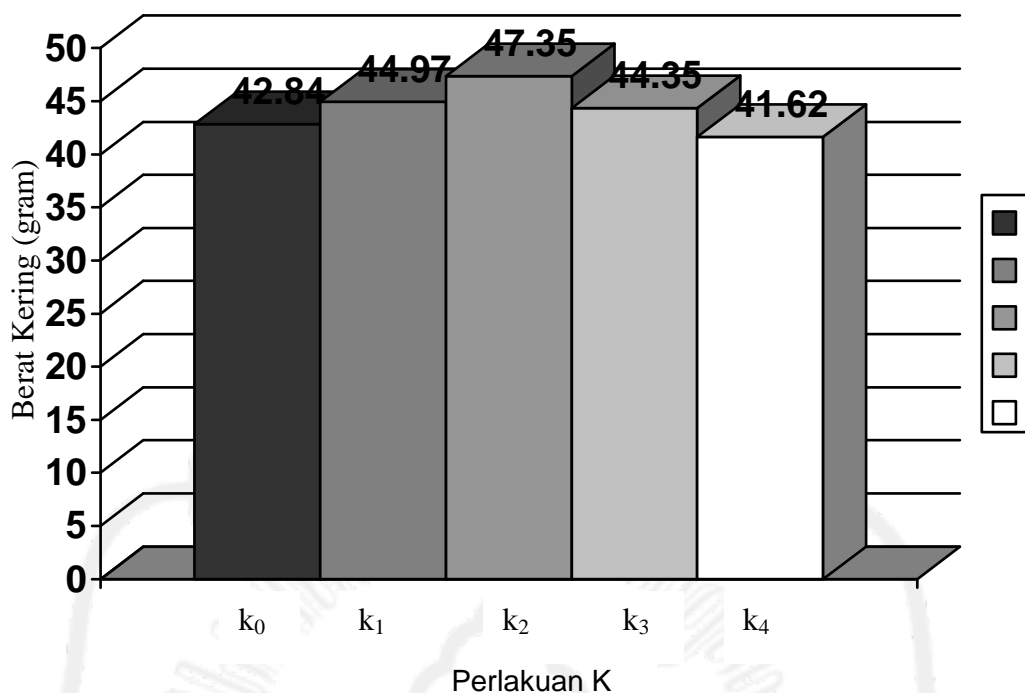
k₁ = Air limbah alkohol dengan konsentrasi 0.1 %

k₂ = Air limbah alkohol dengan konsentrasi 0.2 %

k₃ = Air limbah alkohol dengan konsentrasi 0.3 %

k₄ = Air limbah alkohol dengan konsentrasi 0.4 %

Tabel 6. menunjukkan bahwa hasil rerata pengamatan semua variasi perlakuan menunjukkan bahwa perlakuan dengan peningkatan konsentrasi air limbah 0.1 % menghasilkan berat basah lebih besar daripada yang di siram tanpa air limbah (K₀). Lebih jelas hasil rerata pengukuran berat basah buah dapat digambarkan dalam bentuk histogram sebagai berikut:



Gambar 3. Histogram Pengaruh Perlakuan Konsentrasi Limbah Cair Industri Alkohol Bekonang K₀, K₁, K₂, K₃, K₄ Terhadap Berat Basah

Berat Kering

Hasil pengamatan berat kering yang diukur dari seluruh buah padi setelah selesai dipanen tanpa dikeringkan adalah sebagai berikut:

Tabel 7. Berat Kering Tanaman Padi Dalam Gram

| Perlakuan | Ulangan | | | | | Total | Rerata |
|----------------|---------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| K ₀ | 37.54 | 36.24 | 37.19 | 36.53 | 37.98 | 185.48 | 37.10 |
| K ₁ | 38.26 | 40.02 | 37.39 | 39.21 | 39.81 | 194.69 | 38.94 |
| K ₂ | 40.70 | 40.29 | 40.92 | 41.64 | 41.03 | 204.58 | 40.92 |
| K ₃ | 38.18 | 38.69 | 37.82 | 39.11 | 38.04 | 191.84 | 38.37 |
| K ₄ | 35.68 | 36.91 | 35.94 | 37.45 | 36.32 | 182.30 | 36.46 |

Keterangan :

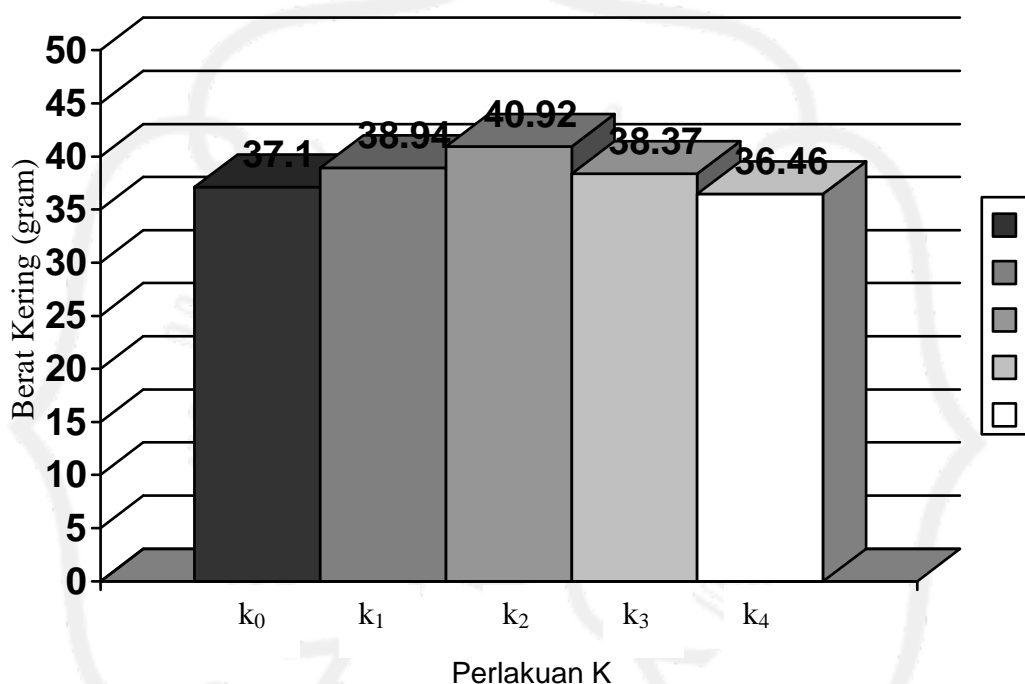
k₀ = Air biasa (tanpa limbah)

k₁ = Air limbah alkohol dengan konsentrasi 0.1 %

k₂ = Air limbah alkohol dengan konsentrasi 0.2 %

- k_3 = Air limbah alkohol dengan konsentrasi 0.3 %
 k_4 = Air limbah alkohol dengan konsentrasi 0.4 %

Tabel 6 menunjukkan bahwa hasil rerata pengamatan semua variasi perlakuan menunjukkan bahwa perlakuan dengan peningkatan konsentrasi air limbah 0.1 % menghasilkan berat kering lebih besar daripada yang di siram tanpa air limbah (K_0). Lebih jelas hasil rerata pengukuran berat kering buah dapat digambarkan dalam bentuk histogram sebagai berikut:



Gambar 4. Histogram Pengaruh Perlakuan Konsentrasi Limbah Cair Industri Alkohol Bekonang K_0 , K_1 , K_2 , K_3 , K_4 Terhadap Berat Basah

Pengujian Hipotesis

Uji Analisis Variansi Satu Jalan

Berat Basah

Hasil perhitungan anava satu jalan berat basah tanaman padi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 8. Rangkuman Anava Satu Jalan Berat Basah Tanaman Padi.

| Sumber variasi | Db | Dk | Mk | Fo | Ft |
|--------------------|----|--------|-------|-------|------|
| Antar kelompok "K" | 4 | 95.18 | 23.80 | 29.75 | 3.87 |
| Dalam kelompok | 20 | 16.01 | 0.80 | | 4.43 |
| Total | 24 | 111.19 | | | |

Tabel diatas menunjukkan bahwa harga F hitung dengan taraf signifikansi 5 % lebih besar dari harga F tabel 5% sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima atau ada pengaruh yang signifikan dari berbagai konsentrasi air limbah yang digunakan terhadap berat basah tanaman padi.

Berat Kering

Hasil perhitungan anava satu jalan berat basah tanaman padi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 9. Rangkuman Anava Satu Jalan Berat Kering Tanaman Padi

| Sumber variasi | Db | Dk | Mk | Fo | Ft |
|--------------------|----|-------|-------|-------|------|
| Antar kelompok "K" | 4 | 60.37 | 15.09 | 26.95 | 3.87 |
| Dalam kelompok | 20 | 11.06 | 0.56 | | 4.43 |
| Total | 24 | 71.43 | | | |

Tabel diatas menunjukkan bahwa harga F hitung dengan taraf signifikansi 5 % lebih besar dari harga F tabel 5% sehingga H_0 ditolak dan H_a diterima atau ada pengaruh yang signifikan dari berbagai konsentrasi air limbah yang digunakan terhadap berat kering tanaman padi.

Uji Duncan

Uji anava satu jalan didapatkan ada pengaruh yang signifikan antara kelompok (konsentrasi) yang diselidiki. Untuk mengetahui perbedaan rerata setiap pasangan kelompok digunakan Uji Duncan. Perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 10. Ringkasan Hasil Pengujian Duncan Berat Basah Tanaman Padi

| Konsentrasi | Rerata |
|----------------|--------------------|
| K ₀ | 42.84 ^c |
| K ₁ | 44.97 ^b |
| K ₂ | 47.35 ^a |
| K ₃ | 44.35 ^b |
| K ₄ | 41.62 ^c |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata.

Tabel 11. Ringkasan Hasil Pengujian Duncan Berat Kering Tanaman Padi

| Konsentrasi | Rerata |
|----------------|--------------------|
| K ₀ | 37.10 ^c |
| K ₁ | 38.94 ^b |
| K ₂ | 40.92 ^a |
| K ₃ | 38.37 ^b |
| K ₄ | 36.46 ^c |

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berarti berbeda tidak nyata.

Pembahasan Hasil Analisis Data

Pengaruh faktor perlakuan terhadap berat basah disajikan pada tabel 8. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa hasil analisis varian satu jalan untuk berat basah didapatkan harga F hitung dengan taraf signifikansi 5 % adalah 26.95 lebih besar dari harga F tabel 5% = 3.87; ini berarti ada pengaruh yang signifikan dari berbagai konsentrasi air limbah yang digunakan terhadap berat basah tanaman padi. Begitu juga untuk berat kering. Pengaruh faktor perlakuan terhadap berat basah disajikan pada tabel 9. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa hasil analisis varian satu jalan untuk berat kerings didapatkan harga F hitung dengan

taraf signifikansi 5 % adalah 29.75 lebih besar dari harga F tabel 5% = 3.87; berarti ada pengaruh yang signifikan dari berbagai konsentrasi air limbah yang digunakan terhadap berat kering tanaman padi. Hal ini sesuai dengan analisis sidik ragam terhadap berat basah dan berat kering buah

Adanya pengaruh yang signifikan tersebut dikarenakan pada limbah alkohol kaya akan bahan organik, hara mineral, protein, lemak dan vitamin yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman. (Sudadi, 1999:7) Limbah tersebut dapat berperan sebagai pupuk organik yang merupakan sumber hara makro esensial yang utama yaitu N, P dan K yang sangat dibutuhkan tanaman, baik untuk pertumbuhan vegetatif maupun pertumbuhan generatif, terutama dalam pembentukan biji (N dan P).

Dari hasil analisa kandungan limbah alkohol didapatkan bahwa rasio kandungan nitrogen dalam limbah lebih tinggi daripada kandungan nitrogen pada tanah. Ketersediaan nitrogen dalam tanah tergenang lebih tinggi daripada keadaan tidak tergenang. Ketersediaan ini meningkat dengan semakin tingginya kadar nitrogen, pH, dan suhu tanah. (Ismunadji, 1998: 237)

Unsur hara nitrogen merupakan unsur hara esensial yang dibutuhkan dalam jumlah yang paling banyak. Nitrogen merupakan unsur hara yang menjadi penyusun protein, beberapa jenis lemak dan gula yang sangat vital perannya dalam setiap makhluk hidup. Disamping itu nitrogen juga jadi penyusun sel (peran struktural) dan menjadi penyusun DNA dan RNA yang merupakan pembawa informasi genetik setiap makhluk hidup. Protein merupakan satu senyawa yang sangat penting bagi semua jasad hidup karena mempunyai tiga fungsi sekaligus, yaitu fungsi struktural sebagai penyusun sel tubuh, fungsi sebagai protein enzim yang menjadi katalisator dari semua proses reaksi biokimia yang terjadi di dalam tubuh jasad hidup dan fungsi perlindungan, yaitu sebagai penyusun antibody dan sebagainya.

Tanaman yang kekurangan unsur hara nitrogen akan tumbuh kerdil dan dicirikan juga dengan warna daun yang kekuningan (klorosis). Apabila tanaman kekurangan unsur hara nitrogen maka akan berpengaruh terhadap proses fotosintesa dan pembentukan protein biji.

Pada dasarnya tanaman padi tergenang mempunyai empat sumber hara nitrogen, yaitu :

1. Nitrogen ammonium dan nitrat yang telah ada waktu tanah digenangi.
2. Nitrogen berasal dari mineralisasi bahan organik dalam keadaan tergenang.
3. Nitrogen yang difiksasi oleh ganggang dan bakteri heterotropik.
4. Nitrogen yang berasal dari pupuk.

Padi yang dipupuk memperoleh 50-80 % nitrogen dari tanah, sedangkan yang tidak dipupuk memperoleh nitrogen terutama dari hasil mineralisasi bahan organik (33,5 %). (Ismunadji, 1998: 240)

Perilaku N dalam tanah-tanah tergenang berbeda tegas dengan perilakunya dalam tanah-tanah terdrainase yang menerima oksigen dari atmosfer.

Penggenangan tanah menyebabkan akumulasi (NH_4^+), ketidakstabilan NO_3^- , dan makin rendahnya kebutuhan N untuk dekomposisi bahan organik sebagai akibat dari dekomposisi yang tidak sempurna dari residu tanaman oleh bakteri anaerob. Penggenangan air mempengaruhi perilaku pupuk N yang ditambahkan seperti halnya tanah asli, dan harus dimasukkan ke dalam pertimbangan dalam pemupukan N padi sawah. (Patrik W. H., 1992: 307)

Unsur P sangat dibutuhkan dalam pembentukan biji, karena P merupakan penyusun dari beberapa jenis protein dan lemak. Unsur P juga diperlukan dalam proses transfer energi pada fotosintesa dan dalam semua proses transfer energi yang lain, karena P merupakan penyusun senyawa pembawa energi seperti ATP, CTP, NADP dan sebagainya. Tanaman yang kekurangan unsure hara fosfor cenderung tumbuh kerdil, daunnya berwarna hijau tua keungu-unguan karena P dibutuhkan untuk pembelahan dan pembentukan sel-sel baru dan juga sebagai penyusun senyawa pembawa informasi genetic seperti DNA dan RNA.

Kalium merupakan pengaktif dari sejumlah besar enzim yang penting untuk fotosintesis dan respirasi. Kalium mengaktifkan pula enzim yang diperlukan untuk membentuk pati dan protein. Unsur ini menjadi penentu utama potensial osmotik sel, dan karena itu juga penentu tekanan turgornya.

Selain ketiga unsur esensial di atas, masih banyak lagi hara mineral lain yang terkandung dalam limbah cair industri alkohol, dan memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman padi. Seperti besi, mangan, tembaga, seng, nitrat, klorida dan juga bahan organik.

Keputusan Uji Duncan untuk berat basah berdasarkan tabel 10 di atas adalah hanya terdapat dua pasangan mean yang tidak berbeda secara signifikan. Ini berarti bahwa dari kesepuluh komparasi terdapat 8 pasangan mean yang berbeda secara signifikan yaitu \bar{X}_0 vs \bar{X}_3 ; \bar{X}_0 vs \bar{X}_2 ; \bar{X}_0 vs \bar{X}_1 ; \bar{X}_1 vs \bar{X}_4 ; \bar{X}_1 vs \bar{X}_2 ; \bar{X}_2 vs \bar{X}_4 ; \bar{X}_2 vs \bar{X}_3 ; dan \bar{X}_3 vs \bar{X}_4 ; Dari 8 komparasi rerata \bar{X}_2 lebih besar dari X_0 , X_1 , X_3 dan X_4 sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi 0.2 % adalah konsentrasi yang optimum untuk produktivitas tanaman padi.

Begitu pula untuk berat kering, keputusan uji duncan berdasarkan tabel 11 diatas adalah hanya terdapat dua pasangan mean yang tidak berbeda secara signifikan. Ini berarti bahwa dari kesepuluh komparasi terdapat 8 pasangan mean yang berbeda secara signifikan yaitu \bar{X}_0 vs \bar{X}_3 ; \bar{X}_0 vs \bar{X}_2 ; \bar{X}_0 vs \bar{X}_1 ; \bar{X}_1 vs \bar{X}_4 ; \bar{X}_1 vs \bar{X}_2 ; \bar{X}_2 vs \bar{X}_4 ; \bar{X}_2 vs \bar{X}_3 ; dan \bar{X}_3 vs \bar{X}_4 ; Dari 8 komparasi rerata \bar{X}_2 lebih besar dari X_0 , X_1 , X_3 dan X_4 sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi 0.2 % adalah konsentrasi yang optimum untuk produktivitas tanaman padi.

Dari data diatas dapat dilihat bahwa pemberian limbah alkohol di atas 0.2 % justru semakin menurunkan produktivitas tanaman. Hal ini sesuai dengan yang dikatakan para petani bahwa konsentrasi limbah yang tepat untuk tanaman padi berwarna seperti urine. Pemberian limbah alkohol yang terlalu pekat justru akan menyebabkan tanah menjadi kering dan retak-retak, yang akan menyebabkan tanaman tumbuh kurang subur, atau istilah yang disampaikan oleh para petani padi yaitu buahnya menjadi “gabug” (kurang berisi). Hal ini diduga dikarenakan limbah yang dibuang oleh para perajin alkohol secara langsung memiliki suhu yang relatif tinggi dan atau karena dalam limbah tersebut terdapat mikroorganisme yang terbentuk selama proses fermentasi, sehingga keberadaan limbah yang berlebihan justru akan membuat tanah menjadi keras dan retak-retak

BAB V

SIMPULAN, IMPLIKASI DAN SARAN

A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data dan pembahasan pada penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan yaitu, ada pengaruh yang signifikan dari limbah cair industri alkohol Bekonang Sukoharjo terhadap produktivitas tanaman padi (*Oryza sativa L.*), selain itu juga didapatkan bahwa konsentrasi limbah cair industri alkohol yang optimal untuk menghasilkan produktivitas tanaman padi (*Oryza sativa L.*) adalah 0.2 %.

B. Implikasi

Implikasi teoritik dari hasil penelitian ini adalah bahwa produktivitas tanaman padi (*Oryza sativa L.*) akan bertambah apabila air yang dipergunakan mengairinya berasal dari sistem pengairan yang sudah diolah dengan limbah cair industri alkohol sebagai pupuk organik.

Implikasi praktis dari hasil penelitian ini adalah sebagai bahan masukan dan pertimbangan bagi Departemen Pertanian dan Perajin Alkohol agar lebih memperhatikan dampak positif dan negatif dari air limbah terhadap sistem perairan di sekitarnya. Selain itu, untuk dunia pendidikan diharapkan dapat memberikan tambahan kajian untuk pengayaan materi mata pelajaran “Keseimbangan Ekosistem”, serta “Pertumbuhan dan Perkembangan” pada semester 1 dan semester 3 SMU.

C. Saran

Berdasarkan kesimpulan dan implikasi dari penelitian ini, saran-saran yang dapat diajukan peneliti kepada masyarakat dan peneliti yang akan datang adalah sebagai berikut:

1. Perajin Alkohol

Perajin Alkohol diharapkan lebih intensif dalam mengelola limbahnya sebelum dilepas ke dalam sistem irigasi. Dalam pembuangan limbah perlu diperhatikan obyek dan kapasitas limbah yang akan dibuang.

2. Peneliti

Mengingat kandungan limbah yang kaya akan zat hara dan bahan organik yang diperlukan oleh tanaman, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui efektivitas limbah cair industri alkohol yang diolah menjadi pupuk organik cair terhadap produktivitas tanaman padi atau tanaman yang lain, serta implikasinya bagi tingkat kesuburan tanah dan kesehatan masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- AAK.1990.*Budidaya Tanaman Padi*. Yogyakarta : Penerbit Kanisius.
- Bibin Bintardi. 2003. Mei 02. *Limbah Pabrik Alkohol Cemari Lingkungan*.
www.Tempointeraktif.com/dampak_Limbah_Pabrik_Alkohol_Cemari_lingkungan.htm
- Daniel Alexander Okun and George Ponghis, 1975. *Community Wastewater Collection and Disposal*. Geneva: Albany, NY
- Departemen Lingkungan Hidup. 2003. Mei 02. *Dampak Limbah*.
www.menlh.go.id/dampak limbah.htm
- Fitter A.H., R.K.M. Hay.1998. *Fisiologi Tanaman Lingkungan Tanaman*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Gembong T. 2000.*Taksonomi Tumbuhan (Spermatophyta)*.Yogyakarta : UGM Press
- Gomez, Kwanchai A. & Arturo A. Gomez. 1995. *Prosedur Statistik Untuk Penelitian Pertanian*. Jakarta : UI Press
- Ismunadji M., Soetjipto Partohardjono, Mahyuddin Syam, Adi Widjono. 1988. *Padi*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan
- Kemas Ali Hanafiah, Ir, M.S..2001.*Rancangan Percobaan Teori dan Aplikasi*.Jakarta : PT. Raja Grafindo Persada

- Maria Margaretha Sri Setyati Harjadi. 1997. *Peranan Ilmu Holtikultura Bagi pembangunan Negara dan Budaya bangsa*. Bogor : Fakultas Pertanian Bogor.
- Naw. 2003. mei 02. *Limbah Pabrik Alkohol di Lawang Mencemari Lingkungan*.
www.kompas.com/Agroindustri.htm
- Peter R. Goldsworthy, N.M.Fisher.1992.*Fisiologi Tanaman Budidaya Tropik*.
Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Pollet dan Nasrullah. 1994. *Penggunaan Metode Statistik Untuk Ilmu Hayati*.
Yogyakarta: UGM Press.
- Rinsema, W.T. 1993. *Pupuk dan cara Pemupukan*. Jakarta : Bhratara Karya Aksara.
- Sitompul dan Bambang Guritno. 1995 *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Yogya: UGM Press.
- Soekidjo Notoatmojo. 1997. *Ilmu Kesehatan Masyarakat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Soemartono, Bahrinsamad, Drs. R. Hardjono. 1990. *Bercocok Tanam Padi*.
Jakarta : Yasaguna.
- Sudadi, Sumarno, M.A., & Martina Andriani. 1999.*Kajian Pemanfaatan Limbah Industri Alkohol Bekonang Sebagai Bahan pupuk Organik Cair Plus*.Surakarta: Fak. Pertanian UNS
- Sudjana. 1996. *Metode Statistik*. Bandung: Tarsito.

- Suhadi Hardjo, Nastiti Siswi Indrasti, Tajuddin Bantacut. 1989. *Biokonversi : Pemanfaatan Limbah Industri Pertanian*. Bogor : Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi ITB.
- Suparmin dan Suparman. 2002. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Sutrisno Hadi. 1997. *Statistik*. Yogyakarta : Andi Offset
- Tchobanoglous, G. and R. Eliassen. 1979. *Studies on the Movement of Viruses in Groundwater, Final Report for the Commission on Environmental Hygiene of the Armed Forces Epidemiological Board*. New York: Mc Graw-Hill
- Titiek I. Dan Wani H.U.1995.*Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. Semarang : IKIP Semarang Press
- Udin Djabu. 1991. *Limbah Industri dan Pemanfaatannya*. Jakarta: Rineka Cipta..
- Universitas Sebelas Maret. 2002. *Pedoman Penulisan Skripsi*. Surakarta : UNS Press.
- Uwe Neis. 1993. *Memfaatkan Air Limbah*. Jakarta : Yayasan Obor Indonesia.

Lampiran 1

DATA HASIL PENELITIAN

a. Berat basah

| Perlakuan | Ulangan | | | | | Total | Rerata |
|----------------|---------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| K ₀ | 43.31 | 41.76 | 42.83 | 42.40 | 43.91 | 214.21 | 42.84 |
| K ₁ | 44.38 | 45.96 | 43.21 | 45.22 | 46.06 | 224.83 | 44.97 |
| K ₂ | 47.22 | 46.57 | 47.46 | 48.15 | 47.34 | 236.74 | 47.35 |
| K ₃ | 44.30 | 44.71 | 43.68 | 45.18 | 43.86 | 221.73 | 44.35 |
| K ₄ | 40.18 | 42.19 | 40.86 | 42.95 | 41.90 | 208.08 | 41.62 |

b. Berat kering

| Perlakuan | Ulangan | | | | | Total | Rerata |
|----------------|---------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| K ₀ | 37.54 | 36.24 | 37.19 | 36.53 | 37.98 | 185.48 | 37.10 |
| K ₁ | 38.26 | 40.02 | 37.39 | 39.21 | 39.81 | 194.69 | 38.94 |
| K ₂ | 40.70 | 40.29 | 40.92 | 41.64 | 41.03 | 204.58 | 40.92 |
| K ₃ | 38.18 | 38.69 | 37.82 | 39.11 | 38.04 | 191.84 | 38.37 |
| K ₄ | 35.68 | 36.91 | 35.94 | 37.45 | 36.32 | 182.30 | 36.46 |

Keterangan

k₀ = Air biasa (tanpa limbah)

k₁ = Air limbah alkohol dengan konsentrasi 0.1 %

k₂ = Air limbah alkohol dengan konsentrasi 0.2 %

k₃ = Air limbah alkohol dengan konsentrasi 0.3 %

k₄ = Air limbah alkohol dengan konsentrasi 0.4 %

*Lampiran 2**UJI ANAVA SATU JALAN*

a. Berat basah

1. Hipotesis

$H_0 =$ Tidak ada pengaruh dari berbagai konsentrasi air limbah yang digunakan terhadap berat basah padi.

$H_1 =$ Ada pengaruh dari berbagai konsentrasi air limbah yang digunakan terhadap berat basah padi.

2. Komputasi

$$\begin{aligned}
 \text{a. } Dk_{\text{tot}} &= \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N} \\
 &= 49004.36 - \frac{(1105.59)^2}{25} \\
 &= 49004.36 - 48893.17 \\
 &= 111.19 \\
 \text{b. } Dk_{\text{ant}} &= \frac{(\sum x_1)^2 + (\sum x_2)^2 + (\sum x_3)^2 + (\sum x_4)^2 + (\sum x_5)^2}{n} - \frac{(\sum x_{\text{tot}})^2}{N} \\
 &= \frac{214.21^2 + 224.83^2 + 236.74^2 + 221.73^2 + 208.08^2}{5} - \frac{1105.59^2}{25} \\
 &= 48988.35 - 48893.17 \\
 &= 95.18 \\
 \text{c. } Dk_{\text{dal}} &= Dk_{\text{tot}} - Dk_{\text{ant}} \\
 &= 111.19 - 95.18 \\
 &= 16.01 \\
 \text{d. } Mk_{\text{ant}} &= \frac{Dk_{\text{ant}}}{db_{\text{ant}}} = \frac{Dk_{\text{ant}}}{m-1} \\
 &= \frac{95.18}{5-1} = \frac{95.18}{4} \\
 &= 23.80 \\
 \text{e. } Mk_{\text{dal}} &= \frac{Dk_{\text{dal}}}{db_{\text{dal}}} = \frac{Dk_{\text{dal}}}{N-m} \\
 &= \frac{16.01}{25-5} = \frac{16.01}{20} \\
 &= 0.80 \\
 \text{f. } F_{m-1, n-m} &= \frac{Mk_{\text{ant}}}{MK_{\text{dal}}}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{23.80}{0.80}$$

$$= 29.75$$

g. Tabel ringkasan Anava

| Sumber variasi | Db | Dk | Mk | Fo | Ft |
|--------------------|----|--------|-------|-------|------|
| Antar kelompok "K" | 4 | 95.18 | 23.80 | 29.75 | 3.87 |
| Dalam kelompok | 20 | 16.01 | 0.80 | | 4.43 |
| Total | 24 | 111.19 | | | |

h. Pengetesan

$F_o > F_t$ 5% dan F_t 1%, maka H_o ditolak

i. Kesimpulan

Ada pengaruh dari berbagai konsentrasi air limbah yang digunakan terhadap berat basah tanaman padi.

b. Berat kering

1. Hipotesis

$H_0 =$ Tidak ada pengaruh dari berbagai konsentrasi air limbah yang digunakan terhadap berat kering padi.

$H_1 =$ Ada pengaruh dari berbagai konsentrasi air limbah yang digunakan terhadap berat kering padi.

2. Komputasi

$$\begin{aligned}
 \text{a. } Dk_{\text{tot}} &= \Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{N} \\
 &= 36850.23 - \frac{(958.89)^2}{25} \\
 &= 36850.23 - 36778.80 \\
 &= 71.43 \\
 \text{b. } Dk_{\text{ant}} &= \frac{(\Sigma x_1)^2 + (\Sigma x_2)^2 + (\Sigma x_3)^2 + (\Sigma x_4)^2 + (\Sigma x_5)^2}{n} - \frac{(\Sigma x_{\text{tot}})^2}{N} \\
 &= \frac{185.48^2 + 194.69^2 + 204.58^2 + 191.84^2 + 182.30^2}{5} - \frac{958.89^2}{25} \\
 &= 36839.18 - 36778.80 \\
 &= 60.37 \\
 \text{c. } Dk_{\text{dal}} &= Dk_{\text{tot}} - Dk_{\text{ant}} \\
 &= 71.43 - 60.37 \\
 &= 11.06 \\
 \text{d. } Mk_{\text{ant}} &= \frac{Dk_{\text{ant}}}{db_{\text{ant}}} = \frac{Dk_{\text{ant}}}{m-1} \\
 &= \frac{60.37}{5-1} = \frac{60.37}{4} \\
 &= 15.09 \\
 \text{e. } Mk_{\text{dal}} &= \frac{Dk_{\text{dal}}}{db_{\text{dal}}} = \frac{Dk_{\text{dal}}}{N-m} \\
 &= \frac{11.06}{25-5} = \frac{11.06}{20} \\
 &= 0.56
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{f. } F_{m-1, n-m} &= \frac{Mk_{ant}}{MK_{dal}} \\
 &= \frac{15.09}{0.56} \\
 &= 26.95
 \end{aligned}$$

g. Tabel ringkasan Anava

| Sumber variasi | Db | Dk | Mk | Fo | Ft |
|--------------------|----|-------|-------|-------|------|
| Antar kelompok "K" | 4 | 60.37 | 15.09 | 26.95 | 3.87 |
| Dalam kelompok | 20 | 11.06 | 0.56 | | 4.43 |
| Total | 24 | 71.43 | | | |

h. Pengetesan

Fo > Ft 5% dan Ft 1%, maka Ho ditolak

i. Kesimpulan

Ada pengaruh dari berbagai konsentrasi air limbah yang digunakan terhadap berat kering tanaman padi.

Lampiran 3

UJI DUNCAN

a. Berat basah

| Perlakuan | Ulangan | | | | | Total | Rerata |
|----------------|---------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| K ₀ | 43.31 | 41.76 | 42.83 | 42.40 | 43.91 | 214.21 | 42.84 |
| K ₁ | 44.38 | 45.96 | 43.21 | 45.22 | 46.06 | 224.83 | 44.97 |
| K ₂ | 47.22 | 46.57 | 47.46 | 48.15 | 47.34 | 236.74 | 47.35 |
| K ₃ | 44.30 | 44.71 | 43.68 | 45.18 | 43.86 | 221.73 | 44.35 |
| K ₄ | 40.18 | 42.19 | 40.86 | 42.95 | 41.90 | 208.08 | 41.62 |

| Sumber variasi | Db | Dk | Mk | Fo | Ft |
|--------------------|----|--------|-------|-------|------|
| Antar kelompok "K" | 4 | 95.18 | 23.80 | 29.75 | 3.87 |
| Dalam kelompok | 20 | 16.01 | 0.80 | | 4.43 |
| Total | 24 | 111.19 | | | |

1. Pengurutan mean

$$\bar{X}_4 = 41.62$$

$$\bar{X}_0 = 42.84$$

$$\bar{X}_3 = 44.35$$

$$\bar{X}_1 = 44.97$$

$$\bar{X}_2 = 47.35$$

2. Tabel range signifikansi Duncan

$$r_{05}(2,20) = 2.95$$

$$r_{05}(3,20) = 3.10$$

$$r_{05}(4,20) = 3.18$$

$$r_{05}(5,20) = 3.25$$

3. Range signifikansi terkecil

$$\text{Diket } Se = \sqrt{\frac{0.80}{5}} = 0.40$$

$$R = r_{05}(p,f) * Se$$

$$R_2 = 1.18$$

$$R_3 = 1.26$$

$$R_4 = 1.27$$

$$R_5 = 1.30$$

4. Urutan pasangan mean yang menghasilkan perbedaan mean obslulut terbesar adalah:

$$\bar{X}_0 \text{ vs } \bar{X}_4 = 1.22 < R_5^*$$

$$\bar{X}_0 \text{ vs } \bar{X}_3 = 1.51 > R_4$$

$$\bar{X}_0 \text{ vs } \bar{X}_2 = 4.51 > R_3$$

$$\bar{X}_0 \text{ vs } \bar{X}_1 = 2.13 > R_2$$

$$\bar{X}_1 \text{ vs } \bar{X}_4 = 3.35 > R_4$$

$$\bar{X}_1 \text{ vs } \bar{X}_3 = 0.62 < R_3^*$$

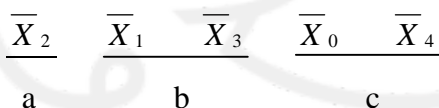
$$\bar{X}_1 \text{ vs } \bar{X}_2 = 2.38 > R_2$$

$$\bar{X}_2 \text{ vs } \bar{X}_4 = 5.73 > R_3$$

$$\bar{X}_2 \text{ vs } \bar{X}_3 = 3.00 > R_2$$

$$\bar{X}_3 \text{ vs } \bar{X}_4 = 2.73 > R_2$$

5. Semua pasangan mean berbeda secara signifikan pada $\alpha = 0,05$ kecuali pasangan yang bertanda (*). Secara diagram, pasangan mean yang berbeda dapat dilukiskan sebagai berikut:



Garis – menghubungkan dua mean dari perlakuan yang tidak berbeda secara signifikan

b. Berat kering

| Perlakuan | Ulangan | | | | | Total | Rerata |
|----------------|---------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| K ₀ | 37.54 | 36.24 | 37.19 | 36.53 | 37.98 | 185.48 | 37.10 |
| K ₁ | 38.26 | 40.02 | 37.39 | 39.21 | 39.81 | 194.69 | 38.94 |
| K ₂ | 40.70 | 40.29 | 40.92 | 41.64 | 41.03 | 204.58 | 40.92 |
| K ₃ | 38.18 | 38.69 | 37.82 | 39.11 | 38.04 | 191.84 | 38.37 |

| | | | | | | | |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| K ₄ | 35.68 | 36.91 | 35.94 | 37.45 | 36.32 | 182.30 | 36.46 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|

| Sumber variasi | Db | Dk | Mk | Fo | Ft |
|--------------------|----|-------|-------|-------|------|
| Antar kelompok "K" | 4 | 60.37 | 15.09 | 26.95 | 3.87 |
| Dalam kelompok | 20 | 11.06 | 0.56 | | 4.43 |
| Total | 24 | 71.43 | | | |

1. Pengurutan mean

$$\bar{X}_4 = 36.46$$

$$\bar{X}_0 = 37.10$$

$$\bar{X}_3 = 38.37$$

$$\bar{X}_1 = 38.94$$

$$\bar{X}_2 = 40.92$$

2. Tabel range signifikansi Duncan

$$r_{05}(2,20) = 2.95$$

$$r_{05}(3,20) = 3.10$$

$$r_{05}(4,20) = 3.18$$

$$r_{05}(5,20) = 3.25$$

3. Range signifikansi terkecil

$$\text{Diket } Se = \sqrt{\frac{0.56}{5}} = 0.33$$

$$R = r_{05}(p,f) * Se$$

$$R_2 = 0.99$$

$$R_3 = 1.04$$

$$R_4 = 1.06$$

$$R_5 = 1.09$$

4. Urutan pasangan mean yang menghasilkan perbedaan mean obslute terbesar adalah:

$$\bar{X}_0 \text{ vs } \bar{X}_4 = 0.64 < R_5^*$$

$$\bar{X}_0 \text{ vs } \bar{X}_3 = 1.27 > R_4$$

$$\begin{aligned} \bar{X}_0 \text{ vs } \bar{X}_2 &= 3.82 > R_3 \\ \bar{X}_0 \text{ vs } \bar{X}_1 &= 1.84 > R_2 \\ \bar{X}_1 \text{ vs } \bar{X}_4 &= 2.48 > R_4 \\ \bar{X}_1 \text{ vs } \bar{X}_3 &= 0.57 < R_3^* \\ \bar{X}_1 \text{ vs } \bar{X}_2 &= 1.98 > R_2 \\ \bar{X}_2 \text{ vs } \bar{X}_4 &= 4.46 > R_3 \\ \bar{X}_2 \text{ vs } \bar{X}_3 &= 2.55 > R_2 \\ \bar{X}_3 \text{ vs } \bar{X}_4 &= 1.91 > R_2 \end{aligned}$$

5. Semua pasangan mean berbeda secara signifikan pada $\alpha = 0,05$ kecuali pasangan yang bertanda (*). Secara diagram, pasangan mean yang berbeda dapat dilukiskan sebagai berikut:

$$\begin{array}{ccccc} \bar{X}_2 & \bar{X}_1 & \bar{X}_3 & \bar{X}_0 & \bar{X}_4 \\ \hline & & & & \\ a & & b & & c \end{array}$$

Garis – menghubungkan dua mean dari perlakuan yang tidak berbeda secara signifikan