

OPTIMALISASI WASTE WATER TREATMENT PLANT DALAM PENURUNAN KADAR BOD DAN COD DI LAPANGAN - X

Mohamad Maliquil Fajar Surya Praja¹, Nindy Callista Elvania², Anung Anindhito³

^{1,2}Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Bojonegoro, fajarpraja22@gmail.com

³Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu.

ABSTRAK

Penelitian ini mengevaluasi efektivitas *Waste Water Treatment Plant (WWTP)* di Lapangan – X dalam menurunkan kadar BOD dan COD. Tujuan penelitian ini adalah (1) untuk mengetahui nilai BOD dan COD dalam proses WWTP di Lapangan – X; (2) untuk mengetahui penurunan nilai BOD dan COD dalam proses WWTP; dan (3) untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi penurunan nilai BOD dan COD dalam proses WWTP. Proses WWTP di Lapangan – X menggunakan teknologi *activated sludge* dengan bakteri aerobik dan memiliki kapasitas pengolahan sebesar 1.728 m³/hari. Penelitian dilakukan dengan metode deskriptif kuantitatif melalui observasi lapangan, pengambilan sampel pada inlet dan outlet WWTP, serta analisis kinerja menggunakan perhitungan *Hydraulic Retention Time (HRT)*. Hasil menunjukkan HRT selama 32 jam, dengan efisiensi penurunan BOD sebesar 51,1% dan COD sebesar 33,3%. Meskipun proses WWTP tersebut telah memenuhi standar kualitas air limbah sesuai regulasi, efisiensinya masih di bawah potensi optimal teknologi *activated sludge*, yaitu 84–86%, yang disebabkan oleh manajemen nutrisi dan komposisi mikroba yang kurang optimal. Untuk meningkatkan kinerja IPAL, disarankan penambahan nutrisi sebesar 2000 mg/L serta pemantauan mikroorganisme secara rutin.

Kata kunci : *Waste Water Treatment Plant (WWTP)*, *Activated Sludge*, BOD dan COD

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1 PENDAHULUAN

Waste Water Treatment Plant (WWTP) atau yang lebih dikenal dengan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) merupakan rangkaian proses yang bertujuan untuk memisahkan dan membuang zat berbahaya yang terdapat pada air limbah (Daniswara & Budiono, 2024). Hasil dari pengolahan limbah ini diharuskan memenuhi standar maksimum pada setiap parameter yang sudah ditentukan pada peraturan yang dibuat oleh pemerintah, yang pada penelitian ini mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri Dan/Atau Kegiatan Usaha Lainnya yang diantaranya meliputi kandungan BOD, COD, pH, TSS, amonia, bakteri coliform, minyak dan lemak.

Pada industri migas, pengelolaan air didesain berdasarkan karakteristik air limbah yang terproduksi dari kilang. Kegiatan eksplorasi dan produksi minyak dan gas bumi (migas) sebagian besar menghasilkan air limbah hingga 80% bahkan di lapangan dapat mencapai 95% yang merupakan minyak yang menguap (Igunnu & Chen, 2014).

Air limbah terbesar yang dihasilkan dari kegiatan eksplorasi dan produksi migas yaitu berupa air terproduksi. *Waste Water Treatment Plant (WWTP)* merupakan salah satu *supporting system* dalam menjaga kelangsungan produksi dari industri migas (Putri & Purwanti, 2019). Setiap air limbah yang dihasilkan, baik air produksi atau sisa-sisa bahan kimia yang digunakan di dalam industri migas akan dialirkan ke sistem pengolahan air limbah. Apabila pengolahan air limbah tidak berjalan sesuai desain, hal tersebut dapat mengganggu proses produksi dalam kilang dan menyebabkan kerugian bagi perusahaan (Andarani & Rezagama, 2015). Dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 dijelaskan beberapa parameter air seperti Ph, TDS, TSS, BOD, dan COD menjadi acuan dalam proses geohidrologi kegiatan industri migas (Halim et al., 2023)

Parameter pencemar dalam air limbah industri diantaranya adalah BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*). Nilai BOD adalah parameter yang menyatakan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri dan mikroorganisme lain yang terlibat dalam air untuk mengurai senyawa organik yang dapat terurai selama periode waktu tertentu (Ramdani et al., 2021). Parameter BOD digunakan untuk mengetahui bahwa pada air yang tercemar selalu mengalami kekurangan oksigen yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme. Kebutuhan oksigen kimiawi atau dalam bahasa inggris disebut sebagai *chemical oxygen demand* adalah parameter yang menyatakan jumlah oksigen yang dibutuhkan pengoksidasi senyawa organik menggunakan agen pengoksidasi. Namun pada kondisi tertentu, apabila senyawa anorganik tersebut bernilai cukup berarti dalam air limbah, berarti nilai COD tersebut bukan hanya saja menggambarkan senyawa organik, namun termasuk juga senyawa anorganik (Mukhtar et al., 2017). Selain itu penulis juga menganalisa parameter lain seperti pengujian pH, pengujian pH dilakukan sebagai dasar dalam menjalankan proses pengolahan air limbah karena nilai Ph berpengaruh besar terhadap proses fisika, kimia, maupun biologi dari organisme yang hidup di dalamnya (Ramdani et al., 2021).

Pada penelitian terdahulu menyebutkan bahwa proses WWTP yang menggunakan teknologi activated sludge dapat menurunkan parameter BOD dan COD secara signifikan (Halim et al., 2023). Namun, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi optimalisasi dari teknologi activated sludge seperti kadar oksigen terlarut (DO), komposisi organisme, nutrient, suhu, derajat keasaman (pH), dan *Hidraulic Retention Time (HRT)* (Mustamin et al., 2023). Tujuan dari penelitian ini adalah (1) mengetahui nilai BOD dan COD pada proses WWTP di Lapangan – X; (2) mengetahui penurunan nilai BOD dan COD pada proses WWTP di Lapangan – X; dan (3) mengetahui faktor yang mempengaruhi efisiensi penurunan nilai BOD dan COD pada proses WWTP di Lapangan – X. Mengingat bahwa pentingnya pengukuran BOD dan COD pada proses pengolahan air limbah, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang optimalisasi WWTP dalam menurunkan kadar BOD dan COD di Lapangan – X.

2 METODOLOGI

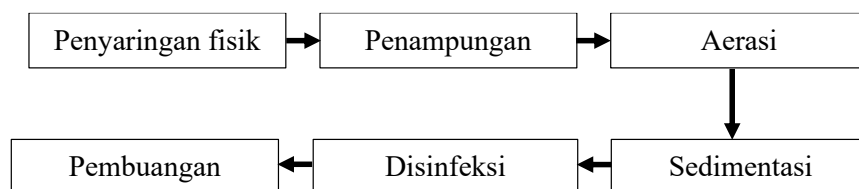
Penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif deskriptif dimana penulis melakukan observasi lapangan untuk mengetahui proses kerja dari WWTP serta melakukan pengumpulan data operasi dan pengambilan sampel pada *inlet* dan *outlet* WWTP di Lapangan – X. Penelitian ini dilakukan dengan cara analisa data operasi dan data hasil

sampel menggunakan metode perhitungan HRT dan persentase penurunan kadar pencemar (BOD dan COD) untuk mengetahui efektivitas dari sistem WWTP di Lapangan – X. Selain itu penulis juga melakukan studi literatur untuk memberikan rekomendasi peningkatan efektifitas dari sistem WWTP di Lapangan – X.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

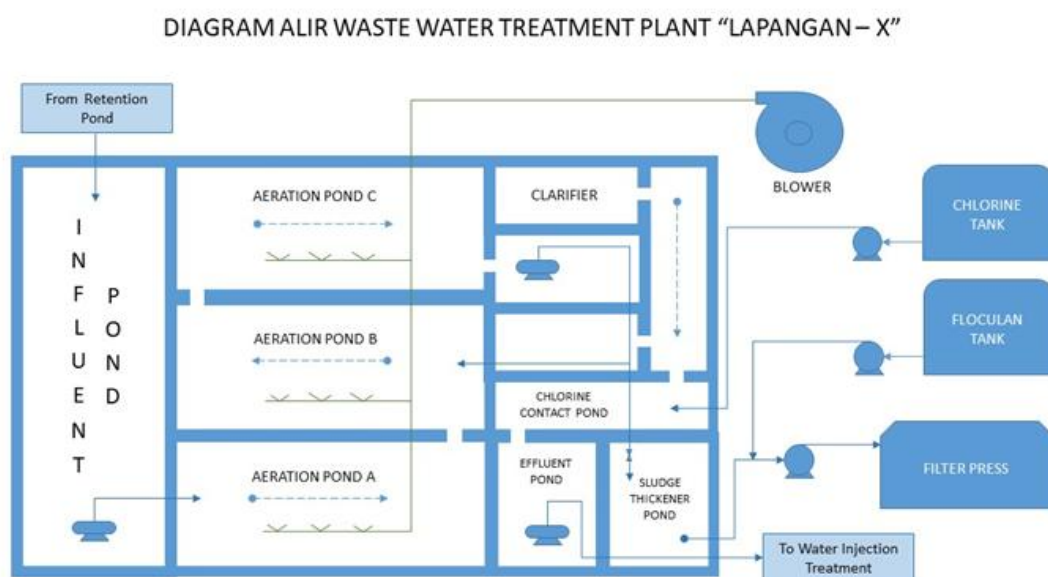
3.1 Alur Pengolahan Limbah Lapangan – X

Instalasi pengolahan air limbah lapangan - X menggunakan teknologi *activated sludge* dan memanfaatkan bakteri aerob dalam prosesnya, dengan kapasitas IPAL sebesar 240 GPM atau 1728 m³/hari. Proses pengolahan air limbah atau WWTP di Lapangan – X memiliki alur sebagai berikut:



Gambar 1. Bagan Pengolahan Air Limbah Lapangan – X (Data Pribadi, 2025)

Tahap pertama dalam pengolahan air limbah di Lapangan – X adalah penyaringan fisik sederhana menggunakan screen strainer untuk mencegah benda-benda padat memasuki proses pengolahan air limbah. Selanjutnya adalah proses aerasi menggunakan blower dan pengolahan secara biologis dengan bakteri aerob untuk menurunkan kadar BOD dan COD. Lalu, proses pengendapan lumpur atau sedimentasi. Selanjutnya air yang selesai diolah dilakukan pembuangan ke proses selanjutnya, sementara sedimentasi lumpur di padatkan menjadi *sludge cake*.



Gambar 2. Diagram Alir WWTP di Lapangan – X (Data Pribadi, 2025)

3.2 Pengawasan COD dan BOD di Sistem WWTP

Pengawasan COD dan BOD di sistem WWTP dilakukan dengan cara pengambilan sampel secara rutin pada sisi inlet dan outlet dari WWTP. Sampel lalu diserahkan kepada tim laboratorium untuk dilakukan analisa.

Tabel 1. Hasil Sampel *Inlet* dan *Outlet* WWTP
(Data Pribadi, 2025)

Parameter	Unit	Spesifikasi	Waktu dan Nama Sampel	
			28/02/2025	
			<i>Inlet</i> WWTP	<i>Outlet</i> WWTP
COD	mg/L	< 200	39	26
BOD	mg/L	5	4.3	2.1
pH	N/A	6 - 9	7.88	7.61

Dari hasil sampling inlet WWTP pada Tabel 1. diatas, didapatkan nilai COD *inlet* sebesar 39.0 mg/L dan pada *outlet*-nya sebesar 26.0 mg/L, dari data tersebut dapat dilihat bahwa nilai COD sebelum memasuki fasilitas pengolahan limbah sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu 200 mg/L dan pada *outlet*-nya mengalami penurunan COD yang menunjukkan proses WWTP masih bekerja dengan baik. Untuk parameter BOD sendiri juga mengalami penurunan dari 4.3 mg/L menjadi 2.1 mg/L. Sementara itu nilai pH tetap stabil dikisaran 7.88 sampai 7.61. Berdasarkan data hasil sampling menunjukkan proses pengolahan air limbah berjalan dengan baik dengan debit pada waktu tersebut sebesar 206 GPM atau 1122 m³/hari.

3.3 Menghitung Hydraulic Retention Time (HRT) dan penurunan BOD dan COD pada WWTP

Penghitungan HRT merupakan salah satu dari beberapa variabel yang digunakan untuk menentukan performa dari sistem pengolahan air limbah dengan teknologi *activated sludge* (Said & Utomo, 2007). Nilai HRT adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh air limbah untuk melewati bak atau reaktor. HRT dapat dicari menggunakan rumus:

$$HRT = 1/D = V/Q \quad (1)$$

dengan,

V = Volume reaktor atau bak aerasi (m³).

Q = Debit air limbah yang masuk ke dalam Tangki aerasi (m³/jam)

D = Laju pengenceran (jam⁻¹)

Dari data yang diambil diketahui bahwa volume reaktor (Aeration Pond) pada WWTP di Lapangan – X sebesar 1491 m³. Sementara itu laju aliran yang diolah di WWTP sebesar 206 GPM atau 46.7 m³/jam. Jika menggunakan rumus diatas, didapatkan HRT selama + 32 jam. Dari penelitian yang dilakukan oleh (Notonugroho et al., 2022) disebutkan bahwa 12 jam HRT dapat mengeliminasi beban pencemar secara optimal dan semakin besar HRT maka semakin besar nilai reduksinya.

Selanjutnya, perhitungan penurunan nilai BOD dan COD didapatkan dengan rumus sederhana yaitu:

$$\%C = \left[\frac{C_{inlet} - C_{outlet}}{A_{inlet}} \right] \times 100\% \quad (2)$$

dengan,

C = Konsentrasi COD atau BOD

Dari data hasil sampel yang didapatkan, diketahui bahwa nilai COD *Influent* adalah 39 mg/L dengan nilai *outlet* 26 mg/L maka, berdasarkan perhitungan diatas didapatkan presentasi penurunan COD sebesar 33.3 %. Sementara untuk BOD didapatkan nilai penurunan dari 4.3 mg/L menjadi 2.1 mg/L atau sebesar 51.1%.

3.4 Optimalisasi WWTP dalam penurunan BOD dan COD

Dalam beberapa penelitian terdahulu menyebutkan bahwa teknologi *activated sludge* dapat mengurangi kadar COD pada air limbah sebesar + 84 % (Halim et al., 2023). Dalam kasus Optialisasi WWTP di Lapangan X, penurunan konsentrasi COD dan BOD hanya sebesar 33.3 % dan 51.1 %, sehingga memerlukan beberapa perlakuan supaya *activated sludge* dapat bekerja secara maksimal. Mustamin et al., (2023) dalam penelitiannya menyebutkan beberapa faktor yang mempengaruhi pengolahan air limbah menggunakan media biologi (*activated sludge*) antara lain adalah:

1. Oksigen: Ketersediaan oksigen yang cukup selama proses biologi memungkinkan mikroorganisme berfungsi secara optimal. Hal ini sangat bermanfaat dalam menurunkan konsentrasi zat organik yang terdapat dalam air limbah.
2. Nutrient: Mikroorganisme memanfaatkan bahan-bahan organik yang terdapat dalam air limbah sebagai sumber makanan. Selain itu, terdapat beberapa unsur kimia penting yang sangat dibutuhkan sebagai nutrisi untuk mendukung pertumbuhan bakteri, sehingga pertumbuhan mereka dapat berlangsung secara maksimal.
3. Komposisi Organisme (Bakteri): Mikroorganisme berperan dalam menguraikan bahan-bahan organik yang ada dalam air limbah menjadi zat yang lebih sederhana dan tidak berbahaya, sehingga proses ini menjadi sangat penting dalam pengolahan limbah. Konsentrasi mikroorganisme dalam air menentukan seberapa efektif proses pengolahan air dalam menguraikan air limbah.
4. Suhu: Suhu yang ideal untuk pengolahan air limbah berkisar antara 25°C hingga 30°C. Suhu yang terlalu tinggi dapat merusak proses pengolahan dengan menghambat aktivitas enzim dalam sel, sehingga mengganggu efektivitas mikroorganisme.
5. pH: Nilai pH yang terlalu tinggi, dapat menghambat aktivitas mikroorganisme. Di sisi lain, pH di bawah 6 dapat menyebabkan pertumbuhan jamur yang bersaing dengan bakteri pengurai. Untuk mendukung semua proses biologis, terutama dalam upaya pemurnian perairan yang melibatkan unsur-unsur biologis seperti bakteri pengurai, pH yang ideal sebaiknya berada di antara 6 hingga 8.
6. *Hdraulic Retention Time (HRT)*: Atau yang disebut waktu tinggal hidrolik adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh air limbah masuk dalam bak atau tangki aerasi. Untuk proses lumpur aktif, nilainya berbanding terbalik dengan laju pengenceran (*dilution time*) (Said & Utomo, 2007).

Optimalisasi teknologi activated sludge dalam penurunan kadar COD dan BOD dipengaruhi oleh beberapa hal seperti konsentrasi mikroorganisme terhadap volume air limbah, kondisi aerasi dan pemilihan bakteri (Dharmayanthie & Fauzi, 2017). Konsentrasi BOD dan COD yang rendah pada inlet WWTP memberikan pengaruh signifikan terhadap kehidupan bakteri, untuk itu pengecekan komposisi organisme dilakukan secara berkala untuk mengetahui seberapa efisien teknologi tersebut bekerja. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Utami et al., 2017) didapatkan konsentrasi mikroorganisme dalam penurunan limbah terbanyak atau sebesar 86.35% nilai penurunan pada konsentrasi bakteri sebanyak 1600 mg/L. Dengan melakukan pengecekan komposisi mikroorganisme secara rutin, perusahaan dapat mengetahui performa kerja WWTP secara lebih detail dan menentukan tindakan yang perlu dilakukan.

Selain itu metode lain untuk meningkatkan optimalnya WWTP yaitu dengan melakukan penambahan *nutrient*. (Mukhtar et al., 2017) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa mikroba aerobik memerlukan nutrisi untuk pertumbuhan mikroba aerobik. Dalam penelitian ini digunakan nutrisi terfermentasi (*BioActive*) berupa karbon aktif (*powder*) yang diperkaya (*enrichment*) dengan protein fermentasi. Mukhtar juga menjelaskan dengan melakukan perlakuan penambahan *nutrient* pada bakteri aerob dapat menambah efisiensi penurunan COD sebesar 23-64% dengan konsentrasi *nutrient* sebesar 2000 mg/L.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan lapangan – X mampu mengolah debit WWTP sebesar 1122 m³/hari dengan nilai HRT selama + 32 jam dan didapatkan nilai COD inlet sebesar 39.0 mg/L dan pada outlet nya sebesar 26.0 mg/L atau penurunan sebesar 33.3%, Untuk parameter BOD sendiri juga mengalami penurunan dari 4.3 mg/L menjadi 2.1 mg/L atau penurunan sebesar 51.1%. Hal tersebut berarti proses pengolahan air pada WWTP masih bekerja dengan baik dan memenuhi spesifikasi air limbah dari Peraturan Gubernur Jatim Nomor 72, Tahun 2013.

Pengoperasian WWTP di Lapangan – X menggunakan teknologi Activated sludge seharusnya dapat menurunkan kadar BOD dan COD sebesar 84% dan 86%. Sementara Lapangan – X hanya mampu menurunkan kadar sebesar 33.3% dan 51.1% dari kadar COD dan BOD. Efisiensi dari teknologi activated sludge dipengaruhi oleh konsentrasi oksigen, pH, nutrisi, komposisi mikroorganisme (bakteri), dan suhu. Dalam kegiatan pengelolaan kualitas air limbah masih belum tercantum 2 faktor yakni pengelolaan nutrisi dan pengelolaan komposisi mikroorganisme. Kedua faktor tersebut dapat dilakukan dengan beberapa jenis kegiatan yaitu:

1. Pengambilan sampling *aeration pond* dan *bottom sludge* secara rutin untuk mengetahui dan menjaga komposisi mikroorganisme dalam proses *activated sludge*. Pengaturan konsentrasi mikroorganisme dalam penurunan limbah terbanyak adalah dengan menjaga konsentrasi mikroorganisme sebesar + 1600 mg/L.
2. Penambahan *nutrient* untuk menjaga kondisi bakteri dalam proses *activated sludge*. Penambahan *nutrient* yang efektif yaitu pada peningkatan performa penurunan COD sebesar 23-64% dengan konsentrasi *nutrient* sebesar 2000 mg/L.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andarani, P., & Rezagama, A. (2015). Analisis Pengolahan Air Terproduksi Di Water Treating Plant Perusahaan Eksploitasi Minyak Bumi (Studi Kasus: Pt Xyz). *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 12(2), 78.
- [2] Daniswara, D., & Budiono, A. (2024). Perhitungan F/M Ratio Pengolahan Limbah Lumpur Aktif Wwtp-2 Di Pabrik Farmasi. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 10(1), 41–47.
- [3] Dharmayanthie, I., & Fauzi, A. (2017). PENGARUH BAKTERI PADA BAK AERASI DI UNIT WASTE WATER TREATMENT. *Syntax Literate : Jurnal Ilmiah Indonesia*, 2(3), 40–49.
- [4] Halim, A., Kurniawan, I., Sari, I. M., & Sapitri, W. D. (2023). Pengolahan Limbah Cair Dengan Lumpur Aktif Aerobik: Studi Kasus Industri Minuman. *Jurnal Bhuwana*, 2(2), 184–190.
- [5] Igunnu, E. T., & Chen, G. Z. (2014). Produced water treatment technologies. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 9(3), 157–177. h
- [6] Mukhtar, G., Iwan, R., Mina, N., & Tintin, S. R. (2017). Pemanfaatan Nutrisi Terfermentasi untuk Penurunan Kadar COD/BOD Air Limbah Industri. *Journal Industrial Servicess*, 3(1b), 231–234.
- [7] Mustamin, H. A., Larasati, R. P., & Sumada, K. (2023). Studi Kesesuaian Mikroorganisme Pada Pengolahan Limbah Cair Industri. *Chempro*, 1(2), 45–52.
- [8] Notonugroho, O. J., Amelia, F., Arif, C., & Kurniawan, A. (2022). Model Parameter Kinetika Biologis Proses Lumpur Aktif Air Limbah Kertas Berdasarkan Variasi Waktu Detensi Pada Kondisi Tidak Tunak. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(4), 829–840.
- [9] Putri, C. S., & Purwanti, I. F. (2019). Evaluasi Pembuangan Air Limbah Water Treatment Plant PT. Pertamina Hulu Mahakam, Balikpapan. *Jurnal Purifikasi*, 19(2), 67–76.
- [10] Ramdani, R., Samsunar, S., & Utami, M. (2021). Analisis Suhu, Derajat Keasaman (pH), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Biologycal Oxygen Demand (BOD) dalam Air Limbah Domestik di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo. *IJCR-Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(2), 12–22.
- [11] Said, N. I., & Utomo, K. (2007). Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Proses LUMPUR AKTIF YANG DIISI DENGAN MEDIA BIOBALL. *Jurnal Air Indonesia*, 3(2), 160–174.
- [12] Utami, L. I., Wiandhita, W., Marsela, S., & Wahyusi, K. N. (2017). Pengolahan Limbah Cair Minyak Bumi secara Biologi Aerob Proses Batch. *Jurnal Teknik Kimia*, 11(2), 37–41.
- [13] Nelson J.D., and Miller D.J., 1992. *Expansive Soil Problem and Practice in Foundation and Pavement Engineering*. John Wiley and Sons, Inc., New York.