

**PENGARUH PENGENDALIAN POLUSI MELALUI PEMERIAN
KARBON AKTIF DAN KETERAMPILAN MANAJEMEN TERHADAP
EFISIENSI PENURUNAN COD**

Eleonora Alinsia Fariyahan Al-Lubab FT 12 Kawasan Industri
Pala Gandang Jakarta Timur (2008)



B. ACHMAD HARLANTO

No. Reg. 7717080386

Program Studi Manajemen Lingkungan

Diserahi yang telah terlampir memohon sebagai persyaratan
untuk melaksanakan tesis Doktor

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2016**

**PENGARUH PENGENDALIAN POLUSI MELALUI PEMBERIAN
KARBON AKTIF DAN KETERAMPILAN MANAJERIAL TERHADAP
*EFISIENSI PENURUNAN COD***

*Eksperimen di Instalasi Pengolahan Air Limbah PT. LQ Kawasan Industri
Pulo Gadung Jakarta Timur (2008)*



R. ACHMAD HARIANTO

No. Reg: 7717050286

Program Studi: Manajemen Lingkungan

Disertasi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
untuk Mendapatkan Gelar Doktor

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2009**

**PENGARUH PENGENDALIAN POLUSI MELALUI PEMBERIAN
KARBON AKTIF DAN KETERAMPILAN MANAJERIAL TERHADAP
EFISIENSI PENURUNAN COD ***

Eksperimen di Instalasi Pengolahan Air Limbah PT. LQ Kawasan Industri
Pulo Gadung, Jakarta Timur (2008)

*THE EFFECT OF POLLUTION CONTROL BY ACTIVATED CARBON
ADDITION AND MANAGERIAL SKILL ON EFFICIENCY OF COD
REDUCTION*

*An Experiment at Waste water treatment of PT. LQ Jakarta Industrial
Estate Pulo Gadung (2008)*

R. Achmad Harianto **

ABSTRACT

The objective of this research is to find out the effect of pollution control by way of the activated carbon addition and the managerial skill on efficiency of COD reduction. The study was conducted in the textile plant of PT. LQ Jakarta Industrial Estate Pulo Gadung, by using an experiment of 2 x 2 factorial design with n = 80 samples selected randomly.

The result of the investigations show that (1) there is highly significant difference efficiency of COD reduction for pollution control by way of the activated carbon addition between the low concentration and the high concentration. (2) for the high managerial skill, there is no difference exists between the water pollution control through the activated carbon addition with the high concentration and the low concentration. (3) however for the low managerial skill in the water pollution control by way of the activated carbon addition with the high concentration is more efficient than the low concentration. (4) there is significant interaction effect between pollution control by way of the activated carbon addition and the managerial skill toward efficiency of COD reduction.

Based on the research findings it could be concluded that pollution control through the activated carbon addition with the low concentration and the high managerial skill improve the efficiency of COD reduction in managing the textile industrial wastewater.

* Dipertahankan di hadapan Sidang Senat Guru Besar Universitas Negeri Jakarta dalam Rangka Promosi Doktor.

** Dosen Universitas Pembangunan Nasional (UPN) "Veteran" Jakarta.

A. PENDAHULUAN

Industri Tekstil dan Produk Tekstil (TPT) di samping merupakan salah satu sumber devisa negara, juga merupakan industri yang dapat menampung tenaga kerja dalam jumlah yang besar. Pada tahun 2000 jumlah tenaga kerja yang bekerja di sektor itu berjumlah hampir 1,2 juta orang yang tersebar pada 2.651 perusahaan industri tekstil di Indonesia. Propinsi Jawa Barat merupakan tempat industri TPT terbanyak, yakni 1.496 buah (56,43%) diikuti oleh DKI Jakarta 456 buah (17,30%) dan Jawa Tengah 381 buah (14,37%). Sisanya tersebar di Sumatra, D.I. Yogyakarta, Jawa Timur, Bali, dan Sulawesi.

Salah satu masalah yang timbul dengan keberadaan industri TPT ini adalah adanya limbah yang berhubungan dengan pencemaran lingkungan. Proses penyempurnaan basah tekstil adalah proses tekstil yang paling banyak menimbulkan pencemaran karena digunakannya larutan zat kimia seperti alkali, asam, kanji, oksidator, reduktor, elektrolit, surfaktan, zat warna, polimer sintetik, dan panas dapat menyebabkan air buangan industri tekstil bersifat alkali atau asam dengan COD tinggi, berwarna, berbusa, berbau, dan panas. Buangan limbah cair ini akan memberikan beban kepada lingkungan perairan jika dibuang keperairan terbuka tanpa pengolahan terlebih dahulu. Akibat air buangan tersebut dapat menimbulkan penurunan kualitas air bahkan kerusakan lingkungan perairan.

Dengan dikeluarkannya Undang-Undang Nomor 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup bahwa dalam melaksanakan kegiatan, pengusaha diwajibkan untuk mencegah dan menanggulangi terjadinya gangguan atau pencemaran terhadap lingkungan hidup. Dengan melakukan pengolahan air buangan terlebih dahulu sebelum dibuang keperairan, maka bahan-bahan pencemar yang terkandung dalam limbah cair akan direduksi sehingga terjadi penurunan konsentrasi zat-zat pencemar. Penurunan konsentrasi zat-zat pencemar yang diharapkan sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah melalui Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor Kep - 51/MENLH/ 10/ 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.

Beberapa hal yang dapat dilakukan dalam upaya mengurangi limbah dari sumber air diantaranya adalah penghematan pemakaian air, penghematan zat kimia, dan menjaga kebersihan pabrik. Upaya ini dikenal dengan kegiatan minimisasi limbah yang bertujuan untuk menghasilkan sedikit mungkin limbah, dimulai dari penggunaan bahan, proses produksi, dan produk jadi, serta beban pencemaran yang ditimbulkan agar tidak mengganggu kepentingan manusia dan kelestarian lingkungan (Setyo S. Moersidik, 2001:14). Kegiatan ini akan berhasil jika ada partisipasi pengusaha dan karyawan dalam melestarikan lingkungan di kawasan industri.

Dalam beberapa tahun terakhir ini, banyak dilakukan penelitian-penelitian guna mengembangkan sistem pengolahan air limbah industri,

akan tetapi sampai saat ini belum ditemukan suatu metoda yang secara umum dapat digunakan untuk segala macam air buangan industri. Hal ini disebabkan oleh sangat bervariasinya karakteristik air buangan dari satu jenis industri dengan jenis industri lainnya.

Komponen-komponen utama dari manajemen lingkungan yang disyaratkan untuk memperoleh ISO 14001 adalah kebijakan lingkungan, system organisasi, prakiraan dampak dan peraturan, tujuan dan sasaran yaitu prosedur minimasi limbah lewat prosedur persetujuan proses penggunaan bahan kimia.

Dalam mengelola limbah cair, masalah efisiensi penurunan COD atau zat pencemar tetap menjadi masalah terpenting dalam pengolahan air hasil buangan industri tekstil, selain masalah warna dan zat padat tersuspensi. Air buangan dari setiap tahap proses mengandung sisa bahan kimia yang terdapat dalam air limbah hasil proses pemutihan, pencelupan dan proses pencucian sebagian besar berupa sisa bahan kimia seperti enzim, koustik soda (NaOH), soda ash (Na₂CO₃), zat pemutih (kaporit dan H₂O₂), bahan pencucian (*detergent*) dan bahan pelembut (*softener*).

Untuk menghilangkan atau meminimumkan kadar COD atau zat pencemar yang lebih efisien dalam mengelola limbah cair Industri Tekstil PT. LQ di Kawasan Industri Pulo Gadung Jakarta telah melakukan pengolahan limbah secara biologi dan kimiawi melalui Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yaitu dengan menggunakan metode adsorpsi karbon aktif dimana selain dapat mereduksi zat pencemar juga dapat diolah kembali (*reuse*) untuk memperoleh air bersih guna memenuhi kebutuhan unit produksi. Pola perubahan efisiensi penurunan COD juga dipengaruhi oleh tingkat keterampilan manajerial. Jika keterampilan manajerial ini terlalu rendah maka pengendalian polusi air tidak dapat dimanfaatkan secara efektif dan penurunan COD menjadi tidak efisien sehingga akan berdampak pada penurunan kualitas lingkungan perairan kali Sunter dan kali Pertukangan. Dengan demikian perlu dilakukan eksperimen untuk mengendalikan polusi melalui pemberian kadar karbon aktif yang paling efektif dengan tingkat keterampilan manajerial yang tinggi guna meningkatkan efisiensi penurunan COD.

Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian diatas, diidentifikasi beberapa masalah bahwa apakah dalam mengelola limbah cair terdapat pengaruh nilai derajat keasaman (pH) terhadap efisiensi penurunan COD ? Apakah ada pengaruh waktu pengendapan terhadap efisiensi penurunan COD ? Apakah kontrol operasi berpengaruh terhadap efisiensi penurunan COD ? Apakah operator dan waktu shift kerja berpengaruh terhadap efisiensi penurunan COD ? Apakah pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dapat mempengaruhi efisiensi penurunan COD ? Apakah ketrampilan manajerial berpengaruh terhadap efisiensi penurunan COD ?

Perumusan Masalah

Dari deskripsi masalah efisiensi penurunan COD dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Apakah terdapat perbedaan Efisiensi penurunan COD, antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah ?
2. Pada taraf keterampilan manajerial tinggi, apakah pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah lebih efisien menurunkan COD dibandingkan pemberian karbon aktif dengan kadar tinggi ?
3. Pada taraf keterampilan manajerial rendah, apakah pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien menurunkan COD dari pada pemberian karbon aktif dengan kadar rendah ?
4. Apakah terdapat pengaruh interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD ?

B. DESKRIPSI TEORETIK

1. Efisiensi penurunan COD

Efisiensi adalah kemampuan untuk membuat penggunaan sumberdaya terbaik yang dapat dimanfaatkan dalam proses mencapai tujuan. Pada dasarnya organisasi perlu menunjukkan efisiensi atau melakukan pekerjaan dengan tepat (*doing things right*) agar supaya menjadi petugas yang baik. (Bartol dan Martin, 1991 : 20 -21).

Matthias Aroef mendefinisikan efisiensi sebagai suatu ratio antara output terhadap input, yaitu efisiensi () = output / input, dalam pengertian bahwa semakin efisien bekerjanya suatu kegiatan produksi, maka semakin tinggi harga itu, dan dengan demikian akan semakin tinggi pula produktivitas kegiatan produksi itu. (Ravianto, 1985:107).

Stoner mendefinisikan efisiensi sebagai kemampuan untuk melakukan pekerjaan dengan tepat adalah suatu konsep input-output.(Stoner, 2003:16). Efisiensi disini didefinisikan sebagai kemampuan untuk meminimisasi penggunaan sumber daya dalam mencapai sasaran organisasi yaitu melakukan pekerjaan dengan tepat (Freeman dan Gilbert, 1995:9)

Menurut Robbins dan Coulter, efisiensi didefinisikan sebagai perolehan hasil output sebanyak mungkin dari sejumlah input terkecil dengan melakukan pekerjaan secara tepat karena kelangkaan input termasuk sumber daya seperti manusia, uang, dan peralatan (Robbin dan Coulter., 2002 : 6)

Efisiensi berarti penggunaan sumber daya materi dan energi seefektif mungkin untuk memenuhi kebutuhan manusia sehingga tidak ada yang terbuang dan menjadi limbah. (Otto Soemarwoto, 2004:117). Sedangkan menurut Chuck William, bahwa efisiensi adalah menyelesaikan pekerjaan dengan usaha, biaya atau pemborosan yang minimum. (Chuk William, 2001:6)

Richard L. Daft, berpendapat bahwa efisiensi adalah jumlah sumberdaya minimal yang diperlukan berupa bahan mentah, uang, dan orang untuk menghasilkan sejumlah produksi yang diinginkan. (Richard L. Daft, 2007:12). Selain itu Mitchel, berpendapat bahwa efisiensi merupakan aplikasi dari sistem untuk biaya sumber daya kebutuhan pengelolaan, dan alokasi sumber daya yang sesuai dengan insentif dan disinsentif (Bruce Mitchel, 2003:51). Pendapat lain dikemukakan oleh Sukanto Reksohadiprojo, bahwa peningkatan efisiensi akan mengurangi produksi limbah cair yang langsung dibuang ke lingkungan alam. Efisiensi tersebut dapat dilakukan antara lain dengan melakukan pemberian bahan kimia (Sukanto Reksohadiprojo, 2000:258).

Efisiensi adalah tujuan esensial dalam alokasi sumber daya, selain aspek distribusi, dimana efisiensi teknis mensyaratkan penggunaan input sedemikian rupa sehingga output bisa diproduksi dengan biaya seminimal mungkin. Jika alokasi sumber daya tidak memperhitungkan dampak lingkungan maka alokasi itu dianggap tidak efisien. (Addinul Yakin, 2004:114).

Menurut Surna T. Djajadiningrat dan Melia Famiola, mendefinisikan bahwa suatu sistem metabolisme Industri yang efisien adalah dengan menerapkan konsep bagaimana memaksimalkan efisiensi produksi dengan meminimalisasi limbah atau dampak polusi terhadap lingkungan dan menginternalisasikan siklus material sebisa mungkin bersifat tertutup, artinya bagaimana semua bentuk aliran material / limbah tersebut ketika dibuang ke lingkungan bukan sebagai bahan pencemar tetapi juga dapat dimanfaatkan oleh alam itu sendiri. (Surna T. Djajadiningrat, 2004:57).

Efisiensi penurunan kadar COD identik dengan istilah eco-efficiency yang didasari pada konsep untuk menciptakan barang-barang dan jasa dengan sumber daya seminimal mungkin dan menciptakan limbah dan sampah sedikit mungkin. Selain itu perbaikan efisiensi dalam penggunaan energi merupakan peningkatan produktivitas, mengurangi polusi, dan memperbaiki performansi keuangan perusahaan. (Surna T., Djajadiningrat, 2004:128)

COD atau kebutuhan Oksigen Kimiawi adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar limbah organik yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Limbah organik akan dioksidasi oleh kalium dichromat ($K_2Cr_2O_7$) sebagai sumber oksigen menjadi gas CO_2 dan H_2O serta sejumlah ion chrom. Nilai COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik (Pramudya Sumu, 2001:125).

Jumlah zat pencemar organik yang dapat terurai dinyatakan oleh jumlah oksigen yang diperlukan untuk proses oksidasi (penguraian) bahan tersebut secara kimiawi dinyatakan dengan COD (chemical oxygen Demand) yaitu kebutuhan oksigen secara kimiawi. Kadar oksigen terlarut merupakan ukuran baik buruknya kualitas air bagi kehidupan dalam air. (Sukanto R. dan Andreas PB., 2000:73).

Metcalf & Eddy, mengemukakan bahwa konsentrasi COD yang tinggi dapat terdegradasi dalam (1) volume kolam aerasi yang lebih luas, (2)

lebih banyak kebutuhan oksigen yang berpindah, dan (3) lebih banyak memproduksi lumpur. (Metcalf dan Eddy, 2003:668).

COD ditentukan dengan mengukur ekuivalen oksigen dari zat-zat organik dalam sampel dengan oksidator kimia yang kuat. Selain itu COD merupakan parameter pengukuran cepat yang digunakan untuk stream dan limbah Industri serta mengontrol unit pengolah air limbah. (Sakti Siregar, 2005:106).

Dalam proses pengolahan limbah bak aerasi diperlukan untuk memasukkan oksigen ke dalam perairan sehingga bak ini berfungsi untuk menurunkan parameter COD. (Valentinus, 1995:137)

Selain itu COD (Chemical Oxygen Demand) adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi. (Sugiharto, 2005:6).

Menurut Mary Ann H. Franson, bahwa Chemical Oxigen Demand (COD) didefinisikan sebagai jumlah oksidan khusus yang bereaksi dengan sampel dibawah kondisi yang terkendali. Jumlah konsumsi oksidan dinyatakan dalam ekivalen oksigennya. Dalam pengujian ini baik zat organik maupun zat non organik dari sebuah sampel akan terurai oleh oksidasi. (Mary Ann H Franson, 2005:pp.5-14).

Menurut Karden Eddy SM, bahwa COD adalah banyaknya oksigen (mg) yang dibutuhkan oksidator untuk mengoksidasi bahan / zat organik dan anorganik dalam satu liter air limbah. Semakin besar nilai COD, semakin tinggi tingkat pencemaran suatu perairan. (Karden Eddy, 2007:137). Sedangkan menurut Perdana Ginting, bahwa COD adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat anorganis dan organis. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat anorganis. (Perdana Ginting, 2007:51)

Efisiensi Instalasi Pengolahan Air Limbah adalah nisbah antara keluaran dan masukan, maka tingkat efisiensinya bergantung pada besarnya nilai keluaran dan masukan tersebut. Dalam kondisi tetap (steady state) maka nilai keluaran harus sama dengan nilai masukan. Oleh karena itu efisiensi nilainya berkisar antara 0 – 100 %. Sedangkan efisiensi penurunan COD dalam pengolahan air limbah adalah kemampuan atau kinerja dalam mereduksi konsentrasi zat pencemar atau kadar COD yang terkandung di dalam limbah cair. (Elina, 2003:73).

Menurut Metcalf & Eddy, bahwa efisiensi penurunan kadar COD dapat didefinisikan dengan persamaan :

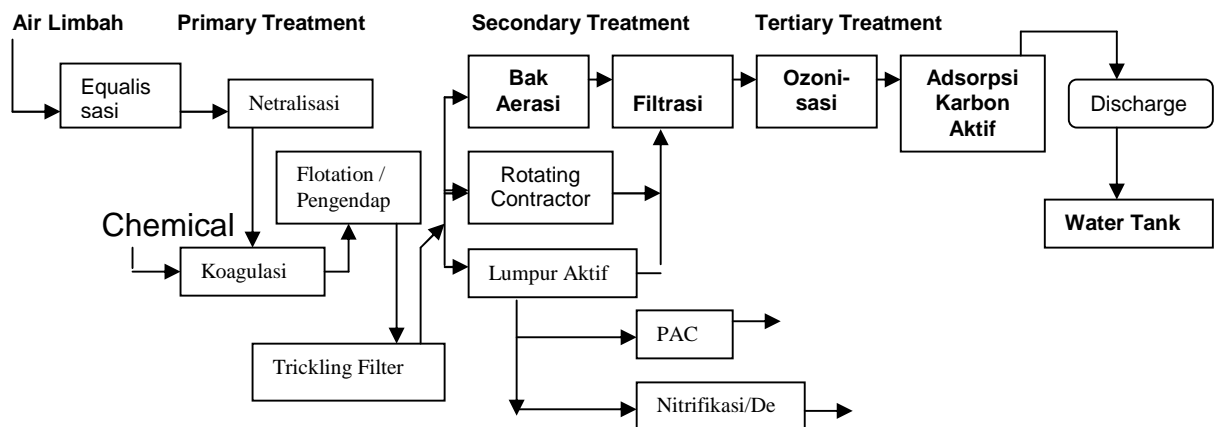
$$\text{Efisiensi} = \frac{S_o - S}{S_o} \times 100 \%$$

dimana S_o = Influent COD concentration, g/m^3
 S = Effluent COD concentration, g/m^3

Persamaan ini mendefinisikan efisiensi penurunan COD sebagai suatu rasio selisih konsentrasi COD antara masukan (influent) dan keluaran (effluent) terhadap konsentrasi COD masukan (influent) yang dinyatakan dalam satuan persen. (Metcalf and Eddy, 2003: 699).

Menurut Muliarta et.al., bahwa pengolahan air limbah Industri menghasilkan efisiensi penurunan COD sebesar 78 – 91 % sebagai efisiensi total penghilangan polutan. (Muliarta, 2004: 119). Sedangkan Chapman berpendapat, bahwa tingkat efisiensi terbaik dari pengendalian polusi adalah 90 % karena rekomendasi NPS dari 90 % merupakan kontrol yang berkaitan dengan analisis efisiensi. (Duane Chapman, 2000: 60-62)

Proses pengolahan air limbah tekstil dapat disimak seperti pada gambar berikut ini



Gambar 2.1 : Proses Pengolahan Air Limbah Industri
Sumber: W. Wesley Eckenfelder, Jr. (Boston: Mc Graw Hill, 2000), p. 52

Urutan proses pengolahan air limbah tekstil pada gambar ini merupakan suatu kombinasi proses kimia-fisika dan biologi yang paling sesuai untuk pabrik tekstil berskala besar.

Secara normal berbagai peraturan legal dalam mengelola limbah cair Industri tekstil telah diinterpretasikan sebagai suatu pengaturan batas baku mutu air limbah yang harus dijaga, tetapi dalam kenyataannya biaya pembuangan limbah telah meningkat sehingga manajer perusahaan telah mengembangkan strategi pencegahan polusi dengan mengurangi biaya yang dapat menguntungkan. (Rogene Buchholz, 1998:367).

Dari deskripsi teoretik diatas dapat disintesis bahwa efisiensi penurunan COD adalah kemampuan menggunakan sumber daya materi uang, tenaga kerja dan energi seefektif mungkin dengan penggunaan input air limbah sedemikian rupa dan output air bisa diproduksi dengan biaya seminal mungkin sehingga zat pencemar atau kadar COD dalam air limbah industri dapat diturunkan dan atau rasio selisih kadar COD dalam

air limbah antara masukan (influent) dan keluaran (effluent) terhadap kadar COD masukan (Influent).

2. Pengendalian Polusi melalui Pemberian Karbon Aktif

Menurut Vernon dan Eugene bahwa pengendalian adalah suatu prosedur untuk mengukur kinerja dibandingkan sasaran. Umumnya fungsi pengendalian meliputi (1) perencanaan rutin, (2) menetapkan standar, (3) penjadwalan kerja, (4) meninjau biaya, (5) melatih pengawasan, dan (6) mengambil tindakan rutin. (Vernon dan Eugene, 1981:101)

Menurut Stoner, James A.F. bahwa fungsi pengendalian mencakup: (1) menetapkan standar kinerja, (2) mengukur kinerja yang sedang berjalan dan membandingkan dengan standar yang telah dibakukan dan (3) mengambil tindakan untuk memperbaiki kinerja yang tidak sesuai dengan standar. Melalui fungsi pengendalian manajer dapat menjalankan organisasi agar tetap berproses dalam arah yang benar dan tidak menyimpang terlalu jauh dari arah tujuannya.

Robbins dan Coulter mendefinisikan pengendalian (*control*) sebagai proses pemantauan kegiatan termasuk penyelesaian rencana dan memperbaiki adanya penyimpangan yang signifikan. Seluruh manajer harus dilibatkan dalam fungsi pengendalian bahkan jika unit-unit mereka dilaksanakan sesuai rencana yaitu kegiatan apa yang telah dilakukan dan telah dibandingkan antara kinerja nyata dengan standar yang diinginkan. Secara ideal setiap organisasi akan menghendaki untuk mencapai tujuannya secara efisien. (Robbins dan Coulter, 2002 :496).

Menurut Buchholz, bahwa pengendalian polusi air melibatkan upaya dalam dua hal yaitu : (1) mengurangi polusi air permukaan yang bebas mengalir dan melindungi penggunaannya, dan (2) memelihara kualitas air minum (Buchholz, Rogene A., 1998 :182).

Menurut Chapman dalam hal pengendalian polusi, tingkat pengendalian yang efisien adalah pada titik dimana biaya marjinal penurunan polusi telah menjadi sama dengan manfaat marjinal penurunan polusi. (Chapman, Duane, 2000 : 62)

Menurut Eckenfelder bahwa pengendalian polusi merupakan pembuangan polusi yang dapat diminimalkan dengan pemberian bahan yang mampu melakukan proses pelepasan polutan dari cairan (Eckenfelder, W. Wesley, 2000 : 43)

Hackman berpendapat bahwa upaya pencegahan polusi untuk pengendalian polusi industri meliputi bahan kimia yang lebih aman melalui suatu kombinasi peraturan dan usaha sukarela; pengurangan risiko untuk meminimumkan adanya zat-zat yang timbul seperti asbestos, dioxin, polychlorin dan pemahaman public tentang risiko dengan pemberian informasi yang dapat dipahami terhadap risiko penggunaan bahan kimia. (Hackman, Christian L, 2002 : A63)

Menurut Wang, bahwa pengendalian polusi generasi limbah pada sumbernya yang masih menghasilkan beberapa produk dapat

diselesaikan dengan merubah input material, teknologi dan pengoperasian yang lebih praktis. Merubah input material dalam meminimumkan limbah dengan mengurangi atau menghilangkan bahan berbahaya yang masuk kedalam proses produksi. (Wang, K. Lawrence, 1992 : 8-9)

Pengendalian polusi merupakan sesuatu yang memiliki daya untuk berupaya mencegah adanya zat-zat pencemar dari pencemaran lingkungan. (Agarwal, 2002 : 101). Sedangkan pengendalian polusi air limbah adalah upaya untuk menghilangkan atau menurunkan kadar bahan pencemar yang terkandung didalamnya hingga limbah cair itu memenuhi syarat untuk dapat dibuang atau memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Dengan demikian dalam pengelolaan limbah cair untuk mendapatkan hasil yang efektif dan efisien perlu dilakukan langkah-langkah pengelolaan yang dilaksanakan secara terpadu yang dimulai dengan upaya minimisasi limbah, pengolahan limbah hingga pembuangan limbah. (KLH, 2002 : 53-54).

Pengendalian polusi merupakan tujuan jangka panjang yang tidak dapat dicapai dan tidak sesuai untuk strategi jangka pendek telah mendesak para penghasil limbah untuk mencari berbagai alternatif dalam upaya minimisasi limbah. Upaya menurunkan jumlah limbah harus dapat mendatangkan keuntungan terhadap lingkungan melalui pencegahan polusi dan penghematan biaya industri sehingga akan mendatangkan perbaikan ekonomi. Usaha minimisasi limbah merupakan hasil dari peningkatan efisiensi operasional industri tersebut, yang mana sebagian upaya tersebut akan menghasilkan produk samping, tidak hanya tertuju pada perubahan proses produksi. (KLH, 2004 : 5-6)

Karbon aktif adalah sebuah arang yang terbuat dari bahan-bahan organik seperti batok kelapa, kulit kenari, kayu, dan batu bara. Partikel arang ini dibakar sampai panasnya mencapai 700°C , kemudian diaktifkan dengan menambah gas oksigen pada tekanan tinggi. Gas ini mengembangkan struktur rongga yang ada pada batu bara/ arang sehingga memperluas permukaan. (Metcalf dan Eddy, 2003:1138).

Untuk menurunkan COD hingga mencapai efisiensi optimum 90 % dapat dilakukan dengan mengendalikan polusi air yang mengacu pada konsep adsorpsi karbon aktif. Kemampuan karbon aktif untuk menyerap zat organik dan zat non organik tergantung pada kapasitas karbon yang digunakan secara efektif. Berdasarkan hal tersebut, maka pengendalian polusi air yang digunakan adalah dengan pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah.

a. Pemberian Karbon Aktif Kadar Tinggi

Konsentrasi atau kadar dari suatu zat dalam suatu ruang ialah banyaknya gram mol zat itu dalam satu liter ruang itu. (Schermerhorn, 1993:58). Jadi Kadar karbon aktif adalah banyaknya gram mol karbon aktif dalam satu liter air limbah dan setelah dipergunakan perlu diaktifkan kembali. Karbon pada kejadian ini dipergunakan untuk mengurangi

kadar dari benda-benda organik terlarut yang ada dan partikel-partikel, lainnya. (Sugiharto, 2005:124).

Menurut Metcalf & Eddy, (2003:1149) bahwa Karbon aktif digunakan untuk menghilangkan senyawa organik yang sulit dipulihkan dan zat non organik seperti nitrogen, sulfida dan logam berat. Di bawah kondisi normal pemberian karbon aktif dapat menurunkan COD antara 10 – 20 mg/ L. Karbon aktif ini merupakan zat penyerap yang mampu menguraikan zat organik dan zat kimia non organik yang terkandung dalam air limbah seperti yang dikemukakan oleh Noyes bahwa :

Activated carbon adsorption is a physical phenomenon which remove organic and some inorganic chemicals from water. These chemicals are physically adsorbed on the surface of the carbon by typically 500 -1000 m²/gram. (Robert Noyes, 2001:380).

Robert Noyes menjelaskan bahwa penyerapan karbon aktif secara fisik menguraikan zat-zat organik dan kimia non organik dari air melalui permukaan karbon secara spesifik sebesar 500 – 1000 m² / gram. Tingkat penyerapan karbon aktif akan bertambah dengan kenaikan konsentrasi.

Selain itu Wang mengemukakan bahwa bahan organik koloid dan terlarut dapat diuraikan atau dipisahkan dari pengenceran melalui penyerapan karbon aktif baik yang berbentuk butiran kecil maupun bubuk. (Lawrence K. Wang, 2004:363). Sedangkan Kozirowski dan Kucharski dalam Lawrence K Wang berpendapat bahwa :

Much better result of surfactant removal have been achieved with adsorption than coagulation setting.

Disamping itu Wang juga berpendapat bahwa :

Used both powdered activated carbon (PAC) and coagulation/ setting/ for successful removal of surfactants.

Pendapat tersebut menjelaskan, bahwa hasil penghilangan deterjen akan lebih banyak jika telah diaktifkan dengan penyerapan yang lebih baik dibandingkan dengan cara koagulasi. Sedangkan Wang menjelaskan bahwa baik karbon aktif bubuk maupun system koagulasi mampu menguraikan deterjen.

Menurut Storey dan Schroeder, penyerapan karbon butiran kecil bekerja baik untuk air limbah tekstil dimana untuk yang lainnya ditemukan bahwa sebagian penyisihan organik terjadi dari penyaringan secara fisik dari pada mekanisme penyerapan. (Sung Wang, 1992:317)

Mc Kay, (1992:317) mengevaluasi sebuah model untuk menerangkan penyerapan bahan celup terseleksi pada karbon aktif.

Kelayakan perlakuan karbon aktif dari air limbah celup lebih sering tergantung pada biaya yang terhimpun bersama regenerasi karbon yang dipakai. Sedangkan Posey dan Kim, mempelajari kelayakan regenerasi pelarut karbon aktif yang dihabiskan menggunakan methanol sebagai pelarut organik. Mereka menemukan bahwa untuk ketiga senyawa bahan celup yang diuji, regenerasi pelarut dan panas tidak dikenakan biaya kompetitif karena methanol banyak digunakan dalam jumlah besar.

Christian L. Hackman, et. al., mendefinisikan karbon aktif adalah suatu bentuk karbon penyerapan tinggi yang digunakan untuk menghilangkan bau busuk dan zat – zat beracun dari cairan atau emisi gas. Karbon aktif tersebut digunakan untuk menghilangkan zat organik tak larut, chlorine dan kontaminasi lain dari air minum. (Christian Hackman, 2002:A2)

Penyerapan karbon aktif adalah suatu proses yang ditetapkan dengan baik untuk penyerapan zat organik dalam limbah cair, air, dan sungai. Karbon aktif berhasil digunakan dalam mengurangi konsentrasi zat-zat beracun seperti herbisida dan pestisida sampai ketinggian terendah dalam air limbah. Penyerapan ini dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk ukuran molekul penyerap, daya larut penyerap dan struktur pori karbon. Karakteristik perlakuan karbon aktif yang diterapkan di industri mencakup penambahan berat molekul adalah konduktif memberi penyerapan yang lebih kuat dan kenaikan tingkat penyerapan akan menurunkan daya larut penyerap. (Howard, 2004:1032-1033).

Berdasarkan deskripsi teori diatas, bahwa pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi adalah suatu upaya pencegahan pencemaran air dengan pemberian karbon aktif kadar tinggi untuk menghilangkan atau menurunkan kadar bahan pencemar yang terkandung di dalam air limbah sehingga limbah cair itu memenuhi syarat untuk dapat dibuang atau memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

b. Pemberian Karbon Aktif Kadar Rendah

Pemberian karbon aktif dengan kadar rendah pada umumnya merupakan biaya efektif untuk menurunkan konsentrasi zat organik yang cukup rendah dalam air. Selain itu Noyes mengungkapkan bahwa penyerapan karbon aktif secara fisik menguraikan zat-zat organik dan kimia non organik dari air melalui permukaan karbon. Tingkat penyerapan karbon aktif ini akan berkurang dengan penurunan konsentrasi. (Robert Noyes, 2001:380).

Menurut Metcalf dan Eddy (2003:1138) bahwa dibawah kondisi optimum pemberian karbon aktif dapat menurunkan nilai COD sampai kurang dari 10 mg /L. Penyerapan ini dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk ukuran molekul penyerap, daya larut penyerap dan struktur pori- pori karbon.

Karbon aktif memiliki sifat-sifat yang spesifik tergantung pada sumberdaya materi dan mode aktivasi. Kapasitas serap merupakan efektivitas karbon dalam menghilangkan unsur utama seperti COD, warna,

dan phenol dari air limbah. Suatu dosis karbon sebesar 500 mg /L dicampur dengan limbah selama beberapa waktu dan tingkat penyerapan ditentukan atas interval waktu yang dipilih. Jika nilai keseimbangan setelah 2 jam adalah lebih besar dari 90 % dari nilai 24 jam, maka pengujian selama 2 jam tadi dapat digunakan. (Eckenfelder, 2000 : 421).

Rencana pemberian karbon aktif didasarkan pada penurunan COD sebesar 85 % dari rata-rata kadar karbon 250 mg /L. Hal ini menunjukkan bahwa COD output berada dalam rentang taraf yang diprediksi ketika kadar COD input tidak melebihi rencana dasar. Meskipun tingkat konsumsi karbon aktif berkisar dari 0,30 sampai 0,35 kg COD yang diturunkan dalam satu kilogram carbon dari pada 1,75 kg COD / kg karbon yang diperkirakan. (Wang, Lawrence K, 2004 : 186)

Pada hakikatnya pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah adalah suatu upaya pencegahan pencemaran air dengan pemberian karbon aktif kadar rendah yang masih memiliki daya serap yang cukup untuk tujuan ekonomis dalam menghilangkan atau menurunkan kadar bahan pencemar yang terkandung didalam air limbah sehingga limbah cair itu memenuhi syarat untuk dapat dibuang atau memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

3. Keterampilan Manajerial

Keterampilan adalah suatu kemampuan atau kecakapan dalam melaksanakan tugas khusus. (Ivancevich dan Gibson,1989: 32). Sebagai pembuat keputusan, para eksekutif menggunakan tiga keterampilan dasar yang kita sebut keahlian teknis, manusia, dan keahlian konseptual. Tiga keterampilan ini meliputi : (1) keahlian teknis termasuk kemampuan menggunakan metode, peralatan, dan teknik yang terlibat dalam melaksanakan tugas khusus, (2) keahlian manusia menunjukkan kemampuan bekerja secara efektif dengan orang lain seperti memahami perasaan orang lain dan menghargai orang lain termasuk bawahan, dan (3) keahlian konseptual termasuk kecerdasan, kemampuan lisan, dan kemampuan melihat seluruh perusahaan atau organisasi sebagai suatu unit operasi.(Vernon dan Eugene, 1981:90).

Menurut Chuck Williams, bahwa manajer yang baik memiliki keterampilan teknis, manusia, dan keterampilan konseptual, serta memiliki motivasi untuk mengelola. Kemampuan manajerial ini meliputi :

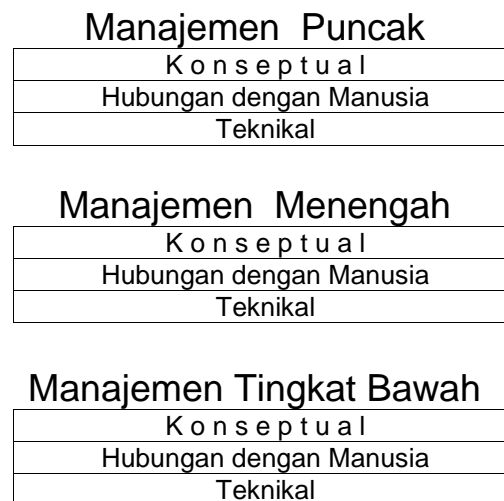
(1) keterampilan teknis adalah kemampuan untuk menerapkan prosedur, teknik, dan pengetahuan khusus yang diperlukan guna menyelesaikan pekerjaan, (2) keterampilan manusia adalah kemampuan untuk bekerja sama dengan orang lain, dan (3) keterampilan konseptual adalah kemampuan untuk melihat organisasi sebagai keseluruhan, yaitu dapat mempengaruhi bagian lainnya dan dapat menyesuaikan diri atau dipengaruhi oleh lingkungan eksternalnya. (Chuck William, 2001: 6).

Sedangkan menurut Robert L Katz dalam Stoner, James AF telah mengidentifikasi tiga jenis utama keterampilan, yaitu :

- (1) Keterampilan teknis adalah kemampuan menggunakan alat - alat prosedur, dan teknis dari suatu bidang yang bersifat khusus. Para manajer membutuhkan ketrampilan teknis yang memadai untuk melaksanakan semua tugas dan pekerjaan yang menjadi tanggung jawabnya.
- (2) Keterampilan manusia adalah kemampuan untuk bekerja dengan memahami dan memotivasi orang lain, baik sebagai perorangan maupun sebagai kelompok. Untuk dapat berperan efektif dalam melaksanakan tugas – tugasnya bersama dengan para anggota organisasi lainnya dan untuk dapat memimpin kelompok kerjanya sendiri, maka manajer perlu menguasai ketrampilan hubungan manusia ini secara prima.
- (3) Keterampilan konseptual adalah kemampuan mental untuk mengkoordinasikan dan memadukan semua kepentingan dan kegiatan organisasi. Ini mencakup kemampuan manajer untuk memahami organisasi secara keseluruhan dan memahami saling ketergantungan antar setiap bagian dari organisasi. (Stoner, 2003:17).

Richard L. Daft berpendapat, bahwa seluruh manajer harus memiliki kemampuan atau ketrampilan atas masing-masing bidang agar dapat bekerja dengan efektif. Kemampuan ini meliputi : (1) Keahlian konseptual (*conceptual skill*) merupakan kemampuan kognitif untuk melihat organisasi secara keseluruhan dan keterkaitan diantara bagiannya. Keahlian konseptual melibatkan pemikiran manajer, pengolahan informasi dan kemampuan perencanaan. Ini berarti kemampuan untuk berpikir strategis dengan pandangan yang luas dan jangka panjang, (2) keahlian manusia (*human skill*) adalah kemampuan manajer untuk bekerja dengan dan melalui orang lain, serta secara efektif sebagai anggota kelompok dengan cara berhubungan dengan orang lain, termasuk kemampuan untuk memotivasi, memfasilitasi, mengorganisasi, memimpin, berkomunikasi dan menyelesaikan konflik, serta memungkinkan bawahannya untuk mengekspresikan diri mereka sendiri dan mendorong partisipasi, dan (3) keahlian teknis (*technical skill*) merupakan pemahaman dan kefasihan dalam melakukan tugas tertentu yang mencakup penguasaan metode, teknik, dan peralatan yang digunakan didalam fungsi tertentu, seperti rekayasa atau manufaktur. Keahlian teknis juga mencakup pengetahuan khusus, kemampuan analisis, dan penggunaan alat dan teknik yang tepat untuk menyelesaikan masalah dalam bidang disiplin ilmu tertentu. (Richard L. Daft, 2007: 15 -17).

Untuk mencapai kinerja manajerial yang efektif, diperlukan sejumlah keterampilan atau kemampuan umum. Bauran keterampilan akan berbeda, tergantung pada tingkatan manajer dalam organisasi. Adapun keterampilan dan bauran yang diperlukan ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 2.2 : Keterampilan Para Manajer

Gambar yang disajikan diatas menunjukkan, bahwa terdapat tiga macam ketrampilan dasar yang diperlukan oleh semua manajer, adalah (1) keterampilan teknis yakni kemampuan untuk menggunakan peralatan, prosedur-prosedur atau teknik dalam bidang terspesialisasi tertentu, (2) keterampilan untuk berhubungan dengan manusia (*human skill*), yaitu kemampuan untuk bekerja sama dan memahami manusia, guna dapat *manage* manusia secara efektif, para manajer perlu berpartisipasi secara efektif dengan manusia lain, dan (3) keterampilan konseptual, berupa kemampuan untuk memahami semua aktivitas dan kepentingan organisasi yang bersangkutan. Keterampilan ini mencakup kemampuan untuk memahami bagaimana organisasi yang ada berfungsi secara keseluruhan. Selain itu bagaimana bagian-bagian dari organisasi berhubungan satu sama lain. (Winardi, 2006: 61).

Menurut Gary Yukl (1998:214) bahwa kemampuan manajerial adalah dalam kaitannya dengan sebuah taksonomi tiga keterampilan dinyatakan sebagai berikut :

- 1) Keterampilan teknis (*technical skill*). Pengetahuan mengenai metode, proses, prosedur, dan teknik untuk melakukan sebuah kegiatan khusus, dan kemampuan untuk menggunakan alat-alat dan peralatan yang relevan bagi kegiatan tersebut.
- 2) Keterampilan untuk melakukan hubungan antara pribadi (*interpersonal skill*). Pengetahuan tentang perilaku manusia dan proses-proses hubungan antar pribadi, kemampuan untuk mengerti perasaan, sikap serta motivasi orang lain, kemampuan untuk dapat berkomunikasi secara jelas dan efektif (kemampuan meyakinkan orang / persuasiveness) serta kemampuan untuk membuat hubungan yang efektif dan kooperatif (kebijakan, diplomasi, ketrampilan mendengarkan, pengetahuan mengenai perilaku sosial yang dapat diterima).
- 3) Keterampilan konseptual (*conceptual skill*). Kemampuan analitis umum, berfikir nalar, kepandaian dalam membentuk konsep, dan kreativitas

dalam mengembangkan ide dan pemecahan masalah, kemampuan untuk menganalisis peristiwa-peristiwa dan mengantisipasi perubahan-perubahan, dan melihat peluang serta masalah potensial..

Menurut Robbins dan Coulter (2002:11) bahwa keterampilan manajerial meliputi : (1) keahlian teknis (*technical skill*) yaitu kemampuan untuk menerapkan pengetahuan atau keahlian khusus yang berfokus pada keahlian teknis lewat pendidikan formal yang ekstensif, (2) keahlian personal, yaitu kemampuan untuk bekerja sama, memahami, dan memotivasi individu lain, baik secara individual maupun dalam kelompok dan kemampuan untuk berkomunikasi dan mendelegasikan, dan (3) keahlian konseptual (*conceptual skill*) yaitu kemampuan mental untuk menganalisis dan mendiagnosis situasi-situasi yang rumit.

Menurut Ainsworth, Murray, para manajer yang efektif menggunakan beberapa keterampilan yang berbeda :

-) Keterampilan teknis untuk mengelola hal / benda, misalnya penggunaan kadar karbon aktif dan suhu air limbah.
-) Keterampilan kognitif (berpikir) untuk mengelola ide, misalnya strategi pengelolaan limbah, rencana mengelola lingkungan (RKL) dan sistem.
-) Keterampilan interpersonal untuk mengelola orang, hubungan dan dirinya sendiri.
-) Keterampilan administratif untuk mengelola proses dan prosedur.

Jika alat-alatnya tidak cukup baik, “kemampuan” tidak dapat dimanfaatkan secara efektif. (Ainsworth, Smith, dan Anne Millership, 2002:75).

Menurut Tom Gorman, bahwa seorang manajer harus berhubungan secara terampil dengan orang lain, memberinya umpan balik yang positif atas kinerjanya yang solid, membantu mereka yang mengalami masalah kinerja, memahami prinsip-prinsip tertentu, menjalankan tugas-tugas tertentu, dan memegang standar-standar tertentu. (Tom Gorman, 2005 : 4-7)

Seorang manajer yang efisien adalah manajer yang mencapai output atau keluaran yang sesuai dengan input (tenaga kerja, bahan-bahan, dan waktu) yang digunakan untuk mencapai output itu. Manajer yang mampu meminimalkan ongkos sumberdaya yang digunakannya untuk mencapai tujuan dianggap telah bertindak secara efisien. (Stoner, Freeman dan Gilbert, 2003:9).

Menurut Daft, manajer pada perusahaan juga menggunakan teknologi baru untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas. Kadang kala upaya manajer untuk meningkatkan efisiensi dapat merusak efektivitas organisasi terutama yang terkait dengan upaya pemotongan biaya. Tanggung jawab utama manajer adalah mencapai kinerja yang tinggi yaitu pencapaian tujuan organisasi dengan menggunakan sumber daya secara efisien dan efektif (Richard L. Daft, 2007:11)

Menurut William, uraian tanggung jawab manajerial oleh Pat Carrigan menunjukkan bahwa para manajer juga harus peduli dengan

efisiensi pada proses kerja yaitu menyelesaikan pekerjaan dengan usaha, biaya atau pemborosan yang minimum. (Chuck Williams, 2001:6)

Tugas manajerial disini adalah untuk mengembangkan alokasi sumber-sumber daya terbaik, yang akan menghasilkan output yang diinginkan. (Winardi, 2006:51).

Menurut Emery dan Trist, dalam *randomized environment*, variabel-variabel yang menguntungkan organisasi maupun ancaman yang merugikan organisasi sangat mudah untuk diakses, tidak berubah dan terdistribusi dengan acak. Dalam kondisi yang demikian, eksistensi organisasi akan banyak didukung melalui pengelolaan sumber daya dengan sebaik-baiknya. (Haryono Umar, 2006:159)

Dari kajian teori diatas dapat disimpulkan bahwa keterampilan manajerial adalah kemampuan menggunakan alat, prosedur, dan teknik dalam melakukan tugas khusus dengan bekerja sama dan memotivasi orang lain, serta memahami semua aktivitas dan kepentingan organisasi secara keseluruhan..

Kerangka Berpikir

Dengan mengacu pada berbagai deskripsi teoretik sebelumnya, maka pengaruh pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan ketrampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah

Pengendalian polusi air merupakan suatu prosedur untuk mengukur polutan atau zat pencemar dalam air limbah dibandingkan dengan standar atau baku mutu air limbah yang telah ditetapkan. Pengendalian polusi dapat dilakukan melalui pemberian karbon aktif sebagai upaya untuk menghilangkan atau menurunkan kadar bahan pencemar terutama kadar COD (*Chemical Oxigent Demand*) yang terkandung dalam air limbah sehingga limbah cair itu memenuhi syarat untuk dapat dibuang atau memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Dengan demikian dalam pengelolaan limbah cair untuk mendapatkan hasil yang efektif dan efisien perlu dilakukan langkah-langkah pengelolaan secara terpadu yang dimulai pada upaya minimisasi limbah, pengolahan limbah hingga pembuangan limbah. Upaya untuk menurunkan zat pencemar COD harus dapat mendatangkan keuntungan terhadap lingkungan melalui pencegahan polusi dan penghematan biaya industri sehingga akan mendatangkan perbaikan ekonomi. Usaha meningkatkan efisiensi penurunan COD merupakan hasil dari pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dengan kadar tinggi dan kadar rendah yang mana salah satu dari kedua takaran karbon aktif tersebut akan menghasilkan penurunan zat pencemar COD yang lebih efisien.

Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dengan kadar tinggi adalah inovasi baru dalam menggunakan bahan kimia yang tidak bersifat racun dan mudah terdegradasi untuk menurunkan zat pencemar lingkungan baik berupa zat organik maupun zat kimia non organik dalam air limbah yang diukur dengan parameter nilai COD. Limbah yang terbuang dapat menimbulkan pencemaran, dengan demikian pencemaran dapat menjadi petunjuk (indikator) rendahnya efisiensi suatu proses produksi. Oleh karena itu agar upaya pencegahan pencemaran tersebut berhasil dengan baik perlu diberi takaran karbon aktif dengan kadar tinggi 3 g/L guna menurunkan kadar COD sampai ketinggian efisiensi optimum yaitu 90 %.

Penggunaan karbon aktif pada kadar tinggi masih relatif aman bagi kesehatan manusia dan kehidupan akuatik, serta mudah diterapkan oleh manajer perusahaan Industri yang memiliki IPAL, karena tersedia cukup dilingkungan alam. Semakin banyak karbon aktif diberikan, akan semakin tinggi tingkat efisiensi penurunan COD. Tingginya efisiensi penurunan COD karena bertambahnya karbon aktif akan menambah pula luas permukaan dan pori-pori karbon aktif untuk meningkatkan daya serap dalam mereduksi zat pencemar. Karbon aktif sebagai zat penyerap berfungsi menghilangkan zat organik dan beberapa zat kimia non organik seperti nitrogen, sulfida dan logam berat. Dibawah kondisi normal, setelah perlakuan dengan karbon aktif COD yang dikeluarkan IPAL dapat diturunkan antara 10 – 20 mg /L. Zat – zat kimia ini secara fisik diserap pada permukaan karbon sebesar 500 – 1.000 m² / gram. Penyerapan karbon digunakan untuk menyisihkan zat – zat organik yang tercampur air dan juga menyisihkan zat – zat non organik yang terseleksi dari pengenceran. Penyerapan air dan karbonisasi oleh bahan karbon ini diiringi dengan keaktifan memperbesar pembukaan pori–pori dan menambah luas permukaan guna meningkatkan kapasitas daya serap karbon.

Pengendalian polusi dengan karbon aktif kadar rendah pada umumnya merupakan biaya efektif untuk menurunkan konsentrasi zat organik yang cukup rendah dalam air. Pada kondisi dibawah optimum nilai COD yang dikeluarkan dapat diturunkan sampai kurang dari 10 mg /L. Rencana pemberian karbon aktif didasarkan pada penurunan COD sebesar 85 % dari rata-rata kadar karbon 250 mg /L. Hal ini menunjukkan bahwa COD output berada dalam rentang taraf yang diprediksi ketika kadar COD input tidak melebihi rencana dasar.

Tingkat penyerapan karbon akan menurun dengan berkurangnya pemberian karbon aktif karena jumlah butiran atau serbuk karbon dalam air limbah dengan sendirinya juga akan berkurang yang pada gilirannya akan menurunkan kapasitas daya serap karbon aktif terhadap bahan organik koloid dan terlarut dari pengenceran termasuk berkurangnya kemampuan dalam menghilangkan deterjen (surfaktan).

Rendahnya efisiensi penurunan COD merupakan indikator adanya zat pencemar limbah cair yang memberi dampak pada pencemaran

lingkungan. Perlu disadari bahwa pencemaran lingkungan ini justru lebih berbahaya bagi kehidupan masyarakat dibandingkan dengan keuntungan yang dihasilkan dari pemanfaatan sumber daya. Dalam hal ini akan timbul apa yang disebut eksternalitas ekonomi negatif (*Externalities diseconomies*), yaitu timbulnya biaya-biaya yang biasanya tidak diperhitungkan di dalam pasar dan harga-harga. Eksternalitas negatif ini mengakibatkan alokasi sumber daya tidak bisa mencapai efisiensi maksimum dan timbul ketidakadilan dalam masyarakat. Untuk menghentikan ketidakadilan ini tidak mungkin dengan menghentikan pula kegiatan industri, karena hal ini bahkan akan menurunkan kesejahteraan masyarakat secara cepat. Bila pabrik menurun usahanya, pekerja kehilangan pendapatannya sehingga perekonomian tidak berkembang atau bahkan menurun. Jika alokasi sumberdaya tidak memperhitungkan dampak lingkungan maka alokasi itu dianggap tidak efisien.

Dari uraian yang telah disampaikan diatas diduga, bahwa pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien menurunkan COD dibandingkan pemberian karbon aktif dengan kadar rendah.

2. Perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah bagi keterampilan manajerial tinggi

Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi akan meningkatkan efisiensi penurunan COD bila dikelola dengan manajer yang memiliki ketrampilan tinggi karena manajer dalam mengendalikan polusi air limbah melalui pemberian karbon aktif sampai kadar tinggi berarti akan menambah jumlah pori-pori pada permukaan karbon yang pada gilirannya akan menambah daya serap karbon aktif untuk menghilangkan atau menurunkan zat pencemar COD. Apalagi bila didukung oleh manajer berketrampilan tinggi selain dia memahami metode proses, prosedur dan teknik menggunakan karbon aktif secara efektif, manajer juga lebih mampu bekerja sama dan memotivasi operator dalam mengendalikan polusi air limbah sehingga efisiensi penurunan zat pencemar COD dapat meningkat meskipun penggunaan karbon aktif dengan kadar tinggi kurang ekonomis.

Manajer yang memiliki ketrampilan tinggi dalam mengendalikan polusi air limbah industri lebih berorientasi pada pemberian karbon aktif kadar rendah dibandingkan karbon aktif dengan kadar tinggi karena karbon aktif dengan kadar rendah selain memiliki sifat daya serap yang cukup signifikan terhadap zat pencemar dalam air limbah secara ekonomis pemakainnya juga lebih efisien.

Berdasarkan pemikiran tersebut diduga bahwa pada taraf keterampilan manajerial tinggi penurunan zat pencemar COD dalam pengendalian polusi lebih efisien diberi karbon aktif kadar rendah dibandingkan pemberian karbon aktif dengan kadar tinggi.

3. Perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah bagi keterampilan manajerial rendah

Pengendalian polusi bagi manajer yang berkecakupan rendah lebih dominan pada kecakupan teknis yakni kemampuan menggunakan alat, prosedur dan teknik melakukan tugas khusus ketimbang kecakupan manusia yaitu kemampuan bekerja sama dan memotivasi orang lain termasuk mengorganisasi, memimpin, berkomunikasi dan menyelesaikan konflik serta kecakupan konseptual yang meliputi kemampuan kognitif untuk melihat organisasi secara keseluruhan dan keterkaitan antar bagian yang melibatkan pengolahan informasi dan perencanaan serta berpikir strategis jangka panjang sehingga manajer yang berkecakupan rendah tidak terlalu banyak memahami, mengarahkan dan memotivasi orang lain atau bawahan seperti operator sehingga kemampuan manajerial dalam mengendalikan polusi tidak dapat dimanfaatkan secara efektif. Meskipun perusahaan memiliki tenaga operator IPAL terbaik bila diberi instruksi atau arahan yang salah segera akan memberikan kinerja yang buruk dalam memberi karbon aktif dengan takaran yang tidak akurat sehingga penurunan COD menjadi tidak efisien.

Dengan demikian diduga bahwa pada taraf keterampilan manajerial rendah pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien menurunkan COD dari pada pemberian karbon aktif dengan kadar rendah.

4. Interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan zat pencemar COD

Salah satu strategi pengelolaan limbah yang dilakukan oleh para manajer perusahaan manufaktur dalam rangka meningkatkan efisiensi penurunan COD adalah pengendalian polusi air limbah melalui pemberian karbon aktif. Dalam implementasinya manajer berupaya menggunakan karbon aktif lebih efektif dan efisien baik memakai takaran kadar rendah maupun kadar tinggi agar efisiensi penurunan zat pencemar COD dapat mencapai optimum. Hambatan dalam mencapai efisiensi optimum ini adalah bergantung pada tingkat kecakupan manajerial dalam mengendalikan polusi air limbah. Tingkat kemampuan manajerial seseorang dipengaruhi oleh tiga kecakupan dasar yaitu kecakupan teknis, kecakupan manusia, dan kecakupan konseptual. Jika kecakupan manajerial ini tidak dapat dimanfaatkan secara efektif maka tenaga operator IPAL dan Lab terbaik di perusahaan bila diberi instruksi atau arahan yang salah segera akan memberikan kinerja yang buruk dalam mengendalikan polusi melalui pemberian karbon aktif yang tidak tepat sehingga penurunan zat pencemar menjadi tidak efisien.

Oleh sebab itu diduga pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dengan kadar rendah pada taraf keterampilan manajerial tinggi masih dapat menghasilkan efisiensi penurunan COD yang lebih tinggi. Sedangkan pada taraf keterampilan manajerial rendah pengendalian polusi dengan karbon aktif kadar tinggi lebih efisien dari pada kadar rendah.

Berdasarkan kerangka berpikir ini diduga terdapat pengaruh interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD.

Hipotesis Penelitian

Dari deskripsi teoretik dan kerangka berpikir diatas dapat diajukan suatu hipotesis penelitian, bahwa diduga :

1. Secara keseluruhan terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah
2. Pada taraf keterampilan manajerial tinggi, pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah lebih efisien menurunkan COD dibandingkan pemberian karbon aktif dengan kadar tinggi.
3. Pada taraf keterampilan manajerial rendah, pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien menurunkan COD dari pada pemberian karbon aktif dengan kadar rendah.
4. Terdapat pengaruh Interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD.

C. METODOLOGI PENELITIAN

Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi secara empiris mengenai efisiensi penurunan COD di Unit IPAL Pabrik Tekstil PT. LQ Kawasan Industri Pulau Gadung Jakarta Timur

Berdasarkan perumusan masalah yang telah dikemukakan maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. Perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah.
2. Perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi kadar tinggi dan kadar rendah pada keterampilan manajerial tinggi.
3. Perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi kadar tinggi dan kadar rendah pada keterampilan manajerial rendah.
4. Interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif eksperimen dengan disain penelitian : faktorial 2 x 2. yang ditata dalam bentuk rancangan acak kelompok (RAK) dengan dua kali ulangan (replikasi). Pada penelitian ini variabel bebas adalah pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif (X_1), dan keterampilan manajerial (X_2), sedangkan variabel terikatnya adalah efisiensi penurunan kadar COD.(Y)

Analisis COD dilakukan menurut cara analisis dari *standar Method for the Examination of Water & Wastewater, 12th, edition, Am. Publish. Health As. Washington DC, page: 514 – 519*.

Dalam penelitian ini, efisiensi penurunan COD dalam air limbah IPAL diberi perlakuan seperti pada tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 1: Desain Penelitian

Perlakuan		Variabel Eksperimen (X_1) Pengendalian Polusi melalui pemberian Karbon Aktif (Perlakuan A)	
		Kadar Tinggi (A_1)	Kadar Rendah (A_2)
Variabel Atribut (X_2)	Tinggi (B_1)	$A_1 B_1$	$A_2 B_1$
	Rendah (B_2)	$A_1 B_2$	$A_2 B_2$
Keterampilan Manajerial (B)			

Keterangan :

Variabel Terikat (Y) = Efisiensi penurunan COD.

Variabel Bebas :

Faktor A = Pengendalian polusi melalui pemberian Karbon aktif.

A_1 = Kadar tinggi (3 g/L)

A_2 = Kadar rendah (2 g/L)

Variabel Atribut :

B_1 = Keterampilan manajerial tinggi

B_2 = Keterampilan manajerial rendah

Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan setelah diberi perlakuan pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan ketrampilan manajerial yang berbeda di Instalasi pengolahan air limbah dan laboratorium dengan metode

eksperimen. Skor data efisiensi penurunan COD yang diperoleh disusun dalam bentuk tabel data mentah.

Dalam penelitian ini terdapat tiga variabel, yaitu variabel efisiensi penurunan COD, Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial..

Efisiensi penurunan COD merupakan hasil dari pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah lewat pengujian di laboratorium kimia LIPI Serpong, Untuk mengetahui efisiensi penurunan COD di peroleh melalui Instrumen yang dibuat dalam bentuk lembaran kuesioner atau angket. Instrumen yang dibuat pada penelitian ini disesuaikan dengan variabel yang diteliti.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam bentuk kuesioner dengan jawaban responden dalam bentuk data interval berskala 1 sampai 4 guna menjangkau data berupa skor efisiensi penurunan COD. Dalam penelitian ini dipergunakan satu paket instrumen yang sama untuk mengukur efisiensi penurunan COD.

Teknik Analisis Data

Analisis terhadap data dari hasil penelitian menggunakan statistika deskriptif dan statistika inferensial. Analisis deskriptif dilakukan untuk menyajikan data dalam besaran statistik agar mendapat gambaran secara umum dari hasil penelitian. Data disajikan dalam bentuk distribusi frekuensi, histogram, rata-rata (*mean*), nilai tengah (*median*), frekuensi terbanyak (*modus*), dan simpangan baku (*standar deviasi*).

Pengujian persyaratan analisis yang dilakukan yaitu pengujian Normalitas dan Homogenitas terhadap data masing-masing kelompok perlakuan. Uji Normalitas dilakukan dengan menggunakan metoda Lilifors (Sudjana, 1996:469). Dan untuk uji Homogenitas digunakan metoda Bartlett.

Pengujian hipotesis penelitian dengan menggunakan teknik analisis varians dua jalur (ANAVA), yaitu dengan cara membandingkan nilai F hitung dengan F tabel bagi setiap kelompok perlakuan, jika terdapat perbedaan yang signifikan maka pengujian dilanjutkan dengan uji Wilayah berganda Duncan. (Robert Steel dan James Torrie, 1995:228). Uji lanjut dilakukan untuk mengetahui kombinasi perlakuan mana saja yang menimbulkan perbedaan.

D. Hasil dan Pembahasan

Deskripsi Data Hasil Penelitian

Deskripsi data efisiensi penurunan COD hasil penelitian disajikan dengan maksud untuk memberikan gambaran umum mengenai distribusi data yang berupa ukuran gejala sentral, ukuran letak dan distribusi frekuensi. Deskripsi data dari penelitian ini dianalisis secara statistik

dalam bentuk harga rata-rata (*mean*), nilai tengah (*median*), fenomena yang paling banyak terdapat (*modus*), simpangan baku, variansi, rentang, distribusi frekuensi yang juga digambarkan dalam bentuk grafik. Gambaran deskriptif ini mencakup nilai efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah dengan keterampilan manajerial yang berbeda dalam mengelola limbah cair Industri tekstil.

Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis penelitian mempunyai tujuan untuk mengetahui apakah hipotesis yang diajukan ditolak atau diterima pada taraf kepercayaan tertentu. Hipotesis yang akan diuji pada penelitian ini adalah 4 hipotesis.

Pengujian hipotesis penelitian dilakukan dengan analisis varians (ANOVA) faktorial 2 x 2, Kemudian dilanjutkan dengan uji jarak Duncan untuk mengetahui pada taraf faktor mana saja yang lebih tinggi secara signifikan. Perhitungan analisis varians faktorial 2 x 2 selengkapnya dapat disimak pada tabel ANOVA. Hasil analisis varians tersebut secara ringkas ditampilkan dalam tabel berikut ini.

Tabel 2 : Hasil Analisis Variansi Efisiensi Penurunan COD

Sumber Varians	dk	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
					0,05	0,01
Kelompok	1	0,02	0,02	0,08	10,13	34,12
Perlakuan	3	27,405	9,14	36,56**	9,28	29,46
Peng. Polusi (A)	1	17,41	17,41	69,64**	10,13	34,12
Ktram. Manaj (B)	1	2,00	2,00	8,00	10,13	34,12
Interaksi A x B	1	8,00	8,00	32,00*	10,13	34,12
Galat Eksperimen	3	0,75	0,25			
T o t a l	7					

Keterangan : * : beda signifikan

** : beda sangat signifikan JK : Jumlah kuadrat

dk : derajat kebebasan KT : Kuadrat tengah

Dari hasil analisis secara keseluruhan pada tabel diatas tampak bahwa terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD yang sangat signifikan. Pada Faktor utama terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD yang sangat signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah. Selain itu tidak

dijumpai adanya perbedaan efisiensi penurunan COD yang signifikan antara keterampilan manajerial tinggi dan keterampilan manajerial rendah. Hasil analisis ini juga menunjukkan bahwa terdapat pengaruh interaksi yang sangat signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan zat pencemar atau COD.

Pengujian Hipotesis Pertama

Yaitu secara keseluruhan pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah mempengaruhi efisiensi penurunan COD atau zat pencemar.

Dari hasil perhitungan uji Duncan diperoleh LSR hitung = 2,95 dan untuk LSR (0,05) = 1,13 berarti LSR hitung lebih besar dari pada LSR (0,05) maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hasil ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan efisiensi penurunan COD lebih tinggi bila pengendalian polusi dilakukan melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dari pada kadar rendah.

Pengujian Hipotesis Kedua

Yaitu pada taraf keterampilan manajerial tinggi tidak mempengaruhi efisiensi penurunan COD atau zat pencemar bila memperoleh perlakuan dengan pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi.

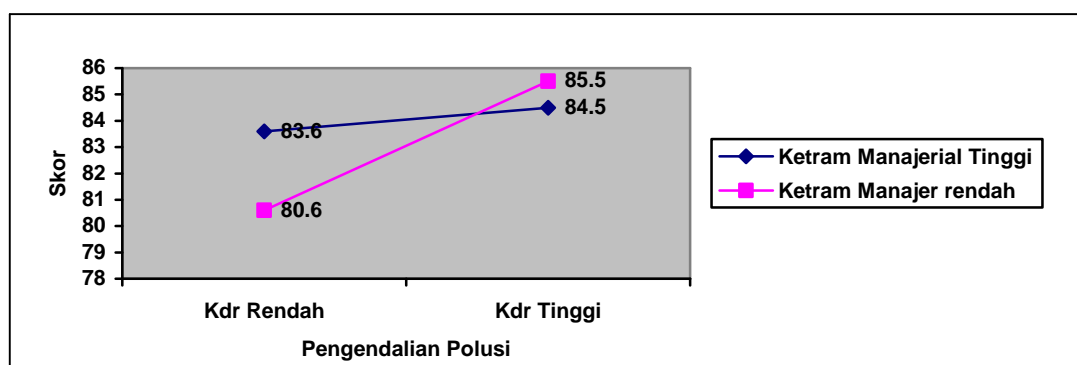
Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh LSR hitung = 0,95 dan LSR (0,05) = 1,59 artinya LSR hitung lebih kecil dari pada LSR (0,05) tabel maka H_0 diterima. Untuk itu hipotesis yang menyatakan efisiensi penurunan COD pada taraf keterampilan manajerial tinggi bila pengendalian polusi dilakukan dengan pemberian karbon aktif kadar tinggi dibandingkan pemberian karbon aktif dengan kadar rendah tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Pengujian Hipotesis Ketiga

Yaitu pada taraf keterampilan manajerial rendah mempengaruhi efisiensi penurunan COD bila memperoleh perlakuan dengan pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh LSR hitung = 4,95 dan LSR (0,05) tabel = 1,59 artinya LSR hitung lebih besar dari pada LSR (0,05) tabel maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Hasil ini menunjukkan bahwa pada taraf keterampilan manajerial rendah bila pengendalian polusi dilakukan dengan pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien menurunkan COD dibandingkan pemberian karbon aktif dengan kadar rendah.

Pengaruh interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial disajikan pada gambar berikut ini.



Gambar 4 : Interaksi antara Pengendalian polusi melalui pemberian Karbon Aktif dan Keterampilan manajerial terhadap efisiensi

Pengujian Hipotesis Keempat

Yaitu terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD atau zat pencemar.

Dari hasil perhitungan ANAVA diperoleh hasil F hitung = 32,00 sedangkan F tabel dengan taraf signifikan = 0,05 adalah 10,13 berarti F hitung lebih besar dari pada F tabel maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Dengan kata lain bahwa pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial merupakan faktor yang saling berinteraksi atau kedua faktor tersebut saling dependen satu sama lain dalam mempengaruhi efisiensi penurunan COD.

Dari hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dengan keterampilan manajerial rendah dimana LSR hitung = 4,95 dan $LSR (0,05) = 1,59$ maka LSR hitung > $LSR (0,05)$ yang berarti terdapat interaksi yang signifikan. Interaksi yang terjadi antara pengendalian polusi melalui karbon aktif dengan keterampilan manajerial dapat disimak pada gambar 4.

KESIMPULAN, IMPLIKASI, DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis varians faktorial 2×2 dan uji jarak Duncan sebagaimana yang diuraikan pada bab sebelumnya, maka temuan dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Secara keseluruhan terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD yang sangat signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah yang mana pengendalian polusi dengan karbon aktif kadar tinggi lebih efisien menurunkan COD dibandingkan pemberian karbon aktif dengan kadar rendah.

2. Pada taraf keterampilan manajerial tinggi tidak terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD secara signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah.
3. Pada taraf keterampilan manajerial rendah, pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien menurunkan COD dibandingkan pemberian karbon aktif dengan kadar rendah.
4. Terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD.

Implikasi Penelitian

Berdasarkan pembahasan dan kesimpulan penelitian tampak bahwa efisiensi penurunan COD sangat ditentukan oleh pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial. Penemuan penelitian ini merupakan salah satu temuan yang memperkuat penemuan lain yang relevan dengan pengelolaan limbah cair industri tekstil.

Dari hasil analisis data yang telah diolah, peneliti masih menemukan banyak kelemahan dalam penelitian ini sehingga memerlukan penelitian lebih lanjut. Kelemahan dalam penelitian ini antara lain : Penelitian ini menggunakan sampel yang kecil untuk setiap perlakuan kombinasi dalam percobaan yang dapat mempengaruhi generalisasi ke populasi, sehingga dapat mempengaruhi hasil percobaan jika tidak dilakukan uji sampling error.

Walaupun demikian hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi gambaran dan informasi yang penting tentang pengaruh pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD atau zat pencemar.

Upaya peningkatan efisiensi penurunan COD dalam mengolah limbah cair industri tekstil dapat dilakukan melalui dua hal yaitu kegiatan yang bersifat fisik dan non fisik. Kegiatan bersifat fisik memerlukan dukungan dari pihak direksi PT. LQ terutama dari HRD Manager dan Kepala bagian teknik serta operator IPAL untuk membantu dalam pengambilan sampel air limbah.

Kegiatan yang bersifat non fisik berupa keterampilan dan ketelitian serta motivasi dari petugas analisis kimia yang bekerja di laboratorium dalam menakar kadar karbon aktif dan mengukur suhu air limbah.

Perumusan implikasi hasil penelitian ini lebih menekankan pada upaya untuk peningkatan efisiensi penurunan COD guna mencegah dampak penurunan kualitas lingkungan perairan kali Sunter dan kali Pertukangan. Secara spesifik implikasi dari hasil penelitian ini mengungkap :

1. Adanya temuan bahwa pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif berpengaruh sangat signifikan terhadap efisiensi penurunan COD. pemberian karbon aktif pada kadar tinggi sebesar 3 gr /L akan

berdampak bahwa penurunan COD menjadi lebih efisien dibandingkan dengan pemberian karbon aktif pada kadar rendah 2 gr/L. Jadi semakin tinggi kadar karbon aktif yang diberikan dalam mengendalikan polusi air maka penurunan COD akan semakin efisien. Demikian pula sebaliknya jika pemberian kadar karbon aktif terlalu rendah maka pengendalian polusi air tidak dapat dimanfaatkan secara efektif dan penurunan COD menjadi tidak efisien sehingga akan menimbulkan dampak pada penurunan kualitas lingkungan perairan kali Sunter dan kali Pertukangan.

2. Tidak ditemukan bahwa keterampilan manajerial memberi pengaruh signifikan terhadap efisiensi penurunan COD. Meskipun keterampilan manajerial ini tidak tampak nyata memberi pengaruh terhadap efisiensi penurunan COD tetapi ketiga aspek keterampilan manajerial yaitu keterampilan teknis, manusia, dan keterampilan konseptual tetap harus diperhatikan karena pengendalian polusi air hanya dapat dimanfaatkan secara efektif dengan kemampuan manajerial yang tinggi.
3. Ada temuan bahwa terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD. Interaksi ini akan memberi pengaruh sederhana bahwa pada taraf keterampilan manajerial tinggi pemberian karbon aktif kadar rendah lebih efisien dibandingkan pemberian karbon aktif dengan kadar tinggi dalam mengendalikan polusi air. Sedangkan pada taraf keterampilan manajerial rendah pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien dari pada pemberian karbon aktif dengan kadar rendah dalam mengendalikan polusi air.

4. Upaya meningkatkan Keterampilan Manajerial

Kondisi air limbah pada Instalasi pengolahan air limbah IPAL dan laboratorium kimia memiliki karakteristik tersendiri. Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif secara efektif dan efisien dalam menurunkan COD tergantung dari tingkat keterampilan manajerial. Semakin terampil seorang manajer dalam mengendalikan polusi melalui pemberian karbon aktif dengan takaran yang akurat maka efisiensi penurunan COD akan mendekati titik efisiensi optimum yaitu 90 %. Dengan demikian agar manajer mampu mengendalikan polusi dalam rangka meningkatkan efisiensi penurunan COD, perlu beberapa upaya sebagai berikut :

- a. Para direksi atau manager dilingkungan PT. LQ perlu diberi kesadaran akan dampak negatif yang akan timbul terhadap pencemaran lingkungan terutama diperairan sungai yang sehari-hari dimanfaatkan oleh penduduk setempat. Dalam mengatasi hal ini PT. Persero JIEP sebagai pengelola lingkungan dikawasan industri pulau gadung Jakarta dapat dilibatkan untuk memberi penyuluhan dan bimbingan sebanyak dua kali setahun.

- b. Keterampilan manajerial masih dapat ditingkatkan melalui program pendidikan dan pelatihan misalnya dengan mendayagunakan Badan pengendalian dampak lingkungan hidup (BPLHD) sebagai penyuluh lapangan. Untuk itu diperlukan suatu kerja sama antara pengusaha, investor, dan pihak pengelola kawasan industri.
- c. Upaya meningkatkan keterampilan manajerial tidak dapat dilaksanakan tanpa adanya perubahan dalam pola pikir, sikap dan tingkah laku dari semua pihak yang terkait baik pemerintah, masyarakat, maupun kalangan dunia usaha. Selain itu perlu diterapkan pola manajemen dikalangan industri maupun pemerintah yang telah mempertimbangkan aspek lingkungan.

5. Upaya Mengendalikan Polusi melalui pemberian Karbon Aktif

Pada umumnya tidak semua manajer industri tekstil di kawasan Jawa Barat menggunakan karbon aktif untuk menurunkan kadar COD, meskipun ditinjau dari aspek kesehatan pemakaian bahan kimia ini relatif aman, dan ramah lingkungan asalkan pemakaiannya tidak berlebihan.

Optimalisasi penggunaan sumberdaya material seperti karbon aktif dalam mengendalikan polusi merupakan salah satu cara dalam upaya meningkatkan efisiensi penurunan COD. Untuk pemberian karbon aktif dengan kadar rendah akan lebih ekonomis dan cukup efisien dalam menurunkan COD, jika PT. LQ menggunakan manajer dengan keterampilan tinggi. Efisiensi ini masih dapat ditingkatkan jika pengendalian polusi dilakukan dengan memilih pemberian karbon aktif berkadar tinggi pada taraf keterampilan manajerial rendah

S a r a n

Berdasarkan hasil penelitian, kesimpulan, dan implikasi yang telah diuraikan diatas, maka saran-saran yang dapat disampaikan dalam mengelola limbah cair industri tekstil adalah sebagai berikut :

Pertama, untuk meningkatkan efisiensi penurunan COD, kepada perusahaan PT. LQ disarankan mengendalikan polusi dengan pemberian karbon aktif berkadar tinggi pada taraf keterampilan manajerial rendah.

Kedua, bila manajer perusahaan tekstil PT. LQ memiliki keterampilan tinggi secara ekonomis pengendalian polusi dilakukan dengan pemberian karbon aktif berkadar rendah 2 gram per liter guna meningkatkan efisiensi penurunan COD.

Ketiga, perlu dilakukan upaya peningkatan pengawasan terhadap mutu limbah cair industri tekstil PT. LQ secara berkala oleh PT. Persero JIEP sebagai pengelola kawasan industri Pulau Gadung Jakarta.

Keempat, adanya upaya preventif secara dini seharusnya dapat dilakukan oleh kalangan industri tekstil seperti PT. LQ untuk menerapkan teknologi tepat guna dan produksi bersih, konsistensi pengelolaan dan minimisasi limbah untuk mengantisipasi kemungkinan pencemaran limbah industrinya.

Kelima, upaya penyuluhan dan pembinaan bagi manajer dan staf PT.LQ dalam mengelola limbah cair seyogyanya perlu ditingkatkan oleh pihak PT. Persero JIEP yang selama ini hanya menyelenggarakan dua kali setahun menjadi tiga (3) kali dalam setahun guna menambah wawasan lingkungan.

Keenam, perlu adanya kesadaran dan disiplin yang tinggi, serta tidak menutup diri bagi pengusaha ataupun pimpinan PT. LQ untuk melaporkan hasil uji pengolahan limbahnya kepada BPLHD provinsi DKI Jakarta sebagai wujud keperdulian terhadap lingkungan hidup.

Ketujuh, pemerintah diharapkan tetap memberikan keringanan bea masuk peralatan IPAL atau fasilitas pencegahan pencemaran limbah dan memberikan pelatihan untuk meningkatkan kualitas SDM guna mencegah pencemaran lingkungan perairan.

Kedelapan, baik pengusaha maupun direksi PT. LQ. diharapkan memiliki sikap dan perilaku yang baik serta kearifan bersama masyarakat untuk berpartisipasi dalam menjaga dan melestarikan lingkungan hidup.

Kesembilan, bagi pengusaha atau direksi PT. LQ dalam menjalankan bisnis tekstil dan menyelesaikan persoalan lingkungan tidak saja memperhatikan aspek ekonomi tetapi juga harus dikaitkan dengan aspek sosial dan aspek ekologi secara terintegrasi.

Kesepuluh, Sistem pengolahan limbah PT. LQ seyogyanya menggunakan produksi bersih dengan teknologi yang ramah lingkungan, manajemen dan standar operasi sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunianya pada penulis, akhirnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan disertasi yang berjudul : Pengaruh Pengendalian Polusi melalui pemberian Karbon aktif dan Keterampilan Manajerial terhadap Efisiensi Penurunan COD.

Disertasi ini ditulis dalam rangka memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh gelar Doktor Manajemen Lingkungan pada program Pascasarjana Universitas Negeri Jakarta (UNJ).

Penulis menyadari bahwa disertasi ini dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis berterima kasih kepada semua pihak yang secara langsung dan tidak langsung memberikan kontribusi dalam penyelesaian disertasi ini. Secara khusus pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada Prof. Dr. Rukaesih Achmad, M.Si. dan Dr. Ir. Betsy Anna Sihombing, M.Si. sebagai promotor yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama penyusunan disertasi ini dari awal hingga disertasi ini dapat diselesaikan.

Peneliti juga berterima kasih kepada Rektor UNJ, Prof. Dr. Bedjo Sujanto, M.Pd., Direktur Program Pascasarjana UNJ, Prof. Dr. H. Djaali, Asisten Direktur I, Prof. Dr. Anisah Basleman, M.Si., beserta jajarannya yang telah berupaya meningkatkan situasi kondusif pada Program Pascasarjana

UNJ. Tak lupa penulis berterima kasih kepada Ketua Program Studi PKLH / Manajemen Lingkungan, Prof. Dr. Nadiroh, M.Pd., beserta jajaran Program Studi PKLH / ML. Demikian pula penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh dosen dan staf administrasi PPs UNJ, termasuk rekan-rekan mahasiswa yang telah menaruh simpati dan bantuan sehingga peneliti dapat menyelesaikan disertasi ini. Dan juga terima kasih kepada bapak Ir. Agus Budianto, M.T. dan ibu Ervida, S.T. sebagai perwakilan divisi pengelolaan lingkungan PT. Persero JIEP, kawasan Industri Pulau Gadung Jakarta yang telah mendukung dan membantu penulis dalam mencarikan pabrik tekstil PT. LQ dengan instalasi pengolahan limbahnya untuk dijadikan objek penelitian, serta terima kasih kepada bapak Sukma Wijaya selaku HRD Manager PT. Leader Qualitex.

Akhirnya penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibunda tercinta Hj. R.A. Budihartati Basit yang selalu mendoakan ananda dan anak-anak tersayang yang dengan setia dan kesabarannya mendorong penulis untuk menyelesaikan disertasi ini. Kiranya hasil penelitian ini semoga dapat memberi sumbangsih dalam masalah efisiensi pada manajemen perusahaan yang selalu dinamis dalam menghadapi kompetisi global dan sesuai dengan prinsip *Good Corporate Governance*.

Jakarta, Juni 2009

R. Achmad Harianto

DAFTAR ISI

	Halaman
SINOPSIS DISERTASI	i
KATA PENGANTAR	xxxiii
DAFTAR ISI	xxxv
DAFTAR TABEL	xxxviii
DAFTAR GAMBAR	xl
DAFTAR LAMPIRAN	xli
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Pembatasan Masalah	5
D. Perumusan Masalah	5
E. Kegunaan Penelitian	6
BAB II. KERANGKA TEORETIS DAN PENGAJUAN HIPOTESIS	
A. Deskripsi Teoretis	7
1. Efisiensi penurunan COD	7
2. Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif....	16
3. Keterampilan manajerial	23
B. Hasil Penelitian yang Relevan	32
C. Kerangka Berpikir	33
1. Perbedaan Efisiensi penurunan COD antara pengenda- lian polusi melalui karbon aktif kadar tinggi dan rendah.	33
2. Perbedaan Efisiensi penurunan COD antara pengenda- lian polusi kadar tinggi dan rendah bagi keterampilan manajerial tinggi.....	37
3. Perbedaan Efisiensi penurunan COD antara pengenda- lian polusi kadar tinggi dan rendah bagi keterampilan manajerial rendah.....	38

4. Pengaruh Interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD.....	39
D. Hipotesis Penelitian	40
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
A. Tujuan Penelitian	42
B. Tempat dan Waktu Penelitian	42
C. Metode Penelitian	43
D. Populasi dan Teknik Pengambilan Sampel	44
E. Kegiatan Pengendalian Polusi Air	46
F. Teknik Pengumpulan Data.....	50
G. Instrumen Penelitian	50
H. Kontrol Unit Eksperimen.....	57
I. Teknik Analisis Data	58
J. Hipotesis Statistik.....	60
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Deskripsi Data	62
1. Skor efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah secara keseluruhan.....	62
2. Skor efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi secara keseluruhan.....	64
3. Skor efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial rendah.....	66
4. Skor efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial rendah.....	68
5. Skor efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial tinggi.....	70
6. Skor efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial tinggi.....	72
B. Pengujian Persyaratan Analisis	74
1. Uji Normalitas	74
2. Uji Homogenitas Variansi Populasi	78

C. Pengujian Hipotesis	80
1. Perbedaan efisiensi penurunan COD secara keseluruhan antara pengendalian polusi lewat pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah.....	83
2. Perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan dan kadar rendah bagi keterampilan manajerial tinggi.....	85
3. Perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah bagi keterampilan manajerial rendah.....	86
4. Pengaruh interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD.....	87
D. Keterbatasan Penelitian	89
BAB V. KESIMPULAN, IMPLIKASI, DAN SARAN	
A. Kesimpulan	90
B. Implikasi	91
C. Saran – saran	96
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN	102
RIWAYAT HIDUP	185

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
3.1. Desain Penelitian	44
3.2. Rancangan Acak Kelompok (RAK)	45
3.3. Kisi – kisi Instrumen Efisiensi Penurunan COD	52
3.4. Kisi-kisi Instrumen keterampilan manajerial.....	56
3.5 . Analisis Variansi Faktorial 2 x 2, dengan Pola RAK	59
4.1. Distribusi frekuensi skor efisiensi penurunan COD dengan pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah secara keseluruhan.....	63
4.2. Distribusi frekuensi skor efisiensi penurunan COD dengan pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi secara keseluruhan.....	65
4.3. Distribusi frekuensi skor efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial rendah.....	67
4.4. Distribusi frekuensi skor efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial rendah.....	69
4.5. Distribusi frekuensi skor efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial tinggi.....	71
4.6. Distribusi frekuensi skor efisiensi penurunan COD antara Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar Tinggi dan ketrampilan manajerial tinggi.....	73

4.7. Rangkuman Analisis Uji Normalitas Sampel	77
4.8. Hasil Uji Homogenitas Variansi	79
4.9. Hasil Analisis Variansi Efisiensi Penurunan COD	80
5.0. Rangkuman Hasil Uji Lanjut Duncan.....	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Proses Pengolahan Air Limbah Industri	15
2.2. Keterampilan Para Manajer	27
3.0. Tahapan Pengujian COD.....	48
4.1. Skori efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi lewat pemberian karbon aktif kadar rendah secara keseluruhan	64
4.2. Skor efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi Lewat pemberian karbon aktif kadar tinggi secara keseluruhan	66
4.3. Skor efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial rendah.....	68
4.4. Skor efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial rendah.....	70
4.5. Skor efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial tinggi.....	72
4.6. Skor efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial tinggi.....	74
4.7. Interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD.....	88

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Instrumen Penelitian.....	102
2. Uji Validitas dan Reliabilitas	111
3. Instrumen Lab Kimia.....	128
4. Data Mentah Hasil Penelitian.	131
5. Deskripsi Data Hasil Penelitian.....	134
6. Pengujian Persyaratan Analisis	149
7. Perhitungan Analisis Variansi (ANOVA).....	160
8. Rumus – Rumus Statistik yang digunakan	168
9. Peta Lokasi dan Diagram Alir Pengolahan Limbah Cair.....	176
10. Bukti Administrasi Penelitian.....	181

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Industri Tekstil dan Produk Tekstil (TPT) di samping merupakan salah satu sumber devisa negara, juga merupakan industri yang dapat menampung tenaga kerja dalam jumlah yang besar. Pada tahun 2000 jumlah tenaga kerja yang bekerja di sektor itu berjumlah hampir 1,2 juta orang yang tersebar pada 2.651 perusahaan industri tekstil di Indonesia. Propinsi Jawa Barat merupakan tempat industri TPT terbanyak, yakni 1.496 buah (56,43%) diikuti oleh DKI Jakarta 456 buah (17,30%) dan Jawa Tengah 381 buah (14,37%). Sisanya tersebar di Sumatra, D.I. Yogyakarta, Jawa Timur, Bali, dan Sulawesi.

Salah satu masalah yang timbul dengan keberadaan industri TPT ini adalah adanya limbah yang berhubungan dengan pencemaran lingkungan. Proses penyempurnaan basah tekstil adalah proses tekstil yang paling banyak menimbulkan pencemaran karena digunakannya larutan zat kimia seperti alkali, asam, kanji, oksidator, reduktor, elektrolit, surfaktan, zat warna, polimer sintetik, dan panas dapat menyebabkan air buangan industri tekstil bersifat alkali atau asam dengan COD tinggi, berwarna, berbusa, berbau, dan panas. Buangan limbah cair ini akan memberikan beban kepada lingkungan perairan jika dibuang keperairan terbuka tanpa pengolahan terlebih dahulu. Akibat air buangan tersebut

dapat menimbulkan penurunan kualitas air bahkan kerusakan lingkungan perairan.

Dengan dikeluarkannya Undang-Undang Nomor 23 tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup bahwa dalam melaksanakan kegiatan, pengusaha diwajibkan untuk mencegah dan menanggulangi terjadinya gangguan atau pencemaran terhadap lingkungan hidup. Undang-undang tersebut memperkuat Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : Kep-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.

Dengan melakukan pengolahan air buangan terlebih dahulu sebelum dibuang keperairan, maka bahan-bahan pencemar yang terkandung dalam limbah cair akan direduksi sehingga terjadi penurunan konsentrasi zat-zat pencemar. Penurunan konsentrasi zat-zat pencemar yang diharapkan sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah melalui Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : Kep. 51/MENLH/1995.

Beberapa hal yang dapat dilakukan dalam upaya mengurangi limbah dari sumbernya diantaranya adalah penghematan pemakaian air, penghematan zat kimia, dan menjaga kebersihan pabrik. Upaya ini dikenal dengan kegiatan minimisasi limbah yang bertujuan untuk menghasilkan sedikit mungkin limbah, dimulai dari penggunaan bahan, proses produksi, dan produk jadi, serta beban pencemaran yang ditimbulkan agar tidak mengganggu kepentingan manusia dan kelestarian

lingkungan (Setyo S. Moersidik, 2001:14). Kegiatan ini akan berhasil jika ada partisipasi pengusaha dan karyawan dalam melestarikan lingkungan di kawasan industri.

Dalam beberapa tahun terakhir ini, banyak dilakukan penelitian-penelitian guna mengembangkan sistem pengolahan air limbah industri, akan tetapi sampai saat ini belum ditemukan suatu metoda yang secara umum dapat digunakan untuk segala macam air buangan industri. Hal ini disebabkan oleh sangat bervariasinya karakteristik air buangan dari satu jenis industri dengan jenis industri lainnya. Komponen – komponen utama dari manajemen lingkungan yang disyaratkan untuk memperoleh ISO 14001 adalah kebijakan lingkungan, system organisasi, prakiraan dampak dan peraturan, tujuan dan sasaran yaitu prosedur minimasi limbah lewat prosedur persetujuan proses penggunaan bahan kimia.

Dalam mengelola limbah cair, masalah efisiensi penurunan COD atau zat pencemar tetap menjadi masalah terpenting dalam pengolahan air hasil buangan industri tekstil, selain masalah warna dan zat padat tersuspensi. Air buangan dari setiap proses mengandung sisa bahan kimia yang terdapat dalam air limbah hasil proses pemutihan, pencelupan dan proses pencucian sebagian besar berupa sisa bahan kimia seperti enzim, koustik soda (NaOH), soda ash (Na_2CO_3), zat pemutih (kaporit dan H_2O_2), bahan pencucian (*detergent*) dan bahan pelembut (*softener*).

Untuk menghilangkan atau meminimumkan kadar COD yang lebih efisien dalam mengelola limbah cair Industri Tekstil PT. LQ di Kawasan

Industri Pulo Gadung Jakarta telah melakukan pengolahan limbah secara biologi dan kimia fisik melalui Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yaitu dengan menggunakan metode adsorpsi karbon aktif dalam mereduksi zat pencemar. Pemakaian karbon aktif ini diupayakan dalam jumlah yang efektif sehingga diperoleh biaya operasional yang ekonomis. Pola perubahan efisiensi penurunan COD juga dipengaruhi oleh tingkat keterampilan manajerial. Jika keterampilan manajerial ini terlalu rendah maka pengendalian polusi air tidak dapat dimanfaatkan secara efektif dan penurunan COD menjadi tidak efisien sehingga akan berdampak pada penurunan kualitas lingkungan perairan kali Sunter dan kali Pertukangan. Dengan demikian perlu dilakukan eksperimen untuk mengendalikan polusi melalui pemberian karbon aktif yang efektif pada taraf keterampilan manajerial yang berbeda guna meningkatkan efisiensi penurunan COD.

B. Identifikasi Masalah

Dari uraian masalah diatas dapat diidentifikasi, bahwa Apakah dalam mengelola limbah Cair industri Tekstil terdapat pengaruh nilai derajat keasaman (pH) terhadap efisiensi penurunan COD ? Apakah ada pengaruh waktu pengendapan terhadap efisiensi penurunan COD ? Apakah kontrol operasi berpengaruh terhadap efisiensi penurunan COD ? Apakah Operator dan waktu shift berpengaruh terhadap efisiensi penurunan COD ? Apakah ada pengaruh pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif terhadap efisiensi penurunan COD ? Apakah ada

pengaruh keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD ?
Apakah terdapat pengaruh interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD ?

C. Pembatasan Masalah

Dari uraian identifikasi masalah di atas sehubungan dengan keterbatasan waktu, biaya, dan tenaga yang ada pada penulis, maka perlu dilakukan pembatasan masalah, bahwa variabel bebas pertama hanya meliputi Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dengan kegiatan pemantauan perubahan kualitas air dan mengevaluasi hasilnya. Untuk variabel bebas kedua adalah keterampilan manajerial, sedangkan variabel terikat yang diteliti hanya meliputi efisiensi penurunan COD.

D. Perumusan Masalah

Dari deskripsi masalah efisiensi penurunan COD dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Apakah terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD, antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah ?
2. Pada taraf keterampilan manajerial tinggi, apakah pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien menurunkan COD dibandingkan pemberian karbon aktif kadar rendah ?

3. Pada taraf ketrampilan manajerial rendah, apakah pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien menurunkan COD dari pada pemberian karbon aktif dengan kadar rendah ?
4. Apakah terdapat pengaruh interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD ?

E. Kegunaan Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat terungkap informasi yang bermanfaat tentang pengaruh pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan ketrampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD atau zat pencemar.

Kegunaan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui ada tidaknya Interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD.
2. Untuk membuktikan bahwa efisiensi penurunan COD dapat ditingkatkan dengan pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif yang paling akurat pada keterampilan manajerial tinggi.
3. Dalam dunia pendidikan hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan masyarakat, pemerintah, dan pengusaha sebagai bahan informasi dan pengetahuan khususnya tentang kontribusi antara pengendalian polusi dan keterampilan manajerial dalam meningkatkan efisiensi.

BAB II

PENYUSUNAN KERANGKA TEORETIK DAN PENGAJUAN HIPOTESIS

A. Deskripsi Teoretik

1. Efisiensi penurunan COD

Efisiensi adalah kemampuan untuk membuat penggunaan sumber daya terbaik yang dapat dimanfaatkan dalam proses mencapai tujuan. Pada dasarnya organisasi perlu menunjukkan efisiensi atau melakukan pekerjaan dengan tepat (*doing things right*) agar supaya menjadi petugas yang baik.¹

Matthias Aroef mendefinisikan efisiensi sebagai suatu ratio antara output terhadap input, yaitu efisiensi () = output / input, dalam pengertian bahwa semakin efisien bekerjanya suatu kegiatan produksi, maka semakin tinggi harga itu, dan dengan demikian akan semakin tinggi pula produktivitas kegiatan produksi itu.² Sedangkan menurut James AF Stoner mendefinisikan efisiensi sebagai kemampuan untuk melakukan pekerjaan dengan tepat adalah suatu konsep input-otput.³ Efisiensi disini didefinisikan sebagai kemampuan untuk meminimisasi penggunaan

¹ Kathryn M. Bartol and David C. Martin, *Management*, (New York: Mc Graw-Hill, 1991), p. 20

² Ravianto, J., *Produktivitas dan Teknologi*, (Jakarta: Lembaga Sarana Informasi Usaha dan Produktivitas, 1985), p. 107.

³ James AF Stoner, *Manajemen*, (New Jersey: Prentice Hall, 2003), p. 14.

sumber daya dalam mencapai sasaran organisasi yaitu melakukan pekerjaan dengan tepat.⁴

Robbins dan Coulter, mendefinisikan efisiensi sebagai perolehan hasil output sebanyak mungkin dan sejumlah input terkecil dengan melakukan pekerjaan secara tepat karena kelangkaan input termasuk sumber daya seperti manusia, uang, dan peralatan.⁵ Efisiensi berarti penggunaan sumber daya materi dan energi seefektif mungkin untuk memenuhi kebutuhan manusia sehingga tidak ada yang terbuang dan menjadi limbah.⁶ Sedangkan Chuck William melihat efisiensi sebagai sesuatu untuk menyelesaikan pekerjaan dengan usaha, biaya atau pemborosan yang minimum.⁷ Pendapat lain dikemukakan oleh Daft yang mengidentifikasi efisiensi sebagai jumlah sumberdaya minimal yang diperlukan berupa bahan mentah, uang, dan orang untuk menghasilkan sejumlah produksi yang diinginkan.⁸

Selain itu Mitchel berpendapat, bahwa efisiensi merupakan aplikasi dari sistem untuk biaya sumber daya kebutuhan pengelolaan, dan alokasi sumber daya yang sesuai bersama dengan insentif dan disinsentif untuk menaikkan efisiensi pemakaian sumber daya serta pemberian harga secara penuh untuk lingkungan akibat dari keputusan dan pembangunan.⁹

⁴ Edward Freeman and Daniel Gilbert, *Management*, (New Jersey : Prentice Hall, 1995), p. 9

⁵ Stephen Robbins and Mary Coulter. *Management*, (New Jersey: Prentice Hall, 2002), p.6.

⁶ Otto Soemarwoto, *Atur Diri Sendiri, Paradigma baru Pengelolaan Lingkungan Hidup*, (Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 2004), p. 117.

⁷ Chuck William,. *Manajemen*, alih bahasa: Sabarudin. (Jakarta: Salemba Empat, 2001)., p. 6.

⁸ Richard L Daft., *Management*, (Philadelphia: Dryden Press, 2007)., p. 11

⁹ Bruce Mitchel, et.al., *Resource and Environmental Management*, (Ontario: Addison Wesley Longman Limited, 2003), p. 51.

Pendapat lain dikemukakan oleh Sukanto Reksohadiprojo, bahwa peningkatan efisiensi akan mengurangi produksi limbah cair yang langsung dibuang ke lingkungan alam. Efisiensi tersebut dapat dilakukan antara lain dengan melakukan pemberian bahan kimia dan perlakuan panas.¹⁰

Efisiensi adalah tujuan esensial dalam alokasi sumber daya, selain aspek distribusi, dimana efisiensi teknis mensyaratkan penggunaan input sedemikian rupa sehingga output bisa diproduksi dengan biaya seminimal mungkin. Jika alokasi sumber daya tidak memperhitungkan dampak lingkungan maka alokasi itu dianggap tidak efisien.¹¹

Djajadiningrat dan Famiola mendefinisikan bahwa suatu sistem metabolisme Industri yang efisien adalah dengan menerapkan konsep bagaimana memaksimalkan efisiensi produksi dengan meminimalisasi limbah atau dampak polusi terhadap lingkungan dan menginternalisasikan siklus material sebisa mungkin bersifat tertutup, artinya bagaimana semua bentuk aliran material / limbah tersebut ketika dibuang ke lingkungan bukan sebagai bahan pencemar tetapi juga dapat dimanfaatkan oleh alam itu sendiri.¹²

Efisiensi penurunan kadar COD identik dengan istilah eco-efficiency yang didasari pada konsep untuk menciptakan barang-barang dan jasa dengan sumber daya seminimal mungkin dan menciptakan limbah dan

¹⁰ Sukanto Reksohadiprojo, *Ekonomi Lingkungan*, (Yogyakarta: BPFE – UGM, 2000), p.258.

¹¹ Addinul Yakin, *Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan*, (Jakarta: Akademika Presindo, 2004), p.114.

¹² Surna T. Djajadiningrat dan Melia Famiola, *Kawasan Industri Berwawasan Lingkungan / Eco-Industrial Park*, (Bandung: Rekayasa Sains, 2004), p.57.

sampah sedikit mungkin.¹³ Selain itu perbaikan efisiensi dalam penggunaan energi merupakan peningkatan produktivitas, mengurangi polusi, dan memperbaiki performansi keuangan perusahaan.

Menurut Barry C Field dan Martha K Field, bahwa efisiensi ekonomi adalah suatu kriteria yang dapat diterapkan pada berbagai tingkatan pemakaian masukan (input) dan ketetapan taraf keluaran (output) atau keseimbangan antara manfaat dan biaya.¹⁴ Sedangkan menurut Sukanto Reksohadiprojo dan Andreas, analisis manfaat dan biaya dapat digunakan untuk menyelesaikan persoalan efisiensi.¹⁵

Efisiensi ekonomis meskipun juga dinyatakan sebagai rasio output per input, tetapi dalam unit satuan ekonomis (uang) dengan formulasi sebagai berikut :

Efisiensi ekonomi = Output (nilai dalam Rp) / Input (biaya dalam Rp).¹⁶

Disini output akan dinyatakan sebagai nilai penghargaan (worth) dan input biaya (cost) yang telah dikeluarkan dalam unit satuan moneter /uang (Rp). Nilai efisiensi ekonomi > 100 % agar proses transformasi input-output sukses secara ekonomis. Selain itu penghematan dalam ongkos digolongkan sebagai manfaat dan investasi awal serta pengeluaran digolongkan sebagai ongkos.¹⁷

¹³ *Ibid.*, p. 128

¹⁴ Barry C Field & Martha K Field, *Environmental Economics: An Introduction*, (New York: Mc Graw Hill, 2002), p. 66.

¹⁵ Sukanto Reksohadiprojo & Andreas Budi PB, 2000. *op. cit.*, p. 12.

¹⁶ Sritomo Wignyosoebroto, *Pengantar Manajemen Industri*, (Surabaya: Guna Widya, 2003)., p. 200

¹⁷ Eugene L. Grant. *et.al.*, *Principles of Engineering Economy*, alih bahasa: Komarudin, (Jakarta: Rineka Cipta, 1991), p.224.

COD atau kebutuhan Oksigen Kimiawi adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar limbah organik yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Limbah organik akan dioksidasi oleh kalium dichromat ($K_2Cr_2O_7$) sebagai sumber oksigen menjadi gas CO_2 dan H_2O serta sejumlah ion chrom. 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 turut teroksidasi dalam uji COD.¹⁸

Jumlah zat pencemar organik yang dapat terurai dinyatakan oleh jumlah oksigen yang diperlukan untuk proses oksidasi (penguraian) bahan tersebut secara kimiawi dinyatakan dengan COD (chemical oxygen Demand) yaitu kebutuhan oksigen secara kimiawi. Kadar oksigen terlarut merupakan ukuran baik buruknya kualitas air bagi kehidupan dalam air.¹⁹

Metcalf & Eddy, mengemukakan bahwa konsentrasi COD yang tinggi dapat terdegradasi dalam (1) volume kolam aerasi yang lebih luas, (2) lebih banyak kebutuhan oksigen yang berpindah, dan (3) lebih banyak memproduksi lumpur.²⁰ Dengan menggunakan keseimbangan masa COD, maka banyaknya bahan karbon antara jumlah yang teroksidasi dan jumlah yang tergabung didalam masa sel menjadi lebih mudah. COD ditentukan dengan mengukur ekuivalen oksigen dari zat-zat organik dalam

¹⁸ Pramudya Sumu, *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*, (Jakarta: Gramedia, 2001), p.125.

¹⁹ Sukanto Reksohadiprojo & Andreas Budi PB, 2000. *op. cit.*, p. 73.

²⁰ Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*, (New York: Mc Graw Hill, 2003), p.668.

sampel dengan oksidator kimia yang kuat. Selain itu COD merupakan parameter pengukuran cepat yang digunakan untuk stream dan limbah Industri serta mengontrol unit pengolah air limbah.²¹ Dalam proses pengolahan limbah bak aerasi diperlukan untuk memasukkan oksigen ke dalam perairan sehingga bak ini berfungsi untuk menurunkan parameter COD.²²

Selain itu COD (Chemical Oxygen Demand) adalah banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram per liter yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi.²³

Menurut Mary Ann H. Franson, bahwa Chemical Oxygen Demand (COD) didefinisikan sebagai jumlah oksidan khusus yang bereaksi dengan sampel dibawah kondisi yang terkendali.²⁴ Jumlah konsumsi oksidan dinyatakan dalam ekivalen oksigennya. Karena sifat-sifat kimiawi yang unik, ion dichromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$) merupakan oksidan khusus sesuai metode 5220B, C, dan D; CODnya berkurang menuju ion chrom (Cr^{+3}) dalam pengujian ini. Baik zat organik maupun zat non organik dari sebuah sampel terurai oleh oksidasi. Jumlah oksidasi sampel dapat dipengaruhi oleh waktu penguraian, kekuatan bahan reaksi, dan konsentrasi COD sampel.⁶⁸

²¹ Sakti A. Siregar, *Instalasi Pengolahan Air Limbah*, (Yogyakarta: Kanisius, 2005)., p.106

²² Valentinus, *Pengantar Ilmu Lingkungan*, (Yogyakarta: Universitas Atmajaya, 1995)., p.137.

²³ Sugiharto, *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*, (Jakarta: UI – Press, 2005), p.6.

²⁴ Mary Ann H. Franson, *Standar Method for the Examination of Water & Wastewater*, (Washington, DC: American Public Health Association, 2005), p.5-14.

Menurut Karden Eddy SM, bahwa COD adalah banyaknya oksigen (mg) yang dibutuhkan oksidator untuk mengoksidasi bahan / zat organik dan anorganik dalam satu liter air limbah. Semakin besar nilai COD, semakin tinggi tingkat pencemaran suatu perairan.²⁵

Sedangkan menurut Perdana Ginting, bahwa COD adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat anorganis dan organis. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat anorganis.²⁶

Dalam pengoperasian Instalasi pengolahan air limbah, efisiensi penurunan COD dapat dilakukan dengan peningkatan efisiensi penggunaan bahan kimia pembantu, sedangkan pencemaran lingkungan dapat diturunkan melalui penggunaan bahan kimia yang tidak bersifat racun, serta mudah terdegradasi.²⁷

Efisiensi Instalasi Pengolahan Air Limbah adalah nisbah antara keluaran dan masukan, maka tingkat efisiensinya bergantung pada besarnya nilai keluaran dan masukan tersebut. Dalam kondisi tetap (steady state) maka nilai keluaran harus sama dengan nilai masukan. Oleh karena itu efisiensi nilainya berkisar antara 0 – 100 %. Sedangkan efisiensi penurunan COD dalam pengolahan air limbah adalah

²⁵ Karden Eddy SM., *Pengelolaan Lingkungan Hidup*, (Jakarta : Djambatan, 2007), p. 137

²⁶ Perdana Ginting., *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*, (Bandung : Yrama Widya, 2007), p. 51

²⁷ Elina H, dan Agus Suprpto, *Analisis Efisiensi Fisik dan Ekonomi Instalasi Pengolahan Air Limbah di PT. X*, (Bandung: Texere STTT, 2003), p.72.

kemampuan atau kinerja dalam mereduksi konsentrasi zat pencemar atau kadar COD yang terkandung di dalam limbah cair tersebut.²⁸

Menurut Metcalf & Eddy, bahwa efisiensi penurunan kadar COD dapat didefinisikan dengan persamaan²⁹ :

$$\text{Efisiensi} = \frac{S_o - S}{S_o} \times 100 \%$$

dimana S_o = Influent COD concentration, g/m^3

S = Effluent COD concentration, g/m^3

Persamaan ini mendefinisikan efisiensi penurunan COD sebagai suatu rasio selisih konsentrasi COD antara masukan (influent) dan keluaran (effluent) terhadap konsentrasi COD masukan (influent) yang dinyatakan dalam satuan persen (%).

Menurut Bhattacharya, efisiensi penurunan COD dalam pengolahan air limbah keluaran (effluent) pabrik tekstil dengan flotasi udara terlarut adalah selisih konsentrasi COD antara Influent dan Effluent terhadap Influent dalam satuan persen.³⁰

Menurut Muliarta et.al., bahwa pengolahan air limbah Industri menghasilkan efisiensi penurunan COD sebesar 78 – 91 % sebagai efisiensi total penghilangan polutan,³¹

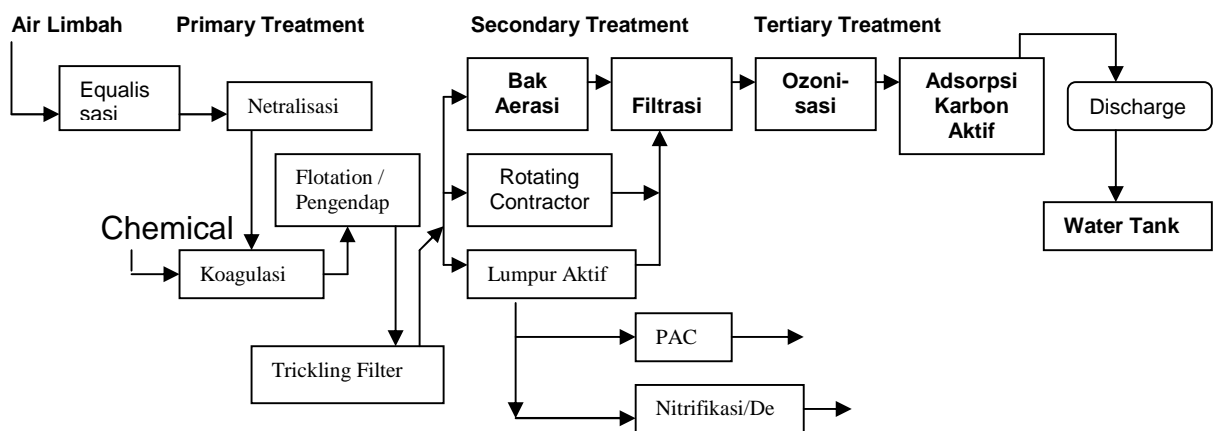
²⁸ *Ibid.*, p.73.

²⁹ Metcalf & Eddy, *op. cit.*, p.699.

³⁰ Bhattacharya, *Handbook of Industrial Waste Treatment*, (New York: Marcel Dekker, 1992), p.318.

³¹ Muliarta, *Pedoman Teknis Pengelolaan Limbah Industri Kecil*, (Jakarta: KLH, 2004), p. 119

Duane Chapman berpendapat, bahwa tingkat efisiensi terbaik dari pengendalian polusi adalah 90 % karena rekomendasi NPS dari 90 % merupakan kontrol yang berkaitan dengan analisis efisiensi.³² Proses pengolahan air limbah tekstil dapat disimak seperti pada gambar berikut ini



Gambar 2.1 : Proses Pengolahan Air Limbah Industri³³

Urutan proses pengolahan air limbah tekstil pada gambar ini merupakan suatu kombinasi proses kimia-fisika dan biologi yang paling sesuai untuk pabrik tekstil berskala besar.

Secara normal berbagai peraturan legal dalam mengelola limbah cair Industri tekstil telah diinterpretasikan sebagai suatu pengaturan batas baku mutu air limbah yang harus dijaga, tetapi dalam kenyataannya biaya pembuangan limbah telah meningkat sehingga manajer perusahaan telah

³² Duane Chapman., *Environmental Economics, Theory, Application and Policy*, (Cornell: Addison Wesley, 2000), pp. 60-62

³³ W. Wesley Eckenfelder, *Industrial Water Pollution Control*, (Boston: Mc Graw Hill, 2000), p.52.

mengembangkan strategi pencegahan polusi dengan mengurangi biaya yang dapat menguntungkan.³⁴

Dari deskripsi teoretik diatas dapat disimpulkan bahwa efisiensi penurunan COD adalah kemampuan menggunakan sumber daya materi uang, tenaga kerja dan energi seefektif mungkin dengan penggunaan input air limbah sedemikian rupa dan output air bisa diproduksi dengan biaya seminal mungkin sehingga zat pencemar atau kadar COD dalam air limbah dapat diturunkan dan atau rasio selisih antara kadar COD input dan output terhadap kadar COD input. Sedangkan COD adalah suatu proposisi kimiawi yang dibangun oleh dimensi ukuran jumlah oksigen yang diperlukan untuk proses oksidasi secara kimiawi dalam satuan unit kadar (% , ppm dan mg /L) sebagai parameter zat pencemar dalam air limbah.

2. Pengendalian Polusi melalui pemberian Karbon Aktif

Menurut Vernon dan Eugene bahwa pengendalian adalah suatu prosedur untuk mengukur kinerja dibandingkan sasaran. Umumnya fungsi pengendalian meliputi (1) perencanaan rutin, (2) menetapkan standar, (3) penjadwalan kerja, (4) meninjau biaya, (5) melatih pengawasan, dan (6) mengambil tindakan rutin.³⁵

Menurut James A.F. Stoner bahwa fungsi pengendalian mencakup: (1) menetapkan standar kinerja, (2) mengukur kinerja yang

³⁴ Rogene A. Bucholz, *Principle of Environmental Management*, (New Jersey: Prentice Hall, 1998)., p.367

³⁵ Vernon dan Eugene, *Introduction to Modern Business, Issues and Environment*, (New Jersey: Prentice Hall, 1981)., p.101.

sedang berjalan dan membandingkan dengan standar yang telah dibakukan dan (3) mengambil tindakan untuk memperbaiki kinerja yang tidak sesuai dengan standar. Melalui fungsi pengendalian manajer dapat menjalankan organisasi agar tetap berproses pada dalam arah yang benar dan tidak menyimpang terlalu jauh dari arah tujuannya.

Robbins dan Coulter mendefinisikan pengendalian (*control*) sebagai proses pemantauan kegiatan termasuk penyelesaian rencana dan memperbaiki adanya penyimpangan yang signifikan. Seluruh manajer harus dilibatkan dalam fungsi pengendalian bahkan jika unit-unit mereka dilaksanakan sesuai rencana yaitu kegiatan apa yang telah dilakukan dan telah dibandingkan antara kinerja nyata dengan standar yang diinginkan. Secara ideal setiap organisasi akan menghendaki untuk mencapai tujuannya secara efisien.³⁶

Menurut Buchholz, bahwa pengendalian polusi air melibatkan upaya dalam dua hal yaitu: (1) mengurangi polusi air permukaan yang bebas mengalir dan melindungi penggunaannya, dan (2) memelihara kualitas air minum.³⁷

Menurut Chapman dalam hal pengendalian polusi, tingkat pengendalian yang efisien adalah pada titik dimana biaya marginal penurunan polusi telah menjadi sama dengan manfaat marginal penurunan polusi.³⁸

³⁶ Robbins dan Coulter., *Op. cit.*, p.496.

³⁷ Buchholz., *op. cit.*, p. 182

³⁸ Chapman., *op. cit.*, p.62.

Menurut Eckenfelder bahwa pengendalian polusi merupakan pembuangan polusi yang dapat diminimalkan dengan pemberian bahan yang mampu melakukan proses pelepasan polutan dari cairan.³⁹

Menurut Wang, bahwa pengendalian polusi generasi limbah pada sumbernya yang masih menghasilkan beberapa produk dapat diselesaikan dengan merubah input material, teknologi dan pengoperasian yang lebih praktis. Merubah input material dalam meminimumkan limbah dengan mengurangi atau menghilangkan bahan berbahaya yang masuk kedalam proses produksi.⁴⁰

Pengendalian polusi merupakan sesuatu yang memiliki daya untuk berupaya mencegah adanya zat-zat pencemar dari pencemaran lingkungan.⁴¹

Pengendalian polusi air limbah adalah upaya untuk menghilangkan atau menurunkan kadar bahan pencemar yang terkandung didalamnya hingga limbah cair itu memenuhi syarat untuk dapat dibuang atau memenuhi baku mutu yang ditetapkan.⁴²

Karbon aktif adalah sebuah arang yang terbuat dari bahan-bahan organik seperti batok kelapa, kulit kenari, kayu, dan batu bara. Partikel arang ini dibakar sampai panasnya mencapai 700⁰ C, kemudian diaktifkan dengan menambah gas oksigen pada tekanan tinggi. Gas ini

³⁹ Eckenfelder, *op. cit.*, p. 43.

⁴⁰ Wang, Lawrence K., *Handbook of Industrial Waste Treatment*, (New York: Marcel Dekker, 1992), pp. 8 – 9

⁴¹ Agarwal, *Environmental Management: New Concepts*, (New Delhi: APH, 2002), p.101.

⁴² *Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan*, Buku Panduan (Jakarta: KLH, 2002), p.53-54

mengembangkan struktur rongga yang ada pada batu bara/ arang sehingga memperluas permukaan.⁴³

a. Pemberian Karbon Aktif Kadar Tinggi

Konsentrasi atau kadar dari suatu zat dalam suatu ruang ialah banyaknya gram mol zat itu dalam satu liter ruang itu.⁴⁴

Jadi Kadar karbon aktif adalah banyaknya gram mol karbon aktif dalam satu liter air limbah dan setelah dipergunakan perlu diaktifkan kembali. Karbon pada kejadian ini dipergunakan untuk mengurangi kadar dari benda-benda organik terlarut yang ada dan partikel-partikel lainnya.⁴⁵

Menurut Metcalf dan Eddy, bahwa karbon aktif untuk menghilangkan senyawa organik yang sulit dipulihkan dan zat non organik seperti nitrogen, sulfida dan logam berat. Dibawah kondisi normal pemberian karbon aktif dapat menurunkan COD antara 10 – 20 mg /L.⁴⁶

Menurut Robert Noyes, penyerapan karbon aktif adalah suatu fenomena fisik yang dapat menghilangkan zat organik dan beberapa zat kimia non organik dari air. Bahan-bahan kimia ini secara fisik diserap pada permukaan karbon seluas 1000 m² / gram. Tingkat penyerapan karbon aktif akan bertambah dengan kenaikan konsentrasi.⁴⁷

⁴³ Metcalf & Eddy, *Wastewater Treatment and Reuse*, (New York: Mc Graw Hill, 2003), p. 1138

⁴⁴ Schermerhorn, et. al. *Teori Kimia*, (Jakarta: Pradnya Paramita, 1993), p. 58

⁴⁵ Sugiharto, 2005. *op cit.*, p.124

⁴⁶ Metcalf and Eddy, 2003, *op cit.*, p.1149.

⁴⁷ Robert Noyes, *Handbook of Pollution Control Processes*, (New Jersey: Noyes Publication Jaico, 2001), p. 380.

Lawrence K. Wang *et. al.*, mengemukakan bahwa bahan organik koloid dan terlarut dapat diuraikan atau dipisahkan dari pengenceran melalui penyerapan karbon aktif baik yang berbentuk butiran kecil maupun bubuk.⁴⁸

Koziorowski dan Kucharski dalam Lawrence K Wang berpendapat bahwa :

*Much better result of surfactant removal have been achieved with adsorption than coagulation setting.*⁴⁹

Sedangkan menurut pendapat Wang dalam Lawrence K. Wang tersebut dikatakan bahwa :

*Used both powdered activated carbon (PAC) and coagulation/ setting/ for successful removal of surfactants.*⁵⁰

Pendapat tersebut menjelaskan, bahwa hasil penghilangan deterjen akan lebih banyak jika telah diaktifkan dengan penyerapan yang lebih baik dibandingkan dengan cara koagulasi. Sedangkan Wang menjelaskan bahwa baik karbon aktif bubuk maupun system koagulasi mampu menguraikan deterjen.

Menurut Storey dan Schroeder, penyerapan karbon butiran kecil bekerja baik untuk air limbah tekstil dimana untuk yang lainnya ditemukan bahwa sebagian penyisihan organik terjadi dari penyaringan secara fisik dari pada mekanisme penyerapan.⁵¹

⁴⁸ Lawrence K. Wang, *et.al.*, *Handbook of Industrial and Hazardous Wastes Treatment*, (New York: Marcel Dekker, Inc., 2004), p.363.

⁴⁹ *Ibid.*, p. 363.

⁵⁰ *Ibid.*, p. 363.

⁵¹ Mu Hao Sung Wang, *Handbook of Industrial Waste Treatment Volume 1*, (New York: Marcel Dekker, 1992), p.317.

Mc Kay, mengevaluasi sebuah model untuk menerangkan penyerapan bahan celup terseleksi pada karbon aktif. Kelayakan perlakuan karbon aktif dari air limbah celup lebih sering tergantung pada biaya yang terhimpun bersama regenerasi karbon yang dipakai.⁵² Sedangkan Posey dan Kim, mempelajari kelayakan regenerasi pelarut karbon aktif yang dihabiskan menggunakan methanol sebagai pelarut organik. Mereka menemukan bahwa untuk ketiga senyawa bahan celup yang diuji, regenerasi pelarut dan panas tidak dikenakan biaya kompetitif karena methanol banyak digunakan dalam jumlah besar.⁵³

Christian L. Hackman, et. al., mendefinisikan karbon aktif adalah suatu bentuk karbon penyerapan tinggi yang digunakan untuk menghilangkan bau busuk dan zat – zat beracun dari cairan atau emisi gas. Karbon aktif tersebut digunakan untuk menghilangkan zat organik tak larut, chlorine dan kontaminasi lain dari air minum.⁵⁴

Penyerapan karbon aktif adalah suatu proses yang ditetapkan dengan baik untuk penyerapan zat organik dalam limbah cair, air, dan sungai. Karbon aktif berhasil digunakan dalam mengurangi konsentrasi zat-zat beracun seperti herbisida dan pestisida sampai ketinggian terendah dalam air limbah. Penyerapan ini dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk ukuran molekul penyerap, daya larut penyerap dan struktur pori karbon. Karakteristik perlakuan karbon aktif yang diterapkan di industri

⁵² *Ibid.*, p. 317.

⁵³ *Ibid.*, p. 317.

⁵⁴ Christian L Hackman, at.al., *Hazardous Waste Operation & Emergency Response Manual*, (New York: Mc Graw Hill, 2002), p. A2.

mencakup penambahan berat molekul adalah konduktif memberi penyerapan yang lebih baik dan kenaikan tingkat penyerapan akan menurunkan daya larut penyerap.⁵⁵

Pada hakikatnya pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi adalah upaya pencegahan polusi air dengan pemberian karbon aktif kadar tinggi yang memiliki daya serap untuk menghilangkan atau menurunkan kadar bahan pencemar yang terkandung didalam air limbah sehingga limbah cair itu memenuhi syarat untuk dapat dibuang dan atau memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

b. Pemberian Karbon Aktif Kadar Rendah

Pemberian karbon aktif dengan kadar rendah pada umumnya merupakan biaya efektif untuk menurunkan konsentrasi zat organik yang cukup rendah dalam air. Selain itu Robert Noyes mengungkapkan bahwa penyerapan karbon aktif secara fisik menguraikan zat-zat organik dan kimia non organik dari air melalui permukaan karbon. Tingkat penyerapan karbon aktif ini akan berkurang dengan penurunan konsentrasi.⁵⁶

Menurut Metcalf dan Eddy, bahwa dibawah kondisi optimum pemberian karbon aktif dapat menurunkan nilai COD sampai kurang dari 10 mg /L.⁵⁷ Penyerapan ini dipengaruhi oleh banyak factor, termasuk ukuran molekul penyerap, daya larut penyerap, dan struktur pori karbon.⁵⁸

⁵⁵ Howard H. Lo., *Handbook of Industrial and Hazardous Wastes Treatment*, (New York: Marcel Dekker, 2004), pp. 1032-1033

⁵⁶ Robert Noyes, 2001., *op cit.*, p. 380

⁵⁷ Metcalf and Eddy, 2003, *op cit.*, p. 1149

Karbon aktif memiliki sifat-sifat yang spesifik tergantung pada sumber daya materi dan mode aktivasi. Kapasitas serap merupakan efektivitas karbon dalam menghilangkan unsur utama seperti COD, warna, dan fenol dari air limbah. Suatu dosis karbon sebesar 500 mg /L dicampur dengan limbah selama beberapa waktu dan tingkat penyerapan ditentukan atas interval waktu yang dipilih. Jika nilai keseimbangan setelah 2 jam adalah lebih besar dari 90 % dari nilai 24 jam, maka uji yang 2 jam tadi dapat digunakan.⁵⁹

Dari uraian beberapa teori diatas dapat disimpulkan bahwa pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah adalah upaya pencegahan polusi air dengan pemberian karbon aktif kadar rendah yang masih memiliki daya serap yang cukup dan biaya efektif untuk menghilangkan atau menurunkan kadar bahan pencemar yang terkandung dalam air limbah sehingga limbah cair itu memenuhi syarat untuk dibuang atau memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

3. Keterampilan Manajerial

Keterampilan adalah suatu kemampuan atau kecakapan dalam melaksanakan tugas khusus.⁶⁰ Sebagai pembuat keputusan, para eksekutif menggunakan tiga keterampilan dasar yang kita sebut keahlian

⁵⁸ Metcalf and Eddy, 2003, *op cit.*, p. 1149

⁵⁹ Wesley Eckenfelder, 2000, *op cit.*, pp. 421-422

⁶⁰ Ivancevich, John M dan Gibson James L., *Management: Principles and Functions*, (Boston: BPI Irwin, 1989), p. 32

teknis, manusia, dan keahlian konseptual.⁶¹ Tiga ketrampilan ini meliputi : (1) keahlian teknis termasuk kemampuan menggunakan metode, peralatan, dan teknik yang terlibat dalam melaksanakan tugas khusus, (2) keahlian manusia menunjukkan kemampuan bekerja secara efektif dengan orang lain seperti memahami perasaan orang lain dan menghargai orang lain termasuk bawahan, dan (3) keahlian konseptual termasuk kecerdasan, kemampuan lisan, dan kemampuan melihat seluruh perusahaan atau organisasi sebagai suatu unit operasi.

Menurut Williams, bahwa manajer yang baik memiliki keterampilan teknis, manusia, dan keterampilan konseptual, serta memiliki motivasi untuk mengelola. Keterampilan manajerial ini meliputi.⁶² :

(1) keterampilan teknis adalah kemampuan untuk menerapkan prosedur, teknik, dan pengetahuan khusus yang diperlukan guna menyelesaikan pekerjaan, (2) keterampilan manusia adalah kemampuan untuk bekerja sama dengan orang lain, dan (3) keterampilan konseptual adalah kemampuan untuk melihat organisasi sebagai keseluruhan, yaitu dapat mempengaruhi bagian lainnya dan dapat menyesuaikan diri atau dipengaruhi oleh lingkungan eksternalnya. Sedangkan menurut Robert L Katz dalam James A.F. Stoner telah mengidentifikasi tiga jenis utama keterampilan, yaitu :⁶³

(1) Keterampilan teknis adalah kemampuan untuk menggunakan alat –

⁶¹ Vernon AM & Eugene H, *Introduction to Modern Business, Issues and Environment*, (New Jersey : Prentice Hall Int'l, 1981), p. 90.

⁶² Ghuck Wiliams., *Management*, (Jakarta: Salemba Empat, 2001), p.6.

⁶³ Stoner, James AF., *Management, 2nd Edition*, (New Jersey: Prentice-Hall, 2003), p.19

alat, prosedur, dan teknis dari suatu bidang yang bersifat khusus.

Para manajer membutuhkan ketrampilan teknis yang memadai untuk melaksanakan semua tugas dan pekerjaan yang menjadi tanggung jawabnya.

- (2) Keterampilan manusia adalah kemampuan untuk memahami dan memotivasi orang lain, baik sebagai perorangan maupun sebagai kelompok. Untuk dapat berperan efektif dalam melaksanakan tugas-tugasnya bersama dengan para anggota organisasi lainnya dan untuk dapat memimpin kelompok kerjanya sendiri, maka manajer perlu menguasai keterampilan hubungan manusia ini secara prima.
- (3) Keterampilan konseptual adalah kemampuan mental untuk mengkoordinasikan dan memadukan semua kepentingan dan kegiatan organisasi. Ini mencakup kemampuan manajer untuk memahami organisasi secara keseluruhan dan memahami saling ketergantungan antar setiap bagian dari organisasi.

Richard Daft berpendapat, bahwa seluruh manajer harus memiliki kemampuan atau keterampilan atas masing-masing bidang agar dapat bekerja dengan efektif. Keterampilan ini meliputi.⁶⁴: (1) Keahlian konseptual (*conceptual skill*) merupakan kemampuan kognitif untuk melihat organisasi secara keseluruhan dan keterkaitan diantara bagiannya. Keahlian konseptual melibatkan pemikiran manajer, pengolahan informasi dan kemampuan perencanaan. Ini berarti

⁶⁴ Richard L Daft, *Management 6 th Edition*, (Philadelphia: Dryden Press, 1990), pp. 15-17.

kemampuan untuk berpikir strategis dengan pandangan yang luas dan jangka panjang, (2) keahlian manusia (*human skill*) adalah kemampuan manajer untuk bekerja dengan dan melalui orang lain, serta secara efektif sebagai anggota kelompok dengan cara berhubungan dengan orang lain, termasuk kemampuan untuk memotivasi, memfasilitasi, mengorganisasi, memimpin, berkomunikasi dan menyelesaikan konflik, serta memungkinkan bawahannya untuk mengekspresikan diri mereka sendiri dan mendorong partisipasi, dan (3) keahlian teknis (*technical skill*) merupakan pemahaman dan kefasihan dalam melakukan tugas tertentu yang mencakup penguasaan metode, teknik, dan peralatan yang digunakan didalam fungsi tertentu, seperti rekayasa atau manufaktur. Keahlian teknis juga mencakup pengetahuan khusus, kemampuan analisis, dan penggunaan alat dan teknik yang tepat untuk menyelesaikan masalah dalam bidang disiplin ilmu tertentu.

Untuk mencapai kinerja manajerial yang efektif, diperlukan sejumlah keterampilan tertentu. Bauran keterampilan akan berbeda, tergantung pada tingkatan manajer dalam organisasi. Adapun keterampilan dan bauran yang diperlukan dapat ditunjukkan seperti pada gambar berikut ini.

Manajemen Puncak

K o n s e p t u a l
Hubungan dengan Manusia
Teknikal

Manajemen Menengah

K o n s e p t u a l
Hubungan dengan Manusia
Teknikal

Manajemen Tingkat Bawah

K o n s e p t u a l
Hubungan dengan Manusia
Teknikal

Gambar 2.2 : Keterampilan Para Manajer⁶⁵

Gambar yang disajikan menunjukkan, bahwa terdapat tiga macam keterampilan dasar yang diperlukan oleh semua manajer,⁶⁶ adalah (1) keterampilan teknis yakni kemampuan untuk menggunakan peralatan, prosedur-prosedur atau teknik dalam bidang terspesialisasi tertentu, (2) keterampilan untuk berhubungan dengan manusia (*human skill*), yaitu kemampuan untuk bekerja sama dan memahami manusia, guna dapat *me-manage* manusia secara efektif, para manajer perlu berpartisipasi secara efektif dengan manusia lain, dan (3) keterampilan konseptual, berupa kemampuan untuk memahami semua aktivitas dan kepentingan

⁶⁵ Winardi, J. *Teori Organisasi & Pengorganisasian*, (Jakarta: Raja Grafindo Persada, 2006), p. 60.

⁶⁶ *Ibid.*, p. 61.

organisasi yang bersangkutan. Keterampilan ini mencakup kemampuan untuk memahami bagaimana organisasi yang ada berfungsi secara keseluruhan. Selain itu bagaimana bagian-bagian dari organisasi berhubungan satu sama lain.

Menurut Gary Yukl, bahwa kemampuan manajerial adalah dalam kaitannya dengan sebuah taksonomi tiga keterampilan dinyatakan sebagai berikut :⁶⁷

- 1) Keterampilan teknis (*technical skill*). Pengetahuan mengenai metode, proses, prosedur, dan teknik untuk melakukan sebuah kegiatan khusus, dan kemampuan untuk menggunakan alat-alat dan peralatan yang relevan bagi kegiatan tersebut.
- 2) Keterampilan untuk melakukan hubungan antara pribadi (*interpersonal skill*). Pengetahuan tentang perilaku manusia dan proses-proses hubungan antar pribadi, kemampuan untuk mengerti perasaan, sikap serta motivasi orang lain, kemampuan untuk dapat berkomunikasi secara jelas dan efektif (kemampuan meyakinkan orang / persuasiveness) serta kemampuan untuk membuat hubungan yang efektif dan kooperatif (kebijakan, diplomasi, keterampilan mendengarkan, pengetahuan mengenai perilaku sosial yang dapat diterima).
- 3) Keterampilan konseptual (*conceptual skill*). Kemampuan analitis umum, berfikir nalar, kepandaian dalam membentuk konsep, dan kreativitas dalam mengembangkan ide dan pemecahan masalah, kemampuan untuk

⁶⁷ Gary A. Yukl., *Leadership in Organizations, 3e*, alih bahasa : Jusuf Udaya, (Jakarta: Prenhallindo, 1998), p. 214

menganalisis peristiwa-peristiwa dan mengantisipasi perubahan-perubahan, dan melihat peluang serta masalah potensial.

Menurut Stephen P. Robbins., bahwa kemampuan manajerial meliputi : (1) keahlian teknis (*technical skill*) yaitu kemampuan untuk menerapkan pengetahuan atau keahlian khusus yang berfokus pada keahlian teknis lewat pendidikan formal yang ekstensif, (2) keahlian personal, yaitu kemampuan untuk bekerja sama, memahami, dan memotivasi individu lain, baik secara individual maupun dalam kelompok dan kemampuan untuk berkomunikasi dan mendelegasikan, dan (3) keahlian konseptual (*conceptual skill*) yaitu kemampuan mental untuk menganalisis dan mendiagnosis situasi-situasi yang rumit.⁶⁸

Menurut Ainsworth, Murray, para manajer yang efektif menggunakan beberapa keterampilan yang berbeda :⁶⁹

-) Keterampilan teknis untuk mengelola hal / benda, misalnya penggunaan konsentrasi karbon aktif dan suhu air limbah.
-) Keterampilan kognitif (berpikir) untuk mengelola ide, misalnya strategi pengelolaan limbah, rencana mengelola lingkungan (RKL) dan sistem.
-) Keterampilan interpersonal untuk mengelola orang, hubungan dan dirinya sendiri.
-) Keterampilan administratif untuk mengelola proses dan prosedur.

⁶⁸ Stephen Robbins and Mary Coulter, *Management, 7th edition*, (New Jersey: Prentice Hall, 2002), p.11.

⁶⁹ Ainsworth, Murray, et.al. *Managing Performance Managing People*, alih bahasa: Tanto S. (Jakarta: Buana Ilmu Populer, 2002), p. 75

Jika alat-alatnya tidak cukup baik, “kemampuan” tidak dapat dimanfaatkan secara efektif.

Menurut Bartol dan Martin bahwa para manajer memiliki tiga keterampilan dasar yaitu: (1) keterampilan teknis merupakan keterampilan yang menggambarkan pemahaman dan keahlian dalam bidang khusus seperti teknik dan manufaktur, (2) keterampilan manusia yaitu keterampilan yang berhubungan dengan kemampuan manajer untuk bekerja baik dengan orang lain sebagai anggota kelompok dan sebagai seorang pemimpin yang memperoleh hasil melalui pekerjaan orang lain, dan (3) keterampilan konseptual adalah keterampilan memvisualisasi organisasi secara keseluruhan, antar bagian organisasi dalam konteks industri, komunikasi, dan dunia.⁷⁰

Seorang manajer yang efisien adalah manajer yang mencapai output atau keluaran yang sesuai dengan input (tenaga kerja, bahan-bahan, dan waktu) yang digunakan untuk mencapai output itu. Manajer yang mampu meminimalkan ongkos sumberdaya yang digunakannya untuk mencapai tujuan dianggap telah bertindak secara efisien.⁷¹

Menurut Daft, manajer pada perusahaan juga menggunakan teknologi baru untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas. Kadang kala upaya manajer untuk meningkatkan efisiensi dapat merusak efektivitas organisasi, terutama yang terkait dengan upaya pemotongan biaya. Tanggung jawab utama manajer adalah mencapai kinerja yang tinggi yaitu

⁷⁰ Kathryn Bartol dan David C. Martin, *Management*, (New York: McGraw Hill, 1991), p.18.

⁷¹ James AF Stoner and Charles Wankel, *Management 2nd Edition*, . (Jakarta: Rineka Cipta, 2003), p.16.

pencapaian tujuan organisasi dengan menggunakan sumber daya secara efisien dan efektif.⁷²

Menurut Williams, uraian tanggung jawab manajerial oleh Pat Carrigan menunjukkan bahwa para manajer juga harus peduli dengan efisiensi pada proses kerja yaitu menyelesaikan pekerjaan dengan usaha, biaya, atau pemborosan yang minimum.⁷³

Tugas manajerial disini adalah untuk mengembangkan alokasi sumber-sumber daya terbaik, yang akan menghasilkan output yang diinginkan.⁷⁴

Menurut Emery dan Trist, dalam *randomized environment*, variabel-variabel yang menguntungkan organisasi maupun ancaman yang merugikan organisasi sangat mudah untuk diakses, tidak berubah dan terdistribusi dengan acak. Dalam kondisi yang demikian, eksistensi organisasi akan banyak didukung melalui pengelolaan sumber daya dengan sebaik-baiknya secara efisien dan efektif.⁷⁵

Dari deskripsi teori diatas dapat disimpulkan, bahwa keterampilan manajerial adalah kemampuan menggunakan alat, prosedur, dan teknik dalam melakukan tugas khusus dengan bekerja sama dan memotivasi orang lain, serta memahami semua aktivitas dan kepentingan organisasi secara keseluruhan.

⁷² Richard L Daft, 1990, *op. cit.*, p. 13

⁷³ Chuck Williams, 2001, *op. cit.*, p. 6.

⁷⁴ Winardi, J., 2006, *op. cit.*, p.51.

⁷⁵ Haryono Umar, *Strategic Control*, (Jakarta: Universitas Trisakti, 2006), p.159

B. Hasil Penelitian yang Relevan

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Chirisandini (1995) dengan tema Pengolahan Air Buangan Tekstil dengan metode Kontak Stabilisasi yang dikombinasikan dengan Karbon Aktif Bubuk. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa tingkat efisiensi penurunan kadar BOD sebesar 84,5% dan COD sebesar 80 % dengan system pengolahan menggunakan kontak stabilisasi dengan Lumpur aktif.

Penelitian yang dilakukan oleh Diah Istiati (1996) dengan tema Efisiensi Penyisihan BOD dan COD pada Air Limbah Tekstil tanpa menggunakan Karbon Aktif, menunjukkan hasil, bahwa efisiensi penurunan kadar BOD sebesar 73,2 % dan COD sebesar 65,6 % Dengan menggunakan karbon aktif 200 mg diperoleh efisiensi penyisihan COD total 53,82 % dan COD saring 75,09 %.

Penelitian yang dilakukan oleh Elina H, dan Agus Suprpto lewat tema "Analisis Efisiensi Fisik dan Ekonomi Instalasi Pengolahan Air Limbah di PT "X", menunjukkan hasil, bahwa tingkat efisiensi untuk parameter COD berkisar 40 %. Hasil perhitungan kelayakan ekonomi instalasi pengolahan air limbah tekstil $NPV = -3.121.730,70$ atau $NPV < 0$ artinya tidak layak secara ekonomis, sedangkan nilai manfaat dan biaya : $BCR = 0,045$ atau $BCR < 1$, artinya kinerja IPAL tidak efisien.

Penelitian yang dilakukan Tim urusan limbah KLH, menunjukkan, bahwa dengan menggunakan kombinasi proses pengendapan kimia dan biofilter diperoleh efisiensi penurunan COD yang lebih baik yaitu 92 %.

C. Kerangka Berpikir

Dengan mengacu pada berbagai deskripsi teoretik sebelumnya, maka pengaruh pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD, dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah.

Pengendalian polusi air merupakan suatu prosedur untuk mengukur polutan atau zat pencemar dalam air limbah dibandingkan dengan standar atau baku mutu air limbah yang telah ditetapkan. Pengendalian polusi dapat dilakukan melalui pemberiaan karbon aktif sebagai upaya untuk menghilangkan atau menurunkan kadar bahan pencemar terutama kadar COD (*chemical Oxigent Demand*) yang terkandung dalam air limbah sehingga limbah cair itu memenuhi syarat untuk dapat dibuang atau memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Dengan demikian dalam pengelolaan limbah cair untuk mendapatkan hasil yang efektif dan efisien perlu dilakukan langkah-langkah terpadu yang dimulai pada upaya minimisasi limbah, pengolahan limbah hingga pembuangan limbah. Upaya untuk menurunkan zat pencemar COD harus dapat mendatangkan keuntungan terhadap lingkungan melalui pencegahan polusi dan penghematan biaya industri sehingga akan mendatangkan perbaikan ekonomi. Usaha meningkatkan efisiensi penurunan COD merupakan hasil

dari pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dengan kadar tinggi dan kadar rendah yang mana salah satu dari kedua takaran karbon aktif tersebut akan menghasilkan penurunan zat pencemar COD yang lebih efisien.

Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dengan kadar tinggi adalah inovasi baru dalam menggunakan bahan kimia yang tidak bersifat racun dan mudah terdegradasi untuk menurunkan zat pencemar lingkungan baik berupa zat organik maupun zat kimia non organik dalam air limbah yang diukur dengan parameter nilai COD. Limbah yang terbuang dapat menimbulkan pencemaran, dengan demikian pencemaran dapat menjadi petunjuk (indikator) rendahnya efisiensi suatu proses produksi. Oleh karena itu agar upaya pencegahan pencemaran tersebut berhasil dengan baik perlu diberi takaran karbon aktif dengan kadar tinggi 3 g/L guna menurunkan kadar COD sampai ketinggian efisiensi optimum yaitu 90 %.

Penggunaan karbon aktif pada kadar tinggi masih relatif aman bagi kesehatan manusia dan kehidupan akuatik, serta mudah diterapkan oleh manajer perusahaan Industri yang memiliki IPAL, karena tersedia cukup dilingkungan alam. Semakin banyak karbon aktif diberikan, akan semakin tinggi tingkat efisiensi penurunan COD. Tingginya efisiensi penurunan COD karena bertambahnya karbon aktif akan menambah pula luas permukaan dan pori-pori karbon aktif untuk meningkatkan daya serap dalam mereduksi zat pencemar. Karbon aktif sebagai zat penyerap

berfungsi menghilangkan zat organik dan beberapa zat kimia non organik seperti nitrogen, sulfida dan logam berat. Dibawah kondisi normal, setelah perlakuan dengan karbon aktif COD yang dikeluarkan IPAL dapat diturunkan antara 10 – 20 mg /L.

Zat – zat kimia ini secara fisik diserap pada permukaan karbon sebesar 500 – 1.000 m² / gram. Penyerapan karbon digunakan untuk menyisihkan zat –zat organik yang tercampur air dan juga menyisihkan zat – zat non organik yang terseleksi dari pengenceran. Penyerapan air dan karbonisasi oleh bahan karbon ini diiringi dengan keaktifan memperbesar pembukaan pori–pori dan menambah luas permukaan guna meningkatkan kapasitas daya serap karbon.

Pengendalian polusi dengan karbon aktif kadar rendah pada umumnya merupakan biaya efektif untuk menurunkan konsentrasi zat organik yang cukup rendah dalam air. Pada kondisi dibawah optimum nilai COD yang dikeluarkan dapat diturunkan sampai kurang dari 10 mg /L. Rencana pemberian karbon aktif didasarkan pada penurunan COD sebesar 85 % dari rata-rata kadar karbon aktif sebesar 250 mg /L. Hal ini menunjukkan bahwa COD output berada dalam rentang taraf yang diprediksi ketika kadar COD input tidak melebihi rencana dasar.

Tingkat penyerapan karbon aktif ini akan menurun dengan berkurangnya pemberian karbon aktif karena jumlah butiran atau serbuk karbon dalam air limbah dengan sendirinya juga akan berkurang yang pada gilirannya akan menurunkan kapasitas daya serap karbon aktif

terhadap bahan organik koloid dan terlarut dari pengenceran dan mampu menguraikan deterjen (surfaktan).

Rendahnya efisiensi penurunan COD merupakan indikator adanya zat pencemar limbah cair yang memberi dampak pada pencemaran lingkungan. Perlu disadari bahwa pencemaran lingkungan ini justru lebih berbahaya bagi kehidupan masyarakat dibandingkan dengan keuntungan yang dihasilkan dari pemanfaatan sumber daya. Dalam hal ini akan timbul apa yang disebut eksternalitas ekonomi negatif (Externalities diseconomies), yaitu timbulnya biaya-biaya yang biasanya tidak diperhitungkan di dalam pasar dan harga-harga. Eksternalitas negatif ini mengakibatkan alokasi sumber daya tidak bisa mencapai efisiensi maksimum dan timbul ketidakadilan dalam masyarakat. Untuk menghentikan ketidakadilan ini tidak mungkin dengan menghentikan pula kegiatan industri, karena hal ini bahkan akan menurunkan kesejahteraan masyarakat secara cepat. Bila pabrik menurun usahanya, pekerja kehilangan pendapatannya sehingga perekonomian tidak berkembang atau bahkan menurun. Jika alokasi sumber daya tidak memperhitungkan dampak lingkungan maka alokasi itu dianggap tidak efisien.

Dari uraian yang telah disampaikan diatas diduga, bahwa pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien menurunkan COD dibandingkan pemberian karbon aktif dengan kadar rendah.

2. Perbedaan Efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah bagi keterampilan manajerial tinggi.

Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi akan meningkatkan efisiensi penurunan COD bila dikelola dengan manajer yang memiliki ketrampilan tinggi karena manajer dalam mengendalikan polusi air limbah melalui pemberian karbon aktif sampai kadar tinggi berarti akan menambah jumlah pori-pori pada permukaan karbon yang pada gilirannya akan menambah daya serap karbon aktif untuk menghilangkan atau menurunkan zat pencemar COD. Apalagi bila didukung oleh manajer berketrampilan tinggi selain dia memahami metode, proses, prosedur dan teknik menggunakan karbon aktif secara efektif, manajer juga lebih mampu bekerja sama dan memotivasi operator dalam mengendalikan polusi air limbah sehingga efisiensi penurunan zat pencemar COD dapat meningkat meskipun penggunaan karbon aktif dengan kadar tinggi kurang ekonomis.

Manajer yang memiliki ketrampilan tinggi dalam mengendalikan polusi air limbah industri lebih berorientasi pada pemberian karbon aktif kadar rendah dibandingkan karbon aktif dengan kadar tinggi karena karbon aktif dengan kadar rendah selain memiliki sifat daya serap yang cukup signifikan terhadap zat pencemar dalam air limbah secara ekonomis pemakaiannya juga lebih efisien.

Berdasarkan pemikiran tersebut diduga bahwa pada taraf keterampilan manajerial tinggi penurunan zat pencemar COD dalam

pengendalian polusi lebih efisien diberi karbon aktif kadar rendah dibandingkan pemberian karbon aktif dengan kadar tinggi.

3. Perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah bagi keterampilan manajerial rendah.

Pengendalian polusi bagi manajer yang berkecakupan rendah lebih dominan pada kecakupan teknis melakukan tugas yakni kemampuan menggunakan alat, prosedur dan teknik melakukan tugas khusus ketimbang kecakupan manusia yaitu kemampuan bekerja sama dan memotivasi orang lain termasuk mengorganisasi, memimpin, berkomunikasi dan menyelesaikan konflik serta kecakupan konseptual yang meliputi kemampuan kognitif untuk melihat organisasi secara keseluruhan dan keterkaitan antar bagian yang melibatkan pengolahan informasi dan perencanaan serta berpikir strategis jangka panjang sehingga manajer yang berkecakupan rendah tidak terlalu banyak memahami, mengarahkan dan memotivasi orang lain atau bawahan seperti operator sehingga kemampuan manajerial dalam mengendalikan polusi tidak dapat dimanfaatkan secara efektif. Meskipun perusahaan memiliki tenaga operator IPAL terbaik bila diberi instruksi atau arahan yang salah segera akan memberikan kinerja yang buruk dalam memberi karbon aktif dengan takaran yang tidak akurat sehingga penurunan COD menjadi tidak efisien.

Dengan demikian diduga bahwa pada taraf keterampilan manajerial rendah pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dengan kadar tinggi lebih efisien menurunkan COD dibandingkan pemberian karbon aktif dengan kadar rendah.

4. Interaksi antara Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan Keterampilan manajerial terhadap Efisiensi penurunan COD

Salah satu strategi pengelolaan limbah yang dilakukan oleh para manajer perusahaan manufaktur dalam rangka meningkatkan efisiensi penurunan COD adalah pengendalian polusi air limbah melalui pemberian karbon aktif. Dalam implementasinya manajer berupaya menggunakan karbon aktif lebih efektif dan efisien baik memakai takaran kadar rendah maupun kadar tinggi agar efisiensi penurunan zat pencemar COD dapat mencapai optimum. Hambatan dalam mencapai efisiensi optimum ini adalah bergantung pada tingkat keterampilan manajerial dalam mengendalikan polusi air limbah. Tingkat kemampuan manajerial seseorang dipengaruhi oleh tiga ketrampilan dasar yaitu ketrampilan teknis, keterampilan manusia, dan keterampilan konseptual. Jika ketrampilan manajerial ini tidak dapat dimanfaatkan secara efektif maka tenaga operator IPAL dan Lab terbaik di perusahaan bila diberi instruksi atau arahan yang salah segera akan memberikan kinerja yang buruk dalam mengendalikan polusi melalui pemberian karbon aktif yang tidak akurat sehingga penurunan zat pencemar menjadi tidak efisien.

Oleh sebab itu diduga pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dengan kadar rendah pada taraf keterampilan manajerial tinggi masih dapat menghasilkan efisiensi penurunan COD yang lebih tinggi. Sedangkan pada taraf keterampilan manajerial rendah pengendalian polusi dengan karbon aktif kadar tinggi lebih efisien dari pada kadar rendah. Dengan demikian berdasarkan kerangka berpikir ini diduga terdapat pengaruh interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD.

D. Hipotesis Penelitian

Dari deskripsi teoretik dan kerangka berpikir diatas dapat diajukan suatu hipotesis penelitian, bahwa diduga :

1. Secara keseluruhan terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif.kadar tinggi dan kadar rendah.
2. Pada taraf keterampilan manajerial tinggi, pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah lebih efisien menurunkan COD dibandingkan pemberian karbon aktif dengan kadar tinggi..
3. Pada taraf keterampilan manajerial rendah, pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien

menurunkan COD dari pada pemberian karbon aktif dengan kadar rendah.

4. Terdapat pengaruh Interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi secara empiris mengenai efisiensi penurunan COD melalui suatu eksperimen di Unit IPAL Pabrik Tekstil PT. LQ Kawasan Industri Pulau Gadung Jakarta Timur

Berdasarkan perumusan masalah yang telah dikemukakan maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui :

1. Perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah.
2. Perbedaan efisiensi penurunan COD antara keterampilan manajerial tinggi dan keterampilan manajerial rendah.
3. Interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD .

B. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Perusahaan Industri Tekstil PT. Leader Qualitex yang berlokasi di Jl. Rawa Gelam I No. 7 Kawasan Industri Pulau Gadung, Jakarta Timur.

Kegiatan penelitian dilaboratorium dilaksanakan selama 2 bulan dari tanggal 1 April sampai 30 Mei tahun 2008. Tahapan penelitian yang dilalui adalah : (1) Pra Survai, (2) Eksperimen, (3) Pengumpulan Data, dan (5) Analisis Data.

Penelitian dilakukan selama 3 bulan, dengan dua kali eksperimen dari bulan April sampai bulan Juni tahun 2008.

C. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif eksperimen dengan disain penelitian : faktorial 2 x 2. yang ditata dalam bentuk rancangan acak kelompok (RAK) dengan dua kali ulangan (replikasi). Pada penelitian ini variabel bebas adalah pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif (A), dan keterampilan manajerial (B), sedangkan variabel terikatnya adalah efisiensi penurunan COD.

Analisis COD dilakukan menurut cara analisis dari *standar Method for the Examination of Water & Wastewater, 12th , edition, Am. Publish. Health As. Washington DC, page: 514 – 519 .*

Dalam penelitian ini, efisiensi penurunan COD diperoleh dari kelompok kombinasi yang diberi perlakuan seperti pada tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1. Desain Penelitian

Variabel Atribut		Perlakuan	Pengendalian polusi melalui pemberian Karbon Aktif (A)	
			Kadar Tinggi (A ₁)	Kadar Rendah (A ₂)
Keterampilan manajerial (B)	Tinggi (B ₁)		A₁ B₁	A₂ B₁
	Rendah (B ₂)		A₁ B₂	A₂ B₂

Keterangan :

Variabel Terikat (Y) = Efisiensi penurunan COD

Variabel Bebas :

Faktor A = Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif.

A₁ = kadar tinggi (3 g /L)

A₂ = kadar rendah (2 g /L)

Variabel Atribut :

B₁ = keterampilan manajerial tinggi

B₂ = keterampilan manajerial rendah

D. Populasi dan Teknik Pengambilan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh karyawan PT. LQ sebanyak 352 orang. Sedangkan populasi target adalah karyawan bagian produksi PT. Leader Qualitex sebanyak 120 orang. Sementara itu yang menjadi populasi terjangkau adalah 80 karyawan pada instalasi pengolahan air limbah (IPAL) di PT. Leader Qualitex dari seluruh

karyawan di bagian produksi. Berdasarkan disain faktorial 2×2 yang terdiri dari 4 kelompok kombinasi perlakuan diperlukan sampel sebanyak 80 responden dari populasi terjangkau di bagian IPAL dan produksi. Sedangkan pengambilan sampel untuk setiap kelompok diperlukan sebanyak 20 responden dengan pengulangan dua replikasi. Kemudian setiap kombinasi perlakuan dipilih secara acak (random sampling) dalam bentuk rancangan acak kelompok (RAK). Random sampling adalah teknik pengambilan sampel dimana setiap unit penelitian dari populasi mempunyai kesempatan yang sama untuk dipilih sebagai sampel. Sampel dari kombinasi perlakuan ini diacak menurut pola RAK seperti tabel dibawah ini.

Tabel 3.2. Rancangan Acak Kelompok (RAK)

Replikasi (r)	Kombinasi Perlakuan AB			
	1	2	3	4
1	A ₂ B ₁	A ₁ B ₂	A ₁ B ₁	A ₂ B ₂
2	A ₁ B ₂	A ₂ B ₁	A ₂ B ₂	A ₁ B ₁

Dari Tabel rancangan acak kelompok (RAK) di atas, kombinasi perlakuan yang diobservasi terlebih dahulu pada replikasi pertama adalah A₂B₁, kemudian A₁B₂, A₁ B₁ dan seterusnya sampai A₂ B₂. Selanjutnya untuk replikasi kedua dimulai dari A₁ B₂ dan seterusnya sampai A₁ B₁. Berikut ini adalah salah satu rangkaian kegiatan pengendalian polusi air di perusahaan PT. Leader Qualitex.

E. Kegiatan Pengendalian Polusi Air

Pengendalian polusi air dalam penelitian ini dilakukan melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah. Pengendalian pencemaran air menurut penjelasan (PP Nomor 20 tahun 1990) merupakan kegiatan yang mencakup : (1) inventarisasi kualitas dan kuantitas pada sumber air menurut sistem wilayah tata pengairan, (2) penetapan golongan air menurut peruntukannya, baku mutu air dan baku beban pencemaran untuk golongan air tersebut, serta baku mutu limbah cair untuk setiap jenis kegiatan, (3) penetapan mutu limbah cair yang boleh dibuang oleh setiap kegiatan ke dalam air pada sumber air, dan pemberian izin pembuangannya, (4) pemantauan perubahan kualitas air pada sumber air dan mengevaluasi hasilnya.

Salah satu kegiatan yang diterapkan dalam penelitian ini adalah pemantauan perubahan kualitas air pada bak filtrasi dan mengevaluasi hasil pengolahan air limbah dengan adsorpsi karbon aktif. Bila kegiatan pemberian karbon aktif ini telah mencapai efisiensi penurunan COD optimum sebesar 90 % maka polusi air limbah berhasil dikendalikan. Untuk itu perlu dilakukan pemantauan dan evaluasi kualitas air melalui suatu pengujian sebagai berikut :

1. Pengujian Awal

Kegiatan pengujian awal meliputi :

- a. Pengambilan sampel air limbah di bak filtrasi secara acak dan uji kadar COD input di lab kimia.

- b. Membandingkan COD dengan kadar COD standar ($< 150 \text{ mg /L}$)
- c. Pengambilan sampel air limbah di tangki penampungan air dan uji kadar COD output.
- d. Nilai efisiensi penurunan COD ditentukan dengan rumus Metcalf dan Eddy (2003:699).

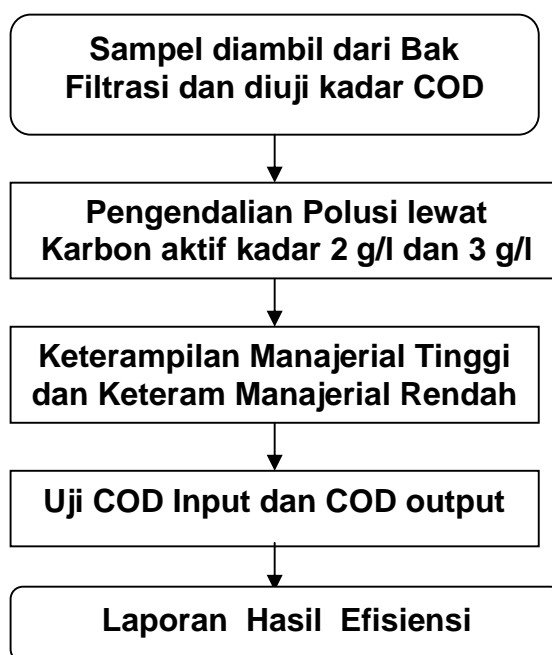
2. Pelaksanaan Pengujian

a. Pengujian Sampel Air Limbah

Pengujian terhadap kadar karbon aktif untuk menurunkan COD adalah sebagai berikut :

- Sampel air limbah diambil secara acak dari bak filtrasi dan diuji kadar COD input.
- Contoh uji air limbah hasil buangan dimasukkan ke dalam beaker glass 200 ml dan mempersiapkan bubuk karbon aktif.
- Karbon aktif bubuk ditimbang masing-masing kadar rendah 2 g/L dan kadar tinggi 3 g/L dan dimasukkan ke dalam beaker glass yang telah berisi air limbah dari bak filtrasi.
- Beaker glass berisi air limbah dan karbon aktif diaduk dengan kecepatan jar tes 100 rpm selama 1 jam.
- Pengadukan dihentikan dan sampel dibiarkan mengendap selama 15 menit.
- Analisis COD dalam air limbah diuji berdasarkan metode standar pengujian air limbah dari Asosiasi Kesehatan Washington DC, USA.

- Setiap pengujian dilakukan dengan cara yang sama untuk taraf keterampilan manajerial tinggi dan tingkat keterampilan manajerial rendah.
- Tahapan pengujian COD dapat disimak pada gambar berikut ini :



Gambar 3.0.: Tahapan Pengujian COD

b. Instrumen Tes Lab

Peralatan Tes Lab meliputi : (1) refluks, (2) gelas kimia 250 ml, (3) pH Indikator, (4) timbangan, (5) corong, (6) pipet gondok, (7) tabung, (8) buret, (9) erlenmeyer, (10) oven / thermostat, (11) Kertas saring whatman 40.

c. Bahan Kimia

Bahan kimia yang digunakan meliputi :

- Larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,0417
- Larutan standar ferro amonium sulfat (FAS) dengan titrant fibroin 1-2 tetes atau 98 gram dan kemudian FAS diencerkan 1 liter.
- Ag_2SO_4 sebagai katalisator
- $HgSO_4$ untuk mengikat chlor
- Karbon Aktif
- Aquades

d. Prosedur Kerja

- Sampel 50 ml dimasukkan ke dalam tabung + 0,1 gram $HgSO_4$ + 7 ml Ag_2SO_4 + 10 ml $K_2Cr_2O_7$ + batu didih
- Dipanaskan (refluks) selama 2 jam
- Dititrasi dengan larutan standar ferro amonium sulfat sampai terjadi perubahan warna dari hijau biru menjadi coklat kemerahan.
- Hal yang sama dilakukan untuk blanko yang berisi aquades.
- Nilai COD ditentukan berdasarkan metode standar pengujian air limbah dari Asosiasi Kesehatan Washington DC, USA, halaman 514

3. Perhitungan Efisiensi Penurunan COD

Efisiensi penurunan COD dapat dihitung berdasarkan rumus Metcalf dan Eddy (2003:699) sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi penurunan COD} = (S_0 - S) / S_0 \times 100 \%$$

dimana : S_0 = Influent konsentrasi COD dalam mg /L

S = Efluent konsentrasi COD dalam mg /L

4. Pelaporan Hasil Efisiensi Penurunan COD

Berdasarkan disain penelitian faktorial 2 x 2 maka eksperimen dilakukan dengan empat kombinasi perlakuan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kelompok kadar tinggi dan kelompok kadar rendah dengan berbagai taraf keterampilan manajerial yang berbeda sehingga setiap kelompok dari 4 kombinasi perlakuan diperoleh hasil skor efisiensi penurunan COD yang berbeda.

F. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data efisiensi penurunan COD dilakukan lewat kuesioner atau angket pada lampiran 1 halaman 103 berupa lembaran pernyataan dari direksi, manajer, dan oprator IPAL PT. LQ termasuk staf Laboratorium Kimia setelah diberi perlakuan (*treatment*) tiap kelompok kombinasi perlakuan seperti yang digunakan oleh manajer di Unit pengolahan air limbah PT. LQ.

G. Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian yang digunakan dalam bentuk skala Likert berupa kuesioner dengan jawaban responden dalam bentuk data interval

berskala 1 sampai 4 guna menjangkau data skor efisiensi penurunan COD untuk setiap kelompok kombinasi perlakuan. Dalam penelitian ini dipergunakan satu paket instrumen yang sama untuk mengukur efisiensi penurunan COD baik pada perlakuan pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah maupun perlakuan keterampilan manajerial tinggi dan keterampilan manajerial rendah.

1. Variabel Efisiensi Penurunan COD

a. Definisi Konseptual

Efisiensi penurunan COD adalah kemampuan menggunakan sumber daya materi, uang, manusia dan energi seefektif mungkin dengan penggunaan input air limbah sedemikian rupa dan output air bisa diproduksi dengan biaya seminimal mungkin sehingga zat pencemar atau kadar COD dalam air limbah dapat diturunkan dan atau rasio selisih kadar COD input dan output terhadap kadar COD input. Sedangkan COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk proses oksidasi secara kimiawi dalam satuan unit kadar (% , ppm, & mg/l) sebagai parameter zat pencemar dalam air limbah. Indikator efisiensi penurunan COD adalah (1) kadar COD output berupa zat organik dan zat non organik, (2) kadar COD input termasuk sumber daya materi, tenaga kerja dan biaya.

b. Definisi Operasional

Efisiensi penurunan COD adalah skor efisiensi yang diperoleh dari hasil pengisian angket oleh responden melalui lembar pernyataan berupa pilihan ganda dalam hal rasio kadar COD output yang dapat diturunkan terhadap kadar COD input air limbah. Dari definisi konseptual dan definisi operasional tentang efisiensi penurunan COD diatas dapat dikembangkan menjadi indikator efisiensi yaitu : (1) kadar COD input termasuk sumber daya materi dan energi, tenaga kerja, dan biaya, serta (2) kadar COD output berupa zat organik dan zat non organik..

C. Kisi – Kisi Instrumen

Berdasarkan definisi operasional tersebut diatas, dilakukan pengukuran untuk mendapatkan nilai efisiensi penurunan COD. Kisi-kisi instrumen efisiensi penurunan COD ini disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 3.3. Kisi-kisi Instrumen Efisiensi Penurunan COD

No.	Indikator Aspek yang diukur	Nomor Butir	Jumlah
1	Kadar COD Input	1, 2, 3	3
	- Sumber daya materi	4, 5, 6, 7, 8	5
	- Sumber daya energi	9, 10, 11	3
	- Tenaga kerja	12, 13, 14, 15, 16, 17	6
	- Biaya karbon aktif	18	1
2	Kadar COD Output	19	1
	- Zat organik	20 dan 21	2
	- Zat non organik	22	1

d. Kalibrasi Instrumen Efisiensi penurunan COD

1). Validitas Instrumen

Tujuan uji validitas butir instrumen penelitian adalah untuk melihat keakurasian butir instrumen dalam mengukur variabel efisiensi penurunan COD. Dalam pengujian validitas instrumen digunakan korelasi *product moment*. Kriteria valid atau tidaknya butir instrumen dilakukan dengan cara membandingkan r_{hitung} dengan r_{tabel} . Jika $r_{hitung} > r_{tabel}$, maka butir dinyatakan valid, dan sebaliknya jika $r_{hitung} < r_{tabel}$, maka butir dinyatakan gugur dengan taraf $\alpha = 0,05$

Berdasarkan uji validitas butir yang menggunakan teknik korelasional *product moment* dengan nilai $r_{tabel} = 0,444$, diperoleh seluruh butir dari butir nomor 1 sampai nomor butir 22 adalah valid.

2). Reliabilitas Instrumen

Reliabilitas instrumen menunjukkan pada satu asumsi bahwa instrumen dapat dipercaya untuk digunakan sebagai alat penjarang data jika butir-butir instrumen tersebut sudah valid. Perhitungan Reliabilitas dengan menggunakan rumus *Spearman Brown*.

Dari perhitungan validitas butir yang valid sebanyak 22 butir, maka diperoleh koefisien reliabilitas instrumen untuk variabel efisiensi penurunan COD sebesar 0,971.

2. Variabel Pengendalian polusi melalui pemberian Karbon Aktif

a. Definisi Konseptual

Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif adalah suatu upaya pencegahan polusi air dengan pemberian karbon aktif yang memiliki daya serap untuk menghilangkan atau menurunkan kadar bahan pencemar yang terkandung dalam air limbah sehingga limbah cair itu memenuhi syarat untuk dapat dibuang atau memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Kadar karbon aktif adalah banyaknya gram molekul karbon aktif berupa arang karbon yang diaktifkan sebagai zat penyerap dalam satu liter air limbah.

b. Definisi Operasional

Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif adalah upaya mengurangi zat pencemar dalam air limbah dengan memberi karbon aktif kadar rendah 2 g /L, dan kadar tinggi 3 g /L. Hasilnya dapat dilihat dari skor efisiensi penurunan COD yang diperoleh dari lembar pernyataan responden berupa angket. Lembar pernyataan ini dipergunakan untuk mengukur variabel efisiensi penurunan COD. Untuk pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah diperoleh rentangan skor efisiensi antara 75 sampai 87.

Sedangkan untuk pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dilihat secara langsung dari skor yang diperoleh dari hasil pengukuran efisiensi penurunan COD adalah antara 80 sampai 90.

3. Variabel Keterampilan Manajerial

a. Definisi Konseptual

Keterampilan manajerial adalah kemampuan menggunakan alat, prosedur, atau teknik dalam melakukan tugas khusus dengan bekerja sama dan memotivasi orang lain, serta memahami semua aktivitas dan kepentingan organisasi secara keseluruhan. Indikator aspek yang diukur adalah (1) keterampilan teknis, (2) keterampilan manusia, dan (3) keterampilan konseptual.

b. Definisi Operasional

Keterampilan manajerial adalah kemampuan menggunakan alat, prosedur dan teknik mengukur kapasitas karbon aktif dengan kadar rendah dan kadar tinggi melalui kerja sama operator dan staf lab dalam menjalankan tugas khusus dan hasilnya dapat dilihat dari skor efisiensi penurunan COD pada lembar pernyataan. Untuk keterampilan manajerial rendah mempunyai rentangan skor efisiensi antara 73 sampai 90. Sedangkan keterampilan manajerial tinggi mempunyai rentangan skor efisiensi penurunan COD antara 76 sampai 87.

Instrumen yang digunakan untuk memperoleh skor keterampilan manajerial ini adalah instrumen yang sama dengan instrumen pada variabel efisiensi penurunan COD. Sedangkan indikator aspek yang diukur adalah sama dengan indikator pada definisi konseptual.

C. Kisi – Kisi Instrumen Keterampilan Manajerial

Berdasarkan definisi operasional diatas dilakukan pengukuran keterampilan manajerial dengan kisi-kisi instrumen seperti yang disajikan pada tabel berikut :

Tabel 3.5 : Kisi – Kisi Instrumen Keterampilan Manajerial

No.	Indikator Aspek yang diukur	Nomor Butir	Jumlah
1	Keahlian Teknis (<i>technical Skill</i>) - menggunakan karbon aktif - menjaga stabilitas suhu	1, 2, 3, 4	4
		5, 6	2
2	Ketrampilan manusia (<i>human skill</i>) - kemampuan bekerja sama	7, 8, 9, 10,	4
3	- memotivasi orang lain Keahlian Konseptual	11, 12, 13	3
	- menerapkan konsep	14, 15, 16, 17,	4
	- melakukan fungsi kontrol	18	1

d. Kalibrasi Instrumen variabel keterampilan Manajerial

1). Validitas Instrumen

Tujuan uji validitas butir instrumen penelitian adalah untuk melihat keakurasian butir instrumen dalam mengukur variabel kemampuan manajerial. Dalam pengujian validitas instrumen digunakan korelasi *product moment*. Kriteria valid atau tidaknya butir instrumen dilakukan dengan cara membandingkan r_{hitung} dengan r_{tabel} . Jika $r_{hitung} > r_{tabel}$ maka butir dinyatakan valid, dan sebaliknya jika $r_{hitung} < r_{tabel}$, maka butir dinyatakan gugur dengan taraf $\alpha = 0,05$.

Berdasarkan uji validitas butir yang menggunakan teknik korelasional *product moment* dengan nilai $r_{\text{tabel}} = 0,444$, diperoleh seluruh butir dari butir nomor 1 sampai nomor butir 18 adalah valid.

2). Reliabilitas Instrumen

Reliabilitas instrumen menunjukkan pada satu asumsi bahwa instrumen dapat dipercaya untuk digunakan sebagai alat penjarang data jika butir-butir instrumen tersebut sudah valid. Perhitungan Reliabilitas dengan menggunakan rumus *Spearman Brown*.

Dari perhitungan validitas butir yang valid sebanyak 18 butir, maka diperoleh koefisien reliabilitas instrumen untuk variabel ketrampilan manajerial sebesar 0,906

H. Kontrol Unit Eksperimen

Kontrol unit eksperimen dalam penelitian ini meliputi :

1. Kontrol terhadap Validitas Internal.

Kontrol ini dilakukan untuk mengeliminasi kesalahan eksperimen atau faktor dari luar eksperimen dengan melakukan :

- a. Manipulasi aktif terhadap variabel independen dengan menetapkan kadar karbon aktif 2 g /L dan ketrampilan manajerial rendah sebagai perlakuan kontrol.
- b. Replikasi sebanyak dua kali ($r = 2$) sesuai dengan standar duplox

2. Kontrol terhadap Validitas Eksternal.

Kontrol ini dilakukan untuk melihat seberapa besar derajat representativitas hasil penelitian agar dapat digeneralisasikan untuk populasinya dengan menetapkan kriteria :

- a. Nilai sampling error tidak melebihi batas 5 % ($\text{Error} < 5\%$).
- b. Randomisasi dilakukan berdasarkan pola rancangan acak kelompok (RAK), sehingga setelah sampel diacak dapat diketahui kombinasi perlakuan mana yang harus didahulukan untuk diobservasi.

3. Kontrol terhadap Ketelitian Hasil Eksperimen.

Ketelitian uji – F hasil analisis varians (ANAVA) dapat dipercaya, jika tingkat heterogenitas atau nilai koefisien keragaman (KK) tidak lebih besar dari batas 10 % untuk kondisi yang homogen.⁷⁶

I. Teknik Analisis Data

Pengolahan data dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat pengaruh utama faktor A dan faktor B, atau pengaruh interaksi pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan ketrampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD dalam air limbah di IPAL. Sebelum dilakukan pengujian hipotesis dengan ANAVA, data dari setiap variabel dianalisis deskriptif dan dilakukan pengujian persyaratan analisis. Pengolahan data dilakukan lewat analisis variansi faktorial 2 x 2, dengan

⁷⁶ Hanafiah, KA. *Rancangan Percobaan Aplikatif*, (Jakarta: Raja Grafindo Persada, 2005), p. 84.

menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) yang disajikan dalam bentuk tabel berikut ini.

Tabel 3.5 : Analisis Variansi Faktorial 2 x 2, dengan RAK ⁷⁷

S K	derajat kebebasan (dk)	Jumlah Kuadrat (JK)	KT	F.hit
Kelompok	(r - 1)	JK kelomp = $k \sum_i \sum_j Y_{ijk}^2 / ab - FK$	JK / r - 1	KTK/ G
Perlakuan	(ab - 1)	JK perlak. = $\sum_i \sum_j (k Y_{ijk})^2 / r - FK$	JP/ ab-1	KTP/ G
- A	(a - 1)	JK - A = $\sum_i (j \sum_k Y_{ijk})^2 / rb - FK$	JA / a-1	KTA/ G
- B	(b - 1)	JK - B = $\sum_j (i \sum_k Y_{ijk})^2 / ra - FK$	JB / b-1	KTB/ G
- AB	(a - 1)(b - 1)	JK - AB = $\sum_i \sum_j (k Y_{ijk})^2 / r - FK - JKA - JKB$	JAB/ dk	KAB/ G
Galat Exp	(r - 1)(ab - 1)	JK - Galat = JK _{Total} - JK _{Perlakuan}	JG / dkG	
T o t a l	(rab - 1)	JK _{Total} = $\sum_i \sum_j \sum_k Y_{ijk}^2 - FK$ dan $FK = (\sum_i \sum_j k Y_{ijk})^2 / rab$		

Keterangan :

- SK = Sumber Keragaman A, dan B, = Faktor Utama
 Db = Derajat bebas Faktor AB = Interaksi antara faktor AB
 JK = Jumlah kuadrat (sigma) = Jumlah
 FK = Faktor koreksi KT = Kuadrat tengah
 i = 1, 2, ..., a (taraf faktor A)
 j = 1, 2, ..., b (taraf factor B)
 k = 1, 2, ..., r (replikasi / ulangan)
 Y_{ijk} = Variabel terikat, taraf ke-i faktor A, taraf ke-j faktor B, dan replikasi ke-k kelompok

Uji Lanjut Duncan

Uji Duncan dilakukan untuk menentukan perlakuan mana saja yang berbeda secara signifikan atau yang lebih baik dari pada standar tertentu dibandingkan dengan taraf faktor lainnya. Untuk cara ini kita berpato kan pada $\alpha = 5\%$; $p = 2$; dan db Galat tertentu, dengan rumus :

$LSR(0,05) = SSR \times S_x$, dimana : nilai SSR diperoleh dari tabel

⁷⁷ Yitnosumarto, S. *Percobaan, Perancangan, Analisis, dan Interpretasinya*, (Jakarta: Gramedia, 1993), p. 132

Duncan dan $S_x = (KT.Galat / r)$. Kemudian bandingkan selisih perlakuan sebagai LSR_{hitung} dengan $LSR (0,05)$ hasil perkalian dari S_x dan $SSR(0,05)$ tabel Duncan.⁷⁸

J. Hipotesis Statistik

Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial, maka perlu dilakukan uji hipotesis statistik sebagai berikut :

1. $H_0 : \mu_t = \mu_r$
 $H_1 : \mu_t > \mu_r$
2. $H_0 : \mu_t = \mu_r$
 $H_1 : \mu_t < \mu_r$
3. $H_0 : \mu_t = \mu_r$
 $H_1 : \mu_t > \mu_r$
4. $H_0 : \text{Interaksi A x B} = 0$
 $H_1 : \text{Interaksi A x B} \neq 0$

⁷⁸ Robert GD Steel & James H. Torrie. *Principles and Procedures of Statistics*, alih bahasa: Bambang, S. (Jakarta: Gramedia, 1995), pp. 228-229.

Keputusan Analisis :

- 1). Bila $F_h < F_t$ (5%), berarti tidak cukup bukti untuk menolak H_0 . Faktor yang diamati tidak berpengaruh, atau tidak menimbulkan perbedaan yang signifikan.
- 2). Bila $F_h \geq F_t$ (5%) dan $F_h < F_t$ (1%), berarti H_0 harus ditolak dengan kata lain terbukti adanya perbedaan yang nyata (signifikan) ditandai dengan sebuah bintang diujung kanan atas nilai F_h atau F_h^*
- 3). Bila $F_h > F_t$ (1%), berarti H_0 harus ditolak. Disini terbukti adanya perbedaan yang sangat nyata (highly significant) ditandai dengan dua bintang di atas kanan F_h atau F_h^{**} .

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Deskripsi Data Hasil Penelitian

Deskripsi data efisiensi penurunan COD hasil penelitian disajikan dengan maksud untuk memberikan gambaran umum mengenai distribusi data yang berupa ukuran gejala sentral, ukuran letak dan distribusi frekuensi. Deskripsi data dari penelitian ini dianalisis secara statistik dalam bentuk harga rata-rata (*mean*), nilai tengah (*median*), fenomena yang paling banyak terdapat (*modus*), simpangan baku, variansi, rentang, distribusi frekuensi yang juga digambarkan dalam bentuk grafik. Prosedur analisis data tersebut terdapat dalam lampiran 6, halaman 141 - 154

Berikut ini akan disajikan secara bertahap gambaran deskriptif mengenai skor efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah pada tingkat keterampilan manajerial tinggi dan ketrampilan manajerial rendah.

1. Skor Efisiensi Penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah secara keseluruhan

Berdasarkan data yang diperoleh di lapangan dan kemudian diolah secara statistik ke dalam daftar distribusi frekuensi dengan banyak kelas yang dihitung menurut aturan Sturges, didapat 7 kelas, dengan nilai

efisiensi data terbesar 85 dan data terkecil 75, sehingga rentang nilai adalah 12.

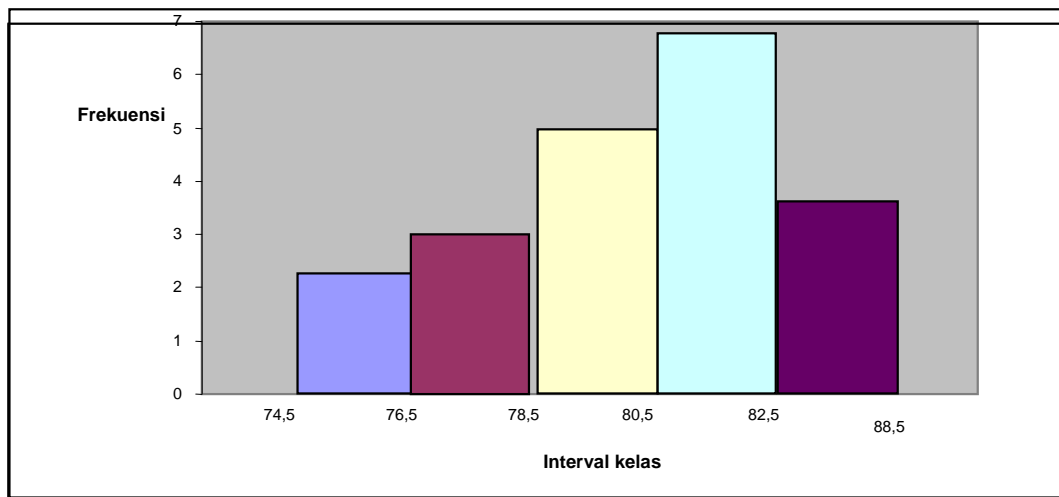
Dari analisis data diperoleh bahwa variabel efisiensi penurunan COD (%) dengan pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah secara keseluruhan mempunyai nilai rerata sebesar 82,05 dengan simpangan baku sebesar 2,73, median = 83 dan modus = 83. Hasil pengolahan data yang dituangkan ke dalam daftar distribusi frekuensi dapat disimak pada tabel 4.1

Tabel 4.1 : Distribusi Frekuensi Skor Efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui karbon aktif kadar rendah secara keseluruhan.

Kelas	Interval Kelas	Frekuensi Absolut (%)	Frekuensi Relatif (%)	Frekuensi Komulatif (%)
1	75 – 76	2	5,0	5,0
2	77 – 78	3	7,5	12,5
3	79 – 80	4	10,0	22,5
4	81 – 82	11	27,5	50,0
5	83 – 84	13	32,5	82,5
6	85 – 86	6	15,0	97,5
7	87 – 88	1	2,5	100
	Jumlah	40	100	100

Distribusi frekuensi tabel di atas dihitung berdasarkan pada pengelompokan data pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah secara keseluruhan. Dari tabel 4.1 diatas menunjukkan bahwa skor efisiensi penurunan COD (%) dalam penelitian ini cukup tinggi, dengan frekuensi relatif sebesar 32,5 % berada dikelas 5 dari total 7 kelas yang ada. Sehingga dengan menggunakan analisis varians,

peneliti ingin melihat perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah secara keseluruhan. Sebaran (distribusi) skor efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi dengan karbon aktif kadar rendah secara keseluruhan dapat ditampilkan pada gambar histogram berikut ini.



Gambar 4.1 : Skor Efisiensi Penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah

2. Skor Efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi secara keseluruhan

Berdasarkan data yang diperoleh di lapangan dan kemudian diolah secara statistik kedalam daftar distribusi frekuensi dengan banyak kelas yang dihitung menurut aturan sturges, didapat 6 kelas dengan nilai efisiensi data terbesar 90 dan data terkecil 80, sehingga rentang nilai adalah 10.

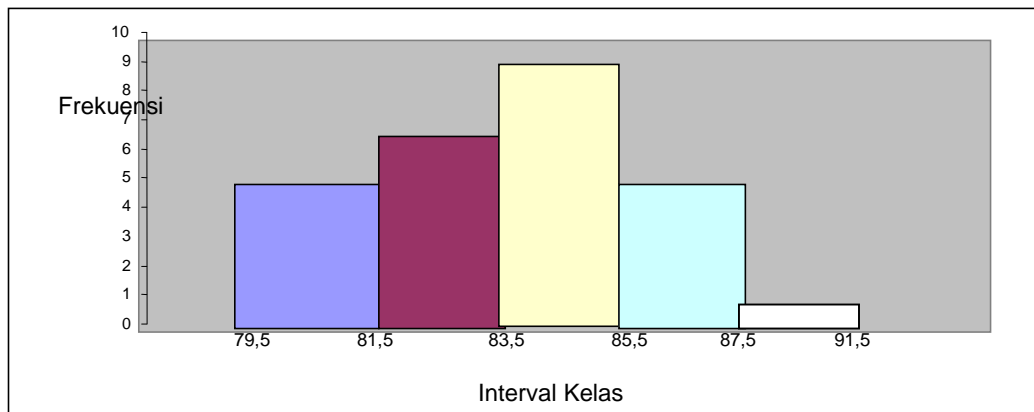
Dari analisis data diperoleh bahwa variabel efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi secara keseluruhan mempunyai nilai rerata sebesar 84,85 dengan simpangan baku sebesar 2,29 ; median = 85 dan modus = 86. Hasil pengolahan data yang disajikan dalam daftar distribusi frekuensi dapat disimak pada pada tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.2 : Distribusi Frekuensi skor Efisiensi Penurunan COD kelompok pengendalian melalui pemberian Karbon Aktif kadar tinggi secara keseluruhan

Kelas	Interval Kelas	Frekuensi Absolut (%)	Frekuensi Relatif (%)	Frekuensi Komulatif (%)
1	80 – 81	5	12,5	12,5
2	82 – 83	6	15,0	27,5
3	84 – 85	9	30,0	57,5
4	86 – 87	12	30,0	87,5
5	88 – 89	4	10,0	97,5
6	90 – 91	1	2,5	100
	Jumlah	40	100	100

Distribusi frekuensi pada tabel di atas dihitung berdasarkan pengelompokan data pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi. Dari tabel 4.2 diatas tampak bahwa skor efisiensi penurunan COD dalam penelitian ini cukup tinggi, dengan frekuensi relatif sebesar 30 % berada dikelas 3 dari total 6 kelas yang ada. Sehingga peneliti dapat menggunakan analisis variansi untuk melihat perbedaan efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi secara keseluruhan.

Sebaran (distribusi) skor efisiensi penurunan COD pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif secara keseluruhan dapat ditampilkan pada gambar histogram berikut ini.



Gambar 4.2 : Skor Efisiensi Penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi

3. Skor Efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial rendah

Berdasarkan data yang diperoleh di lapangan dan kemudian diolah secara statistik kedalam daftar distribusi frekuensi dengan banyak kelas, didapat 6 kelas dengan nilai efisiensi data terbesar 85 dan data terkecil 75 sehingga rentang nilai adalah 10.

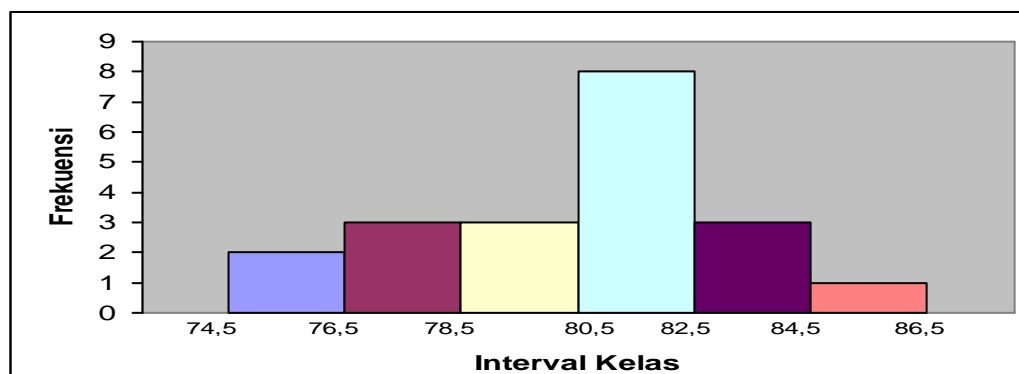
Dari analisis data diperoleh bahwa variabel efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan ketrampilan manajerial rendah mempunyai nilai rerata sebesar 80,50 dengan simpangan baku sebesar 2,76, dan median = 81, serta

modus = 81,50. Hasil pengolahan data yang disajikan dalam daftar distribusi frekuensi dapat disimak pada tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 : Distribusi Frekuensi skor Efisiensi penurunan COD kelompok Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dengan keterampilan manajerial rendah

Kelas	Interval Kelas	Frekuensi Absolut (%)	Frekuensi Relatif (%)	Frekuensi Komulatif (%)
1	75 – 76	2	10	10
2	77 – 78	3	15	25
3	79 – 80	3	15	40
4	81 – 82	8	40	80
5	83 – 84	3	15	95
6	85 – 86	1	5	100
	Jumlah	20	100	

Distribusi frekuensi pada tabel di atas dihitung berdasarkan pengelompokan data pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial rendah. Dari tabel di atas menunjukkan bahwa skor efisiensi penurunan COD dalam penelitian ini cukup tinggi, dengan frekuensi relatif 40 % berada di kelas 4 dari total 6 kelas yang ada. Sehingga dengan menggunakan analisis variansi, peneliti ingin mengetahui perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial rendah. Sebaran (distribusi) skor efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dengan keterampilan manajerial rendah secara visual dapat ditampilkan pada gambar histogram berikut :



Gambar 4.3 : Skor Efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial rendah.

4. Skor Efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial rendah

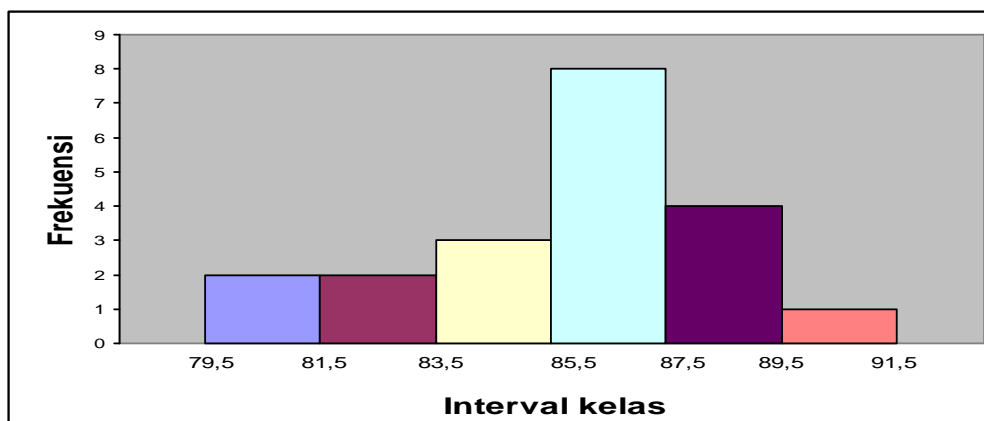
Berdasarkan data yang diperoleh di lapangan dan kemudian diolah secara statistik ke dalam daftar distribusi frekuensi dengan banyak kelas didapat 6 kelas dengan nilai efisiensi data terbesar 90 dan data terkecil 80, sehingga rentang nilai adalah 10.

Dari analisis data diperoleh bahwa variabel efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial rendah mempunyai nilai rerata sebesar 85,55 dengan simpangan baku sebesar 2,56 , median = 86,25 dan modus = 86,61. Hasil pengolahan data yang disajikan dalam daftar distribusi frekuensi dapat disimak pada tabel 4.4. berikut ini.

Tabel 4.4 : Distribusi Frekuensi skor Efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial rendah.

Kelas	Interval Kelas	Frekuensi Absolut (%)	Frekuensi Relatif (%)	Frekuensi Komulatif (%)
1	80 – 81	2	10	10
2	82 – 83	2	10	20
3	84 – 85	3	15	35
4	86 – 87	8	40	75
5	88 – 89	4	20	95
6	90 – 91	1	5	100
	Jumlah	20	100	100

Distribusi frekuensi pada tabel di atas dihitung berdasarkan pengelompokan data pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial rendah. Dari tabel 4.4 di atas tampak bahwa skor efisiensi penurunan COD dalam penelitian ini cukup tinggi, dengan frekuensi relatif sebesar 40 % berada di kelas 4 dari total 6 kelas yang ada. Sehingga dengan menggunakan analisis variansi, peneliti ingin melihat perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial rendah. Sebaran (distribusi) skor efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dengan keterampilan manajerial rendah secara visual dapat ditampilkan pada gambar histogram berikut ini.



Gambar 4.4 : Skor Efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian Polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial rendah.

5. Skor Efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dengan keterampilan manajerial tinggi

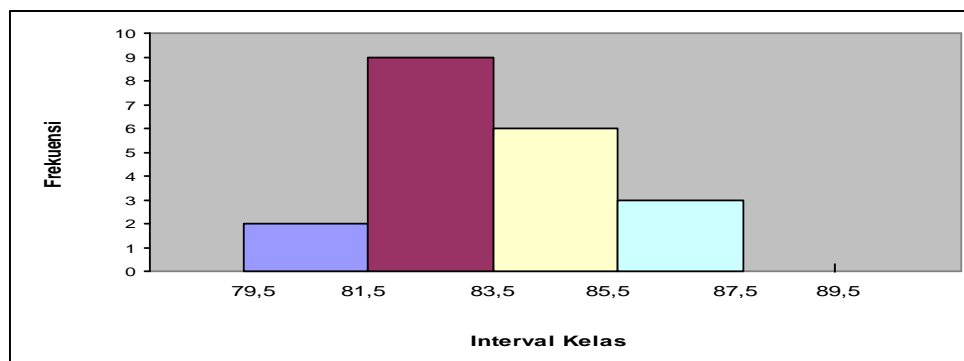
Berdasarkan data yang diperoleh di lapangan dan kemudian diolah secara statistik kedalam daftar distribusi frekuensi dengan banyak kelas, didapat 5 kelas dengan nilai efisiensi data terbesar 87 dan data terkecil 80 sehingga rentang nilai adalah 7.

Dari analisis data diperoleh bahwa variabel efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial tinggi mempunyai nilai rata-rata sebesar 83,60 dengan simpangan baku sebesar 1,73 ; median = 83,28 dan modus = 82,90. Hasil pengolahan data yang disajikan dalam daftar distribusi frekuensi dapat disimak pada tabel 4.5 berikut ini.

Tabel 4.5 : Distribusi Frekuensi skor Efisiensi penurunan COD kelompok Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial tinggi.

Kelas	Interval Kelas	Frekuensi Absolut (%)	Frekuensi Relatif (%)	Frekuensi Komulatif (%)
1.	80 – 81	2	10	10
2	82 – 83	9	45	55
3	84 – 85	6	30	85
4	86 – 87	3	15	100
5	88 – 89	0	0	100
	Jumlah	20	100	

Distribusi frekuensi pada tabel di atas dihitung berdasarkan pengelompokan data pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial tinggi. Dari tabel 4.5. diatas menunjukkan bahwa skor efisiensi penurunan COD dalam penelitian ini cukup tinggi, dengan frekuensi relatif sebesar 45 % berada di kelas 2 dari total 5 kelas yang ada. Sehingga dengan menggunakan analisis variansi, peneliti ingin melihat perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial tinggi. Sebaran (distribusi) skor efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial tinggi secara visual dapat ditampilkan pada gambar histogram berikut ini.



Gambar 4.5 : Skor Efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial tinggi.

6. Skor Frekuensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial tinggi.

Berdasarkan data yang diperoleh di lapangan dan kemudian diolah secara statistik kedalam daftar distribusi frekuensi dengan banyak kelas didapat 5 kelas dengan nilai efisiensi data terbesar 87 dan data terkecil 81 sehingga rentang nilai adalah 6.

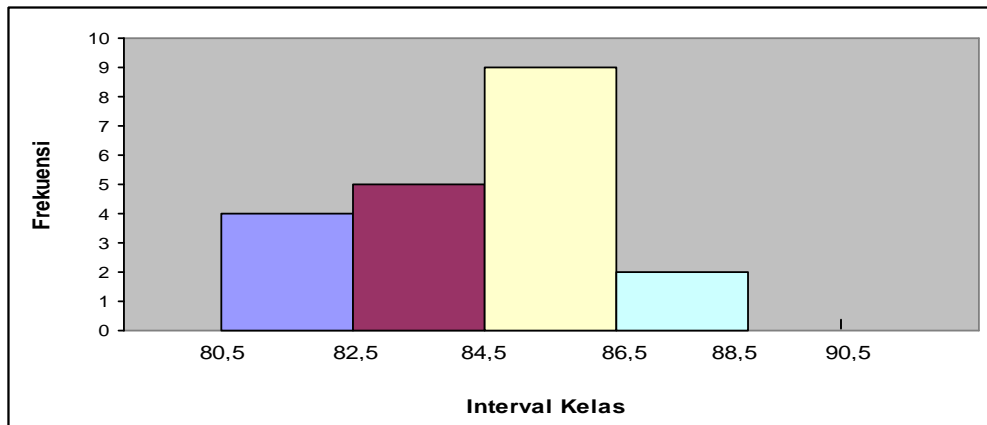
Dari analisis data diperoleh bahwa variabel efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial tinggi mempunyai skor rata-rata sebesar 84,15 dengan simpangan baku sebesar 1,87 ; median = 84,72 dan modus = 85,23. Hasil pengolahan data yang dituangkan kedalam daftar distribusi frekuensi dapat disimak pada tabel 4.6 berikut ini.

Tabel 4.6 : Distribusi Frekuensi skor Efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dengan keterampilan manajerial tinggi

Kelas	Interval Kelas	Frekuensi Absolut (%)	Frekuensi Relatif (%)	Frekuensi Komulatif (%)
1	81 – 82	4	20	20
2	83 – 84	5	25	45
3	85 – 86	9	45	90
4	87 – 88	2	10	100
5	89 – 90	0	0	100
	Jumlah	20	100	

Distribusi frekuensi pada tabel di atas dihitung berdasarkan pengelompokan data pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial tinggi. Dari tabel 4.6 di atas tampak bahwa skor efisiensi penurunan COD data penelitian ini juga cukup tinggi, dengan frekuensi relatif sebesar 45 % berada di kelas 3 dari total 5 kelas yang ada. Sehingga dalam melakukan pengolahan data melalui analisis variansi (ANAVA), peneliti ingin melihat perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial tinggi.

Sebaran (distribusi) skor efisiensi penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial tinggi secara visual dapat ditampilkan pada gambar histogram berikut ini.



Gambar 4.6 : Skor Efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan ketrampilan manajerial tinggi.

B. Pengujian Persyaratan Analisis

Persyaratan analisis yang dimaksud adalah persyaratan yang harus dipenuhi sebelum dilakukan analisis variansi. Ada dua syarat yang harus dipenuhi sebelum melakukan analisis variansi, yaitu (1) syarat normalitas, (2) syarat homogenitas variansi populasi.

1. Uji Normalitas

Pengujian normalitas dilakukan untuk menguji apakah populasi berdistribusi normal atau tidak. Ketentuan pengujiannya adalah populasi berdistribusi normal jika H_0 diterima dan tidak berdistribusi normal jika H_0 ditolak. Secara statistik ditulis sebagai berikut :

H_0 : data berasal dari populasi berdistribusi normal

H_1 : data berasal dari populasi tidak berdistribusi normal.

Pengujian persyaratan normalitas dilakukan dengan menggunakan uji Lilliefors.⁷⁹

Ho diterima, jika $L_{hitung} < L_{tabel}$

Ho ditolak, jika $L_{hitung} > L_{tabel}$

a. Uji Normalitas Data Kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah secara keseluruhan

Dimulai dari urutan data terkecil sampai data terbesar. Tahap berikutnya dihitung nilai Z_i , $F(Z_i)$, $S(Z_i)$, dan $L = F(Z_i) - S(Z_i)$. L -hitung diambil dari nilai L tertinggi.

Hasil perhitungan nilai L tertinggi atau L -hitung = 0,140 lebih kecil dari L -tabel ($n=40$; $\alpha = 0,05$) = 0,1423. Ini berarti data berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Perhitungan ini dapat dilihat pada lampiran.⁸⁰

b. Uji Normalitas Data kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi secara keseluruhan

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai L tertinggi atau L -hitung = 0,1239. Nilai ini lebih kecil dari L -tabel ($n = 40$; $\alpha = 0,05$) = 0,1423. Jadi L -hitung = 0,1239 < L -tabel (0,1423). Ini berarti data berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Perhitungan ini dapat disimak pada lampiran.⁸¹

⁷⁹ Sudjana. *Metoda Statistika* (Bandung : Tarsito, 1996), pp. 466 – 468

⁸⁰ Perhitungan pada Lampiran 6, p. 150

⁸¹ Perhitungan pada Lampiran 6, p. 152

c. Uji Normalitas Data Kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial rendah

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai L tertinggi atau L-hitung = 0,0946. Nilai ini lebih kecil dari L-tabel = 0,19. Jadi L-hitung = 0,0946 < L-tabel = 0,19. Ini berarti data berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Perhitungan ini dapat dilihat pada lampiran.⁸²

d. Uji Normalitas Data Kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial rendah

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai L tertinggi atau L-hitung = 0,1185. Nilai ini lebih kecil dari L-tabel ($n = 20$; $\alpha = 0,05$) = 0,190. Jadi L-hitung = 0,1185 < L-tabel (0,19). Ini berarti data berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Perhitungan ini dapat dilihat pada lampiran.⁸³

e. Uji Normalitas Data Kelompok penegendalian polusi melalui karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial tinggi

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai L tertinggi atau L-hitung = 0,1868. Nilai ini lebih kecil dari L-tabel ($n = 20$; $\alpha = 0,05$) = 0,190.

⁸² Perhitungan pada Lampiran 6, p. 154

⁸³ Perhitungan pada Lampiran 6, p. 155

Jadi $L\text{-hitung} = 0,1868 < L\text{-tabel} (0,19)$. Ini berarti data berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Perhitungan ini dapat dilihat pada lampiran.⁸⁴

f. Uji Normalitas Data Kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial tinggi

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai $L\text{-tertinggi}$ atau $L\text{-hitung} = 0,1264$. Nilai ini lebih kecil dari $L\text{-tabel} (n = 20 ; \alpha = 0,05) = 0,190$.

Jadi $L\text{-hitung} = 0,1264 < L\text{-tabel} (0,19)$. Ini berarti data berasal dari populasi yang berdistribusi normal. Perhitungan ini dapat disimak pada lampiran.⁸⁵

Tabel 4.7: Rangkuman Analisis Uji Normalitas Sampel

Perlakuan	n	L - hitung	L - tabel	Distribusi
Kelomp A ₁	40	0,1239	0,142	Normal
Kelomp A ₂	40	0,1400	0,142	Normal
A ₁ B ₁	20	0,1264	0,190	Normal
A ₁ B ₂	20	0,1185	0,190	Normal
A ₂ B ₁	20	0,1868	0,190	Normal
A ₂ B ₂	20	0,0946	0,190	Normal

Keterangan :

Kelompok A₁ = kelompok perlakuan pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi secara keseluruhan

Kelompok A₂ = kelompok perlakuan pengendalian polusi melalui pemberian Karbon aktif kadar rendah secara keseluruhan.

⁸⁴ Perhitungan pada Lampiran 6, p. 156

⁸⁵ Perhitungan pada Lampiran 6, p. 157

$A_1 B_1$ = perlakuan pengendalian polusi dengan karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial tinggi.

$A_1 B_2$ = perlakuan pengendalian polusi dengan Karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial rendah.

$A_2 B_1$ = perlakuan pengendalian polusi dengan karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial tinggi.

$A_2 B_2$ = perlakuan pengendalian polusi dengan karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial rendah.

2. Uji Homogenitas

Pengujian homogenitas varians dilakukan dengan uji Barlett. Kriteria pengujiannya adalah terima H_0 jika X^2 hitung lebih kecil atau sama dengan X^2 tabel. Proses pengujian yang dilakukan adalah membuat penyajian data. Selanjutnya dihitung nilai-nilai db, variansi S_i^2 , $\log S_i^2$, $db \log S_i^2$ dan $dk \times S_i^2$. Dari nilai-nilai tersebut dihitung X^2 , dan hasilnya disebut X^2 hitung.

Hasil perhitungan menunjukkan harga X^2 hitung = 5,69 lebih kecil dari X^2 tabel = 7,81. sehingga H_0 : $\sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2 = \sigma_6^2$ diterima pada taraf nyata = 0,05.

Konklusi :

Populasi mempunyai variansi yang homogen.

Perhitungan lengkap dapat disimak pada lampiran.⁸⁶

Rangkuman uji homogenitas dapat ditampilkan seperti pada tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.8 : Hasil Uji Homogenitas Variansi

Sampel	dk = n - 1	Si ²	db x Si ²	log Si ²	db log Si ²
1	19	7,62	144,78	0,882	16,75
2	19	6,55	124,45	0,820	15,51
3	19	2,99	56,81	0,480	9,12
4	19	3,50	66,50	0,540	10,34
Jumlah	76		392,54		51,72

Keterangan :

Sampel 1 = kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial rendah.

Sampel 2 = kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial rendah.

Sampel 3 = kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial tinggi.

Sampel 4 = kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial tinggi.

⁸⁶ Perhitungan pada Lampiran 6, p. 158

C. Pengujian Hipotesis

Pengujian hipotesis penelitian mempunyai tujuan untuk mengetahui apakah hipotesis yang diajukan ditolak atau diterima pada taraf kepercayaan tertentu. Hipotesis yang akan diuji pada penelitian ini adalah 4 hipotesis.

Pengujian hipotesis penelitian dilakukan dengan analisis varians (ANOVA) faktorial 2 x 2, Kemudian dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan untuk mengetahui pada taraf faktor mana saja yang lebih tinggi secara signifikan. Perhitungan analisis varians faktorial 2 x 2 selengkapnya dapat disimak pada lampiran.⁸⁷ Hasil analisis varians tersebut secara ringkas ditampilkan dalam tabel 4.9 berikut ini.

Tabel 4.9 : Hasil Analisis Variansi Efisiensi Penurunan COD

Sumber Varians	dk	JK	KT	F-hitung	F-tabel	
					0,05	0,01
Kelompok	1	0,02	0,02	0,08	10,13	34,12
Perlakuan	3	27,405	9,14	36,56**	9,28	29,46
Pengend. Polusi (A)	1	17,41	17,41	69,64**	10,13	34,12
Ketramp. Manaj (B)	1	2,00	2,00	8,00	10,13	34,12
Interaksi A x B	1	8,00	8,00	32,00*	10,13	34,12
Galat Eksperimen	3	0,75	0,25			
T o t a l	7					

Keterangan : * : beda signifikan

** : beda sangat signifikan

dk : derajat kebebasan

JK : Jumlah kuadrat

KT : Kuadrat tengah

⁸⁷ Perhitungan pada Lampiran 7, pp. 161 – 167

Dari hasil analisis secara keseluruhan pada tabel diatas tampak bahwa terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD yang sangat signifikan. Pada Faktor utama terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD yang sangat signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah. Selain itu tidak dijumpai adanya perbedaan efisiensi penurunan COD yang signifikan antara keterampilan manajerial tinggi dan keterampilan manajerial rendah. Hasil analisis ini juga menunjukkan bahwa terdapat pengaruh interaksi yang sangat signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD. Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai taraf faktor atau kombinasi perlakuan mana yang optimal maka analisis ini dilanjutkan lewat uji Duncan dengan mengurut data dari yang terkecil ke data terbesar, kemudian membandingkan LSR (0,05) dengan selisih antar perlakuan. Jika selisih antar taraf perlakuan LSR_{hitung} lebih kecil atau sama dengan LSR (0,05) maka kedua perlakuan itu menunjukkan tidak ada perbedaan atau sama nilai tengahnya antar perlakuan. Demikian sebaliknya jika $LSR_{hitung} > LSR (0,05)$ maka tolak H_0 atau terima H_1 berarti ada perbedaan nyata antar perlakuan. Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai perbedaan tersebut maka analisis variansi dilanjutkan dengan uji Duncan, dan hasilnya dapat disimak pada tabel 4.10. sebagai berikut :

Tabel 4.10. : Rangkuman Hasil Uji Duncan

Sumber Variansi	dk G	P	SSR (0,05)	LSR _{hitung}	LSR (0,05)
Secara Keseluruhan : Kadar Tinggi > Kadar Rendah	3	2	4,50	2,95*	1,13
Keterampilan Manajerial Tinggi : Kadar Tinggi < Kadar Rendah	3	2	4,50	0,95	1,59
Keterampilan Manajerial Rendah : Kadar Tinggi > Kadar Rendah	3	2	4,50	4,95*	1,59

Keterangan :

dk G = derajat kebebasan galat

p = jumlah perlakuan yang diperbandingkan

SSR (0,05) = jarak nyata yang distudienkan pada taraf = 5 %

LSR (0,05) = jarak nyata terkecil pada taraf = 5 % (*least signifcn. range*)

*) = beda signifikan.

> = lebih efisien

< = kurang efisien

Dari hasil analisis Duncan berdasarkan LSR (0,05) menunjukkan bahwa secara keseluruhan pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien menurunkan COD dibandingkan pemberian karbon aktif dengan kadar rendah.

Pada taraf keterampilan manajerial tinggi tidak terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah. Sedangkan pada taraf keterampilan manajerial rendah dalam menurunkan COD, pengendalian

polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien dari pada pemberian karbon aktif dengan kadar rendah. Penjelasan berikut adalah :

1. Perbedaan Efisiensi Penurunan COD secara keseluruhan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah

Secara keseluruhan kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi diperoleh rerata skor = 85 dan kelompok pengendalian polusi dengan karbon aktif kadar rendah adalah sebesar 82,5.

Berdasarkan perhitungan analisis varians pada tabel 4.9 menunjukkan bahwa nilai F hitung sebesar 69,64 dan nilai F tabel sebesar 29,46 dengan kata lain F hitung lebih besar dari pada F tabel, maka H_0 ditolak dan terima H_1 berarti antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD yang sangat signifikan, sehingga analisis lanjut perlu dilakukan. Hasil uji lanjut Duncan berdasarkan least significant range (LSR.05) menunjukkan bahwa secara keseluruhan pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi untuk menurunkan COD lebih efisien dari pada pemberian karbon aktif dengan kadar rendah..

Dalam upaya meningkatkan efisiensi penurunan COD manajer menerapkan metode absorpsi karbon aktif dengan proses perolehan kembali air limbah (*recovery*) atau pengolahan lanjut (*post treatment*) setelah proses biologi dengan lumpur aktif. Untuk memenuhi kebutuhan

air bersih oleh unit produksi, manajer dalam menerapkan kadar karbon aktif 2 – 3 gram per liter menggunakan bantuan tenaga orang lain yaitu operator Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) sebanyak 5 orang dari total tenaga kerja 352 orang dengan melakukan koordinasi bersama kepala bagian teknik dan unit laboratorium kimia PT. Leader Qualitex serta kepala departemen finansial dan departemen produksi dalam mengelola unit pengolahan air limbah dengan tujuan untuk mendapatkan fasilitas finansial, material, dan peralatan untuk keperluan kegiatan operasi IPAL. Prosedur dan teknik pengoperasian IPAL ini sesuai dengan konsep dan rencana pengelolaan lingkungan (RKL) yang disusun oleh para manajer perusahaan PT. LQ berdasarkan petunjuk dan pembinaan dari PT. Persero Jakarta Industrial Estate Pulau Gadung (JIEP).

Upaya mengendalikan polusi melalui pemberian karbon aktif akan memberikan manfaat yang efektif jika tingkat efisiensi penurunan COD mencapai nilai efisiensi optimum 90 %. Besarnya nilai efisiensi ini tergantung dari kadar karbon aktif yang digunakan oleh manajer. Jika kadar karbon aktif tidak mencapai optimum, maka upaya pengendalian polusi tidak dapat dimanfaatkan secara efektif. Meskipun perusahaan telah menetapkan standar atau baku mutu air limbah khususnya untuk parameter COD yaitu tidak boleh melebihi batas 150 mg/L. Semakin tinggi kadar karbon aktif yang diberikan dalam mengendalikan polusi limbah cair industri tekstil maka akan semakin tinggi pula nilai rata-rata efisiensi penurunan COD. Kenaikan efisiensi ini disebabkan oleh

bertambahnya penyerapan karbon aktif yang secara fisik menguraikan zat-zat organik dan kimia non organik dari air melalui permukaan karbon. Semakin tinggi konsentrasi atau kadar karbon aktif berarti menambah berat molekul yang secara kondusif memberi penyerapan yang lebih kuat dan kenaikan derajat penyerapan karbon akan menurunkan daya larut penyerap. Selain itu juga dapat menyerap bau busuk dan zat-zat beracun dari cairan atau emisi gas sampai ketinggian yang terendah dalam air limbah. Semakin tinggi tingkat penyerapan karbon aktif cenderung akan menurunkan zat pencemar berupa zat organik dan kimia non organik termasuk bahan beracun dalam limbah cair industri tekstil. Besarnya penurunan zat pencemar terhadap lingkungan perairan ditentukan dengan parameter COD sebagai indikator adanya zat pencemar dalam air limbah.

2. Perbedaan Efisiensi Penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah bagi keterampilan manajerial tinggi

Rata-rata secara keseluruhan kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi diperoleh rerata skor efisiensi = 84,50 dan kelompok pengendalian polusi dengan karbon aktif kadar rendah rerata efisiensi 83,55.. Hasil uji Duncan pada tabel perbedaan antara kedua kelompok tersebut tampak bahwa $LSR_{hitung} = 0,95$ dan $LSR(0,05) = 1,59$. Karena LSR_{hitung} lebih kecil dari pada $LSR(0,05)$ atau $0,95 < 1,59$ maka tidak terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD yang signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif

kadar tinggi dan kadar rendah pada taraf ketrampilan manajerial tinggi. Berarti pengendalian polusi dapat dilakukan manajer berketrampilan tinggi dengan pemberian karbon aktif tinggi atau kadar rendah.

Manajer yang memiliki ketrampilan tinggi dalam mengendalikan polusi air limbah industri tekstil lebih berorientasi pada penggunaan karbon aktif kadar rendah dibandingkan karbon aktif dengan kadar tinggi karena karbon aktif dengan kadar rendah selain memiliki sifat daya serap yang cukup signifikan terhadap zat pencemar dalam air limbah secara ekonomis pemakaiannya juga lebih efektif dan efisien.

3. Perbedaan Efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah bagi keterampilan manajerial rendah.

Hasil uji Duncan pada tabel perbedaan antara kedua kelompok perlakuan menunjukkan bahwa $LSR_{hitung} = 4,95$ dan $LSR(0,05) = 1,59$. Karena LSR_{hitung} lebih besar dari pada $LSR(0,05)$ atau $4,95 > 1,59$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima. Ini berarti pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien menurunkan COD dari pada pemberian karbon aktif dengan kadar rendah.

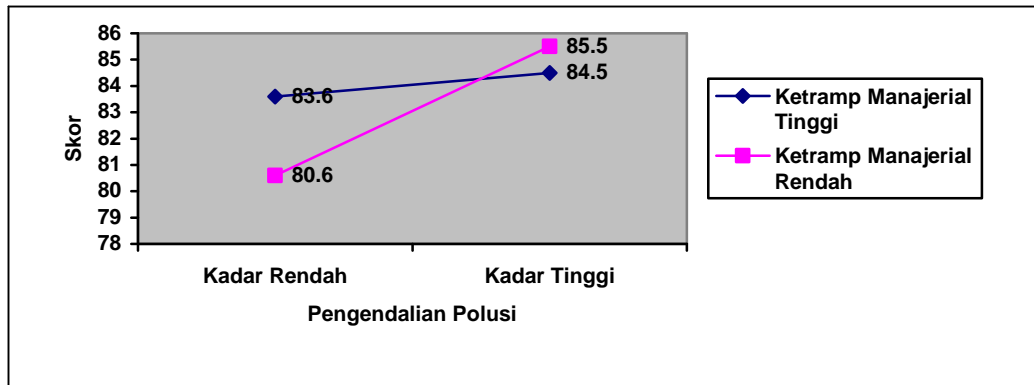
Bagi kelompok keterampilan manajerial rendah tidak terlalu banyak memahami dan menerapkan pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif baik secara ekologis maupun secara ekonomis. Jika manajer lebih dominan pada aspek teknis dan ekonomis saja ketimbang aspek ekologisnya maka pengendalian polusi yang dilakukan hanya akan

menghasilkan penurunan zat pencemar atau COD yang tidak efisien karena tidak mampu memanfaatkan tenaga kerja operator atau individu lain secara efektif.

4. Interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD

Hasil ANAVA pada tabel 4.9 dari sumber variasi interaksi menghasilkan $F_h = 32,00$. Dengan menggunakan taraf signifikan $\alpha = 0,05$ dan derajat kebebasan (dk) = 1 diperoleh $F_t = 10,13$. Oleh karena F_h lebih besar dari pada F_t maka H_0 ditolak dan terima H_1 . Ini berarti terdapat pengaruh interaksi yang sangat signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD. Hasil uji lanjut Duncan berdasarkan LSR (0,05) menunjukkan bahwa pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan kadar tinggi pada taraf keterampilan manajerial tinggi tidak terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD yang signifikan sehingga pemakaian karbon aktif dengan kadar rendah secara ekonomis perlu dipertimbangkan.

Pengaruh interaksi yang sangat signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD dapat disajikan dalam gambar berikut ini.



Gambar 4.7 : Interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian Karbon aktif dan Keterampilan manajerial.

Dari gambar grafik diatas, tampak adanya respon garis yang saling berpotongan satu sama lain, dimana pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial saling dependen. Semakin banyak manajer memberi karbon aktif sampai kadar tinggi yaitu 3 g /L pada taraf keterampilan manajerial rendah masih dapat meningkatkan efisiensi penurunan COD sampai skor 85,56.

Ditinjau dari aspek ekonomi, bagi keterampilan manajerial tinggi lebih memilih pemberian karbon aktif dengan kadar rendah yaitu 2 g /L dalam mengendalikan polusi air limbah dengan harapan bahwa efisiensi penurunan COD dapat bergerak menuju titik optimum 90 %.

D. Keterbatasan Penelitian

Meskipun hipotesis ini telah diuji kebenarannya lewat analisis varians (ANAVA) faktorial 2×2 tetapi dalam menginterpretasikan dan menerapkan hasilnya perlu lebih hati-hati karena adanya beberapa keterbatasan dalam penelitian ini. Keterbatasan dalam penelitian ini antara lain :

Pertama, Populasi dalam penelitian ini merupakan seluruh karyawan industri tekstil PT. LQ yang bekerja di bagian unit pengolahan air limbah dikawasan industri Pulau Gadung Jakarta Timur sehingga kondisi seperti ini kemungkinan berbeda dengan kemampuan karyawan yang berada dikawasan industri Jababeka Cikarang atau kawasan industri Tangerang. Oleh karena itu hasil penelitian ini kemungkinan belum dapat digeneralisasikan pada daerah-daerah tersebut.

Kedua, Variabel efisiensi penurunan COD dalam penelitian ini hanya diukur dari pernyataan karyawan atau operator IPAL, Manajer dan Kabag teknik PT. LQ. Lewat butir instrumen penelitian untuk setiap kombinasi perlakuan sebanyak 20 responden.

Ketiga, Karakter direksi PT. LQ dalam memberi informasi sangat tertutup sehingga menyulitkan peneliti untuk mengumpulkan data dan informasi.

BAB V

KESIMPULAN, IMPLIKASI, DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis varians faktorial 2×2 dan uji lanjut Duncan, maka temuan dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Secara keseluruhan terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD yang sangat signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah yang mana pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien menurunkan COD dari pada kadar rendah.
2. Pada taraf keterampilan manajerial tinggi tidak terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD secara signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah.
3. Pada taraf keterampilan manajerial rendah, pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien menurunkan COD dibandingkan pemberian karbon aktif dengan kadar rendah.
4. Terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD.

B. Implikasi

Berdasarkan pembahasan dan kesimpulan penelitian tampak bahwa efisiensi penurunan COD sangat ditentukan oleh pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial. Penemuan penelitian ini merupakan salah satu temuan yang memperkuat penemuan lain yang relevan dengan pengelolaan limbah cair industri tekstil.

Dari hasil analisis data yang telah diolah, peneliti masih menemukan banyak kelemahan dalam penelitian ini sehingga memerlukan penelitian lebih lanjut. Kelemahan dalam penelitian ini antara lain : Penelitian ini menggunakan sampel yang kecil untuk setiap perlakuan kombinasi dalam percobaan yang dapat mempengaruhi generalisasi ke populasi, sehingga dapat mempengaruhi hasil percobaan jika tidak dilakukan uji sampling error.

Walaupun demikian hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi gambaran dan informasi yang penting tentang pengaruh pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD atau zat pencemar.

Upaya meningkatkan efisiensi penurunan COD dalam mengolah limbah cair industri tekstil dapat dilakukan melalui dua hal yaitu kegiatan yang bersifat fisik dan non fisik. Kegiatan bersifat fisik memerlukan dukungan dari pihak direksi PT. LQ terutama dari HRD Manager dan Kepala bagian teknik serta operator IPAL untuk membantu dalam pengambilan sampel air limbah.

Kegiatan yang bersifat non fisik berupa ketrampilan dan ketelitian serta motivasi dari petugas analisis kimia yang bekerja di laboratorium dalam menakar konsentrasi karbon aktif dan mengukur suhu air limbah.

Perumusan implikasi hasil penelitian ini lebih menekankan pada upaya meningkatkan efisiensi penurunan COD guna mencegah adanya polusi air yang akan berdampak pada kerusakan lingkungan hidup di perairan kali Sunter dan kali Pertukangan.

Secara spesifik implikasi dari hasil penelitian ini mengungkap :

1. Adanya temuan bahwa pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif berpengaruh sangat signifikan terhadap efisiensi penurunan COD. Pemberian karbon aktif pada kadar tinggi 3 gr /L akan berdampak bahwa penurunan COD menjadi lebih efisien dibandingkan dengan pemberian karbon aktif pada kadar rendah 2 gr /L. Jadi semakin tinggi kadar karbon aktif yang diberikan dalam mengendalikan polusi air maka penurunan COD semakin efisien. Demikian sebaliknya jika pemberian kadar karbon aktif ini terlalu rendah maka pengendalian polusi air tidak dapat dimanfaatkan secara efektif dan penurunan COD menjadi tidak efisien sehingga akan menimbulkan dampak pada penurunan kualitas lingkungan perairan kali Sunter dan kali Pertukangan.
2. Tidak ditemukan bahwa keterampilan manajerial memberi pengaruh signifikan terhadap efisiensi penurunan COD. Meskipun keterampilan manajerial ini tidak tampak nyata memberi pengaruh

terhadap efisiensi penurunan COD, tetapi ketiga aspek keterampilan manajerial yaitu keterampilan teknis, manusia, dan keterampilan konseptual tetap harus diperhatikan karena pengendalian polusi air hanya dapat dimanfaatkan secara efektif dengan kemampuan manajerial yang tinggi.

3. Ada temuan bahwa terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD. Pengaruh interaksi ini akan berdampak bahwa pada taraf keterampilan manajerial tinggi pemberian karbon aktif pada kadar tinggi tidak berbeda nyata dengan pemberian karbon aktif pada kadar rendah dalam mengendalikan polusi air. Sedangkan pada taraf keterampilan manajerial rendah pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien menurunkan COD dari pada kadar rendah dalam mengendalikan polusi air.
4. Upaya meningkatkan keterampilan manajerial.

Kondisi air limbah pada Instalasi pengolahan air limbah IPAL dan laboratorium kimia memiliki karakteristik tersendiri. Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif secara efektif dan efisien dalam menurunkan COD tergantung dari tingkat keterampilan manajerial. Semakin terampil seorang manajer dalam mengendalikan polusi melalui pemberian karbon aktif dengan takaran yang akurat maka efisiensi penurunan COD akan

mendekati titik efisiensi optimum yaitu 90 %. Dengan demikian agar manajer mampu mengendalikan polusi dalam rangka meningkatkan efisiensi penurunan COD perlu beberapa upaya sebagai berikut :

- a. Para direksi atau manager dilingkungan PT. LQ perlu diberi kesadaran akan dampak negatif yang akan timbul terhadap pencemaran lingkungan terutama diperairan sungai yang sehari-hari dimanfaatkan oleh penduduk setempat. Dalam mengatasi hal ini PT. Persero JIEP sebagai pengelola lingkungan dikawasan industri pulau gadung Jakarta dapat dilibatkan untuk memberi penyuluhan dan bimbingan sebanyak dua kali setahun.
- b. Keterampilan manajerial masih dapat ditingkatkan melalui program pendidikan dan pelatihan misalnya dengan mendayagunakan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah (BPLHD) sebagai penyuluh lapangan. Untuk itu diperlukan suatu kerja sama antara pengusaha, investor, dan pihak pengelola kawasan industri.
- c. Upaya meningkatkan keterampilan manajerial dalam rangka efisiensi penurunan COD tidak dapat dilaksanakan tanpa adanya perubahan dalam pola pikir, sikap dan tingkah laku dari semua pihak yang terkait baik pemerintah, masyarakat, maupun kalangan dunia usaha.
- d. Selain itu perlu diterapkan pola manajemen dikalangan industri maupun pemerintah yang telah mempertimbangkan aspek lingkungan.

5. Upaya mengendalikan polusi melalui pemberian Karbon Aktif .

Pada umumnya tidak semua manajer industri tekstil di kawasan Jawa Barat menggunakan karbon aktif untuk menurunkan kadar COD, meskipun ditinjau dari aspek kesehatan pemakaian bahan kimia ini relatif aman, dan ramah lingkungan asalkan pemakaiannya tidak berlebihan.

Optimalisasi penggunaan sumberdaya material seperti karbon aktif dalam mengendalikan polusi merupakan salah satu cara dalam upaya meningkatkan efisiensi penurunan COD. Untuk pemberian karbon aktif dengan kadar rendah akan lebih ekonomis dan cukup efisien dalam menurunkan COD, Jika PT. LQ menggunakan manajer dengan keterampilan tinggi. Efisiensi ini masih dapat ditingkatkan jika pengendalian polusi dilakukan dengan memilih pemberian karbon aktif berkadar tinggi pada taraf keterampilan manajerial rendah. Jika pemberian karbon aktif ini dilakukan dengan kadar yang terlalu rendah maka penurunan COD menjadi tidak efisien sehingga air limbah hasil buangan industri itu berpotensi menimbulkan dampak pencemaran lingkungan dan bahkan bisa terjadi kerusakan lingkungan di perairan sungai sunter dan kali pertukangan.

C. S a r a n

Berdasarkan hasil penelitian, kesimpulan, dan implikasi yang telah diuraikan diatas, maka saran-saran yang dapat disampaikan dalam mengelola limbah cair industri tekstil adalah sebagai berikut :

Pertama, untuk meningkatkan efisiensi penurunan COD, kepada perusahaan PT. LQ disarankan mengendalikan polusi dengan karbon aktif kadar tinggi sebesar 3 gram per liter pada taraf keterampilan manajerial rendah.

Kedua, bila manajer perusahaan tekstil PT. LQ memiliki keterampilan tinggi maka secara ekonomis pengendalian polusi dapat dilakukan dengan pemberian karbon aktif berkadar rendah 2 gram per liter guna meningkatkan efisiensi penurunan COD.

Ketiga, perlu dilakukan upaya peningkatan pengawasan terhadap mutu limbah cair industri tekstil PT. LQ secara berkala oleh PT. Persero JIEP sebagai pengelola kawasan industri Pulau Gadung Jakarta.

Keempat, adanya upaya preventif secara dini seharusnya dapat dilakukan oleh kalangan industri tekstil seperti PT. LQ untuk menerapkan teknologi tepat guna dan produksi bersih, konsistensi pengelolaan dan minimisasi limbah untuk mengantisipasi kemungkinan pencemaran limbah industrinya.

Kelima, upaya penyuluhan dan pembinaan bagi manajer dan staf PT.LQ dalam mengelola limbah cair seyogyanya perlu ditingkatkan

oleh pihak PT. Persero JIEP yang selama ini hanya menyelenggarakan dua kali setahun menjadi tiga (3) kali dalam setahun guna menambah wawasan lingkungan.

Keenam, perlu adanya kesadaran dan disiplin yang tinggi, serta tidak menutup diri bagi pengusaha ataupun pimpinan PT. LQ untuk melaporkan hasil uji pengolahan limbahnya kepada BPLHD provinsi DKI Jakarta sebagai wujud kepedulian terhadap lingkungan hidup.

Ketujuh, pemerintah diharapkan tetap memberikan keringanan bea masuk peralatan IPAL atau fasilitas pencegahan pencemaran limbah dan memberikan pelatihan untuk meningkatkan kualitas SDM guna mencegah pencemaran lingkungan perairan.

Kedelapan, baik pengusaha maupun direksi PT. LQ. diharapkan memiliki sikap dan perilaku yang baik serta kearifan bersama masyarakat untuk berpartisipasi dalam menjaga dan melestarikan lingkungan hidup.

Kesembilan, bagi pengusaha atau direksi PT. LQ dalam menjalankan bisnis tekstil dan menyelesaikan persoalan lingkungan tidak saja memperhatikan aspek ekonomi tetapi juga harus dikaitkan dengan aspek sosial dan aspek ekologi secara terintegrasi.

Kesepuluh, Sistem pengolahan limbah PT. LQ seyogyanya menggunakan produksi bersih dan teknologi yang ramah lingkungan, manajemen dan standar operasi sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Addinul Yakin, .”*Ekonomi Sumber Daya dan Lingkungan*”, Jakarta : Akademika Presindo, 2004.
- Agarwal, SK., “*Environmental Management : New Concepts*”, New Delhi : Nangia APH, 2002.
- Ainsworth, Murray. *et.al.*, *Managing Performance Managing People*, alih bahasa: Tanto S., Jakarta: Buana Ilmu Populer, 2002.
- Anwar Hadi, . “*Prinsip Pengelolaan Pengambilan Sampel Lingkungan*”. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama, 2005.
- Barry C Field & Martha Field, “*Environmental Economics: An Introduction*” New York : Mc Graw Hill, 2002.
- Bartol, Kathryn M dan Martin, David C., *Management*, New York: Mc Graw Hill, 1991.
- Bruce Mitchell, et.al., “*Resource and Environmental Management*”, Ontario Ontario: Addison Wesley Longman Limited, 2003
- Christian L Hackman, et.al. .”*Hazardous Waste Operation and Emergency Response Manual*”, (New York ; Mc Graw Hill, 2002.
- Chirisandini, . “*Pengolahan Air Buangan Tekstil dengan Metode Kontak Stabilisasi Karbon Aktif Bubuk*”. Bandung : ITB, 1995
- Chuck William, “*Management*”, Jakarta : Salemba Empat, 2001.
- Direktorat Industri Tekstil,.”*Facts and Figure of Indonesian Textile Industry 1995 – 2000*”. Deprindag, Aneka Industri, 2001
- Duane Chapman, *Environmental Economics : Theory, Application and Policy*, Massachusetts: Addison-Wesley, 2000.
- Eckenfelder, Wesley., “*Industrial Water Pollution Control*”. Boston : Mc. Graw Hill., 2000.
- Elina, H. & Suprpto,A..”*Analisis Efisiensi Fisik dan Ekonomi Instalasi Pengolahan Air Limbah di PT. X*”. Texere Vol.3 No1, 2003.

- Elliot B. Grover & D.S. Hamby, *Handbook of Textile Testing and Quality Control*, New Delhi: Wiley Eastern, 1969.
- Eugene P. Odum, *Dasar – Dasar Ekologi*, Yogyakarta : UGM pres, 1996.
- Haryono Umar., *Strategic Control*, Jakarta : Universitas Trisakti, 2006.
- Ivancevich, John M. *et.al.*, *Management: Principle and Functions*, Boston: BPI Irwin, 1989.
- James AF Stoner & Charles Wankel, *Management, 2nd Edition*, Jakarta : Rineka Cipta, 2003.
- Karden Eddy. *“Pengelolaan Lingkungan Hidup”*, Jakarta: Djambatan, 2007
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri, Jakarta : KLH, 2004
- Lawrence K. Wang, *et.al.* *“Handbook of Industrial and Hazardous Wastes Treatment”*, New York : Marcel Dekker, 2004.
- Lawrence K. Wang & Mu Hao Sung Wang, *“Handbook of Industrial waste Treatment, Vol.1”*, New York : Marcel Dekker, 1992.
- Metcalf & Eddy, *“Wastewater Engineering”*. Third Edition, Singapore : Mc Graw Hill International Editions, 1991
- Muliartha, *et. al.* *Pedoman Teknis Pengelolaan Limbah Industri Kecil*, Jakarta : Kementrian Lingkungan Hidup, 2004.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran Air, Jakarta : KLH, 2002
- Perdana Ginting., *“Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri”*, Bandung : Yrama Widya, 2007.
- Pradmudya Sumu., *“Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001”*, Jakarta : PT. Gramedia W.I., 2001
- Ravianto, J., *“Produktivitas dan Teknologi”*, Jakarta : Lembaga Sarana Informasi Usaha dan Produktivitas, 1985.
- Richard L. Daft., *“Management”*, Philadelphia : Dryden Press, 2007.
- Robbins, Stephen P. *Management*, New Jersey : Prentice Hall, 2002

- Robert, GDS. & James, HT. *"Prinsip dan Prosedur Statistika (Suatu Pendekatan Biometrik)"*. Jakarta: Gramedia Pustaka, 1995
- Robert Noyes, . *"Hand Book of Pollution Control Processes"*, New Jersey: Noyes Publications – JAICO, 2001
- Rogene A Buchholz, .*"Principles of Environmental Management"*, New Jersey : Prentice Hall., 1998
- Sakti A.Siregar.*"Instalasi Pengolahan Air Limbah"*. Jakarta: Kanisius, 2005
- Sanjoy K Bhattacharya, *"Handbook of Industrial Waste Treatment"*, New York : Marcel Dekker Inc., 1992.
- Schermerhorn, E.J,G, et.al.*"Teori Kimia"*, Jakarta: Pradya Paramita, 1993.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th edition, 1998.
- Stoner, James AF. dan Freeman, R. Edward., *Management*, New Jersey: Prentice Hall, 1995.
- Soemarwoto,Otto. *"Paradigma Baru Pengelolaan Lingkungan Hidup"*, Yogyakarta : Gajah Mada University Press., 2004.
- Sritomo W..*"Pengantar Teknik & Manajemen Industri"*, Surabaya : Guna Widya, .2003
- Sugiharto,.*"Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah"*. Jakarta: UI-Press, 1997
- Sugiyono, *"Metode Penelitian Bisnis"*. Bandung : CV. Alfabeta, 2002
- Sukanto Rekso.,*"Ekonomi Lingkungan"*, Yogyakarta : BPFE – UGM, 2000
- Surna T.Djajadiningrat dan Melia Famiola, *"Kawasan Industri berwawasan Lingkungan / Eco-Industrial Park"*, Bandung : Rekayasa, 2004
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, Yogyakarta: BPFE – UGM, 2000
- Valentinus D. *"Pengantar Ilmu Lingkungan"*, Yogyakarta : Atmajaya, 1994.
- Vernon A Musselman and Eugene H. Hughes. *"Introduction to Modern Business, Issues and Environment"*, New Jersey : Prentice Hall International, 1981.,

Yitnosumarto, S. *"Percobaan, Perancangan, Analisis, dan Interpretasinya"*
Jakarta : Gramedia Pustaka Utama, 1990.

LAMPIRAN 1
INSTRUMEN PENELITIAN

Variabel Efisiensi Penurunan COD

1. Menurut saya dalam upaya menurunkan COD, manajer mampu melakukan kontrol secara rutin terhadap kadar COD input.
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

2. Saya melihat perubahan nilai kadar COD input di bagian bak filtrasi IPAL dibandingkan kadar COD output setelah proses karbon aktif.
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

3. Cara menguji kadar COD input dari bak filtrasi di lab kimia dilakukan berdasarkan metode standar pengujian air limbah oleh staf analis
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

4. Upaya menurunkan COD dapat dilakukan dengan pemberian karbon aktif jenis granula atau bubuk.
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

5. Untuk menurunkan COD secara efisien dapat dilakukan dengan memilih kadar karbon aktif yang paling tepat .
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

6. Manajer menggunakan kadar karbon aktif rendah untuk mengendalikan polusi agar efisiensi penurunan COD meningkat dan lebih hemat.
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

7. Karbon aktif kadar 2 gr / L sering digunakan untuk meningkatkan efisiensi penurunan COD guna menghemat sumber daya materi.
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

8. Kadar karbon aktif 3 gr / L digunakan manajer untuk mengendalikan polusi guna menambah kenaikan efisiensi penurunan COD.
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

9. Salah satu upaya menurunkan COD dengan memantau suhu air limbah secara berkala agar daya serap karbon aktif tidak menurun.
 - a. Sangat setuju
 - b. setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

10. Penurunan COD dengan menstabilkan suhu 35° C air limbah dilakukan manajer dengan alat cooling tower.bersama operator.
 - a. Sangat setuju
 - b. setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

11. Upaya penurunan COD dengan menjaga suhu air limbah 35° C tergantung dari tingkat keterampilan teknis seorang manajer.
 - a. Sangat setuju
 - b. setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

12. Dalam upaya menurunkan COD secara efisien, manajer mampu memimpin organisasi unit pengolahan air limbah.
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju.

13. Untuk menurunkan COD pada unit pengolahan air limbah (IPAL) manajer menggunakan tenaga kerja sebanyak 5 operator.
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

14. Dalam kondisi produksi penuh, divisi IPAL menggunakan tenaga kerja sampai 10 operator.
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

15. Saya diberi pengarahan oleh manajer tentang pengukuran COD yang memenuhi baku mutu limbah cair.
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

16. Saya diberi pelatihan oleh manajer, Kabag Teknik, dan BPLHD untuk menurunkan COD secara efisien.
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

17. Untuk meningkatkan kinerja saya, pihak manajemen PT. LQ dan PT. JIEP melaksanakan penyuluhan tentang pelestarian lingkungan.
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

18. Penghematan biaya dilakukan dengan menggunakan takaran kadar karbon aktif secara efektif dalam mengendalikan polusi kadar COD.
 - a. sangat setuju
 - b. setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

19. Penurunan kadar COD output sampai dibawah standar / baku mutu air limbah industri tekstil (< 150 mg /L) adalah memenuhi syarat
 - a. sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

20. Efisiensi penurunan Zat Organik dicapai dengan kadar karbon aktif 2 gram per liter pada taraf keterampilan manajerial tinggi.
 - a. sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

21. Penurunan Zat Non Organik dicapai dengan kadar karbon aktif 3 gram per liter pada taraf keterampilan manajerial rendah.
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

22. Penurunan COD optimal dicapai dengan kadar karbon aktif 2 gram per liter pada taraf ketrampilan manajerial rendah adalah :
 - a. Sangat setuju
 - b. Setuju
 - c. Tidak setuju
 - d. Sangat tidak setuju

Variabel Keterampilan Manajerial

1. Manajer mampu menguasai metode, proses, prosedur dan teknik menggunakan alat lab.
 - a. sangat setuju
 - b. setuju
 - c. tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

2. Manajer mampu menggunakan karbon aktif kadar rendah untuk meningkatkan efisiensi penurunan COD
 - a. sangat setuju
 - b. setuju
 - c. tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

3. Manajer mampu menggunakan kadar karbon aktif 2 gram per liter untuk menurunkan COD secara efisien
 - a. sangat setuju
 - b. setuju
 - c. tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

4. Manajer mampu menggunakan karbon aktif kadar tinggi 3 gram per liter untuk meningkatkan efisiensi penurunan COD.
 - a. sangat setuju
 - b. setuju
 - c. tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

5. Manajer mampu menstabilkan suhu air limbah 35° C dalam rangka meningkatkan efisiensi penurunan COD
 - a. sangat setuju
 - b. setuju
 - c. tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

6. Manajer yang memiliki ketrampilan tinggi mampu untuk menaikkan efisiensi penurunan COD.
 - a. sangat setuju
 - b. setuju
 - c. tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

7. Manajer mampu bekerja sama dengan personal atasan atau pimpinan untuk meningkatkan efisiensi penurunan COD.
 - a. sangat setuju
 - b. setuju
 - c. tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

8. Manajer mampu bekerja sama dengan personal bawahan seperti Kabag teknik, staf, dan operator instalasi pengolahan air limbah.
 - a. sangat setuju
 - b. setuju
 - c. tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

9. Manajer mampu bekerja sama dengan kepala bagian teknik untuk menaikkan efisiensi penurunan COD.
 - a. sangat setuju
 - b. setuju
 - c. tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

10. Manajer mampu memimpin operator IPAL untuk menaikkan efisiensi penurunan COD dibawah pengawasan direktur Umum.
 - a. sangat setuju
 - b. setuju
 - c. tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

11. Manajer terampil dalam memotivasi personal bawahan untuk menakar karbon aktif dalam rangka meningkatkan efisiensi penurunan COD.
 - a. sangat setuju
 - b. setuju
 - c. tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

12. Manajer mampu memberi pengarahan kepada personil bawahan untuk meningkatkan efisiensi kerja operator IPAL.
 - a. sangat setuju
 - b. setuju
 - c. tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

13. Manajer mampu menguasai organisasi perusahaan secara keseluruhan dan melakukan koordinasi dengan pimpinan antar departemen.
 - a. sangat setuju
 - b. setuju
 - c. tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

14. Dalam rangka meningkatkan efisiensi penurunan COD manajer mlampu menerapkan konsep penyerapan karbon aktif adalah :
 - a. sangat setuju
 - b. setuju
 - c. tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

15. Manajer mampu menerapkan konsep penggunaan karbon aktif kadar tinggi pada taraf ketrampilan manajerial tinggi.
 - a. sangat setuju
 - b. setuju
 - c. tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

16. Manajer mampu menerapkan konsep penggunaan karbon aktif kadar rendah pada taraf ketrampilan manajerial rendah.
 - a. sangat setuju
 - b. setuju
 - c. tidak setuju
 - d. sangat tidak setuju

17. Manajer mampu menerapkan konsep penggunaan karbon aktif kadar tinggi pada taraf ketrampilan manajerial tinggi.
- sangat setuju
 - setuju
 - tidak setuju
 - sangat tidak setuju
18. Manajer mampu melakukan kontrol kadar COD output agar memenuhi standar atau baku mutu air limbah dibawah 150 mg /L
- sangat setuju
 - setuju
 - tidak setuju
 - sangat tidak setuju

LAMPIRAN 2

UJI VALIDITAS DAN RELIABILITAS

BUTIR INSTRUMEN

Variabel Efisiensi Penurunan COD

Uji Validitas Butir Instrumen

No. Res	Nomor Butir																						skor
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
1	3	3	4	3	3	4	3	3	3	4	3	3	2	4	3	3	3	4	3	4	3	3	71
2	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	85
3	2	3	4	2	3	4	4	3	2	3	2	2	3	4	2	2	2	3	3	2	2	3	60
4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	3	4	4	3	3	4	82
5	3	4	3	4	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	4	2	3	4	3	3	3	71
6	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	1	1	2	1	1	2	29
7	4	3	3	4	4	3	4	3	3	3	4	2	3	3	3	3	2	2	4	2	2	3	67
8	3	3	3	4	4	3	3	4	3	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	75
9	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	3	4	4	83
10	2	3	3	4	3	4	4	3	2	3	2	2	3	2	4	3	4	4	3	4	4	3	67
11	4	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	4	4	3	2	4	4	4	4	4	4	3	80
12	4	4	4	4	4	3	3	4	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	81
13	4	3	3	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	82
14	2	3	4	2	2	3	2	3	2	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2	2	3	3	58
15	4	4	4	3	4	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	3	4	3	4	3	4	4	79
16	4	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	85
17	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	3	3	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	82
18	3	4	3	3	4	4	3	4	3	3	3	3	4	3	4	3	4	3	3	3	3	4	75
19	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	3	4	3	80
20	4	4	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	84
X	67	68	71	67	67	70	68	66	64	68	67	63	68	67	66	66	64	71	63	67	70		

Variabel Efisiensi Penurunan COD

Contoh Perhitungan Butir 1

Nomor Responden	Xi	Yi	X ²	Y ²	XY
1	3	71	9	5.041	213
2	4	85	16	7.225	340
3	2	60	4	3.600	120
4	4	82	16	6.724	328
5	3	71	9	5.041	213
6	1	29	1	841	29
7	4	67	16	4.489	268
8	3	75	9	5.625	225
9	4	83	16	6.889	332
10	2	67	4	4.489	134
11	4	80	16	6.400	320
12	4	81	16	6.561	324
13	4	82	16	6.724	328
14	2	58	4	3.364	116
15	4	79	16	6.241	316
16	4	85	16	7.225	340
17	4	82	16	6.724	328
18	3	75	9	5.625	225
19	4	80	16	6.400	320
20	4	84	16	7.056	336
Jumlah	67	1.476	241	112.284	5.155

$$r_{\text{hitung}} = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{n \sum X^2 - (\sum X)^2\} \cdot \{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

$$r_{\text{hitung}} = \frac{4.208}{4.712,89}$$

$$r_{\text{hitung}} = 0,893$$

$$r_{\text{kritis}} = 0,444$$

Kesimpulan : Butir instrumen no. 1 adalah valid

Variabel Efisiensi Penurunan COD

Hasil Uji Validitas Butir Instrumen

No. Butir	r – hitung	r – kritis	Hasil Uji
1	0,89	0,44	Valid
2	0,84	0,44	Valid
3	0,88	0,44	Valid
4	0,83	0,44	Valid
5	0,85	0,44	Valid
6	0,89	0,44	Valid
7	0,87	0,44	Valid
8	0,84	0,44	Valid
9	0,81	0,44	Valid
10	0,86	0,44	Valid
11	0,84	0,44	Valid
12	0,80	0,44	Valid
13	0,87	0,44	Valid
14	0,84	0,44	Valid
15	0,85	0,44	Valid
16	0,84	0,44	Valid
17	0,81	0,44	Valid
18	0,86	0,44	Valid
19	0,82	0,44	Valid
20	0,78	0,44	Valid
21	0,83	0,44	Valid
22	0,87	0,44	valid

Uji Reliabilitas Instrumen Variabel Efisiensi Penurunan COD

Nomor Butir Genap

No. Resp.	Nomor Butir											skor
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	
1	3	3	4	3	4	3	4	3	4	4	3	38
2	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	42
3	3	2	4	3	3	2	4	2	3	2	3	31
4	4	4	4	3	4	3	4	3	4	3	4	40
5	4	4	3	4	3	3	3	4	3	3	3	37
6	1	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	15
7	3	4	3	3	3	2	3	3	2	2	3	31
8	3	4	3	4	3	3	4	4	3	3	4	38
9	4	3	4	3	4	4	3	4	4	3	4	40
10	3	4	4	3	3	2	2	3	4	4	3	35
11	4	3	4	3	4	4	3	4	4	4	4	41
12	4	4	3	4	4	4	3	3	4	4	4	41
13	4	4	4	3	4	4	4	4	3	3	4	41
14	2	2	3	3	3	3	3	2	3	2	3	29
15	4	3	3	4	4	3	4	3	3	3	4	38
16	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	42
17	4	4	3	4	3	3	4	4	4	4	4	41
18	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3	4	36
19	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3	41
20	4	3	4	4	3	4	4	3	4	4	4	41

Variabel Efisiensi Penurunan COD

Perhitungan Reliabilitas Butir Instrumen

No. Respond	Xi	Yi	X ²	Y ²	XY
1	33	38	1.089	1.444	1.254
2	43	42	1.849	1.764	1.806
3	29	31	841	961	899
4	42	40	1.764	1.600	1.680
5	34	37	1.156	1.369	1.258
6	14	15	196	225	210
7	36	31	1.296	961	1.116
8	37	38	1.369	1.444	1.406
9	43	40	1.849	1.600	1.720
10	34	35	1.156	1.225	1.190
11	39	41	1.521	1.681	1.599
12	40	41	1.600	1.681	1.640
13	42	41	1.764	1.681	1.722
14	28	29	784	841	812
15	41	38	1.681	1.444	1.558
16	43	42	1.849	1.764	1.806
17	42	41	1.764	1.681	1.722
18	38	36	1.444	1.296	1.368
19	40	41	1.600	1.681	1.640
20	43	41	1.849	1.681	1.763
	741	738	28.421	28.024	28.169

$$r_b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{n \sum X^2 - (\sum X)^2\} \cdot \{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} = \frac{16.522}{17.500,07}$$

$$r_b = 0,944$$

Rumus *Spearman Brown* :

$$r_i = \frac{2 \times r_b}{1 + r_b}$$

$$r_i = \frac{2 \times 0,944}{1 + 0,944} = \frac{1,8882}{1,9441} = 0,971 \text{ (Instrumen Reliabel)}$$

Dengan demikian keterandalan butir instrumen Efisiensi penurunan COD tergolong tinggi yaitu $r_i = 0,971$

KESIMPULAN

Sesuai dengan hasil uji coba instrumen Efisiensi penurunan COD dan berdasarkan perhitungan validitas dan reliabilitas sebanyak 22 items (butir) , Instrumen ini dapat digunakan untuk menjaring data penelitian.

KONVERSI PENILAIAN

Penilaian responden atas sikap / pendapat tentang efisiensi berdasarkan Skor setiap butir Instrumen adalah sebagai berikut :

Pernyataan	Skor	Efisiensi penurunan COD (%)
a. Sangat Setuju	4	75 – 100
b. Setuju	3	50 – 74,99
c. Tidak setuju	2	25 – 49,99
d. Sangat tidak setuju	1	0 – 24,99

Instrumen Penelitian Hasil Uji Coba

Kisi Mengenai Efisiensi Penurunan COD

Aspek Lingkungan \ Efisiensi	Masukkan (<i>Influent</i>)	Keluaran (<i>effluent</i>)	Jumlah
1. Kadar COD (zat pencemar)	1, 2, 3	22	4
2. Sumber daya materi Karbon aktif	4, 5, 6, 7, 8	19, 20, 21	8
3. Sumber daya energi Panas air limbah	9, 10, 11	-	3
4. Tenaga kerja operator IPAL	12, 13, 14, 15, 16, 17	-	6
5. Biaya karbon aktif	18	-	1
T o t a l	18	4	22

Selanjutnya akan ditinjau korelasi antara variabel efisiensi penurunan COD dengan variabel keterampilan manajerial setelah dilakukan uji Validitas dan Reliabilitas butir instrumen keterampilan manajerial untuk melihat ada tidaknya hubungan yang signifikan antara keterampilan manajerial dengan efisiensi penurunan COD .

Variabel Keterampilan Manajerial

Uji Validitas Butir Instrumen

No Resp	NOMOR BUTIR																		skor
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	1	3	3	4	2	3	4	3	4	3	2	4	3	3	3	3	3	2	
2	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	2	3	4	3	2	3	4	3	61
3	2	3	3	2	3	2	3	2	2	4	3	4	2	2	2	3	3	3	48
4	3	3	3	3	4	2	4	3	4	3	2	3	4	3	2	3	3	2	54
5	3	3	2	3	4	3	2	3	2	3	1	2	2	3	3	2	2	3	45
6	4	3	4	3	2	3	3	2	3	2	4	3	3	2	3	3	3	2	52
7	2	3	3	3	3	3	2	3	4	3	2	3	3	3	4	2	3	4	53
8	3	3	2	2	2	3	3	3	4	3	2	3	2	3	4	3	3	2	50
9	4	3	4	3	4	2	4	4	4	3	4	4	3	3	2	4	2	3	61
10	1	2	2	3	3	3	3	3	4	3	3	2	3	4	3	2	3	2	49
11	3	4	3	4	3	4	3	2	3	2	3	4	3	2	3	4	3	2	55
12	3	2	3	3	2	3	2	3	3	3	2	2	2	2	2	3	3	3	46
13	2	3	2	3	2	3	3	3	4	3	3	2	2	2	3	3	3	3	48
14	4	3	4	3	4	4	4	2	3	4	3	2	3	4	2	3	2	3	57
15	3	3	4	3	3	2	3	4	2	2	3	2	3	3	3	2	3	3	58
16	3	4	4	3	2	3	4	3	4	2	3	4	3	3	2	3	4	3	55
17	2	3	4	3	1	2	3	2	3	3	2	3	3	2	3	4	3	4	48
18	3	3	3	2	3	2	3	4	3	3	4	3	2	3	4	3	2	3	53
19	4	3	2	3	2	4	3	4	3	2	2	3	4	3	1	2	3	4	52
20	2	3	4	4	2	3	4	3	2	3	1	2	2	3	2	3	4	4	51
X	52	52	61	5 5	5 4	5 4	61	6 0	62	53	47	53	55	53	49	54	51	47	972

Variabel Ketrampilan Manajerial

Contoh Perhitungan Butir No. 1

Nomor Respond	Xi	Yi	X ²	Y ²	XY
1	3	55	9	3025	165
2	4	61	16	3721	244
3	2	48	4	2304	96
4	3	54	9	2916	162
5	3	45	9	2025	135
6	4	52	16	2704	208
7	2	53	4	2809	106
8	3	50	9	2500	150
9	4	61	16	3721	244
10	1	49	1	2401	49
11	3	55	9	3025	165
12	3	46	9	2116	138
13	2	48	4	2304	96
14	4	57	16	3249	228
15	3	58	9	3364	174
16	3	55	9	3025	165
17	2	48	4	2304	96
18	3	53	9	2809	159
19	4	52	16	2704	208
20	2	51	4	2601	102
Jumlah	58	1.051	182	55.627	3.090

$$r_{\text{hitung}} = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{n \sum X^2 - (\sum X)^2\} \cdot \{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

$$r_{\text{hitung}} = \frac{847}{1.480,26}$$

$$r_{\text{hitung}} = 0,569$$

Kesimpulan :

Butir instrumen No. 1 adalah valid karena $r_{\text{hitung}} > r_{\text{kritis}} = 0,444$

Variabel Ketrampilan Manajerial

Hasil Uji Validitas Instrumen

Nomor Butir	r - hitung	r - tabel	Hasil Uji
1	0,57	0,44	Valid
2	0,63	0,44	Valid
3	0,45	0,44	Valid
4	0,51	0,44	Valid
5	0,60	0,44	Valid
6	0,59	0,44	Valid
7	0,72	0,44	Valid
8	0,31	0,44	Drop
9	0,45	0,44	Valid
10	0,45	0,44	Valid
11	0,56	0,44	Valid
12	0,36	0,44	Drop
13	0,47	0,44	Valid
14	0,67	0,44	Valid
15	0,45	0,44	Valid
16	0,70	0,44	Valid
17	0,56	0,44	Valid
18	0,51	0,44	Valid

Uji Reliabilitas Instrumen Variabel Ketrampilan Manajerial

1. Data Nomor Butir Ganjil

No. Resp	Nomor Butir									Skor
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	
1	3	4	3	3	3	4	3	3	2	28
2	4	4	4	4	3	2	4	2	4	31
3	2	3	3	3	2	3	2	2	3	23
4	3	3	4	4	4	2	4	2	3	29
5	3	2	4	2	2	1	2	3	2	21
6	4	4	2	3	3	4	3	3	3	29
7	2	3	3	2	4	2	3	4	3	26
8	3	2	2	3	4	2	2	4	3	25
9	4	4	4	4	4	4	3	2	2	31
10	1	2	3	3	4	3	3	3	3	25
11	3	3	3	3	3	3	3	3	3	27
12	3	3	2	2	3	2	2	2	3	22
13	2	2	2	3	4	3	2	3	2	23
14	4	4	4	4	3	3	3	2	3	30
15	3	4	3	3	2	3	3	3	3	27
16	3	4	2	4	4	3	3	2	4	29
17	2	4	1	3	3	2	3	3	3	24
18	3	3	3	3	3	4	2	4	2	27
19	4	2	2	3	3	2	4	1	3	24
20	2	4	2	4	2	1	2	2	4	23

Uji Reliabilitas Instrumen Variabel Ketrampilan Manajerial

2. Data Nomor Butir Genap

No. Resp	Nomor Butir									skor
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	
1	3	2	4	4	2	3	3	3	3	27
2	4	4	4	3	3	3	3	3	3	30
3	3	2	2	2	4	4	2	3	3	25
4	3	3	2	3	3	3	3	3	2	25
5	3	3	3	3	3	2	3	2	3	24
6	3	3	3	2	2	3	2	3	2	23
7	3	3	3	3	3	3	3	2	4	27
8	3	2	3	3	3	3	3	3	2	25
9	3	3	2	4	3	4	3	4	3	30
10	2	3	3	3	3	2	4	2	2	24
11	4	4	4	2	2	4	2	4	2	28
12	2	3	3	3	3	2	2	3	3	24
13	3	3	3	3	3	2	2	3	3	25
14	3	3	3	2	4	2	4	3	3	27
15	3	3	3	4	4	4	3	4	3	31
16	4	3	3	3	2	4	3	3	3	26
17	3	3	2	2	3	3	2	4	4	24
18	3	2	2	4	3	3	3	3	3	26
19	3	3	4	4	2	3	3	2	4	28
20	3	4	3	3	3	2	3	3	4	28

Variabel Keterampilan Manajerial

Perhitungan Reliabilitas Butir Instrumen

No. Resp	Xi	Yi	X ²	Y ²	XY
1	28	27	784	729	756
2	31	30	961	900	930
3	23	25	529	625	575
4	29	25	841	625	725
5	21	24	441	576	504
6	29	23	841	529	667
7	26	27	676	729	702
8	25	25	625	625	625
9	31	30	961	900	930
10	25	24	625	576	600
11	27	28	729	784	756
12	22	24	484	576	528
13	23	25	529	625	575
14	30	27	900	729	810
15	27	31	361	961	837
16	29	26	841	676	754
17	24	24	576	576	576
18	27	26	729	676	702
19	24	28	576	784	672
20	23	28	529	784	644
Jumlah	524	527	13.916	13.915	13.868

$$r_b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{n \sum X^2 - (\sum X)^2\} \cdot \{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} = \frac{1.212}{1.462,13} = 0,829$$

Rumus Spearman Brown :

$$r_i = \frac{2 \times r_b}{1 + r_b}$$

$$r_i = \frac{2 \times 0,829}{1 + 0,829} = \frac{1.658}{1.829} = 0,907$$

Kesimpulan :

Reliabilitas butir Instrumen keterampilan manajerial tergolong tinggi

Uji Koefisien Korelasi antara Keterampilan Manajerial (X) dengan Efisiensi penurunan COD (Y)

No. Resp.	Xi	Yi	X ²	Y ²	XY
1	55	71	3025	5041	3905
2	61	85	3721	7225	5185
3	48	60	2304	3600	2880
4	54	82	2916	6724	4428
5	45	71	2025	5041	3195
6	52	69	2704	4761	3588
7	53	67	2809	4489	3551
8	50	75	2500	5625	3750
9	61	83	3721	6889	5063
10	49	67	2401	4489	3283
11	55	80	3025	6400	4400
12	46	81	2116	6561	3726
13	48	82	2304	6724	3936
14	57	58	3249	3364	3306
15	58	79	3364	6241	4582
16	55	85	3025	7225	4675
17	48	82	2304	6724	3936
18	53	75	2809	5625	3975
19	52	80	2704	6400	4160
20	51	84	2601	7056	4284
jumlah	1.051	1.516	55.627	116.204	79.808

$$1. r_{yx} = \frac{n(\sum XY) - (\sum Xi)(\sum Yi)}{\sqrt{\{n \sum X^2 - (\sum X)^2\} \cdot \{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

$$r_{yx} = \frac{2.844}{4.318,41} = 0,659$$

$$r_{yx} = 0,659$$

2. Uji Signifikansi Korelasi dengan hipotesis statistik :

Ho : $\mu = 0$ (tidak ada hubungan signifikan)

H₁ : $\mu \neq 0$ (terdapat hubungan signifikan)

2. Uji Signifikansi Korelasi

$$t_{\text{hitung}} = \frac{r_{yx} \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

$$t_{\text{hitung}} = \frac{0,659 \sqrt{20-2}}{\sqrt{1-0,659^2}} = \frac{2,796}{0,752}$$

$$t_{\text{hitung}} = 3,717$$

$$t_{\text{tabel}} = 2,101 \quad \text{pada taraf} \quad = 0,05$$

Karena $t_{\text{hitung}} = 3,717 > 2,101$ (t_{tab}) maka tolak H_0 dan terima H_1 yang menyatakan terdapat hubungan yang signifikan.

3. Uji Koefisien Determinasi (KD)

$$KD = r^2 \times 100 \%$$

$$KD = (0,659)^2 \times 100 \%$$

$$KD = 43,4 \%$$

KONKLUSI ANALISIS

1. Terdapat hubungan positif dan signifikan antara keterampilan manajerial dengan efisiensi penurunan COD.
2. Pengaruh keterampilan manajerial memberi kontribusi sebesar 43,4 % terhadap efisiensi penurunan COD sehingga perlu dilakukan eksperimen untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD dengan menggunakan butir instrumen efisiensi penurunan COD yang sama untuk setiap pengelompokan dari kombinasi perlakuan.

LAMPIRAN 3

INSTRUMEN LAB KIMIA SEBAGAI

PENDUKUNG PENELITIAN

**KOMBINASI PERLAKUAN PENGENDALIAN POLUSI MELALUI
PEMBERIAN KARBON AKTIF (A) DAN KETRAMPIIL MANAJERIAL (B)**

No.	Kombinasi Perlakuan AB		Influen COD	Efluen COD	Efisiensi (%)
	Kadar Karbon Aktif	Ketram Manajerial			
1.	2 g/L	Rendah	mg /L	mg /L%
2.	3 g /L	Rendah%
3.	2 g /L	Tinggi			
4.	3 g /L	Tinggi			
..					

**VARIABEL EFISIENSI PENURUNAN COD YANG DIUKUR LEWAT
ALAT UJI DI LABORATORIUM**

1. Efisiensi penurunan COD (%)

$$\text{Efisiensi (\%)} = (S_o - S) / S_o \times 100 \%$$

dimana : S_o = Influen konsentrasi COD dalam mg /L

S = Efluen konsentrasi COD dalam mg /L

Sumber : (Metcalf & Eddy, 2003: p. 699)

2. Konsentrasi COD (mg /L)

Analisis COD dilakukan menurut cara analisis dari *standar Method for the Examination of Water & Wastewater, 12th, edition, Am.Publish Health As. Washington DC, page: 514 – 519.*

$$\text{COD dalam mg O}_2 \text{ /L} = \frac{(A - B) \times M \times 8000}{\text{sampel (mL)}}$$

dimana : A = Penggunaan FAS untuk blanko

B = Penggunaan FAS untuk sampel

M = Molaritas FAS dan

8000 = miliekivalensi berat oksigen x 1000 ml /L

Molaritas FAS = Vol.0,04167M $K_2Cr_2O_7$ (ml) x 0,2500 : Vol. FAS titrasi mL

3. Instrumen Uji Lab

Peralatan uji lab meliputi :

(1) refluks, (2) round button vlass, (3) klem, (4) gelas kimia 250 ml, (5) pH meter, (6) timbangan, (7) Corong, (8) pipet gondok, (9) vessel, (10) Erlenmeyer, (11) stik pengaduk, (12) alat thermostat / oven, dan spektrofotometer.

4. Bahan Kimia

- a. Larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,0417
- b. Larutan standar ferro amonium sulfat (FAS) titrant 98 gram $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6 H_2O$ diencerkan 1 liter.
- c. H_2SO_4
- d. $HgSO_4$ bubuk
- e. Karbon Aktif dan aquades

Data Primer Hasil Eksperimen dengan Instrumen Uji Lab diplot Kedalam tabel berikut :

Kombinasi Perlakuan $K_m S_n$

Sampel (n)	Kadar COD dalam mg / L				
	Influen	Efluen	Efisiensi 1 (%)	Efisiensi 2 (%)	Efisiensi 3 (%)
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					
X					
cv Error					

LAMPIRAN 4
DATA MENTAH HASIL PENELITIAN

Data Sebelum Eksperimen

Tabel 2.1 : Data Efisiensi Penurunan COD (%)

Kadar COD (mg/L)		Efisiensi – 1 (%)	Kadar COD (mg/L)		Efisiensi – 2 (%)
Input	Output		Input	Output	
40,78	6,752	83,44	35,68	5,908	83,45

Rata-rata Efisiensi Penurunan COD = $(83,44 + 83,45) : 2 = 83,445 \%$

DATA MENTAH HASIL PENELITIAN

DATA EFISIENSI PENURUNAN COD SETIAP KELOMPOK

Sampel (n)	Pengendalian Polusi melalui pemberian Karbon Aktif			
	Kadar Rendah		Kadar Tinggi	
	Keterampilan Manajerial		Keterampilan Manajerial	
	Rendah	Tinggi	Rendah	Tinggi
1	75	80	80	81
2	75	81	81	81
3	77	82	82	81
4	78	82	83	82
5	78	83	84	83
6	79	83	84	83
7	80	83	85	83
8	80	83	86	84
9	81	83	86	84
10	81	83	86	85
11	81	83	86	85
12	82	84	86	85
13	82	84	86	85
14	82	84	87	85
15	82	85	87	85
16	82	85	88	85
17	83	85	88	86
18	83	86	88	86
19	84	86	88	87
20	85	87	90	87
n	20	20	20	20

DATA EFISIENSI PENURUNAN COD KELOMPOK I (WAKTU SIANG)

Sampel (n)	Pengendalian Polusi melalui pemberian Karbon Aktif			
	Kadar Rendah		Kadar Tinggi	
	Keterampilan Manajerial		Keterampilan Manajerial	
	Rendah	Tinggi	Rendah	Tinggi
1	75	80	82	81
2	77	82	83	83
3	78	83	84	83
4	80	83	86	84
5	81	83	86	85
6	81	83	86	85
7	82	83	87	85
8	82	85	88	86
9	83	86	88	87
10	83	87	90	87
X	802	835	860	846
x	80,2	83,5	86,0	84,6
SD	2,70	2,01	2,45	1,86
CV	3,37 %	2,41 %	2,84 %	2,24 %
Error	2,40 %	1,73 %	2,04 %	1,60 %

DATA EFISIENSI PENURUNAN COD KELOMPOK II (WAKTU SORE)

Sampel (n)	Pengendalian Polusi melalui pemberian Karbon Aktif			
	Kadar Rendah		Kadar Tinggi	
	Keterampilan Manajerial		Keterampilan Manajerial	
	Rendah	Tinggi	Rendah	Tinggi
1	75	81	80	82
2	78	82	81	82
3	79	83	83	83
4	80	83	85	84
5	81	83	86	85
6	82	84	86	85
7	82	84	86	85
8	82	85	87	85
9	84	85	88	86
10	86	86	88	87
X	809	836	850	844
x	80,9	83,6	85,5	84,4
SD	3,11	1,51	2,79	1,64
CV	3,84 %	1,80 %	3,28 %	1,95 %
Error	2,75 %	1,29 %	2,34 %	1,39 %

LAMPIRAN 5

DESKRIPSI DATA PENELITIAN

1. Distribusi Fekkuensi Efisiensi Penurunan COD bagi pengendalian polusi melalui karbon aktif kadar rendah secara keseluruhan.

Urutan nilai terkecil dan terbesar data Efisiensi (%) :

1. 75	6. 79	11. 81	16. 82	21. 83	26. 83	31. 84	36. 85
2. 75	7. 80	12. 81	17. 82	22. 83	27. 83	32. 84	37. 85
3. 77	8. 80	13. 81	18. 82	23. 83	28. 83	33. 84	38. 86
4. 78	9. 80	14. 82	19. 82	24. 83	29. 83	34. 85	39. 86
5. 78	10. 81	15. 82	20. 82	25. 83	30. 84	35. 85	40. 87

a. Rentang = $87 - 75 = 12$

b. Banyak kelas = $1 + 3,3 \log 40 = 6,2$ ditetapkan 7

c. Interval kelas = rentang + 1 / banyak kelas = $12 / 7 = 2,71$ atau 2

Tabel 1 : Distribusi Frekuensi skor Efisiensi Penurunan COD dengan Pengendalian polusi lewat karbon aktif kadar rendah secara keseluruhan

Nomor	Interval Kelas	Frekuensi Absolut (%)	Frekuensi Relatif (%)	Frekuensi Komulatif (%)
1	75 – 76	2	5,0	5,0
2	77 – 78	3	7,5	12,5
3	79 – 80	4	10,0	22,5
4	81 – 82	11	27,5	50,0
5	83 – 84	13	32,5	82,5
6	85 – 86	6	15,0	97,5
7	87 – 88	1	2,5	100
	Jumlah	40	100	100

d. Nilai rerata (mean) :

$$X = \sum Xi / n$$

$$X = 3282 / 40 = 82,05$$

e. Simpangan baku (S)

$$S = \sqrt{[n \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2] / n(n-1)}$$

$$S = 2,73$$

f. Perhitungan Modus dan Median

Nomor	Interval Kelas	f i	Xi	fiXi
1	75 – 76	2	75,5	151
2	77 – 78	3	77,5	232,5
3	79 – 80	4	79,5	318,0
4	81 – 82	11	81,5	896,5
5	83 – 84	13	83,5	1085,5
6	85 – 86	6	85,5	513
7	87 – 88	1	87,5	87,5
	Jumlah	40		3284

$$X = \frac{\sum f_i X_i}{\sum f_i}$$

$$X = 3284 / 40 = 82,1$$

1. Median (Me)

$$Me = b + p (n/2 - F) / f$$

$$Me = 82,5 + 2 (40 / 2 - 13) / 13$$

$$Me = 83,58$$

Keterangan : b = batas bawah kelas media

p = panjang kelas median

n = banyaknya data

f = frekuensi kelas median

F = Frekuensi kumulatif dibawah kelas median

2. Modus (Mo)

$$Mo = b + p (b_1 / (b_1 + b_2))$$

$$Mo = 82,5 + 2 (2 / (2 + 7))$$

$$Mo = 82,94$$

Keterangan : b = batas bawah kelas median

p = panjang kelas media

b₁ = Frekuensi kelas interval dikurangi frekuensi dibawahnya

b₂ = Frekuensi kelas interval dikurangi frekuensi diatasnya

Secara keseluruhan kelompok dengan pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah berdasarkan perhitungan adalah sebagai berikut :

Nomor	Pengendalian polusi melalui Karbon Aktif Kadar Rendah	
	Ketrampilan Manajer. Rendah	Ketrampilan Manajer Tinggi
1	75	80
2	75	81
3	77	82
4	78	82
5	78	83
6	79	83
7	80	83
8	80	83
9	81	83
10	81	83
11	81	83
12	82	84
13	82	84
14	82	84
15	82	85
16	82	85
17	83	85
18	83	86
19	84	86
20	85	87
Rerata	80,50	83,5
X	1.610	1.672
x ²	129.750	139.836
Sd	2,7625	1,729
Varian	7,6313	2,9894
Median	81	83,28
Modus	82	82,90

2. Distribusi Frekuensi Efisiensi Penurunan COD untuk kelompok Pengendalian polusi melalui KA kadar tinggi secara keseluruhan

Urutan nilai terkecil dan terbesar data Efisiensi (%) :

1. 80	11. 83	21. 85	31. 86
2. 81	12. 84	22. 85	32. 87
3. 81	13. 84	23. 85	33. 87
4. 81	14. 84	24. 86	34. 87
5. 81	15. 84	25. 86	35. 87
6. 82	16. 85	26. 86	36. 88
7. 82	17. 85	27. 86	37. 88
8. 83	18. 85	28. 86	38. 88
9. 83	19. 85	29. 86	39. 88
10.83	20. 85	30. 86	40. 90

a. Rentang = $90 - 80 = 10$

b. Banyak Kelas = $1 + 3,3 \log 40 = 6,2$ atau 6

c. Interval kelas = rentang + 1 / banyak kelas = $10 / 6 = 1,67$ atau 2

Tabel Distribusi Frekuensi skor Efisiensi Penurunan COD kelompok pengendalian polusi melalui KA kadar tinggi secara keseluruhan.

Nomor	Interval Kelas	Frekuensi Absolut (%)	Frekuensi Relatif (%)	Frekuensi Komulatif (%)
1	80 – 81	5	12,5	12,5
2	82 – 83	6	15,0	27,5
3	84 – 85	12	30,0	57,5
4	86 – 87	12	30,0	87,5
5	88 – 89	4	10,0	97,5
6	90 – 91	1	2,5	100
	Jumlah	40	100	100

d. Nilai rata-rata (Mean)

$$X = \sum Xi / n$$

$$X = 3394 / 40 = 84,85$$

e. Simpangan baku (S)

$$S = \sqrt{[n \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2] / n(n-1)} = 2,29$$

f. Perhitungan Median dan Modus

Nomor	Interval Kelas	f i	X i	fi Xi
1	80 – 81	5	80,5	402,5
2	82 – 83	6	82,5	495
3	84 – 85	12	84,5	1014
4	86 – 87	12	86,5	1038
5	88 – 89	4	88,5	354
6	90 – 91	1	90,5	90,5
	Jumlah	40		3394

$$X = \frac{fi Xi}{fi}$$

$$X = 3394 / 40$$

$$X = 84,85$$

1. Median (Me)

$$Me = b + \frac{p (n/2 - F)}{f}$$

$$Me = 83,5 + \frac{2 (40/2 - 12)}{12}$$

$$Me = 84,83$$

2. Modus (Mo)

$$Mo = b + p [b_1 / (b_1 + b_2)]$$

$$Mo = 83,5 + 2 [6 / (6 + 8)]$$

$$Mo = 84,36$$

Secera keseluruhan kelompok dengan Pengendalian polusi melalui pemberian Karbon Aktif kadar tinggi berdasarkan perhitungan sebagai berikut :

Nomor	Pengendalian Polusi melalui Karbon Aktif Kadar Tinggi	
	Ketrampilan Manajer Rendah	Ketrampilan Manajer Tinggi
1	80	81
2	81	81
3	82	81
4	83	82
5	84	83
6	84	83
7	85	83
8	86	84
9	86	84
10	86	85
11	86	85
12	86	85
13	86	85
14	87	85
15	87	85
16	88	85
17	88	86
18	88	86
19	88	87
20	90	87
N	20	20
Rerata	85,55	84,15
X	1.711	1.683
x ²	146.501	141.691
Sd	2,56	1,87
Varian	6,58	3,50
Median	86,25	84,72
Modus	86,61	85,23

3. Distribusi Frekuensi Efisiensi Penurunan COD bagi kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial rendah.

Urutan nilai terkecil dan terbesar data Efisiensi (%) :

1. 75	6. 79	11. 81	16. 82
2. 75	7. 80	12. 82	17. 83
3. 77	8. 80	13. 82	18. 83
4. 78	9. 81	14. 82	19. 84
5. 78	10. 81	15. 82	20. 85

a. Rentang = $85 - 75 = 10$

b. Banyak kelas = $1 + 3,3 \log 20 = 5,3$ atau 6

c. Interval kelas = Rentang + 1 / banyak kelas = $10 / 6 = 2$

Tabel Distribusi Frekuensi Nilai Efisiensi penurunan COD antara Karbon Aktif 2 g /L dengan Suhu Air Limbah 20° C

Nomor	Interval Kelas	Frekuensi Absolut (%)	Frekuensi Relatif (%)	Frekuensi Komulatif (%)
1	75 – 76	2	10	10
2	77 – 78	3	15	25
3	79 – 80	3	15	40
4	81 – 82	8	40	80
5	83 – 84	3	15	95
6	85 – 86	1	5	100
	Jumlah	20	100	

d. Nilai rata-rata (Mean) :

$$X = \sum Xi / n$$

$$X = 1610 / 20 = 80,50$$

e. Simpangan baku (S)

$$S = \sqrt{[n \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2] / n(n - 1)}$$

$$S = \sqrt{145 / 19}$$

$$S = 2,76$$

f. Perhitungan Median dan Modus

Nomor	Interval Kelas	f i	Xi	fi Xi
1	75 – 76	2	75,5	151,0
2	77 – 78	3	77,5	232,5
3	79 – 80	3	79,5	238,5
4	81 – 82	8	81,5	652,0
5	83 – 84	3	83,5	250,5
6	85 – 86	1	85,5	85,5
	Jumlah	20		1610

$$X = \frac{\sum f_i X_i}{\sum f_i}$$

$$X = \frac{1610}{20}$$

$$X = 80,5$$

1. Median (Me)

$$Me = b + p \left(\frac{n/2 - F}{f} \right)$$

$$Me = 80,5 + 2 \left(\frac{20/2 - 8}{8} \right)$$

$$Me = 81$$

2. Modus (Mo)

$$Mo = b + p \left[\frac{b_1}{(b_1 + b_2)} \right]$$

$$Mo = 80,5 + 2 \left(\frac{5}{(5 + 5)} \right)$$

$$Mo = 81,50$$

4. Distribusi Frekuensi Efisiensi Penurunan COD bagi kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial rendah.

Urutan nilai terkecil dan terbesar data efisiensi (%) :

1. 80	6. 84	11. 86	16. 88
2. 81	7. 85	12. 86	17. 88
3. 82	8. 86	13. 86	18. 88
4. 83	9. 86	14. 87	19. 88
5. 84	10. 86	15. 87	20. 90

a. Rentang = $90 - 80 = 10$

b. Banyak kelas = $1 + 3,3 \log = 5,3$ atau 6

c. Interval kelas = $\text{Rentang} + 1 / \text{banyak kelas} = 11 / 6 = 1,83$ atau 2

Tabel Distribusi Frekuensi Nilai Efisiensi penurunan COD antara Karbon Aktif 3 g/L dengan Suhu Air Limbah 20° C

Nomor	Interval Kelas	Frekuensi Absolut (%)	Frekuensi Relatif (%)	Frekuensi Kumulatif (%)
1	80 – 81	2	10	10
2	82 – 83	2	10	20
3	84 – 85	3	15	35
4	86 – 87	8	40	75
5	88 – 89	4	20	95
6	90 – 91	1	5	100
	Jumlah	20	100	

d. Nilai Rerata (Mean)

$$X = \sum Xi / n$$

$$X = 1711 / 20 = 85,55$$

e. Simpangan baku (S)

$$S = \sqrt{[n \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2] / n(n-1)}$$

$$S = \sqrt{2499 / (20 \times 19)}$$

$$S = 2,56$$

f. Perhitungan Median dan Modus

Nomor	Interval Kelas	f i	X i	f i X i
1	80 – 81	2	80,5	161,0
2	82 – 83	2	82,5	165,0
3	84 – 85	3	84,5	253,5
4	86 – 87	8	86,5	692,0
5	88 – 89	4	88,5	354,0
6	90 – 91	1	90,5	90,5
	Jumlah	20		1716

$$X = \frac{f_i X_i}{f_i}$$

$$X = 1716 / 20$$

$$X = 85,8$$

1. Median (Me)

$$Me = b + p (n/2 - F) / f$$

$$Me = 85,5 + 2 (20/2 - 7) / 8$$

$$Me = 86,25$$

2. Modus (Mo)

$$Mo = b + p [b_1 / (b_1 + b_2)]$$

$$Mo = 85,5 + 2 [5 / (5 + 4)]$$

$$Mo = 86,61$$

5..Distribusi Frekuensi Efisiensi Penurunan COD bagi kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial tinggi.

Urutan nilai terkecil dan terbesar data Efisiensi (%) :

1. 80	6. 83	11. 83	16. 85
2. 81	7. 83	12. 84	17. 85
3. 82	8. 83	13. 84	18. 86
4. 82	9. 83	14. 84	19. 86
5. 83	10. 83	15. 85	20. 87

a. Rentang = $87 - 80 = 7$

b. Banyak kelas = $1 + 3,3 \log 20 = 5,3$ atau 5

c. Interval kelas = $\text{rentang} + 1 / \text{banyak kelas} = 8 / 5 = 1,6$ atau 2

Tabel Distribusi Frekuensi Nilai Efisiensi penurunan COD antara Karbon Aktif 2 g /L dengan Suhu limbah cair 35° C

Nomor	Interval Kelas	Frekuensi Absolut (%)	Frekuensi Relatif (%)	Frekuensi Komulatif (%)
1	80 – 81	2	10	10
2	82 – 83	9	45	55
3	84 – 85	6	30	85
4	86 – 87	3	15	100
5	88 – 89	0	0	100
	Jumlah	20	100	

d. Nilai rerata (Mean)

$$X = \sum X_i / n$$

$$X = 1672 / 20 = 83,6$$

e. Simpangan baku (S)

$$S = \sqrt{[n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2] / n(n-1)}$$

$$S = \sqrt{1136 / (20 \times 19)}$$

$$S = 1,73$$

f. Perhitungan Median dan Modus

Nomor	Interval Kelas	f i	X i	fi Xi
1	80 – 81	2	80,5	161,0
2	82 – 83	9	82,5	742,5
3	84 – 85	6	84,5	507,0
4	86 – 87	3	86,5	259,5
5	88 – 89	0	88,5	0
	Jumlah	20		1670

$$X = \frac{\sum f_i X_i}{\sum f_i}$$

$$X = 1586 / 20$$

$$X = 83,5$$

1. Median (Me)

$$Me = b + \frac{p (n/2 - F)}{f}$$

$$Me = 81,5 + \frac{2 (20/2 - 2)}{9}$$

$$Me = 83,28$$

2. Modus (Mo)

$$Mo = b + p [b_1 / (b_1 + b_2)]$$

$$Mo = 81,5 + 2 [7 / (7 + 3)]$$

$$Mo = 82,90$$

6..Distribusi Frekuensi Efisiensi Penurunan COD bagi kelompok pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial tinggi.

Urutan nilai terkecil dan terbesar data Efisiensi (%) :

1. 81	6. 83	11. 85	16. 85
2. 81	7. 83	12. 85	17. 86
3. 81	8. 84	13. 85	18. 86
4. 82	9. 84	14. 85	19. 87
5. 83	10. 85	15. 85	20. 87

a. Rentang = $87 - 81 = 6$

b. Banyak kelas = $1 + 3,3 \log 20 = 5$

c. Interval kelas = $\text{rentang} + 1 / \text{banyak kelas} = 1,4$ atau 2

Tabel Distribusi Frekuensi Nilai Efisiensi penurunan COD antara Karbon Aktif 3 g/L dengan Suhu Limbah Cair 35° C

Nomor	Interval Kelas	Frekuensi Absolut (%)	Frekuensi Relatif (%)	Frekuensi Komulatif (%)
1	81 – 82	4	20	20
2	83 – 84	5	25	45
3	85 – 86	9	45	90
4	87 – 88	2	10	100
5	89 – 90	0	0	100
	Jumlah	20	100	

d. Nilai rata-rata (Mean)

$$X = \sum X_i / n$$

$$X = 1683 / 20 = 84,15$$

$$X = 84,15$$

e. Simpangan baku (S)

$$S = \sqrt{[n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2] / n(n-1)}$$

$$S = \sqrt{2561 / 380} = 2,64$$

f. Perhitungan Median dan Modus

Nomor	Interval Kelas	f i	Xi	fi Xi
1	81 – 82	4	81,5	326,0
2	83 – 84	5	83,5	417,5
3	85 – 86	9	85,5	769,5
4	87 – 88	2	87,5	175,0
5	89 – 90	0	89,5	0
	Jumlah	20		1688

$$X = \frac{\sum f_i X_i}{\sum f_i}$$

$$X = 1688 / 20$$

$$X = 84,4$$

1. Median (Me)

$$Me = b + \frac{p (n/2 - F)}{f}$$

$$Me = 84,5 + \frac{2 (20/2 - 9)}{9}$$

$$Me = 84,72$$

Keterangan : b = batas bawah kelas median

p = panjang kelas median

n = banyaknya data

f = frekuensi kelas median

F = frekuensi kumulatif dibawah kelas median

2. Modus (Mo)

$$Mo = b + p \left[\frac{b_1}{(b_1 + b_2)} \right]$$

$$Mo = 84,5 + 2 \left[\frac{4}{(4 + 7)} \right]$$

$$Mo = 85,23$$

Keterangan : b = batas bawah kelas median

p = panjang kelas median

b₁ = frekuensi kelas interval dikurangi frekuensi dibawah

b₂ = frekuensi kelas interval dikurangi frekuensi diatasnya

LAMPIRAN 6

PENGUJIAN PERSYARATAN ANALISIS

(UJI NORMALITAS DAN UJI HOMOGENITAS)

UJI NORMALITAS

1. Kelompok Efisiensi penurunan COD dengan pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah secara keseluruhan.

Hipotesis : H_0 = Populasi berdistribusi normal

H_1 = Populasi berdistribusi tidak normal

$N = 40$

$X = 82,05$

$SD = 2,729$

Nomor	X_i	Z_i	$F(Z_i)$	$S(Z_i)$	$[F(Z_i) - S(Z_i)]$
1	75	-2,5834	0,0049	0,025	0,0201
2	75	-2,5834	0,0049	0,025	0,0201
3	77	-1,8504	0,0122	0,075	0,0628
4	78	-1,4841	0,0694	0,10	0,0306
5	78	-1,4841	0,0694	0,10	0,0306
6	79	-1,1176	0,1314	0,15	0,0186
7	80	-0,7512	0,2266	0,175	0,0516
8	80	-0,7512	0,2266	0,175	0,0516
9	80	-0,7512	0,2266	0,175	0,0516
10	81	-0,3847	0,352	0,25	0,102
11	81	-0,3847	0,352	0,25	0,102
12	81	-0,3847	0,352	0,25	0,102
13	81	-0,3847	0,352	0,25	0,102
14	82	-0,0183	0,49	0,35	0,140
15	82	-0,0183	0,49	0,35	0,140
16	82	-0,0183	0,49	0,50	0,140
17	82	-0,0183	0,49	0,50	0,140
18	82	-0,0183	0,49	0,50	0,140
19	82	-0,0183	0,49	0,50	0,140
20	83	0,3481	0,6331	0,50	0,1331
21	83	0,3481	0,6331	0,50	0,1331
22	83	0,3481	0,6331	0,50	0,1331
23	83	0,3481	0,6331	0,50	0,1331
24	83	0,3481	0,6331	0,50	0,1331
25	83	0,3481	0,6331	0,50	0,1331
26	83	0,3481	0,6331	0,50	0,1331
27	83	0,3481	0,6331	0,50	0,1331
28	83	0,3481	0,6331	0,50	0,1331
29	83	0,3481	0,6331	0,50	0,1331
30	84	0,7145	0,7612	0,75	0,0112
31	84	0,7145	0,7612	0,75	0,0112
32	84	0,7145	0,7612	0,75	0,0112

33	84	0,7145	0,7612	0,75	0,0112
34	85	1,081	0,8599	0,85	0,0099
35	85	1,081	0,8599	0,85	0,0099
36	85	1,081	0,8599	0,85	0,0099
37	85	1,081	0,8599	0,85	0,0099
38	86	1,4474	0,9251	0,95	0,0249
39	86	1,4474	0,9251	0,95	0,0249
40	87	1,8139	0,9345	1,00	0,0655

Nilai terbesar (L_o) = 0,140 Dari daftar tabel dengan $N = 40$ dan pada taraf nyata $\alpha = 0,05$ diperoleh $L = 0,1423$ lebih besar dari pada L_o , sehingga hipotesis H_o diterima.

Konklusi : Populasi berdistribusi normal.

2. Kelompok Efisiensi Penurunan COD dengan pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi secara keseluruhan.

Hipotesis : H_0 = Populasi berdistribusi normal

H_1 = Populasi berdistribusi tidak normal

$N = 40$

$X = 84,85$

$SD = 2,2973$

Nomor	X_i	Z_i	$F(Z_i)$	$S(Z_i)$	$[F(Z_i) - S(Z_i)]$
1	80	-2,1112	0,0174	0,025	0,0076
2	81	-1,6761	0,0475	0,05	0,0025
3	81	-1,6761	0,0475	0,05	0,0025
4	81	-1,6761	0,0475	0,05	0,0025
5	81	-1,6761	0,0475	0,05	0,0025
6	82	-2,850	0,0013	0,15	0,1487
7	82	-2,850	0,0013	0,15	0,1487
8	83	-0,8053	0,209	0,20	0,009
9	83	-0,8053	0,209	0,20	0,009
10	83	-0,8053	0,209	0,20	0,009
11	83	-0,8053	0,209	0,20	0,009
12	84	-0,370	0,3557	0,30	0,0557
13	84	-0,370	0,3557	0,30	0,0557
14	84	-0,370	0,3557	0,30	0,0557
15	84	-0,370	0,3557	0,30	0,0557
16	85	0,0653	0,5239	0,40	0,1239
17	85	0,0653	0,5239	0,40	0,1239
18	85	0,0653	0,5239	0,40	0,1239
19	85	0,0653	0,5239	0,40	0,1239
20	85	0,0653	0,5239	0,40	0,1239
21	85	0,0653	0,5239	0,40	0,1239
22	85	0,0653	0,5239	0,40	0,1239
23	85	0,0653	0,5239	0,40	0,1239
24	86	0,501	0,6915	0,60	0,0915
25	86	0,501	0,6915	0,60	0,0915
26	86	0,501	0,6915	0,60	0,0915
27	86	0,501	0,6915	0,60	0,0915
28	86	0,501	0,6915	0,60	0,0915
29	86	0,501	0,6915	0,60	0,0915
30	86	0,501	0,6915	0,60	0,0915
31	86	0,501	0,6915	0,60	0,0915
32	87	0,936	0,8264	0,80	0,0264

33	87	0,936	0,8264	0,80	0,0264
34	87	0,936	0,8264	0,80	0,0264
35	87	0,936	0,8264	0,80	0,0264
36	88	1,3713	0,9147	0,90	0,0147
37	88	1,3713	0,1947	0,90	0,0147
38	88	1,3713	0,1947	0,90	0,0147
39	88	1,3713	0,1947	0,90	0,0147
40	90	2,242	0,9875	1,00	0,0125

Nilai terbesar (L_o) = 0,1239. Dari daftar tabel dengan $N = 40$ dan pada taraf nyata $\alpha = 0,05$ diperoleh $L = 0,1423$ lebih besar dari pada L_o , sehingga hipotesis H_o diterima.

Konklusi : Populasi berdistribusi Normal

3. Kelompok Efisiensi Penurunan COD bagi pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial rendah

Hipotesis : H_0 = Populasi berdistribusi normal

H_1 = Populasi berdistribusi tidak normal

$N = 20$

$X = 80,5$

$SD = 2,76$

Nomor	X_i	Z_i	$F (Z_i)$	$S (Z_i)$	$[F(Z_i) - S(Z_i)]$
1	75	-1,993	0,0233	0,10	0,0767
2	75	-1,993	0,0233	0,10	0,0767
3	77	-1,268	0,1020	0,15	0,0480
4	78	-0,906	0,1814	0,25	0,0686
5	78	-0,960	0,1814	0,25	0,0686
6	79	-0,543	0,2946	0,30	0,0054
7	80	-0,181	0,4286	0,40	0,0286
8	80	-0,181	0,4286	0,40	0,0286
9	81	0,187	0,5753	0,55	0,0253
10	81	0,187	0,5753	0,55	0,0253
11	81	0,187	0,5753	0,55	0,0253
12	82	0,543	0,7054	0,80	0,0946
13	82	0,543	0,7054	0,80	0,0946
14	82	0,543	0,7054	0,80	0,0946
15	82	0,543	0,7054	0,80	0,0946
16	82	0,543	0,7054	0,80	0,0946
17	83	0,906	0,8186	0,90	0,0814
18	83	0,906	0,8186	0,90	0,0814
19	84	1,268	0,8980	0,95	0,0520
20	85	1,630	0,9484	1,00	0,0516

Nilai terbesar (L_o) = 0,0946. Dan daftar tabel dengan $N = 20$ dan pada taraf nyata $\alpha = 0,05$ diperoleh $L = 0,19$ lebih besar dari pada L_o , sehingga hipotesis H_0 diterima.

Konklusi Analisis : Populasi berdistribusi normal.

4. Kelompok Efisiensi Penurunun COD bagi pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial rendah.

Hipotesis : H_0 = Populasi berdistribusi normal

H_1 = Populasi berdistribusi tidak normal

$N = 20$

$X = 85,55$

$SD = 2,56$

Nomor	X_i	Z_i	$F (Z_i)$	$S (Z_i)$	$[F(Z_i) - S(Z_i)]$
1	80	-2,168	0,0150	0,05	0,0350
2	81	-1,777	0,0375	0,10	0,0625
3	82	-1.387	0,0823	0,15	0,0677
4	83	-0,996	0,1611	0,20	0,0389
5	84	-0,605	0,2709	0,30	0,0291
6	84	-0,605	0,2709	0,30	0,0291
7	85	-0,214	0,4168	0,35	0,0668
8	86	0,176	0,5714	0,65	0,0786
9	86	0,176	0,5714	0,65	0,0786
10	86	0,176	0,5714	0,65	0,0786
11	86	0,176	0,5714	0,65	0,0786
12	86	0,176	0,5714	0,65	0,0786
13	86	0,176	0,5714	0,65	0,0786
14	87	0,566	0,7157	0,75	0,0343
15	87	0,566	0,7157	0,75	0,0343
16	88	0,957	0,8315	0,95	0,1185
17	88	0,957	0,8315	0,95	0,1185
18	88	0,957	0,8315	0,95	0,1185
19	88	0,957	0,8315	0,95	0,1185
20	90	1,738	0,9591	1,00	0,0410

Nilai terbesar (L_o) = 0,1185. Dari daftar tabel dengan $N = 20$ dan pada taraf nyata $\alpha = 0,05$ diperoleh $L = 0,19$ lebih besar dari pada L_o , sehingga hipotesis H_0 diterima.

Konklusi : Populasi berdistribusi Normal.

5. Kelompok Efisiensi Penurunan COD bagi pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar rendah dan keterampilan manajerial tinggi.

Hipotesis : H_0 = Populasi berdistribusi normal

H_1 = Populasi berdistribusi tidak normal.

$N = 20$

$X = 83,6$

$SD = 1,73$

Nomor	X_i	Z_i	$F (Z_i)$	$S (Z_i)$	$[F(Z_i) - S(Z_i)]$
1	80	-2,081	0,0188	0,05	0,0312
2	81	-1,503	0,0668	0,10	0,0332
3	82	-0,924	0,1788	0,20	0,0212
4	82	-0,924	0,1788	0,20	0,0212
5	83	-0,347	0,3632	0,55	0,1868
6	83	-0,347	0,3632	0,55	0,1868
7	83	-0,347	0,3632	0,55	0,1868
8	83	-0,347	0,3632	0,55	0,1868
9	83	-0,347	0,3632	0,55	0,1868
10	83	-0,347	0,3632	0,55	0,1868
11	83	-0,347	0,3632	0,55	0,1868
12	84	0,2312	0,5910	0,70	0,1090
13	84	0,2312	0,5910	0,70	0,1090
14	84	0,2312	0,5910	0,70	0,1090
15	85	0,809	0,7910	0,85	0,0590
16	85	0,809	0,7910	0,85	0,0590
17	85	0,809	0,7910	0,85	0,0590
18	86	1,387	0,9177	0,95	0,0323
19	86	1,387	0,9177	0,95	0,0323
20	87	1,965	0,9756	1,00	0,0244

Nilai terbesar (L_0) = 0,1868. Dari daftar tabel dengan sampel $N = 20$ dan pada taraf nyata $\alpha = 0,05$ diperoleh $L = 19$ lebih besar dari pada L_0 , sehingga hipotesis H_0 diterima.

Konklusi : Populasi berdistribusi normal.

6. Kelompok Efisiensi Penurunan COD bagi pengendalian polusi Melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan keterampilan manajerial tinggi.

Hipotesis : H_0 = Populasi berdistribusi normal

H_1 = Populasi berdistribusi tidak normal

$N = 20$

$X = 84,15$

$SD = 1,87$

Nomor	X_i	Z_i	$F (Z_i)$	$S (Z_i)$	$[F(Z_i) - S(Z_i)]$
1	81	-1,6845	0,0465	0,15	0,1035
2	81	-1,6845	0,0465	0,15	0,1035
3	81	-1,6845	0,0465	0,15	0,1035
4	82	-1,1490	0,1251	0,20	0,0749
5	83	-0,6150	0,2676	0,35	0,0824
6	83	-0,6150	0,2676	0,35	0,0824
7	83	-0,6150	0,2676	0,35	0,0824
8	84	-0,0800	0,4681	0,45	0,0181
9	84	-0,0800	0,4681	0,45	0,0181
10	85	0,4545	0,6736	0,80	0,1264
11	85	0,4540	0,6736	0,80	0,1264
12	85	0,4540	0,6736	0,80	0,1264
13	85	0,4540	0,6736	0,80	0,1264
14	85	0,4540	0,6736	0,80	0,1264
15	85	0,4540	0,6736	0,80	0,1264
16	85	0,4540	0,6736	0,80	0,1264
17	86	0,9890	0,8365	0,90	0,0635
18	86	0,9890	0,8365	0,90	0,0635
19	87	1,5240	0,9357	1,00	0,0643
20	87	1,5240	0,9357	1,00	0,0643

Nilai terbesar (L_o) = 0,1264. Dari daftar tabel dengan sampel $N = 20$ dan pada taraf nyata = 0,05 diperoleh $L = 0,19$ lebih besar dari pada L_o , sehingga hipotesis H_0 diterima.

Konklusi : Populasi berdistribusi normal.

UJI HOMOGENITAS BARTLETT

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2 = \sigma_4^2 = \sigma_5^2 = \sigma_6^2 = 0$$

$$H_1 : \sigma_i^2 \neq 0 \text{ (salah satu tidak sama)}$$

$$\alpha = 0,05$$

Tabel Uji Kehomogenan

Sampel	db = n-1	Si ²	db x Si ²	Log Si ²	db Log Si ²
1	19	7,62	144,78	0,882	16,75
2	19	6,55	124,45	0,820	15,51
3	19	2,99	56,810	0,480	9,12
4	19	3,50	66,500	0,540	10,34
	76		392,54		51,72

$$S^2 \text{ gab} = [\sum (n_i - 1) S_i^2 / \sum (n_i - 1)]$$

$$= 392,54 / 76$$

$$= 5,165$$

$$\text{Log } S^2 \text{ gab} = \log 5,165 = 0,713$$

$$B = \text{Log } S^2 \text{ gab} \times \sum (n_i - 1)$$

$$= 0,713 \times 76$$

$$= 54,193$$

$$X^2 \text{ hit} = \ln 10 [B - \sum (n_i - 1) \log S_i^2]$$

$$= 2,3026 [54,193 - 51,72]$$

$$= 2,3026 \times 2,473$$

$$= 5,6943$$

$$X^2 \text{ tabel} = X^2 (0,05) (3) = 7,81$$

Konklusi Analisis :

Ternyata X^2 hitung < X^2 tabel, yaitu $5,69 < 7,81$

Maka hipotesis H_0 diterima dan tolak H_1 .

Ini berarti bahwa data penelitian memiliki variansi yang homogen.

LAMPIRAN 7
PERHITUNGAN ANALISIS VARIANS
FAKTORIAL 2 X 2

Tabel 5.1 Hasil Penataan Data Efisiensi Penurunan COD (%) yang dipengaruhi Pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan Keterampilan manajerial

Pengendalian Polusi lewat	Variable atribut	Kelompok		Jumlah	Rerata
		1	2		
Pemberian Karbon aktif	Keterampilan Manajerial	0,00	0,00	0,00	0.00
Kadar Rendah	Rendah	80,20	80,9	161,1	80,55
	Tinggi	83,50	83,60	167,1	83,55
Kadar Tinggi	Rendah	86,00	85,00	171,0	85,5
	Tinggi	84,60	84,40	169,0	84,5
	Jumlah	334,3	333,9	668,2	83,53

PERHITUNGAN JUMLAH KUADRAT ANAVA

1. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = \frac{668,2^2}{2 \times 2 \times 2} = 55.811,405$$

$$FK = 55.811,405$$

2. Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = (80,20^2 + \dots + 84,4^2) - FK = 28,175$$

3. Jumlah Kuadrat Kelompok (JKK)

$$JKK = \frac{(490,50^2 + 491^2)}{2 \times 2} - FK = 0,02$$

4. Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$JKP = \frac{(155,2^2 + \dots + 169^2)}{2} - FK = 27,405$$

5. Jumlah Kuadrat Galat Percobaan (JKG)

$$JKG = JKT - JKK - JKP$$

$$JKG = 28,175 - 0,02 - 27,405 = 0,75$$

Tabel 5.2 Data Jumlah Efisiensi Penurunan COD (%)

Keterampilan Manajerial	Peng Polusi dg Karbon Aktif		Jumlah
	Kadar Rendah	Kadar Tinggi	
Rendah	161,10	171,00	332,1
Tinggi	167,10	169,00	336,1
Jumlah	328,20	340	668,2

Tabel 5.3 Data Rerata Efisiensi Penurunan COD (%)

Keterampilan Manajerial	Peng Polusi dg Karbon Aktif		Rerata
	Kadar Rendah	Kadar Tinggi	
Rendah	80,55	85,5	83,00
Tinggi	83,55	84,5	84,03
Rerata	82,05	85,00	

6. Jumlah Kuadrat Faktor A (Pengendalian polusi)

$$JK-A = \frac{(328,20^2 + 340^2)}{2 \times 2} - FK = 17,405$$

$$JK-A = 17,405$$

7. Jumlah Kuadrat Faktor B (Ketrampilan manajerial)

$$JK-B = \frac{(332,1^2 + 336,1^2)}{2 \times 2} - FK = 2,00$$

$$JK-B = 2,00$$

8. Jumlah Kuadrat Interaksi AB

$$JK-AB = JKP - JKA - JKB$$

$$JK-AB = 27,405 - 17,405 - 2,00$$

$$Jk-AB = 8,00$$

Tabel 5.4 Hasil Analisis Varians (ANAVA) Efisiensi Penurunan COD (%) Model Faktorial 2 X 2 dengan Pola RAK

Sumber Varians	db	JK	KT	F-hitung	F - tabel	
					0,05	0,01
Kelompok	1	0,02	0,02	0,08	10,13	34,12
Perlakuan	3	27,405	9,14	36,56**	9,28	29,46
Peng. Polusi (A)	1	17,41	17,41	69,64**	10,13	34,12
Ketramp Manaj (B)	1	2,00	2,00	8,00	10,13	34,12
Interaksi A x B	1	8,00	8,00	32,00*	10,13	34,12
Galat Eksperimen	3	0,75	0,25			
T o t a l	7					

Keterangan : * = beda signifikan
** = beda sangat signifikan

9. Uji Reliabilitas Instrumen dengan Koefisien Keragaman (KK)

$$\text{Nilai KK} = \frac{\text{KT Galat}}{\text{JK Total}} \times 100 \%$$

$$\text{Nilai KK} = \frac{0,25}{81,79} \times 100 \% = 0,61 \%$$

Nilai KK = 0,61 % < 5 % Ini berarti bahwa tingkat heterogenitas kondisi eksperimen masih tergolong sangat rendah, atau percobaan di laboratorium dalam kondisi homogen, sehingga hasil Uji – F dapat diandalkan atau dapat dipercaya atau instrumen dalam kondisi reliabel.

KEPUTUSAN ANALISIS

1. Antar pengendalian polusi melalui pemberian Karbon Aktif (K)

Nilai $F_h = 69,64 > F_t(0,05) = 34,12$ Ini berarti bahwa H_0 harus ditolak dan terima H_1 yang menyatakan terdapat perbedaan Efisiensi penurunan COD secara sangat signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah.

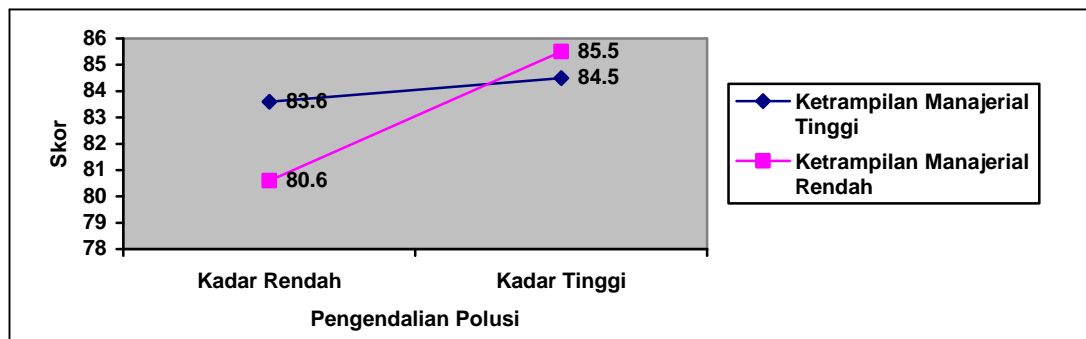
2. Antar keterampilan manajerial (B)

Nilai $F_h = 8,00 < F_{\text{tab}}(0,05) = 10,13$ Ini berarti H_0 diterima dan tolak H_1 . Tidak dijumpai adanya perbedaan efisiensi penurunan COD yang signifikan antara keterampilan manajerial tinggi dan keterampilan manajerial rendah.

3. Interaksi antara pengendalian polusi melalui pemberian Karbon aktif dan keterampilan manajerial (AB)

Nilai $F_{\text{hit}} = 32,00 > F_{\text{tab}}(0,05) = 10,13$ Ini berarti H_0 ditolak dan terima H_1 yang menyatakan terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif dan keterampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD.

Pengaruh interaksi yang sangat signifikan ini dipertegas oleh adanya garis yang saling berpotongan seperti yang disajikan oleh gambar berikut ini.



Gambar : Interaksi antara Pengendalian Polusi melalui pemberian Karbon Aktif dan Keterampilan Manajerial terhadap Efisiensi

UJI LANJUT

Hasil analisis varians perlu diuji lanjut untuk mengetahui taraf faktor mana saja yang lebih tinggi atau lebih baik. Untuk keperluan ini

digunakan uji wilayah berganda Duncan atau uji jarak Duncan dengan least significant range (LSR),⁸⁸ pada taraf nyata = 5 %.

1. Hipotesis pertama : Terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah sehingga kadar tinggi lebih efisien dari pd kdr rendah

$$H_0 : \mu_t = \mu_r$$

$$H_1 : \mu_t > \mu_r$$

Perhitungan :

$$\text{LSR hitung} = 85,00 - 82,05 = 2,95$$

$$\text{LSR (0,05)} = \text{SSR (0,05)} \times \text{se}$$

$$\text{db Galat} = 3 \text{ dan } P = 2 \rightarrow \text{SSR (0,05)} = 4,50 \text{ (tabel Duncan)}$$

$$\text{se} = \text{KTG} / (r \times s)$$

$$\text{se} = 0,25 / (2 \times 2) = 0,125$$

$$\text{LSR (0,05)} = 4,50 \times 0,125 = 0,56$$

2. Hipotesis Kedua : Bagi keterampilan manajerial tinggi tidak terdapat perbedaan efisiensi penurunan COD yang signifikan antara pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi dan kadar rendah.

$$H_0 : \mu_t = \mu_r$$

$$H_1 : \mu_t < \mu_r$$

Perhitungan :

$$\text{LSR hitung} = 84,50 - 83,55 = 0,95$$

$$\text{LSR (0,05)} = \text{SSR (0,05)} \times \text{se}$$

$$\text{db Galat} = 3 \text{ dan } P = 2 \rightarrow \text{SSR (0,05)} = 4,50 \text{ (tabel Duncan)}$$

⁸⁸ Robert GD Steel & James H Torrie. *Principles and Procedures of Statistics*, terjemahan Bambang S. (New York: Mc Graw hill, 1995), p. 228

$$se = KTG / (r) = 0,25 / (2) = 0,35$$

$$LSR (0,05) = 4,50 \times 0,354 = 1,59$$

$$LSR (0,05) = 1,59$$

3. Hipotesis ketiga : Bagi keterampilan manajerial rendah, penurunan zat pencemar atau COD dengan pengendalian polusi melalui pemberian karbon aktif kadar tinggi lebih efisien dari pada kadar rendah.

$$H_0 : \mu_t = \mu_r$$

$$H_1 : \mu_t > \mu_r$$

Perhitungan :

$$LSR \text{ hitung} = 85,50 - 80,55 = 4,95$$

$$LSR (0,05) = SSR (0,05) \times se$$

$$db \text{ Galat} = 5 \text{ dan } P = 2 \rightarrow SSR (0,05) = 4,50 \text{ (tabel Duncan)}$$

$$se = KTG / r = 0,25 / 2 = 0,35$$

$$LSR (0,05) = 4,50 \times 0,35$$

$$LSR (0,05) = 1,59$$

4. Hipotesis keempat : terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara pengendalian polusi melalui karbon aktif dan ketrampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD.

$$H_0 : \text{Interaksi } A \times B = 0$$

$$H_1 : \text{Interaksi } A \times B \neq 0$$

Perhitungan :

Pada tabel ANAVA menunjukkan bahwa :

$F_h = 32,00 > F_{\text{tab } 0,05} = 10,13$ maka tolak H_0 dan terima H_1 yang artinya terdapat pengaruh interaksi antara pengendalian polusi dengan ketrampilan manajerial terhadap efisiensi penurunan COD yg signifikan.

Urutan Data Rerata Efisiensi penurunan COD (%) :

Perlakuan AB :	A ₂ B ₂	A ₂ B ₁	A ₁ B ₁	A ₁ B ₂
Rerata Skor :	80,55*	<u>83,55*</u>	<u>84,50</u>	85,50

tanda * : beda signifikan

Berdasarkan LSR pada taraf nyata = 5 % dapat disimpulkan bahwa pada taraf ketrampilan manajerial rendah pengendalian polusi dapat dilakukan dengan pemberian karbon aktif kadar tinggi agar menghasilkan efisiensi penurunan COD yang lebih tinggi,

Tabel Rangkuman Hasil Uji Lanjut Duncan

Sumber Variansi	dk G	P	SSR 0,05	LSR _{hitung}	LSR 0,05
Secara Keseluruhan : Kadar Tinggi > Kadar Rendah	3	2	4,50	2,95*	1,13
Ketrampilan Manajerial Tinggi : Kadar Tinggi < Kadar Rendah	3	2	4,50	0,95	1,59
Ketrampilan Manajerial Rendah Kadar Tinggi > Kadar Rendah	3	2	4,50	4,95*	0,56

Keterangan :

dk Galat = derajat kebebasan galat percobaan

P = jumlah perlakuan yang diperbandingkan

SSR 0,05 = Studentized Significant Range pada taraf = 5 %
berdasarkan pada tabel Duncan.

LSR 0,05 = Least Significant Range pada taraf = 5 %

LSR hitung = Jarak beda terkecil dari selisih antar dua perlakuan

*) = beda signifikan.

> = lebih efisien

< = kurang efisien

LAMPIRAN 8
RUMUS - RUMUS STATISTIK YANG
DIGUNAKAN

A. Validitas

Validitas adalah ukuran tingkat kesahihan instrumen. Sebuah instrumen dikatakan valid bila dapat mengungkap data variabel yang diteliti secara tepat. Rumus dasar yang digunakan adalah :

$$r_{xy} = \frac{n(\sum XiYi) - (\sum Xi)(\sum Yi)}{\sqrt{\{n \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2\} \cdot \{n \sum Yi^2 - (\sum Yi)^2\}}}$$

Dimana : r_{xy} = koefisien korelasi antara skor butir dengan skor total
 n = Jumlah responden
 Xi = skor responden pada nomor butir
 Y = skor total responden

B. Reliabilitas

Reliabilitas menunjukkan instrumen yang mempunyai keakurasian yang tinggi sehingga mampu mengungkap data yang dapat dipercaya. Instrumen disebut reliabel jika digunakan berulang akan mengungkap data yang sama. Reliabilitas instrumen diukur melalui koefisien korelasi *Spearman Brown* dengan rumus :

$$r_i = \frac{2 \times r_b}{1 + r_b}$$

Dimana : r_b = skor total koefisien korelasi antara butir kelompok ganjil dan butir kelompok genap.

r_i = koefisien korelasi rumus *Spearman Brown*

C. Ukuran Sampel Representatif dan Berdistribusi Normal

1. Rata – rata data Sampel (\bar{X}) :

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

2. Standar deviasi (s), p. 46

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{(n - 1)}}$$

3. Koefisien Variasi (CV), p. 56

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100 \%$$

4. Sampling Error (Er), p. 101

$$\text{Error} = t \frac{\bar{X} \cdot CV}{n}$$

Kriteria pengujian sampel ⁸⁹ :

- a. Data sampel representatif dan berdistribusi normal, jika $Er. < 5 \%$
- b. Data sampel tidak representatif dan tidak berdistribusi normal, jika $\text{error} > 5 \%$

Keterangan :

E = tingkat kesalahan sampel dengan nilai maksimal 5 %

t = nilai tabel – t

CV = koefisien variasi

D. Distribusi Frekuensi, Mean, Median dan Modus

1. Banyaknya kelas = $1 + 3,3 \log n$
2. Rentang = Data terbesar – Data terkecil
3. Interval Kelas = Rentang / Banyaknya kelas
4. Simpangan baku (S)

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

⁸⁹ Grover, EB. & Hamby, DS. *Handbook of Textile Testing and Quality Control*, (New Delhi : Wiley Eastern Private, 1969), pp 46 – 101

5. Perhitungan Mean (\bar{x})

$$\bar{X} = \frac{\sum f_i X_i}{\sum f_i}$$

6. Perhitungan Median (Me)

$$Me = b + p \left(\frac{n/2 - F}{f} \right)$$

dimana : b = batas bawah kelas median

p = panjang kelas median

n = banyaknya data

f = frekuensi kelas median

F = frekuensi kumulatif dibawah kelas median

7. Perhitungan Modus (Mo)

$$Mo = b + p \left[\frac{b_1}{(b_1 + b_2)} \right]$$

Dimana : b = batas bawah kelas median

p = panjang kelas median

b_1 = frekuensi kelas interval dikurangi frekuensi dibawahnya

b_2 = frekuensi kelas interval dikurangi frekuensi diatasnya.

E. UJI Lilliefors

Pengujian normalitas dimaksudkan untuk mengetahui apakah sampel penelitian berasal dari populasi yang berdistribusi normal atau tidak normal. Untuk pengujian ini digunakan uji Lilliefors.

Kriteria pengujian :

- a. Jika $L_o < L_t$ berarti sampel berasal dari populasi yang berdistribusi normal.
- b. Jika $L_o > L_t$ berarti sampel berasal dari populasi tidak berdistribusi normal.

Tahap – tahap pengujian :

1. Hitung nilai baku Z_i untuk masing – masing nilai X_i , dengan rumus :

$$Z_i = (X_i - \bar{x}) / SD$$

dimana : \bar{x} = nilai rata-rata sampel

SD = standar deviasi atau simpangan baku sampel

2. Hitung peluang ($F(Z_i) = P(Z < Z_i)$) dengan distribusi normal, hitung

$S(Z_i)$ yaitu proporsi frekuensi dari nilai baku yang lebih kecil atau

sama dengan Z_i , maka $S(Z_i) =$ banyaknya nilai baku $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$

$< Z_i$

3. Hitung selisih $F(Z_i) - S(Z_i)$ kemudian tentukan harga mutlaknya.

4. Kemudian cari harga $F(Z_i) - S(Z_i)$ yang terbesar (L_o).

5. Bandingkan L_o dengan L_t dari tabel.

F. UJI Homogenitas Bartlett.

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2$$

H_1 : paling sedikit satu tanda sama

Pada taraf nyata, $\alpha = 0,05$

1. Varians gabungan dari semua sampel :

$$S^2 = [\sum (n_i - 1) S_i^2 / \sum (n_i - 1)]$$

2. Harga satuan B dengan rumus :

$$B = (\log S^2) \sum (n_i - 1)$$

3. Uji Bartlett dengan chi – kuadrat (χ^2)

$$\chi^2 = (\ln 10) [B - \sum (n_i - 1) \log S_i^2]$$

dimana : $\ln 10 = 2,3026$

H_0 = Data memiliki variansi homogen

H_1 = Data sampel tidak homogen (heterogen)

Dengan taraf nyata $\alpha = 0,05$ jika χ^2 hitung $< \chi^2 (0,95) (n-1)$, maka terima H_0 . Ini berarti variasi data adalah homogen, tetapi jika χ^2 hitung

lebih besar dari X^2 tabel, berarti tolak H_0 atau terima H_1 yang menyatakan variansi data heterogen.

G. Perhitungan ANAVA

1. Menghitung rata-rata sampel, total, standar deviasi, koefisiens varians, dan sampling error.

2. Menghitung Jumlah Kuadrat (JK) yang diperlukan yaitu :

a. Faktor Koreksi (FK)

$$FK = Y^2 / nab = (\sum_{i,j,k} Y_{ijk})^2 / r.a.b$$

b. Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$JKT = \sum_{i,j,k} Y_{ijk}^2 - FK$$

c. Jumlah Kuadrat Kelompok (JKK)

$$JKK = \sum_k (\sum_{i,j} Y_{ijk})^2 / ab - FK$$

d. Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$JKP = \sum_{i,j} (\sum_k Y_{ijk})^2 / r - FK$$

e. Jumlah Kuadrat Faktor A (JK-A)

$$JK-A = \sum_i (\sum_{j,k} Y_{ijk})^2 / r.b - FK$$

f. Jumlah Kuadrat Faktor B (JK-B)

$$JK-B = \sum_j (\sum_{i,k} Y_{ijk})^2 / r.a - FK$$

g. Jumlah Kuadrat Interaksi AB (JK-AB)

$$JK-AB = JKP - JKA - JKB$$

h. Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKK - JKP$$

3. Membuat tabel ANAVA Faktorial A X B, dengan RAK.

4. Menentukan kriteria pengujian :

a. Antar faktor A, jika $F_{\text{hit}} > F_{\text{tab}}$, maka ada perbedaan signifikan

b. Antar faktor B, jika $F_{\text{hit}} > F_{\text{tab}}$, maka ada perbedaan signifikan

c. Interaksi AB, jika $F_{\text{hit}} > F_{\text{tab}}$, maka ada perbedaan signifikan

5. Menguji kebenaran hipotesis

6. Derajat kebebasan (degree of freedom) = dk

- a. dk antar kelompok = $(r - 1)$
- b. dk antar perlakuan = $(ab - 1)$
- c. dk antar Faktor A = $(a - 1)$
- d. dk antar Faktor B = $(b - 1)$
- e. dk antar Faktor AB = $(a - 1) (b - 1)$
- f. dk Galat Percobaan = $(r - 1) (ab - 1)$
- g. dk Total = $(r.a.b - 1)$

7. Kuadrat Tengah (KT)

- a. KT Kelompok = $JKK / (r - 1)$
- b. KT Perlakuan = $JKP / (ab - 1)$
- c. KT Karbon Aktif = $JKA / (a - 1)$
- d. KT Suhu limbah = $JKB / (b - 1)$
- e. KT Interaksi = $JK-AB / (a - 1) (b - 1)$
- f. KT Galat Percobaan = $JKG / (r - 1) (ab - 1)$

8. Nilai F hitung (Fh)

- a. Fh karbon aktif = $KT-KA / KT Galat$
- b. Fh Suhu limbah = $KT-S / KT Galat$
- c. Fh Interaksi = $KT Interaksi / KT Galat$

9. Uji Lanjut dengan Uji Jarak Duncan

a. Untuk taraf-taraf faktor A

$$LSR (0,05) = SSR (0,05) \times se ()$$

SSR (0,05) berdasarkan tabel Duncan

$$se () = KTG / r.b$$

b. Untuk taraf-taraf faktor B

$$LSR (0,05) = SSR (0,05) \times se ()$$

SSR (0,05) berdasarkan tabel Duncan

$$se(\bar{y}) = \sqrt{KTG / r.a}$$

c. Untuk Interaksi A x B

$$LSR(0,05) = SSR(0,05) \times se(\bar{y})$$

$$se(\bar{y}) = \sqrt{KTG / r} \text{ dan } SSR(0,05) \text{ dari tabel Duncan.}$$

LAMPIRAN 9
PETA LOKASI DAN DIAGRAM ALIR
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR

Lampiran 7.1

Lampiran 7.2

Diagram Alir Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil PT. LQ

Lampiran 7.3

Lampiran 7.4

LAMPIRAN 10
BUKTI ADMINISTRATIF PENELITIAN

Lampiran 8.1

Lampiran 8.2

Lampiran 8.3

RIWAYAT HIDUP

R.A. Harianto, lahir di Jakarta, 18 April 1958, merupakan putra pertama dari Bapak Laksamana Pertama TNI (P) R.A. Basit dan Ibu Hj. Rr. Budihartati.

Menyelesaikan Pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 6 tahun, SMP Negeri 47 di Jakarta, SMA Fransiskus di Jakarta dan Fakultas Teknik Universitas UPN "Veteran" Jakarta tahun 1984, di Jakarta. Pada tahun 1993 memperoleh penghargaan Pemenang III bidang IPTEK Industri Tekstil dengan tema *The Application of Linear Programming with the Graphical Method on the Textile Industry*, tingkat Dosen Nasional dari TIFICO Foundation, JAPAN. Pada tahun 1997 melanjutkan studi S2 Ilmu Lingkungan di UI dan tahun 2000 program MM di Sekolah Tinggi Manajemen "IMMI" Jakarta. Kemudian pada tahun 2005 melanjutkan studi S3 di Universitas Negeri Jakarta dan pada bulan Agustus 2007 mengikuti pendidikan dan pelatihan AMDAL tipe A dan tipe C di P2LPK Sekolah Tinggi Perikanan dan Kelautan Pasar Minggu, Jakarta.

Sejak tahun 1984 mulai bekerja sebagai Supervisor Produksi di PT. South Pacific Viscose (PMA), Purwakarta hingga tahun 1985. Kemudian pada tahun 1985 bekerja sebagai staf sektoral Asosiasi Pertekstilan Indonesia (API) sampai tahun 1986 dan pada tahun 1986 bekerja di SAMSUNG Co., Ltd. Sebagai Asisten Manager untuk Divisi Textile Trading hingga tahun 1988. Jabatan Asisten Direktur Komite Vietnam KADIN Pusat Jakarta dimulai tahun 1988 sampai tahun 1991. Sejak tahun 1992 bekerja sebagai Dosen Tetap Fakultas Teknik Universitas UPN "Veteran" Jakarta dengan pangkat akademik Lektor Kepala dalam bidang Manajemen Industri dan operation research. Dan juga sebagai anggota Sarjana Ekonomi Indonesia (I.S.E.I).

Selain itu mengajar di Fakultas Teknik UNIS Tangerang, dan program pasca sarjana (S2) Magister Manajemen, STIE Widya Jayakarta, dan program S1 di STIE Gotong Royong, STIE Maiji, dan STIAKIN Tebet.

Menikah dengan Dra. Mariska tahun 1987 dan dikaruniai dua orang anak yaitu R. Gana Harianto mahasiswa Victoria University, New Zealand dan Universitas Trisakti, dan R Harvin Ahmadiharjo siswa kelas 3 SMA Marsudirini Cabang Bekasi.

**PENGARUH PENGENDALIAN POLUSI MELALUI
PEMBERIAN KARBON AKTIF DAN KETRAMPILAN
MANAJERIAL TERHADAP EFISIENSI PENURUNAN
COD**

**(Studi Eksperimen di Pabrik Tekstil PT. LQ Kawasan
Industri Pulau Gadung Jakarta Timur)**

R. Achmad Harianto

No. Reg. : 7717050286

**Disertasi yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Diajukan dalam Seminar Hasil**

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2009**

**PERSETUJUAN KOMISI PROMOTOR
DIPERSYARATKAN UNTUK UJIAN TERTUTUP**

Promotor

Promotor

Prof. Dr. Rukaesih Achmad, MSi

Dr. Ir. Betsy A. Sihombing, MSi.

Tanggal :

Tanggal :

Mengetahui,

Ketua Program Studi PKLH / ML PPs UNJ

Prof. Dr. Nadiroh, M.Pd.

Tanggal :.....

N a m a : R. Achmad Harianto

No. Registrasi : 7717050286

Tanggal Lulus :

BUKTI PENGESAHAN PERBAIKAN DISERTASI

Nama : R. Achmad Harianto

No. Registrasi : 7717050286

Program Studi : Manajemen Lingkungan

No	N A M A	TANDA TANGAN	TANGGAL
1	Prof. Dr. Anisah Basleman, M.Si.		
2	Prof. Dr. Rukaesih Achmad, M.Si		
3	Dr. Ir. Betsy A. Sihombing, M.Si		
4	Prof. Dr. Nadiroh, M.Pd.		
5	Prof. Dr. Lysna Lubis, M.Pd.		
6	Dr. Said Saile		

PERSETUJUAN KOMISI PROMOTOR DIPERSYARATKAN UNTUK UJIAN TERBUKA	
Promotor	Promotor
Prof. Dr. Rukaesih Achmad, M.Si	Dr. Ir. Betsy Sihombing, M.Si
Tanggal :	Tanggal :
PERSETUJUAN PANITIA UJIAN DOKTOR	
Prof. Dr. Bedjo Sujanto, M.Pd (Ketua) ¹ (Tanda tangan) (Tanggal)
Prof. Dr. H. Djaali. (Sekretaris) ² (Tanda tangan) (Tanggal)
Nama	: R. Achmad Harianto
No. Registrasi	: 7717050286
Tanggal Lulus	:
1. Rektor Universitas Negeri Jakarta 2. Direktur Program Pascasarjana Universitas Negeri Jakarta	