

No. Urut: 175 A/UN7.F3.6.8.TL/DL/X/2023

Laporan Tugas Akhir

***REVIEW DESIGN* INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
SUWUNG DENPASAR BALI**



Disusun oleh:

Muhammad Asyraf Sidqi Anandityo

21080118140076

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

2024

HALAMAN PENGESAHAN

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir yang berjudul:

***REVIEW DESIGN* INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH SUWUNG DENPASAR**

Disusun oleh:

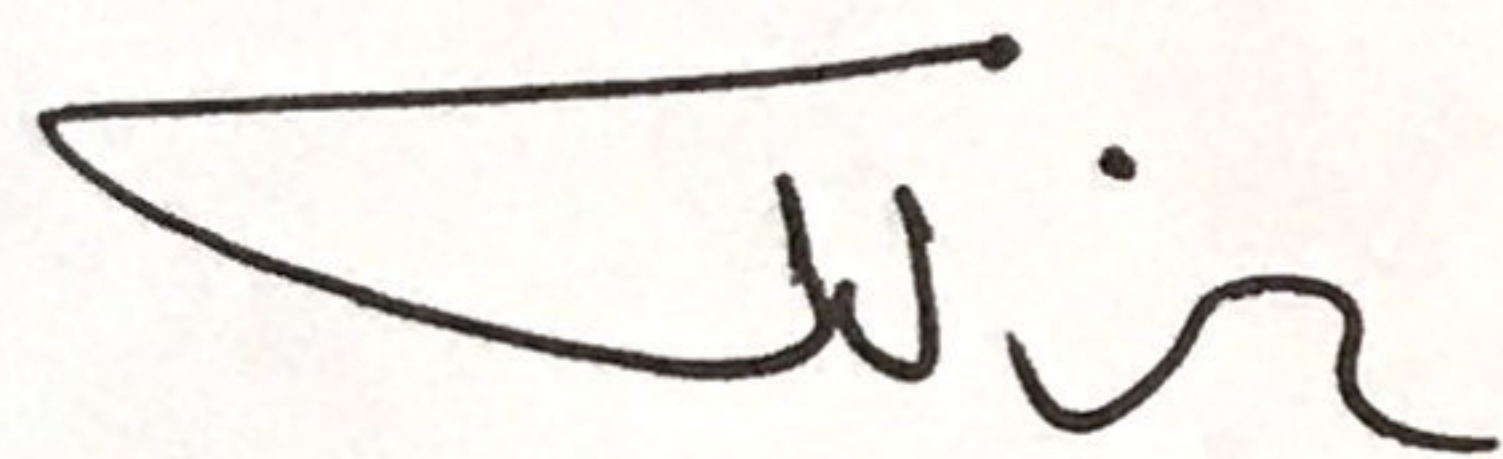
Nama : Muhammad Asyraf Sidqi Anandityo
NIM : 21080118140076

Telah disetujui dan disahkan pada:

Hari : Selasa
Tanggal : 25 Juni 2024

Menyetujui,

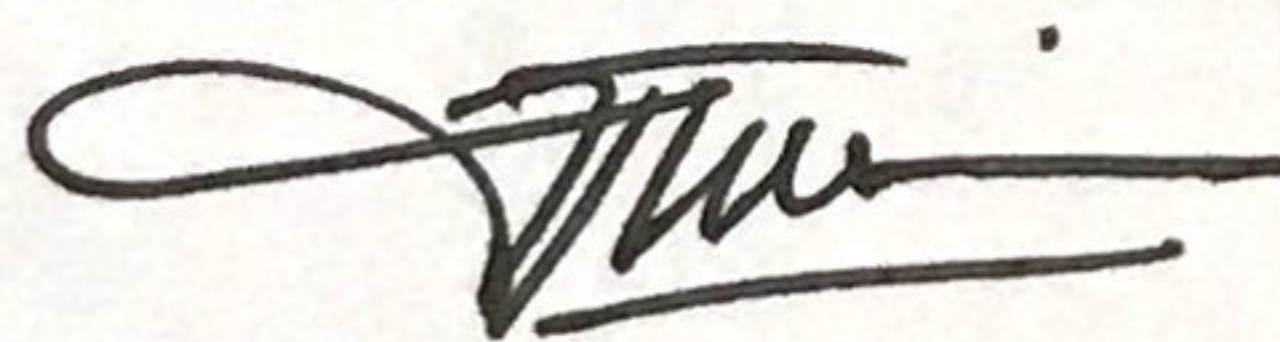
Penguji I



Ir. Wiharyanto Oktiawan, S.T., M.T.

NIP. 197310242000031001

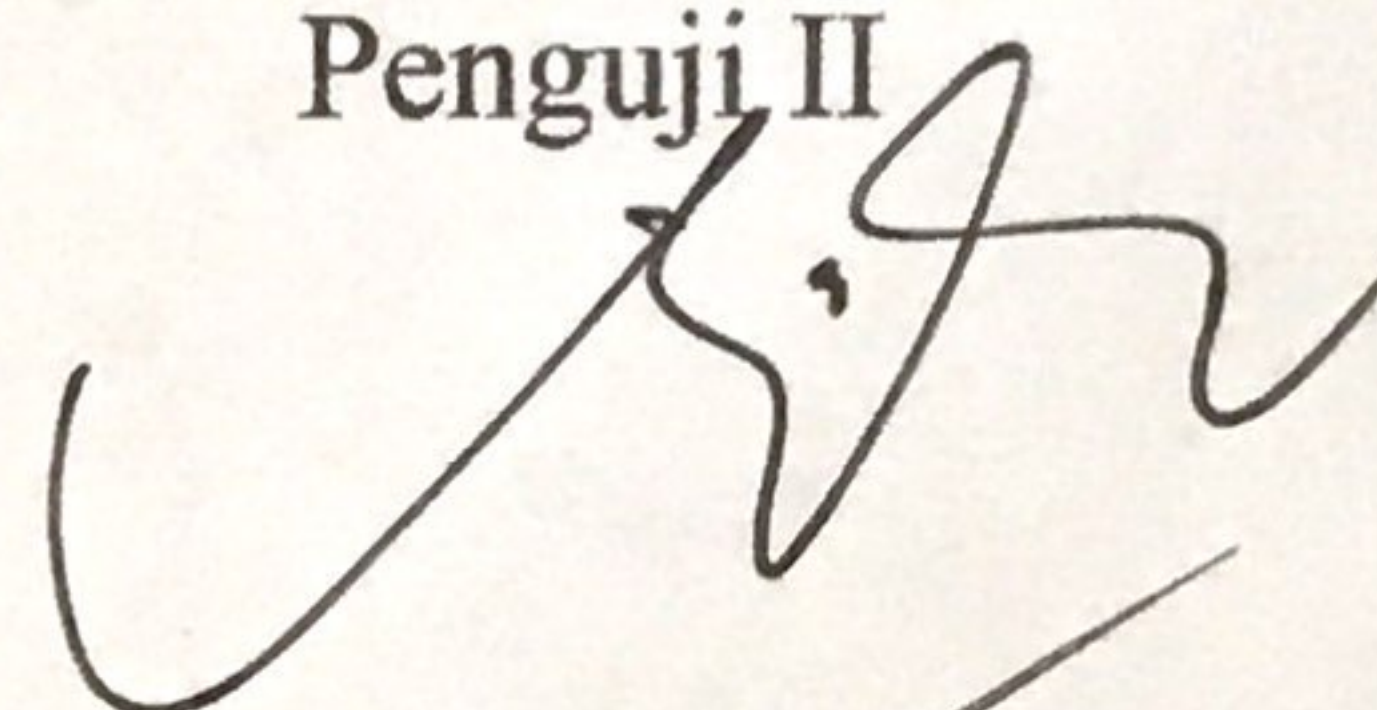
Pembimbing I



Dr.Ling., Ir. Sri Sumiyati, S.T., M.Si., IPM.,
ASEAN Eng.

NIP. 197103301998022001

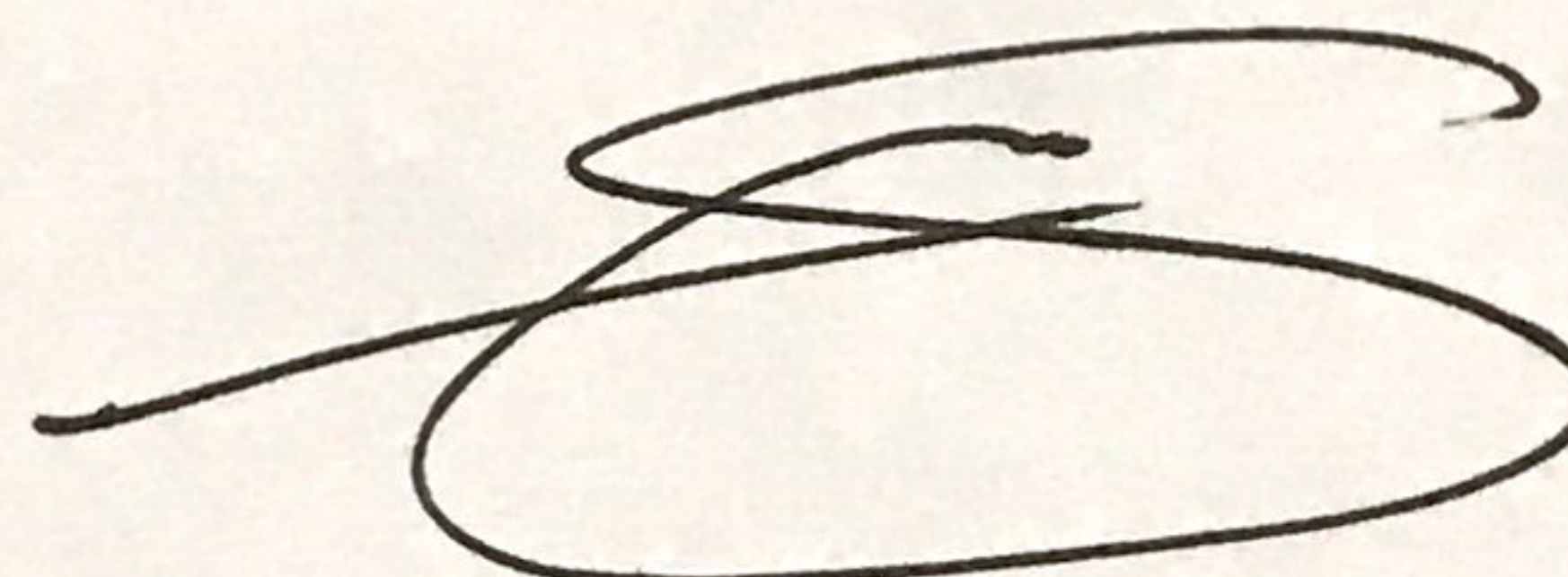
Penguji II



Ir. Titik Istirokhatun, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.

NIP. 197803032010122001

Pembimbing II



Dr. Ing. Ir. Sudarno, S.T., M.Sc.

NIP. 197401311999031003

Mengetahui
Ketua Departemen Teknik Lingkungan



Dr. Ing. Ir. Sudarno, S.T., M.Sc.
NIP. 197401311999031003

ABSTRAK

Kota Denpasar dan Kabupaten Badung memiliki laju pertumbuhan penduduk, diversitas, dan intensitas kegiatan pembangunan yang menghasilkan limbah domestik yang apabila tidak dikelola secara baik menyebabkan beban dan kerusakan lingkungan perairan. Telah dilakukan penelitian mengenai efektivitas sistem pengolahan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Suwung Denpasar terhadap kadar *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), Amonia, *Total Coliform*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efektivitas tiap tahap pengolahan air limbah serta waktu tinggal optimal air limbah pada sumur pengumpul, *receiving tank*, *grit chamber*, kolam aerasi, kolam sedimentasi, dan desinfeksi Instalasi Pengolahan Air Limbah Suwung Denpasar sehingga dapat menurunkan kadar parameter cemaran dalam air hasil pengolahan. Evaluasi kinerja diawali dengan mengukur kandungan polutan melalui analisis laboratorium. Evaluasi kinerja diketahui berdasarkan efisiensi penyisihan tiap unit. Parameter yang diukur sesuai dengan PermenLHK no.68 tahun 2016. Efisiensi penyisihan IPAL Suwung dalam mengolah air limbah sebesar 35,7% untuk parameter BOD₅ di outlet 1 dan 40,8% di outlet 2, 18,85% untuk parameter COD di outlet 1 dan 57,4% di outlet 2, untuk TSS terjadi penambahan 7,7% dari jumlah TSS di inlet, untuk amonia terjadi penambahan 63,4% dari jumlah amonia di inlet, dan 90,1% untuk total coliform setelah desinfeksi. Review desain dilakukan dengan menghitung ulang desain kondisi eksisting IPAL. Review desain menunjukkan bahwa unit-unit pada IPAL Suwung sudah tidak efisien dalam mengolah air limbah domestik yang masuk. Review desain dilakukan dengan mempertimbangkan kerusakan-kerusakan dan masalah yang ada pada setiap unit IPAL. Review desain menunjukkan unit *ultrasonic flowmeter*, *aerated lagoon*, *sedimentation pond*, dan desinfeksi mengalami kerusakan. Rekomendasi review desain berupa penyediaan flowmeter baru, pembelian unit *vortex grit chamber*, penggantian aerator pada *aerated lagoon*, penyediaan pompa penyedot lumpur untuk *sedimentation pond*, penambahan unit *filter press*, dan redesign pembubuhan klorin serta penggantian unit *dosing pump* pada unit desinfeksi. Biaya penerapan rekomendasi sebesar Rp1.566.000.000,00 dan biaya operasional dan pemeliharaan sebesar Rp237.000.000,00.

Kata kunci: Review desain, Air Limbah Domestik, IPAL, Evaluasi Kinerja

ABSTRACT

Denpasar City and Badung Regency have population growth rates, diversity, and intensity of development activities that produce domestic waste which, if not managed properly, causes burden and damage to the aquatic environment. Research has been carried out regarding the effectiveness of the treatment system at the Suwung Denpasar Waste Water Treatment Plant on the levels of Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solid (TSS), Ammonia, Total Coliform. This research aims to determine the level of effectiveness of each stage of wastewater treatment as well as the optimal residence time of wastewater in collection wells, receiving tanks, grit chambers, aeration ponds, sedimentation ponds, and disinfection at the Suwung Denpasar Wastewater Treatment Plant to reduce levels of contamination parameters in water processing results. Performance evaluation begins by measuring pollutant content through laboratory analysis. Performance evaluation is known based on the elimination efficiency of each unit. The parameters measured are by Minister of Environment and Forestry Regulation no. 68 of 2016. The removal efficiency of Suwung IPAL in treating wastewater is 35.7% for BOD5 parameters at outlet 1 and 40.8% at outlet 2, 18.85% for COD parameters at outlet 1, and 57.4% at outlet 2, for TSS there was an addition of 7.7% of the amount of TSS in the inlet, for ammonia there was an addition of 63.4% of the amount of ammonia in the inlet, and 90.1% for total coliform after disinfection. The design review was carried out by recalculating the design conditions of the existing IPAL. A design review shows that the units at the Suwung IPAL are no longer efficient in treating incoming domestic wastewater. The design review is carried out by considering the damage and problems in each IPAL unit. The design review showed that the ultrasonic flowmeter, aerated lagoon, sedimentation pond, and disinfection units were damaged. Recommendations for the design review include providing a new flowmeter, purchasing a vortex grit chamber unit, replacing the aerator in the aerated lagoon, providing a mud suction pump for the sedimentation pond, adding a filter press unit, and redesigning the chlorine application and replacing the dosing pump unit in the disinfection unit. The cost of implementing recommendations is IDR 1,566,000,000.00 and operational and maintenance costs are IDR 237,000,000.00.

Keywords: Design Review, Domestic Wastewater, WWTP, Performance Evaluation

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sektor pariwisata dan laju pengembangan daerah wisata di Bali diikuti juga dengan timbulnya berbagai masalah lingkungan. Pencemaran yang disebabkan oleh pesatnya pertumbuhan penduduk, aktivitas industri, jasa dan pariwisata, membuat semakin menurunnya kualitas sanitasi lingkungan. Untuk itu pemerintah Jepang menyelenggarakan pembangunan jaringan limbah cair domestik yang melayani Kota Denpasar dan Kabupaten Badung. Proyek DSDP terdiri atas pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Sanur, pembangunan jaringan utama, dan 2 (dua) stasiun pompa di Kuta dan Sanur serta sambungan rumah. Setelah beroperasi proyek tersebut diserahkan ke Pemerintah Provinsi untuk dikelola dan dinamakan IPAL Denpasar.

Pembangunan DSDP merupakan kerjasama Pemerintah Pusat dengan Jepang melalui *Japan Bank for International Cooperation* (JBIC) yang diawali sejak 1991-1992 dengan pembuatan master plan dan studi kelayakan yang disusun oleh Pemerintah didampingi oleh *Japan International Cooperation Agency* (JICA). Naskah Perjanjian Luar Negeri (NPLN) untuk kegiatan ini ditandatangani pada tahun 1997 dilanjutkan dengan pembangunan DSDP I tahun 2004-2008 dan pembangunan DSDP II tahun 2009-2014. Proyek DSDP I terdiri atas pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Sanur, pembangunan jaringan utama, dan 2 (dua) *pumping station* di Kuta dan Sanur serta sambungan rumah pada kawasan tahap I. Proyek DSDP II merupakan kelanjutan dari proyek DSDP I, dengan perluasan area pelayanan sistem pengelolaan air limbah terpusat (*sewerage system*) meliputi Kota Denpasar dan Kabupaten Badung (kawasan Sanur dan Kuta), Provinsi Bali.

Pemerintah Pusat menghibahkan keseluruhan Instalasi DSDP kepada Pemerintah Provinsi Bali. Pengelolaan dan Pemeliharaan DSDP menjadi tanggung jawab Pemerintah Provinsi Bali melalui Unit Pelayanan Teknis (UPT) Provinsi yang menjadi Badan Layanan Umum (BLU) Daerah pada tahun 2007. Selanjutnya,

unit layanan ini dinamakan sebagai Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Denpasar.

Sejalan dengan berjalan nya waktu selama pengembangan DSDP I hingga DSDP II Instalasi Pengolahan Air Limbah Suwung Denpasar telah mengalami peningkatan jumlah populasi pengguna dan perubahan pada tata guna ruang. Perubahan-perubahan tersebut telah berdampak signifikan pada produksi limbah cair yang dihasilkan, sehingga berpengaruh pada peningkatan beban hidrolis, perubahan karakteristik limbah, dan terjadinya kerusakan pada beberapa unit serta kerusakan pada komponen unit. Akibatnya Instalasi Pengolahan Air Limbah Suwung mengalami peningkatan beban proses pengolahan, dan juga tidak tercapainya baku mutu air limbah domestik menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No P.68/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2016 Tahun 2016 yang mengatur tentang baku mutu air limbah domestik. Alat pendukung vital proses yang sudah rusak dan kurangnya aspek manajemen operasional & *maintenance* IPAL Suwung menjadi faktor lain yang telah berdampak pada kinerja serta kualitas hasil olahan limbah cair IPAL Suwung.

Sehubung dengan permasalahan tersebut, perlu dilakukan evaluasi terhadap pengolahan limbah cair di Instalasi Pengolahan Air Limbah Suwung Denpasar untuk mengetahui lebih jauh efektifitas pengolahan limbah cair yang dihasilkan. Evaluasi juga dilakukan terhadap karakteristik limbah yang masuk ke IPAL untuk mengetahui kandungan parameter-parameter kimiawi, biologis. Dan fisik dalam limbah cair domestik. Hasil evaluasi yang dilakukan kemudian digunakan untuk melakukan evaluasi dan review desain sebagai rekomendasi perbaikan atas kondisi di lapangan yang tidak ideal. Oleh karena itu, penelitian ini mengambil judul “Review Design Instalasi Pengolahan Air Limbah Suwung Denpasar Bali”

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, identifikasi masalah pada perencanaan ini adalah sebagai berikut.

1. Perlu adanya evaluasi kinerja dan review design pada unit IPAL Suwung.

2. Pertambahan sambungan rumah, restoran, dan fasilitas penunjang pariwisata dapat menurunkan efektivitas IPAL eksisting.
3. Telah terjadi kerusakan pada beberapa unit dan kerusakan pada unit pendukung vital mengakibatkan efluen pada air limbah hasil olahan IPAL Suwung tidak memenuhi efisiensi pengolahan dari setiap unit pengolahan.
4. Potensi pencemaran lingkungan oleh air limbah yang tidak terolah dengan baik oleh IPAL Suwung, dikarenakan unit yang sudah tidak efisien.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka dirumuskan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik air limbah yang akan diolah pada IPAL Suwung, baik secara kualitas maupun kuantitas nya.
2. Bagaimana kondisi eksisting instalasi pengolahan air limbah di IPAL Suwung.
3. Bagaimana kinerja masing-masing unit IPAL Suwung yang diterapkan dan pengaruhnya terhadap sistem pengolahan limbah cair secara keseluruhan.
4. Bagaimana menanggulangi unit pengolahan yang kurang optimal.
5. Bagaimana pengembangan desain dan operasional yang dapat diterapkan pada IPAL Suwung.

1.4 Rumusan Tujuan

Berdasarkan rumusan tujuan diatas, maka dirumuskan tujuan sebagai berikut.

1. Mengevaluasi sistem instalasi pengolahan limbah cair domestik di Instalasi Pengolahan Air Limbah Suuwng Denpasar.
2. Menganalisis karakteristik air limbah yang dihasilkan dari seluruh kegiatan di Denpasar, Sanur, dan Kuta sebelum dilakukan pengolahan.
3. Memberikan solusi bagi optimalisasi dan efektivitas kinerja sistem pengolahan air limbah di Instalasi Pengolahan Air limbah Suwung Denpasar

melalui desain pengembangan teknis instalasi dan ide ilmiah lainnya yang relevan.

4. Membuat perencanaan optimalisasi instalasi pengolahan air limbah di IPAL Suwung meliputi rancangan anggaran biaya (RAB) dan *bill of quantity* (BOQ).

1.5 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah diperlukan untuk memfokuskan bahasan pada tugas akhir ini. Batasan tersebut dibagi menjadi tiga, yaitu:

1.5.1 Ruang Lingkup Kajian

Perencanaan bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Suwung Denpasar difokuskan untuk mengkaji hal-hal berikut.

1. Kajian analisis kondisi eksisting IPAL Suwung Denpasar diperlukan sebagai perbandingan kondisi awal IPAL dengan review dan optimalisasi yang akan dibuat.
2. Kajian analisis karakteristik diperlukan sebagai bahan perhitungan perencanaan optimalisasi IPAL.
3. Evaluasi dan review desain IPAL berdasarkan tiga aspek, yaitu aspek teknis, aspek finansial, serta aspek operasional dan pemeliharaan.

1.5.2 Ruang Lingkup Wilayah

Ruang lingkup wilayah perencanaan sistem pengolahan air limbah pada tugas akhir ini adalah:

1. Tempat studi dilakukan di IPAL Suwung terutama pada masing-masing unit yang menjadi unit vital pada proses pengolahan.
2. Wilayah yang akan di evaluasi dan di optimalisasi mencakup seluruh IPAL Suwung, air limbah yang diolah merupakan air buangan domestik.

1.5.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Ruang lingkup wilayah perencanaan sistem pengolahan air limbah pada tugas akhir ini adalah:

1. Mengumpulkan data primer dan data sekunder.
2. Menganalisis data primer dan data sekunder.
3. Merencanakan *Review Design* IPAL Suwung berdasarkan beban pencemaran dan efisiensi penyisihan.
4. Membuat RAB (Rencana Anggaran Biaya) berdasarkan kebutuhan pembangunan, pengoperasian, dan pemeliharaan.

1.6 Rumusan Manfaat

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari perencanaan bangunan IPAL Suwung ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi Penulis
Untuk menambah kemampuan serta wawasan mengenai review design IPAL Suwung Denpasar.
2. Bagi iptek
Untuk memberikan referensi dan rekomendasi mengenai rekomendasi design yang ideal untuk IPAL yang memiliki permasalahan yang sama dengan IPAL Suwung.
3. Bagi IPAL Suwung Denpasar Bali
Memberikan referensi bagi IPAL Suwung berupa saran dan masukan sebagai pertimbangan optimalisasi IPAL untuk meningkatkan kapasitas dan efektivitas pengolahan.
4. Bagi Departemen Teknik Lingkungan
Hasil perencanaan dapat dikembangkan pada proses pembelajaran khususnya mahasiswa Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro yang ingin lebih memperdalam ilmu terkait sistem bangunan pengelolaan air limbah.
5. Bagi Pemerintah
Untuk memberikan referensi dan rekomendasi dalam optimalisasi unit pengolahan IPAL Suwung Denpasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Armstrong, D. A., Huie, R. E., Koppenol, W. H., Lyman, S. V., Merenyi, G., Neta, P., Wardman, P. (2015). Standard Electrode Potentials Involving Radicals in Aqueous Solution: Inorganic Radicals. *Pure App Chem*, 1139-1150.
- Benfield Larry D and Clifford W Randall. 1980. *Biological Process Design for Wastewater Treatment*. Englewood Cliffs NJ: Prentice-Hall.
- Buku B SPALD-T. (2018). *Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T)*.
- Candra Septaprasetya, A., Rahmadiyah, A., Ayu, R., Dewi Wijayanti, R., Suprayitno, H., Pekerjaan Umum Binamarga dan Pematusan, D., Surabaya, K., Prasarana Permukiman Wilayah Jawa Timur, B., Bina Marga, D., & Pupr, K. (n.d.). *Kajian Awal Manajemen Aset bagi Instalasi Pengolahan Air Limbah Denpasar di Suwung Bali Preliminary Review of Asset Management for Denpasar Sewerage Instalation in Suwung Bali*.
- Cotton dan Wilkinson. 1989. *Kimia Anorganik Dasar Cetakan Pertama*. Jakarta: UI-Press
- Ikbal, & Nugroho, R. (2006). *Pengolahan Sludge Dengan Proses Biologi Anaerobik*.
- Iqbal Ibnu Wardani. (2015). *Evaluasi Kinerja Dan Review Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah-Toksik Rumah Sakit X*. Skripsi Teknik Lingkungan ITS. Surabaya
- Lampiran 1 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021 *Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*
- Lin, S. D. 1999. *Handbook of Environmental Engineering Calculations*. New York City: McGraw Hill Higher Education.
- Metcalf dan Eddy. 1991. *Wastewater Engineering 3rd Edition*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Metcalf and Eddy. (2003). *Water reuse : issues, technologies, and applications*. McGraw-Hill.

Metcalf dan Eddy. 2004 *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th Edition*, McGraw-Hill, New York, 1558-1565, 1570-1578.

Peraturan Gubernur Bali Nomor 15 tahun 2023 *Tentang Perubahan Atas Peraturan Gubernur Nomor 68 Tahun 2022 Tentang Honorarium dan Satuan Biaya Jasa Kantor Pada Perangkat Daerah di Lingkungan Pemerintahan Provinsi Bali*.

Peraturan Kementrian Lingkungan hidup dan Kehutanaan Nomor 68 Tahun 2016 *Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*.

Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 *Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.

Qasim, S. R. 1985. *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation*, 2nd. New York: CRC Press.

Qasim SR. 1999. *Wastewater Treatment Plants-Planning, Design, and Operation*. Second Ed. New York (US): CRC Press.

Qasim, Syed R. Subjek. *Sewage Disposal Plants*. Penerbitan, New York : Holt, Rinehart, and Winston, 1985.

Randall, B., Clifford, W., & Larry, D. (1980). *Biological process design for wastewater treatment*. Prentice-Hall.

Savitri, Y., Ramadhani, M. A., Made, D. I., & Wijaya, W. (n.d.). *Kajian Sistem Pengelolaan Air Limbah Dari Aspek Kebijakan Dan Perundangan: Studi Kasus Denpasar Sewerage Development Project (Dsdp) Dan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (Iplt) Suwung, Kota Denpasar, Bali*.

Sri Widyaningsih, T. (2016). *Breksi Batu Apung Sebagai Alternatif Teknologi Tepat Guna Untuk Menurunkan Kadar Tss Dan Bod Dalam Limbah Cair Domestik*.

Armstrong, D. A., Huie, R. E., Koppenol, W. H., Lyman, S. V., Merenyi, G., Neta, P., Wardman, P. (2015). Standard Electrode Potentials Involving Radicals in Aqueous Solution: Inorganic Radicals. *Pure App Chem*, 1139-1150.

- Benefield Larry D and Clifford W Randall. 1980. *Biological Process Design for Wastewater Treatment*. Englewood Cliffs NJ: Prentice-Hall.
- Buku B SPALD-T. (2018). *Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T)*.
- Candra Septaprasetya, A., Rahmadiyah, A., Ayu, R., Dewi Wijayanti, R., Suprayitno, H., Pekerjaan Umum Binamarga dan Pematusan, D., Surabaya, K., Prasarana Permukiman Wilayah Jawa Timur, B., Bina Marga, D., & Pupr, K. (n.d.). *Kajian Awal Manajemen Aset bagi Instalasi Pengolahan Air Limbah Denpasar di Suwung Bali Preliminary Review of Asset Management for Denpasar Sewerage Instalation in Suwung Bali*.
- Cotton dan Wilkinson. 1989. *Kimia Anorganik Dasar Cetakan Pertama*. Jakarta: UI-Press
- Ikbal, & Nugroho, R. (2006). *Pengolahan Sludge Dengan Proses Biologi Anaerobik*.
- Iqbal Ibnu Wardani. (2015). *Evaluasi Kinerja Dan Review Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah-Toksik Rumah Sakit X*. Skripsi Teknik Lingkungan ITS. Surabaya
- Lampiran 1 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021 *Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*
- Lin, S. D. 1999. *Handbook of Environmental Engineering Calculations*. New York City: McGraw Hill Higher Education.
- Metcalf dan Eddy. 1991. *Wastewater Engineering 3rd Edition*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Metcalf and Eddy. (2003). *Water reuse: issues, technologies, and applications*. McGraw-Hill.
- Metcalf dan Eddy. 2004 *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th Edition*, McGraw-Hill, New York, 1558-1565, 1570-1578.

Peraturan Gubernur Bali Nomor 15 tahun 2023 *Tentang Perubahan Atas Peraturan Gubernur Nomor 68 Tahun 2022 Tentang Honorarium dan Satuan Biaya Jasa Kantor Pada Perangkat Daerah di Lingkungan Pemerintahan Provinsi Bali.*

Peraturan Kementrian Lingkungan hidup dan Kehutanaan Nomor 68 Tahun 2016
Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 *Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.*

Qasim, S. R. 1985. *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation*, 2nd. New York: CRC Press.

Qasim SR. 1999. *Wastewater Treatment Plants-Planning, Design, and Operation*. Second Ed. New York (US): CRC Press.

Qasim, Syed R. Subjek. *Sewage Disposal Plants*. Penerbitan, New York : Holt, Rinehart, and Winston, 1985.

Randall, B., Clifford, W., & Larry, D. (1980). *Biological process design for wastewater treatment*. Prentice-Hall.

Savitri, Y., Ramadhani, M. A., Made, D. I., & Wijaya, W. (n.d.). *Kajian Sistem Pengelolaan Air Limbah Dari Aspek Kebijakan Dan Perundangan: Studi Kasus Denpasar Sewerage Development Project (Dsdp) Dan Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (Iplt) Suwung, Kota Denpasar, Bali.*

Sri Widyaningsih, T. (2016). *Breksi Batu Apung Sebagai Alternatif Teknologi Tepat Guna Untuk Menurunkan Kadar Tss Dan Bod Dalam Limbah Cair Domestik.*

Tchobanoglous, 2003, *Wastewater Engineering; Treatment, Disposal and Reuse*, 4 rd edition, McGraw-Hill, New York.

Tchobanoglous, Geoge, Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse* (Fourth). McGraw-Hill Companies, Inc.

- Tchobanoglous, G., F. L. Burton, and H. D. Stensel. 2002. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th. New York City: McGraw Hill Higher Education.
- Thangappan, R., & Sampathkumaran, S. T. (2008). Electrochlorination system: a unique method of prevention of biofouling in seawater desalination. *International Journal of Nuclear Desalination*, 3(2), 135-142.
- Tjokrokusumo, K. R. T. (1998). Pengantar Engineering Lingkungan. STTL "YLH", Yogyakarta.
- Widianingtias, M., Kazama, S., Benyapa, S., & Takizawa, S. (2023). Assessment of Water Reclamation and Reuse Potential in Bali Province, Indonesia. *Water (Switzerland)*, 15(14). <https://doi.org/10.3390/w15142642>