

PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DOMESTIK KOMUNAL DESA DURENAN KABUPATEN TRENGGALEK

Ardias Priya Wijaya^{1,*}, Windaharsanti²,

Mahasiswa Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang²

Koresponden*, Email: ardiaswijaya74@gmail.com¹, windaharsanti@polinema.ac.id²

ABSTRAK

Pembuangan air limbah domestik di Desa Durenan Kabupaten Trenggalek sejauh ini kurang efektif karena masyarakat langsung membuangnya ke sungai dan sawah yang dapat mencemari lingkungan. Untuk menanganinya perlu dilakukan perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) agar masalah tersebut dapat diatasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa debit air limbah, merencanakan saluran air limbah, mendesain bangunan IPAL, dan menyusun rencana anggaran biaya (RAB) di Desa Durenan Kabupaten Trenggalek. Metode yang digunakan dalam penelitian yaitu metode kuantitatif. Data penelitian yang digunakan adalah data jumlah penduduk, peta topografi, dan harga satuan dasar (HSD). Penelitian ini menghasilkan analisa total debit air limbah sebesar $418,824 \text{ m}^3/\text{hari}$ yang dihasilkan oleh 3.875 penduduk Desa Durenan. Penyaluran air limbah menggunakan pipa PVC berdiameter 4 inch dan 6 inch untuk pipa induk yang disesuaikan dengan luas wilayah dan kepadatan penduduknya. Jenis IPAL yang digunakan merupakan IPAL fabrikasi bertipe BFHGD dengan variasi kapastias perhari sebesar 25 m^3 , 50 m^3 , dan 75 m^3 . Tangki IPAL dipasang pada konstruksi pelat beton bertulang dengan kombinasi besi hollow dan rangka baja ringan sebagai pelindungnya. Rencana anggaran biaya untuk konstruksi IPAL di Desa Durenan ini sebesar Rp10.949.491.700,00.

Kata kunci : air limbah domestik; pencemaran lingkungan; IPAL fabrikasi.

ABSTRACT

Domestic wastewater disposal in Durenan Village, Trenggalek Regency has been ineffective so far because residents directly dispose of it into rivers and rice fields, which can pollute the environment. To address this, planning a Wastewater Treatment Plant (WWTP) is necessary to overcome this problem. This study aims to analyze wastewater discharge, plan wastewater channels, design WWTP buildings, and prepare a budget plan (RAB) in Durenan Village, Trenggalek Regency. The method used in this study is a quantitative method. The research data used are population data, topographic maps, and basic unit prices (HSD). This study resulted in an analysis of the total wastewater discharge of $418,824 \text{ m}^3/\text{day}$ produced by 3,875 residents of Durenan Village. Wastewater distribution uses PVC pipes with a diameter of 4 inches and 6 inches for the main pipe, adjusted to the area and population density. The type of WWTP used is a fabricated WWTP type BFHGD with a daily capacity variation of 25 m^3 , 50 m^3 , and 75 m^3 . The wastewater treatment plant (WWTP) tank is installed on a reinforced concrete slab, protected by a combination of hollow steel and a lightweight steel frame. The planned budget for the WWTP construction in Durenan Village is Rp10,949,491,700.00.

Keywords : domestic wastewater; environmental pollution; fabricated WWTP.

1. PENDAHULUAN

Desa Durenan terletak di Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur yang merupakan salah satu desa swakarya yang masih berkembang dalam berbagai segi pembangunan. Pemukiman baru mulai muncul satu persatu seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk.

Dengan pertumbuhan penduduk yang bertambah setiap tahunnya membuat permasalahan lingkungan mulai muncul, salah satunya yaitu masalah pencemaran lingkungan akibat sisa-sisa kegiatan manusia, seperti sampah, air bekas mencuci dan mandi, air buangan dari toilet, dan sisa kegiatan masyarakat lainnya. Jika sisa-sisa kegiatan tersebut tidak diolah dengan baik maka akan menimbulkan rasa tidak

nyaman dalam beraktivitas dan bisa menimbulkan berbagai macam penyakit menular yang dapat membahayakan masyarakat.

Di Desa Durenan, pemukiman yang berada di sekitar aliran sungai memposisikan toilet atau kamar mandi yang dekat dengan sungai, sehingga air bekas mandi ataupun yang lainnya akan langsung dialirkan menuju sungai tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Dengan begitu kemungkinan besar air sungai akan tercemar dan tidak bisa dimanfaatkan dengan baik oleh masyarakat yang lain.

Desa Durenan sendiri masih belum memiliki pengolahan air limbah domestik, sehingga perlu direncanakan pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal yang nantinya diharapkan dapat mengurangi pencemaran lingkungan sehingga dapat menciptakan lingkungan yang baik dan sehat.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merencanakan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Komunal yang baik dan efisien dalam mengatasi permasalahan air limbah domestik di Desa Durenan Kabupaten Trenggalek.

2. METODE

Data Penelitian

Data yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data Jumlah Penduduk Desa Durenan

Data ini didapat dari publikasi dokumen oleh BPS Kabupaten Trenggalek dari tahun 2015 hingga tahun 2024 melalui website resminya [1].

2. Data Topografi Wilayah Desa Durenan

Data ini didapatkan dari hasil analisa peta pada Google Earth Pro dengan aplikasi Global Mapper 24.0

3. Data Harga Satuan Dasar Kabupaten Trenggalek

Data ini berdasarkan harga yang upah dan bahan di Kabupaten Trenggalek pada tahun 2024 [2].

Proyeksi Penduduk

Rencana jangka panjang dalam penyelenggaraan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik diharapkan ekonomis dan strategis untuk periode hingga 20 tahun ke depan, yang disusun berdasarkan kebijakan dan strategi yang telah ditetapkan sebelumnya sebagai landasan pelaksanaannya [3]. Untuk menghitung perkiraan jumlah penduduk pada tahun perencanaan yaitu tahun 2045 digunakan 3 metode proyeksi jumlah penduduk. Metode proyeksi tersebut adalah sebagai berikut :

Metode Aritmatik

$$Pt = P_0 \times (1 + n \times r) \quad (1)$$

Metode Geometrik

$$Pt = P_0 \times (1+r)^n \quad (2)$$

Metode Ekponensial

$$Pt = P_0 \times e^{(r.n)} \quad (3)$$

Dimana :

Pt = jumlah penduduk pada akhir periode t (orang)

P0 = jumlah penduduk pada awal periode t (orang)

r = tingkat pertumbuhan penduduk

n = tahun proyeksi (tahun)

e = 2,71828183

Debit Air Limbah

Debit air limbah domestik dari pemukiman dihitung berdasarkan pemakaian air minum atau air bersih pada setiap blok layanan, yaitu sekitar 60-80% dari pemakaian air bersih [3].

$$Q = (60-80)\% \times Q_{air \ bersih} \times P \quad (4)$$

Dimana :

Q = Debit air limbah domestik (L/hr)

Qair bersih = Pemakaian air bersih (L/org/hr)

P = Jumlah penduduk (org)

Tabel 1. Kebutuhan Air Bersih Menurut Kategori Kota

Kategori kota	Jumlah penduduk (ribu jiwa)	Kebutuhan air bersih (ltr/org/hari)
Semi urban (ibukota kecamatan/desa)	3 – 20	60 – 90
Kota kecil	20 – 100	90 – 110
Kota sedang	100 – 500	100 – 125
Kota besar	500 – 1.000	120 – 150
Metropolitan	> 1.000	150 – 200

Sumber : [4].

Debit puncak

$$Q_{peak} = Q_{MD} + Q_p + Q_s \quad (5)$$

Debit harian maksimum

$$Q_{MD} = F_{MD} \times Q \quad (6)$$

Debit infiltrasi surface

$$Q_p = Cr \times Q \quad (7)$$

Debit infiltrasi saluran

$$Q_s = L/1000 \times Q \quad (8)$$

Dimana :

FMD = Faktor hari maksimum (1,15 – 1,5)

Cr = Koefisien infiltrasi (0,1 – 0,3)

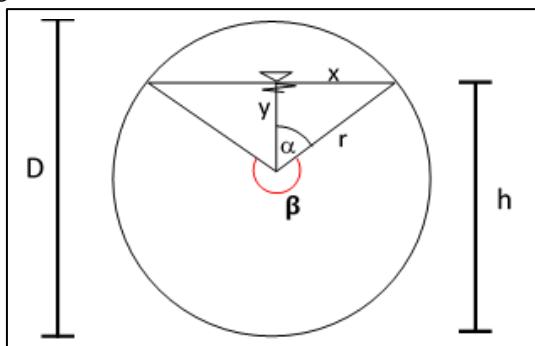
L = Panjang saluran (m)

Q = Debit air limbah komulatif (ltr/detik)

Perhitungan Dimensi Pipa Induk

Perencanaan pipa air limbah domestik menggunakan persamaan Manning yang dikembangkan dan diusulkan oleh Robert Manning pada tahun 1889 [5]. Dalam mendesain dimensi pipa digunakan metode *trial and error* untuk menentukan dimesi pipa yang digunakan. Meskipun

menggunakan metode *trial and error* dalam menghitung dimensi pipa yang digunakan perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut :



Gambar 1. Sudut Dalam Pipa

$$h = (90 - 95\%) \times D \quad (9)$$

$$y = h - r \quad (10)$$

$$\cos \alpha = (y/r) \quad (11)$$

$$\beta = 360^\circ - (2 \times \alpha) \quad (12)$$

$$x = \sqrt{r^2 - y^2} \quad (13)$$

Dimana :

h = Tinggi muka air di dalam pipa (m)

D = Diameter pipa (m)

r = Jari-jari pipa (m)

Setelah melakukan analisa ukuran sudut dan dimensi dalam pipa dilanjutkan dengan analisa penampang pipa yang dialiri oleh air limbah. Persamaannya adalah sebagai berikut :

Luas penampang basah, A

$$A = y \times x + (\pi \times r^2 \times \beta / 360^\circ) \quad (14)$$

Keliling basah saluran, P

$$P = 2 \times \pi \times r \times (\beta / 360^\circ) \quad (15)$$

Jari-jari hidrolis, R

$$R = A/P \quad (16)$$

Kemiringan saluran, S

$$S = \Delta h / L \quad (17)$$

Dimana :

Δh = Beda tinggi antara hulu dan hilir saluran (m)

D = Diameter pipa (m)

r = Jari-jari pipa (m)

L = Panjang horizontal saluran (m)

Kecepatan aliran, V

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \quad (18)$$

Dimana :

n = Koefisien manning

Tabel 2. Koefisien Kekasarman Pipa

Jenis saluran	Koef. kekasaran manning (n)
Pipa besi tanpa lapisan	0.012 – 0.015
Dengan lapisan semen	0.012 – 0.013
Pipa berlapis gelas	0.011 – 0.017

Jenis saluran	Koef. kekasaran manning (n)
Pipa asbestos semen	0.010 – 0.015
Saluran pasangan batu bata	0.012 – 0.017
Pipa beton	0.012 – 0.016
Pipa baja spiral dan pipa kelingan	0.013 – 0.017
Pipa plastik halus (PVC)	0.002 – 0.012
Pipa tanah liat (<i>vitrified clay</i>)	0.011 – 0.015

Sumber : [3].

Debit aliran hitung, Qht

$$Qht = A \times V \quad (19)$$

Dimensi IPAL

Spesifikasi IPAL fabrikasi yang digunakan adalah IPAL Fabrikasi yang diproduksi oleh PT. BioSeven Fiberglass Indonesia dengan seri BFHGD bersistem pengolahan secara *full aerobik*. Seri ini terbuat dari bahan *Fiberglass Reinforced Plastic (FRP)* dengan Teknologi *Biotech plus Biofilter system*, sehingga hasil *effluent* sudah berupa cairan terurai yang bebas bau dan hama, serta ramah lingkungan [6].

Tabel 3. Spesifikasi IPAL Fabrikasi

Tipe	Dimensi (cm)		Kapasitas (m ³ /hari)
	D	L	
BFHGD – 25 MPD	240	525	25
BFHGD – 50 MPD	300	700	50
BFHGD – 75 MPD	350	770	75

Sumber : [6].

RAB

Rencana anggaran biaya merupakan perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. Untuk menghitungnya digunakan persamaan sebagai berikut [7].

$$RAB = \Sigma(\text{vol. pekerjaan} \times \text{harga satuan dasar}) \quad (20)$$

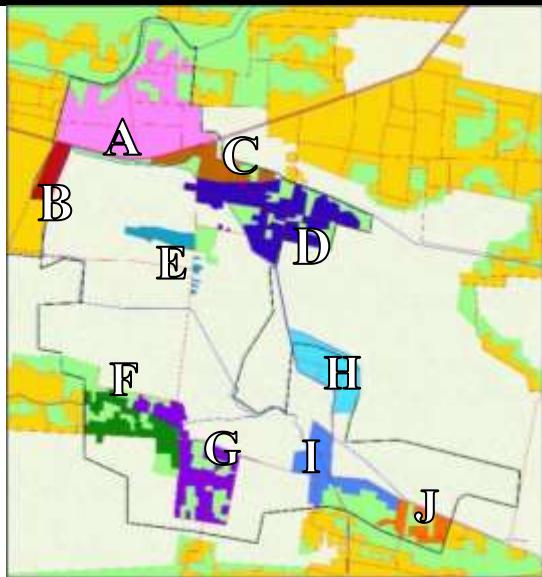
Perawatan

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang sudah terlaksana ini perlu dilakukan pengecekan dan perawatan, baik secara fisik dan fungsi setiap bagian dari instalasi, sehingga IPAL bisa berfungsi dalam jangka waktu 20 tahun pemakaian, terhitung hingga tahun 2045.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembagian Wilayah Pelayanan IPAL

Perencanaan saluran air limbah yang didasarkan pada peta topografi dan peta *layout* menunjukkan bahwa semua wilayah di Desa Durenan tidak dapat terlayani secara efektif oleh satu IPAL saja, sehingga untuk Desa Durenan akan terbagi menjadi 10 zona pelayanan.



Gambar 2. Pembagian Zona Wilayah Pelayanan IPAL

Perhitungan Debit Air Limbah

Data jumlah penduduk Desa Durenan yang sudah didapat, kemudian akan dihitung rasio pertumbuhan penduduknya untuk memperhitungkan banyaknya debit air limbah sebanyak 80% penggunaan air bersih dari jumlah penduduk pada tahun proyeksi 2045. Hasil dari perhitungannya adalah sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil Perhitungan Debit Air Limbah Tahun 2045

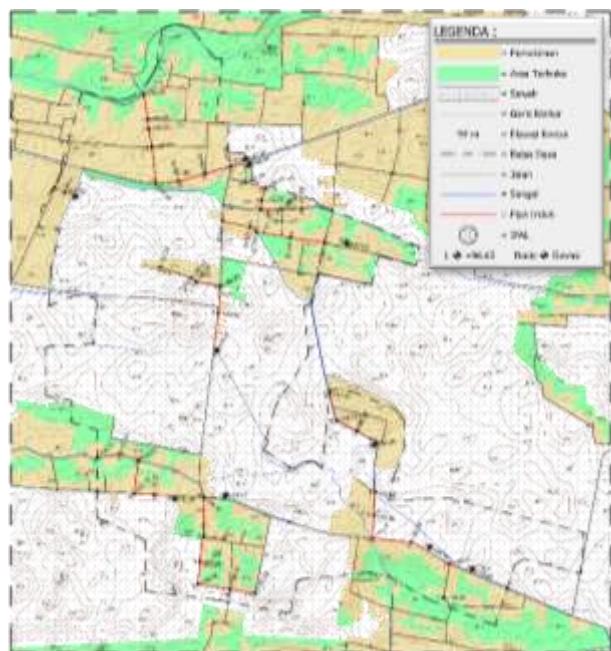
Zona	Penduduk (jiwa)	Q air limbah (lt/hari)	(m ³ /dt)
A	1158	83.376	0,000965
B	121	8.712	0,000101
C	231	16.632	0,000193
D	670	48.240	0,000558
E	124	8.928	0,000103
F	310	22.320	0,000258
G	430	30.960	0,000358
H	352	25.344	0,000293
I	329	23.688	0,000274
J	153	11.016	0,000128

Perhitungan Dimensi Pipa Induk

Perencanaan dimensi pipa air bersih menggunakan Persamaan 9 hingga Persamaan 19 seperti yang tercantum di atas. Untuk setiap zonanya akan ditinjau berdasarkan kondisi wilayah dan kebutuhan. Jenis pipa yang digunakan adalah pipa PVC dengan variasi ukuran dimensi yaitu 4 inch dan 6 inch. Hasil dari perhitungan dimensi pipa adalah sebagai berikut :

Tabel 5. Hasil Perhitungan Kebutuhan Pipa

Zona	Kebutuhan Pipa (m)	
	4 inch	6 inch
A	195,31	489,73
B	82,39	-
C	380,02	-
D	-	511,26
E	-	443,11
F	282,95	159,64
G	-	630,84
H	-	689,54
I	-	396,09
J	-	228,06



Gambar 3. Layout Pipa Induk Air Limbah

Perhitungan Kebutuhan IPAL Fabrikasi

IPAL yang digunakan untuk perencanaan, harus memenuhi banyaknya debit air limbah yang dihasilkan oleh suatu daerah layanan, sehingga untuk menentukannya perlu meninjau banyaknya debit air limbah dengan kapasitas IPAL fabrikasi yang sesuai. Hasil dari perhitungannya adalah sebagai berikut :

Tabel 6. Kebutuhan IPAL Fabrikasi

Zona	Volume (m ³ /hari)	Type	Jumlah
A	125,064	BFGD-75 MPD	2
B	13,068	BFGD-25 MPD	1
C	24,948	BFGD-50 MPD	1
D	72,360	BFGD-50 MPD	2

Zona	Volume (m ³ /hari)	Type	Jumlah
E	13,392	BFGD-25 MPD	1
F	33,480	BFGD-50 MPD	1
G	46,440	BFGD-50 MPD	1
H	38,016	BFGD-50 MPD	1
I	35,532	BFGD-50 MPD	1
J	16,524	BFGD-25 MPD	1



Gambar 4. Desain Bangunan IPAL

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Analisa perhitungan rencana anggaran biaya didasarkan pada volume pekerjaan yang sudah direncanakan, mulai dari pekerjaan persiapan hingga pekerjaan pemasangan instalasi-instalasi terakhir sebagai *finishing*. Untuk nilai rencana anggaran biaya pada tiap zona layanan adalah sebagai berikut :

Tabel 7. Rencana Anggaran Biaya Perencanaan IPAL

Zona	Rencana Anggaran Biaya (Rp)
A	2.235.617.200,00
B	420.277.000,00
C	906.982.200,00
D	1.841.384.200,00
E	915.045.500,00
F	1.085.826.000,00
G	1.119.940.900,00
H	901.264.000,00
I	1.005.519.400,00
J	517.635.300,00
Total	10.949.491.700,00

Perawatan IPAL

IPAL yang sudah selesai dikonstruksi tentunya diperlukan perawatan secara intensif dan berkala untuk menjaga kondisi fisik serta fungsi IPAL tetap dalam kondisi

yang baik. Tujuan dalam perawatan IPAL sendiri adalah sebagai berikut :

1. Menjaga efisiensi proses pengolahan air limbah pada tangki IPAL.
2. Memperpanjang umur guna dari IPAL.
3. Menghindari adanya penyakit akibat adanya air limbah yang tidak terproses dengan baik pada tangki IPAL.

Dalam perawatan IPAL ada beberapa bagian yang perlu ditinjau supaya tidak ada yang terlewatkan. Bagian-bagian tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pemeliharaan sub-sistem pengumpulan

Dalam sub-sistem pengumpulan terdapat komponen seperti saluran pipa yang akan mengalirkan air limbah menuju ke bak penampung akhir sebelum menuju ke tangki IPAL. Meski air limbah yang mengalir merupakan air dari *septic tank* yang ada pada setiap rumah, tidak dapat dipungkiri bahwa air tersebut masih membawa sedikit residu dari hasil pengolahan *septic tank*. Dengan begitu apabila saluran dalam kondisi kosong atau hampir tidak ada aliran air, maka residu tersebut akan mengendap dan menjadi sedimen di dalam pipa. Jika sedimen tersebut dibiarkan maka akan menjadi hambatan untuk air limbah yang sedang mengalir, bahkan dapat menyumbat aliran air. Sehingga perlu dilakukan pemeriksaan pada bak kontrol atau *manhole* yang terletak setiap 150 meter sepanjang saluran untuk melakukan penggelontoran dengan air yang cukup.

2. Pemeliharaan sub-sistem pengolahan terpusat

Dalam sub-sistem pengolahan terpusat ini terdapat instalasi pengolahan air limbah itu sendiri yang mana terdiri dari tangki IPAL beserta komponen dan panel-panel pendukungnya. Tangki IPAL sendiri juga perlu dilakukan perawatan seperti pengecetan ulang hingga pengangkatan material sedimen yang mengendap di dasar tangki supaya tangki tetap bisa mengolah air limbah sesuai dengan kapasitas desainnya. Kemudian untuk komponen-komponen dan panel-panel juga perlu diperiksa dan dirawat untuk menghindari adanya korsleting pada komponen sehingga menyebabkan pembengkakan biaya listrik atau bahkan kerusakan yang fatal, sehingga diharuskan mengganti total semua komponen yang ada.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa dari “Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Komunal Desa Durenan Kabupaten Trenggalek” yang telah dibahas sebelumnya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Perencanaan sistem pengolahan air limbah untuk Desa Durenan terbagi menjadi 10 zona layanan.
2. Total debit air limbah yang dihasilkan di Desa Durenan adalah 418,824 m³/hari, dengan debit air limbah terbesar berada di zona A yaitu 125,064 m³/hari dan debit terkecil berada di zona B yaitu 13,068 m³/hari.
3. Untuk menyalurkan air limbah dari pemukiman menuju ke instalasi pengolahan air limbah digunakan jenis pipa PVC dengan dimensi 4 inch dan 6 inch.
4. IPAL fabrikasi yang digunakan dalam perencanaan adalah tipe BFGD-25 MPD, BFGD-50 MPD, dan BFGD-75 MPD sebagai tempat pengolahan air limbah domestik yang terkumpul melalui saluran pipa.
5. Total rencana anggaran biaya untuk perencanaan instalasi pengolahan air limbah di Desa Durenan adalah Rp. 10.897.856.500,00 dengan anggaran terbesar pada zona A senilai Rp 2.231.125.300,00 dan anggaran terkecil pada zona B senilai Rp 415.975.300,00.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. T. BPS, "Publikasi - Badan Pusat Statistik Kabupaten Trenggalek," 2023. [Online]. Available: <https://trenggalekkab.bps.go.id/id/publication>. [Diakses 31 12 2024].
- [2] CV. Arcivindo Daniswara, "Analisa," CV. Arcivindo Daniswara, Trenggalek, 2024.
- [3] Kementerian PUPR, *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik*, Jakarta, 2017.
- [4] BSN, *Penyusunan neraca spasial sumber daya alam - Bagian 1: Sumber daya air*, Jakarta, 2015.
- [5] F. M. Fathoni, "PERENCANAAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) DOMESTIK KOMUNAL DI DUSUN SIDOMULYO BABAKBAWO KABUPATEN GRESIK," *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, vol. 4, no. 1, pp. 84-91, 2023.
- [6] PT. BioSeven Fiberglass Indonesia, "IPAL BioSeven STP - Khusus Limbah Organik + Domestik - Ramah Lingkungan - Harga Terjangkau - Kualitas terjamin (Septic tank - Toilet Portable - Grease Trap - Biological STP - WWTP - IPAL Dll)," 2010. [Online]. Available: <https://www.ipal.biz/bfhgd.html>. [Diakses 10 Januari 2025].
- [7] H. B. Ibrahim, *Rencana dan Estimate Real Cost, 3 penyunt.*, Jakarta: PT. Bumi Askara, 1993.