

PERENCANAAN BANGUNAN INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH RUMAH SAKIT

Andri Arthono¹, Edi Hartanto²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil, Institut Sains dan Teknologi Al Kamal

Email: aarthono@gmail.com; hartantoedi07@gmail.com

ABSTRAK

Tingginya kebutuhan masyarakat akan pelayanan kesehatan dewasa ini, menyebabkan banyak rumah sakit melakukan penambahan fasilitas pelayanan kesehatan seperti fasilitas rawat inap, poliklinik, klinik spesialis dan sebagainya. Penambahan fasilitas pelayanan berarti akan menambah jumlah limbah cair yang dihasilkan oleh rumah sakit. Air limbah sebagai salah satu jenis limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit, merupakan jenis limbah yang harus dikelola terlebih dahulu sebelum dibuang ke saluran air. Salah satu metode yang dipergunakan adalah dengan menggunakan metode pengolahan air limbah dengan menggunakan lumpur aktif, dipilihnya metode ini dikarenakan biaya operasional yang murah, mudah dalam perawatan, tidak banyak peralatan yang dipergunakan, lumpur yang dihasilkan masih dapat dimanfaatkan dan dapat diterapkan pada lahan yang tidak terlalu luas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dimensi dari instalasi pengolahan air limbah untuk rumah sakit type B dan apakah kadar kandungan BOD dan TSS yang dipeoleh dari air buangan masih dalam batas yang diperbolehkan, dimana dari hasil perhitungan yang sudah dilakukan diperoleh bahwa hasil kandungan BOD dan TSS yang dipeoleh dari air buangan masih dalam batas yang diperbolehkan, dimana suspended solid pada bak final sedimentasi adalah sebesar 68,4 mg/l < 100mg/l (batas baku) dan untuk Biochemical Oxygen Demand pada bak final sedimentasi adalah sebesar 3,6mg/l < 75 mg/l (batas baku)

Kata Kunci: Metode lumpur aktif, Fasilitas sanitasi, BOD, TSS

ABSTRACT

Today's high demand for health services has caused many hospitals to add health service facilities such as inpatient facilities, polyclinics, specialist clinics and so on. The addition of service facilities means that it will increase the amount of liquid waste produced by the hospital. Wastewater as one of the types of waste produced by hospitals, is a type of waste that must be managed first before being discharged into waterways. One of the methods used is to use wastewater treatment methods using activated sludge, this method was chosen due to low operating costs, easy maintenance, not much equipment used, the resulting sludge can still be utilized and can be applied to land that is not too large. The purpose of this study was to determine the dimensions of the wastewater treatment plant for type B hospitals and whether the levels of BOD and TSS content obtained from wastewater were still within the permissible limits, where from the results of calculations that have been carried out it was found that the results of BOD and TSS content TSS obtained from wastewater is still within the permissible limits, where suspended solids in the final sedimentation tank are 68.4 mg/l < 100mg/l (standard limit) and for Biochemical Oxygen Demand in the final sedimentation tank it is 3.6 mg. /l < 75 mg/l (standard limit)

Keywords: Activated sludge method, sanitation facilities, BOD, TSS

1. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan kota-kota besar di Indonesia seperti Jakarta, telah mendorong laju pertumbuhan di segala sektor kegiatan, yang sekaligus berdampak pula pada meningkatnya taraf hidup dan kesejahteraan dari masyarakat. Peningkatan itu tentunya tidak lepas dari pelayanan kesehatan, hal ini terbukti dengan hadirnya berbagai rumah sakit, baik yang didirikan oleh pemerintah maupun pihak swasta, sebagai jawaban dan upaya untuk memenuhi kebutuhan masyarakat

akan pelayanan kesehatan di samping adanya peluang usaha di bidang ini.

Tingginya kebutuhan masyarakat akan pelayanan kesehatan dewasa ini, menyebabkan banyak rumah sakit melakukan penambahan fasilitas pelayanan kesehatan seperti fasilitas rawat inap, poliklinik, klinik spesialis dan lain sebagainya. Penambahan fasilitas pelayanan ini tentu saja akan diikuti dengan penambahan fasilitas sanitasi, sejalan dengan bertambah besarnya limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit tersebut.

Berkaitan dengan masalah limbah, rumah sakit sebagai sarana pelayanan kesehatan bagi masyarakat memiliki bahan buangan berupa limbah yang mengandung zat kimia, yang harus di kelola agar tidak mencemari lingkungan. Air limbah sebagai salah satu jenis limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit, merupakan jenis limbah yang harus dikelola terlebih dahulu sebelum dibuang ke saluran air.

Untuk rumah sakit dengan lahan yang cukup luas, biasanya air limbah ini diproses dengan cara diresapkan kedalam tanah melalui beberapa sumur resapan, tetapi hal ini tidak dapat dilakukan terus menerus karena dapat mencemari air tanah. Keterbatasan yang dimiliki oleh rumah sakit biasanya menjadi kendala di dalam mengolah air limbah tersebut, sehingga perlu dipikirkan suatu usaha untuk mengolah air limbah tersebut agar diperoleh suatu kualitas air buangan seperti yang tersyaratkan di dalam PERMEN.KES.RI No. 173/MEN/PER/VII/1977, tentang peruntukan baku mutu air sungai dan untuk di wilayah Jakarta di atur dalam SK.GUB. KDKI. No. 1346/1988 tentang pengolahan air limbah di wilayah DKI Jakarta.

Kepedulian dari pemerintah dalam melindungi lingkungan dari bahaya pencemaran adalah dengan membuat undang-undang tentang lingkungan hidup seperti yang tertuang dalam UU No.4 tahun 1982 tentang ketentuan pokok-pokok pengelolaan lingkungan hidup. Sedangkan untuk para pengelola rumah sakit, pemerintah melalui instansi terkait telah menginstruksikan untuk melengkapi rumah sakitnya dengan fasilitas Instalasi Pengolah Air Limbah (IPAL), sebagaimana tertuang di dalam surat keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup yaitu surat Kep-11/Men. LH/3/1994 tentang jenis usaha atau kegiatan yang wajib dilengkapi dengan analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL).

Penyediaan dari fasilitas IPAL ini harus di rencanakan sesuai dengan kondisi dari rumah sakit tersebut, sehingga kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh air limbah yang dibuang ke badan air dapat ditekan serendah mungkin demi terwujudnya pembangunan berwawasan lingkungan.

Evaluasi dampak lingkungan kegiatan operasional Rumah Sakit dan fasilitas kesehatan telah dilakukan sebelumnya oleh para peneliti dan penilai Amdal di beberapa kota, diantaranya di RSUD Praya, Lombok Tengah (Yuliansari & Siswandi, 2017), Kota Makassar (Arif, 2017), Sukabumi (Aryanti & Septian, 2020). Sedangkan secara khusus, evaluasi mengenai konsep manajemen dan pengelolaan limbah Rumah Sakit telah dilakukan (Satrianegara, 2016) dan studi

kasus pengelolaan limbah Rumah Sakit telah diterapkan di beberapa kota, diantaranya di kota Jakarta (Idawati & Medyawati, 2011), Mimika (Misgiono et al., 2014), dan di kota Tasikmalaya (Salman dkk, 2021).

1.1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dimensi dari instalasi pengolahan air limbah untuk rumah sakit type B dan apakah kadar kandungan BOD dan TSS yang yang dipeoleh dari air buangan masih dalam batas yang diperbolehkan

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dipergunakan adalah dengan menghitung kebutuhan dari ruang IPAL untuk sebuah Rumah Sakit.

Adapun Metode IPAL yang yang dipergunakan adalah dengan **Metode Lumpur Aktif** atau **Activated Sludge Metode**, dimana air limbah yang masuk kedalam ruang pengolahan air limbah akan di beri udara sehingga lumpur yang mengandung bakteri yang terkandung dalam air limbah tetap dapat hidup.

Untuk tahapan dari pengolahan limbah cair untuk rumah sakit dengan metode lumpur aktif ini meliputi tahapan sebagai berikut:

1. Pengolahan pendahuluan
Pada pengolahan ini dilakukan pembersihan dari air limbah dari benda-benda terapung dan yang menengendap agar tidak mengganggu aliran air limbah yang akan masuk kedalam bak pengolahan pertama.
2. Pengolahan pertama
Pada pengolahan ini ditujukan untuk menghilangkan bahan padat tersuspensi dengan cara penengendapan atau pengapungan.
3. Pengolahan kedua
Pada proses ini dilakukan proses biologis untuk menghilangkan bahan organik melalui oksidasi *biochemist*. Proses biologis yang paling sering dilakukan adalah dengan *activated sludge* dan *tricliling filters*.
4. Pengolahan ketiga
Pada tahap ini dilakukan proses penghilangan beberapa senyawa seperti fosfor, nitrogen dan sisa bahan organik serta menghilangkan bahan padat terlarut.
5. Pembunuhan kuman dan bakteri
Pada tahap ini dilakukan pemberian zat pembasmi kuman yaitu clorin, dengan tujuan untuk mengurangi dan membunuh mikroorganisme patogen yang ada di dalam air limbah.
6. Pembuangan akhir

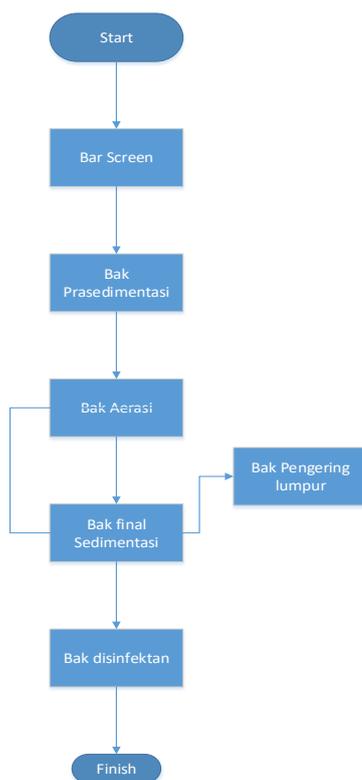
Pada tahap ini adalah tahap terakhir dari sistem pengolahan air limbah dimana akan dibuang hasil pengolahan dari limbah berupa air limbah dan lumpur.

2.1 Tempat dan waktu penelitian

Tempat untuk penelitian mengambil tempat di Jakarta, sedangkan waktu berlangsung selama 4 bulan

2.2 Bagan alir penelitian dan seterusnya

Adapun bagan alir dari pada pengolahan air limbah dengan metode lumpur aktif atau *Activated Sludge Metode* dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir pengolahan air limbah
 Dari skema terlampir, maka dapat dijelaskan aliran air limbah

1. Seluruh air limbah yang berasal dari seluruh sumber air limbah rumah sakit akan dialirkan ke dalam sistem melalui saluran pembawa dalam hal ini menggunakan saluran terbuka
2. Air limbah yang dibawa oleh saluran pembawa akan masuk kedalam bak prasedimentasi setelah sebelumnya melewati barscreen yang berfungsi untuk menyaring berbagai kotoran kasar yang terbawa oleh air limbah
3. Air yang sudah tersaring oleh *barscreen* akan masuk ke dalam bak prasedimentasi

4. Setelah masuk kedalam bak prasedimentasi, maka air limbah akan dialirkan ke dalam bak aerasi, dimana air limbah akan diberi udara dalam bentuk gelembung
5. Setelah melewati bak aerasi, maka air limbah akan dialirkan menuju bak final sedimentasi dimana air limbah akan diendapkan, lapisan lumpur yang berada di bagian bawah bak sedimentasi, akan dialirkan dengan cara dipompa menuju ke bak pengering lumpur, dan sebagian lagi lumpur akan dikembalikan ke dalam bak aerasi sedangkan air yang terdapat pada bak sedimentasi akan dialirkan ke bak disinfektan untuk mendapat tambahan zat disinfektan berupa kaporit atau klorin sebagai pembunuh kuman dan penghilang bau sebelum air dibuang ke dalam badan air.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat disampaikan beberapa hal sebagai berikut:

3.1. Rencana penetapan IPAL

Sesuai dengan rencana, maka IPAL akan ditempatkan pada lahan yang masih tersedia di belakang gedung rumah sakit. Adapun posisi data letak dari IPAL disesuaikan dengan luas lahan yang ada dan mempertimbangkan urutan proses pengolahan, di mana saluran pembuangan diusahakan berdekatan dengan lokasi pembuangan akhir. Seperti terlihat pada gambar peta lokasi, bahwa untuk pembangunan akhir, air limbah yang telah diproses akan dialirkan ke arah kali Pesanggrahan yang terletak bersebelahan dengan lokasi rumah sakit.

3.2. Data perencanaan IPAL Rumah Sakit

Seperti telah dikemukakan pada bagian awal, bahwa untuk saat ini, rumah sakit ini masih mampu untuk melayani masyarakat di wilayah kelurahan Kedoya Selatan dan sekitarnya yang memerlukan pelayanan kesehatan, tetapi untuk masa 5 tahun sampai dengan 10 tahun mendatang diperkirakan rumah sakit ini sudah tidak mampu lagi untuk melayani masyarakat yang memerlukan pelayanan kesehatan. Sehingga dipandang perlu untuk melakukan peningkatan fasilitas pelayanan seperti penambahan jumlah tempat tidur, tenaga medis dan lain sebagainya.

Untuk pengembangan dari rumah sakit ini, direncanakan untuk dikembangkan dalam 2 tahap yaitu:

1. Tahap 1 jangka waktu 5 tahun (2020-2025)
2. Tahap 2 jangka waktu 10 tahun (2025-2035)

Dalam melakukan rancang bangun untuk suatu fasilitas IPAL dari sebuah rumah sakit, diperlukan beberapa kriteria antara lain:

1. Jumlah tempat tidur yang tersedia

- 2. Jumlah karyawan (tenaga medis dan non medis)
- 3. Debit air buangan yang dikeluarkan oleh rumah sakit

Dengan memperhatikan kriteria dalam, maka untuk ruangan bangunan dari fasilitas IPAL untuk RS ini, akan dipergunakan debit air buangan pada tahun terakhir pengembangan tahap ke II (tahun 2035), dimana pada akhir pembangunan tahap ke II ini jumlah tempat tidur yang tersedia adalah sebanyak 950 unit dan karyawan sebanyak 60 orang dengan debit air buangan rata-rata untuk tempat tidur (jumlah tempat tidur – jumlah pasien) adalah sebesar 650 l/unit/hari. Sedangkan untuk karyawan debit air buangan rata-rata adalah sebesar 40 l/unit/hari. Dalam perencanaan fasilitas IPAL sendiri debit air buangan rata-rata dinyatakan dalam satuan liter/detik.

Untuk penjelasan lebih lanjut dapat dilihat dalam table ini:

Tabel 1. Kapasitas kebutuhan air berdasarkan jumlah tempat tidur dan karyawan

Unit	Kapasitas		Qav/L/Unit/hari
	Minimum	Maximum	
Tempat Tidur	500	950	650
karyawan	20	60	40

RS. Kelas B Tahap I atau 5 tahun

- Jumlah tempat tidur : 500 unit
 Q rata-rata : 650 ltr/unit/hari
 = 500 unit x 650 ltr/unit/hari
 = 325.000 ltr/hari
 = 325 ltr/hari
 = $\frac{3,76 \text{ ltr/detik}}{864.000} = 33,76 \text{ ltr/detik}$
- Jumlah karyawan : 20 orang(unit)

$$\begin{aligned}
 & \text{Q rata-rata} && : 40 \text{ ltr/unit/hari} \\
 & = 20 \text{ unit} \times 40 \text{ ltr/unit/hari} \\
 & = 800 \text{ ltr/hari} \\
 & = 800 \text{ ltr/hari} \\
 & = \frac{0,00925 \text{ ltr/detik}}{86.400} = 0,00925 \text{ ltr/detik} \\
 & = 1 \text{ ltr/detik}
 \end{aligned}$$

RS. Kelas B Tahap II atau 10 tahun

- Jumlah tempat tidur : 950 unit
 Q rata-rata : 650 ltr/unit/hari
 = 950 unit x 650 ltr/unit/hari
 = 61750 ltr/hari
 = 61750 ltr/hari
 = $\frac{61750 \text{ ltr/detik}}{86400} = 7,14 \text{ ltr/detik}$
- Jumlah karyawan : 60 orang(unit)

$$\begin{aligned}
 & \text{Q rata-rata} && : 40 \text{ ltr/unit/hari} \\
 & = 60 \text{ unit} \times 40 \text{ ltr/unit/hari} \\
 & = 2400 \text{ ltr/hari} \\
 & = 2400 \text{ ltr/hari} \\
 & = \frac{24000 \text{ ltr/detik}}{86.400} = 0,00925 \text{ ltr/detik} \\
 & = 1 \text{ ltr/detik}
 \end{aligned}$$

Tabel 2. Data Debit Air Limbah RS Kelas B

Unit	Kapasitas		Qav/L/Unit/hari
	Minimum	Maximum	
Tempat Tidur	500	950	650
karyawan	20	60	40

(Sumber: data perhitungan, tahun 2021)

Tabel 3. Data debit air limbah pada tahap pengembangan I (5 tahun) untuk RS kelas B

Unit	Kapasitas	Debit air limbah (Qav)	
	Minimum	Qav/L/hari	Liter/det
Tempat Tidur	500	325	3,76
karyawan	20	800	1

(Sumber: data perhitungan, tahun 2021)

Tabel 4. Data debit air limbah pada tahap pengembangan II (10 tahun) untuk RS kelas B

Unit	Kapasitas	Debit air limbah (Qav)	
	Minimum	Qav/L/hari	Liter /det
Tempat Tidur	950	61750	7,14
karyawan	60	2400	1

(Sumber: data perhitungan, tahun 2021)

Prakiraan *Suspended Solid* Pada Setiap Unit Pengolahan

SS = Suspended Solid
 SS = 300 mg/l

1. Pada bak prasedimentasi
 SS in di bak pra sedimentasi: 300 mg/l
 SS removal = 60% dari SS in di bak pra sedimentasi
 = 60% x 300 mg/l
 = 180 mg/l
2. Pada bak aerasi
 SS in di bak aerasi
 = 40% x 300 mg/l = 120 mg/l
 SS removal
 = 65% dari SS in di bak aerasi
 = 65% x 120 mg/l = 78 mg/l
3. Pada bak final sedimentasi
 SS in di bak final sedimentasi
 = 35% x 40% x 300 mg/l
 = 42 mg/l
 SS removal
 = 60% dari SS in di bak final sedimentasi
 = 60% x 42 mg/l

$$= 25,2 \text{ mg/l}$$

Prakiraan *Biochemical Oxygen Demand* Pada Setiap Unit Pengolahan

BOD = Biochemical Oxygen Demand

BOD = 200 mg/l

1. Pada bak pra sedimentasi = 200 mg/l
 = 40% dari BOD in di bak pra sedimentasi
 = 40% x 200 mg/l
 = 80 mg/l
2. Pada bak aerasi
 BOD in di bak aerasi
 = 60% x 200 mg/l = 120 mg/l
 = 95% x 120 mg/l = 114 mg/l
3. Pada bak final sedimentasi
 BOD in di bak final sedimentasi
 = 5% x 120 mg/l = 6 mg/l
 = 40% dari BOD in di bak final sedimentasi
 = 2,4 mg/l

3.3 Berikut adalah perhitungan dari instalasi pengolah air limbah dengan metode lumpur aktif

3.3.1 Perhitungan Saluran Pembawa

Pada perhitungan saluran pembawa ini, diperoleh hasil sebagai berikut

$$Q \text{ maximum Tahap II} = 22 \text{ l/dt} \\ = 0,022 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$V \text{ aliran} = 0,8 \text{ m/detik}$$

Saluran pembawa menggunakan pipa besi

$$A = \frac{W}{V} = \frac{0,022 \text{ m}^3/\text{dtk}}{0,8 \text{ m/dtk}} = 0,0275 \text{ m}^2$$

Mencari diameter saluran

$$A = \frac{1\pi d^2}{4} = d^2 = \frac{4.A}{\pi}$$

$$d = \sqrt{\frac{4.A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4.0,0275}{\pi}}$$

$$d = 0,187 \text{ m}$$

$$d = 187 \text{ mm}$$

Perhitungan kemiringan saluran pembawa:

Dengan memakai nomogram maning formula (*Matric Unit. Practical Hydraulix for the Public Work. Eng Hal. 25*)

Bila diketahui: Q max tahap II = 22 l/detik

V aliran = 0,08 m/detik

Diameter pipa saluran pembawa = 187 mm

N (besi cetak) = 0,013

maka diperoleh harga S (slope) adalah sebesar = 0,0065

3.3.2 PERHITUNGAN BAR SCREEN

Dimensi *screen*

Data:

Lebar saluran = Diameter pipa pembawa = 0,187 m

$$= 7,36''$$

Diameter kisi = 3/8''

Jarak antar kisi = 1''

Maka dimensi *screen* dapat dihitung yaitu : Banyak celah''

$$\frac{7,36}{1+3/8} = 5,25 = 6 \text{ celah}$$

Jumlah kisi = 6 - 2 = 4 buah

Lebar saluran = (WC) = (jumlah kisi + 1) b

$$= (4+1) 1$$

$$= 5''$$

$$= 0,5 \text{ ft} \times 0,3048$$

$$= 0,1524 \text{ m}$$

$$\text{Ditentukan } V_c = \frac{Q \text{ max tahap II}}{Wc \times Lc}$$

$$= \frac{0,8}{0,5 \times 2} = 0,8 \text{ ft} = 0,24 \text{ m}$$

Kedalaman *screen* (dc) = L sin θ

$$\theta = 30^\circ$$

$$= 0,8 \sin 30^\circ$$

$$= 0,4 \text{ ft}$$

$$= 0,4 \text{ ft} \times 0,3048$$

$$= 0,2 \text{ m}$$

Tinggi air setelah *screen* = dc-HL

$$= 0,12 - 0,005$$

$$= 0,115 \text{ m}$$

$$= 0,120 \text{ m}$$

Maka dimensi *Bar Screen*:

$$P = 0,24 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

$$L = 0,1524 \text{ m} = 1 \text{ m}$$

$$D = 0,12 \text{ m} = 0,5 \text{ m}$$

3.3.3 Perhitungan Bak Aerasi

Perhitungan bak aerasi berdasarkan atas:

- 1) Waktu aerasi
- 2) CRT = *Cell Residence Time*
- 3) Jumlah udara yang diperlukan
- 4) F/M Rasio

3.3.3.1 Perhitungan Waktu Aerasi

Waktu aerasi

$$= \frac{\text{Kapasitas tangki aerasi}}{\text{volume of savage flow} + \text{vol. of retrun sludge}}$$

Waktu aerasi = 3- 8,4 jam

Perhitungan kapasitas tangki

Rumus

$$= \frac{\text{Beban BOD}}{\text{Loading}}$$

$$= \text{kapasitas tangki aerasi (cuft)}$$

Kriteria: Loading = 0,3-0,6 Kg/m³/hari

Diambil: 0,5 Kg/m³/hari

BOD masuk bak aerasi:

$$= 60\% \times 200 \text{ mg/l} \times 22 \text{ l/dtk}$$

$$= 2640 \text{ mg/dtk}$$

BOD removal di bak aerasi:

$$\begin{aligned}
 &= 95 \% \times 2640 \text{ mg/detik} \\
 &= 2508 \text{ mg/dtk} \\
 \text{Jadi kapasitas tangka aerasi} \\
 &= \frac{\text{Beban BOD}}{\text{Loading}} \\
 &= \frac{2508 \text{ mg/dtk}}{0,5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3/\text{hari}}} \\
 &= 433,38 \text{ m}^3 \\
 &= 434 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dimensi dari bak aerasi:
Volume bak aerasi = 434 m³
Maka:

$$\text{Luas bak aerasi} = \frac{434 \text{ m}^3}{3 \text{ m}} = 145 \text{ m}^2$$

Maka dimensi bak:
P = 14,5 m = 15 m
L = 10 m
T = 3 m

3.3.3.2 Perhitungan Volume of Return Sludge

Volume of return sludge = Volume lumpur yang disirkulasikan dari bak final sedimentasi ke dalam bak aerasi (m³/dtk)

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{SS in di bak final sedimentasi} \\
 &= 35\% \times 40\% \times 300 \text{ mg/l} \times 11 \text{ l/dtk} \\
 &= 462 \text{ mg/dtk} \\
 \text{SS removal} &= 60\% \text{ dari SS in di bak final sedimentasi} \\
 &= 60\% \times 462 \text{ mg/dtk} \\
 &= 277,2 \text{ mg/dtk} \\
 &= 23,95 \text{ kg/hari} = 24 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

BD Solid:

$$(\text{BD Vm} \times \% \text{ Vm}) + (\text{BD Fm} \times \% \text{ Fm}) \\
 (1 \times 0,6) + (2,5 \times 0,4) = 1,6 \text{ kg/l}$$

BD lumpur:

$$(\text{BD solid} \times \% \text{ solid}) + (\text{BD air} \times \% \text{ air}) \\
 (1,6 \times 0,05) + (1 \times 0,95) = 1,03 \text{ kg/l}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume lumpur} &= \frac{\text{Berat lumpur}}{24 \text{ kg/hari}} \\
 &= \frac{1,03 \text{ kg/l}}{24} \\
 &= 23,3 \text{ l/hari} \\
 &= 0,023 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan CRT (*Cell Residence Time*) didapat bahwa hasil CRT = 9 hari aka volume lumpur selama 9 hari adalah:

$$\begin{aligned}
 V &= 0,023 \text{ m}^3 \times 24 \times 30 \text{ hari} \\
 &= 16,56 \text{ m}^3 = 17 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

50% dari volume lumpur akan disirkulasikan ke bak aerasi, maka volume lumpur:

$$\begin{aligned}
 V &= 14 \text{ m}^3 \times 50\% \\
 &= 7 \text{ m}^3/9\text{hari}
 \end{aligned}$$

Volume lumpur yang masuk bak aerasi dalam satuan m³/jam adalah:

$$V = \frac{7 \text{ m}^3}{9 \times 24} = 0,32 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Perhitungan volume of sewage flow 2

Volume of sewage flow = aliran air limbah (Qav tahap II)

$$\begin{aligned}
 Q_{av} \text{ tahap II} &= 11 \text{ l/dtk} \\
 &= 0,11 \text{ m}^3/\text{dt} \\
 &= 39,6 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Maka waktu aerasi yang dapat dihitung

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu aerasi} &= \frac{\text{Kapasitas tangki aerasi}}{\text{volume of sewage flow} + \text{volume of return sludge}} \\
 &= \frac{434 \text{ m}^3}{39,6 \text{ m}^3 + 0,011 \text{ m}^3/\text{jam}} \\
 &= 10,95 \text{ jam} > 3 \\
 &= 12 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

3.3.3.3 Perhitungan CRT

CRT = Cell Residence Time
= waktu tinggal lumpur di tangki final sedimentasi

Rumus:

$$\text{CRT} = \frac{\text{MLSS} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \times \text{volume tangki aerasi}}{\text{wasting rate} \left(\frac{\text{l}}{\text{dtk}} \right) \times \text{RAS} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right)}$$

Dimana:

CRT = minimal 8 hari
MLSS = Mixed Liquor Suspended Solid
= 1500 – 3000 mg/l

Wasting rate = debit limbah yang keluar dari bak aerasi, debit yang dipakai adalah debit maximum

RAS = Kadar lumpur yang dikembalikan ke dalam tangki aerasi (mg/l)

Perhitungan:

- MLSS = 1500-3000 mg/l
Diambil 1500 mg/l
- Volume tangka aerasi = 434
- Wasting rate = 22 l/dtk
- RAS = SS in pada bak final sedimentasi
= 35% x 40% x 300 mg/l
= 42 mg/l
SS removal di bak final sedimentasi
= 60% x 42 mg/l
= 25,2 mg/l
= $\frac{25,2 \text{ mg/l}}{2}$
= 12,6 mg/l = 13 mg/l
CRT
= $\frac{\text{MLSS} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) \times \text{Vol.tangki aerasi} (l)}{\text{Wasting rate} \left(\frac{\text{l}}{\text{dtk}} \right) \times \text{RAS} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right)}$
= $\frac{1500 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \times 434}{22 \times 13}$

$$= \frac{651 \text{ mg}}{286 \text{ mg/dtk}}$$

$$= \frac{2276223,776}{86400}$$

$$= 26 \text{ hari}$$

$$= 30 = \text{hari} > \text{diatas } 8 \text{ hari}$$

Jadi waktu tinggal lumpur di dalam ruang lumpur di bak final sedimentasi adalah 30 hari dan sesuai dengan syarat dimana CRT minimal 8 hari.

3.3.3.4 Perhitungan banyak udara pada tangka aerasi

Kriteria

- 1) Banyak udara = 40-80 m udara/kg udara diambil 60 m³ udara/kg BOD
- 2) BOD = 120 mg/l
- 3) BOD removal = 95%

Rumus:

$$\frac{\text{Banyak udara } (\frac{m^3}{\text{hari}})}{\text{BOD air limbah} \times \text{volume air limbah udara/kg BOD}} = 40 - 80 \text{ m}^3$$

Perhitungan:

BOD removal = 200 mg/l x 95% = 80 mg/l

Volume air limbah = 11 l/detik

Kapasitas = BOD removal x volume air limbah
 = 114 mg/l x 11 l/dtk
 = 1254 mg/dtk BOD
 = 0,001254 kg/dtk x 24 x 60 x 60

Banyak udara = 60 m³/kg x 0,001254
 = 0,07524
 = 6500,736 m³/hari
 = 6501 m³/hari

Masukan dalam rumus

$$= \frac{\text{Banyak udara } (\frac{m^3}{\text{hari}})}{\text{BOD air limbah} \times \text{volume air limbah}}$$

$$= 40-80 \text{ m}^3\text{udara/kg BOD}$$

$$= \frac{6501 (\frac{m^3}{\text{hari}})}{114 \frac{mg}{l} \times 11 \text{ l/dtk}}$$

$$= \frac{6501 (\frac{m^3}{\text{hari}})}{254 \text{ mg/dtk}}$$

$$= \frac{6501 (\frac{m^3}{\text{hari}})}{0,001254 \text{ kg/dtk}}$$

$$= \frac{6501 (\frac{m^3}{\text{hari}})}{108,34 \frac{kg}{\text{hari}}} = 60 \text{ m}^3/\text{kg BOD}$$

Harga 60 m³udara/kg/BOD masih masuk dalam range 40-80 m³ udara/kg BOD

3.3.3.5 Perhitungan F/M Rasio

F/M Rasio: perbandingan antara makanan dan mikro organisme

Kriteria:

- 1) MLSS = 1500-3000 mg/l

Diambil 300 mg/l

Rumus:

$$F/M = \frac{\text{BOD limbah} \times Q_{av} (\frac{m^3}{\text{hari}})}{MLSS (\frac{mg}{l}) \times \text{volume tangki aerasi} (m^3)}$$

F/M = 0,2-0,3

Perhitungan:

BOD = 200 mg/l

Qav = 11 l/dtk

= 0,011 m³/dtk

= 0,011 x 24 x 60 x 60

= 950,4 = 951 m³/hari

MLSS = 1000 mg/l

Volume tangki aerasi = 434 m³

Masukan dalam rumus

$$F/M = \frac{\text{BOD limbah} \times Q_{av}}{MLSS \times \text{volume tangki aerasi}}$$

$$= \frac{200 \frac{mg}{l} \times 951 \text{ m}^3/\text{hari}}{1500 \frac{mg}{l} \times 434 \text{ m}^3}$$

$$= \frac{200 \frac{mg}{l} \times 11 \text{ l/dtk}}{0,0015 \text{ kg/l} \times 434000 \text{ l}}$$

$$= \frac{2200 \text{ mg/dtk}}{651 \text{ kg}}$$

$$= \frac{190,08 \text{ kg}}{651 \text{ kg}}$$

= 0,29

3.3.4 PERHITUNGAN BAK FINAL SEDIMENTASI

Kriteria:

- 1) Waktu tinggal : 2 jam
- 2) Beban permukaan : 400 – 1000 gpd/f²
- 3) Kedalaman : 7-12 f' Diambil 10 ft

Perhitungan

Q max tahap II = 22 l/dtk

= 22 l/dt x 22826,95 gpd

= 502192,9

= 0,5 x 10⁶ gpd

= 22 l/dt x 0,0354 cfs

= 0,022 m³/dt

Kapasitas = Q x waktu tinggal

= 0,022 x 2 x 60 x 60

= 158,4 m³

Luas permukaan = Kapasitas/ Kedalaman

= 158,4 m³ / 3 m

= 52,8 m³ = 53 m³

Beban permukaan diambil = 800 gpd/ft

Luas Permukaan = Qmax/ beban permukaan

= 0,5.10⁶ gpd / 800 gpd/saft

$$= 625 \text{ saft} \times 0,0929 = 58 \text{ m}^2$$

Dimensi bak final sedimentasi:

$$P = 10 \text{ m}$$

$$L = 5,8 = 6 \text{ m}$$

$$T = 3 \text{ m}$$

Ruang lumpur di bak final sedimentasi

Kriteria:

- 1) Q_{av} = 11 l/dt
- 2) Kadar Solid = 5%
- 3) Kadar air = 95%
- 4) F_m = 40%; $BD V_m = 2,5$
- 5) V_m = 60%; $BD V_m = 1$
- 6) SS in di final sedimentasi = 462 mg/dt
- 7) SS removal = 60%

Perhitungan

$$\begin{aligned} \text{Solid diendapkan} &= 60\% \times 462 \text{ mg/dt} \\ &= 277,2 \text{ mg/dt} \\ &= 23,95 \text{ kg/hari} \\ &= 24 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

BD solid:

$$\begin{aligned} &= (BD V_m \times \% v_m) + (BD F_m \times \% F_m) \\ &= (1 \times 0,6) + (2,5 \times 0,4) = 1,6 \text{ kg/l} \end{aligned}$$

BD lumpur:

$$\begin{aligned} &= (BD \text{ solid} \times \% \text{ solid}) + (BD \text{ air} \times \% \text{ air}) \\ &= (1,6 \times 0,05) + (1 \times 0,95) = 1,03 \text{ kg/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Lumpur} &= \text{Berat lumpur} / \text{BD lumpur} \\ &= \frac{24 \text{ kg/hari}}{1,03 \text{ kg/l}} \\ &= 23,3 \text{ l/hari} \\ &= 0,023 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Dari perhitungan CRT diperoleh hasil bahwa CRT = 30 hari

Maka volume lumpur selama 30 hari adalah

$$\begin{aligned} V &= 0,023 \text{ m}^3 \times 24 \times 30 \text{ hari} \\ &= 16,56 \text{ m}^3 \\ &= 17 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil diatas diperoleh tinggi ruang lumpur yaitu

$$\begin{aligned} t &= \frac{3V}{\text{Luas permukaan}} \\ &= \frac{3 \times 14}{10 \times 7} \\ &= 0,6 = 60 \text{ cm} \end{aligned}$$

Volume lumpur yang diresirkulasi dari bak final sedimentasi ke bak aerasi

Volume lumpur selama 30 hari adalah = 14 m

50% dari volume lumpur akan di alirkan ke bak aerasi

Maka volume lumpur =

$$\begin{aligned} V &= 17 \text{ m}^3 \times 50\% \\ &= 8,5 \text{ m}^3 / 30 \text{ hari} \end{aligned}$$

Volume lumpur yang masuk bak aerasi dalam satuan m³/jam adalah =

$$V = 7 \text{ m}^3 / 9 \times 24 = 0,011 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Kesimpulan: Volume lumpur yang diresirkulasikan adalah sebanyak 0,011 m³/jam

3.3.5 PERHITUNGAN BAK PENGERING LUMPUR

Kriteria:

- 1) Lebar = 20 ft ; diambil = 6 m
- 2) Panjang = 20-100ft ; diambil 10 m
- 3) Tebal pasir = 9" -15"
- 4) Tebal kerikil = D 0,5 mm-25mm
- 5) Lama pengeringan = 5- 10 hari ; diambil 10 hari
- 6) Tebal lumpur = 8" - 12" diambil 8" = 20 Cm

Perhitungan

Volume lumpur yang masak bak pengering lumpur adalah = Volume lumpur selama 30 hari sebanyak 17 m³, dimana 50% nya akan dialirkan ke bak pengering lumpur.

Maka volume lumpur;

$$\begin{aligned} V &= 17 \text{ m}^3 \times 50\% \\ V &= 8,5 \text{ m}^3 / 30 \text{ hari} \end{aligned}$$

Lama waktu pengeringan lumpur = 10 hari

Volume lumpur selama 10 hari adalah:

$$\begin{aligned} V &= 8,5 \text{ m}^3 / 30 \text{ hari} \times 10 \text{ hari} \\ V &= 2,83 \text{ m}^3 \approx 3 \text{ m}^3 = 3000 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Tebal lapisan lumpur = 20 cm

Luas area bak pengering lumpur adalah

$$A = 3000 / 20 = 150 \text{ cm}^2 = 1,5 \text{ m}^2 \approx 2 \text{ m}^2$$

Maka dimensi bak pengering lumpur adalah

$$P = 2 \text{ m} = 200 \text{ cm}$$

$$L = 0,75 \text{ m} = 75 \text{ cm}$$

$$T = 0,2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$

3.3.6 PERHITUNGAN CHLOROINASI

Kriteria:

- 1) Waktu kontak desinfektan dengan air buangan Adalah 15- 30 menit; diambil = 20 menit
- 2) Zat desinfektan = Chloor
- 3) V_{aliran} = 5-15 fpm ; diambil 10 pm
- 4) Kadar chloor = 2-8 ppm ; diambil ; 8 mg/l

Perhitungan:

$$Q_{av} \text{ tahap I} = 11 \text{ l/dt}$$

$$\text{Waktu kontak} = 20 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas} &= 11 \text{ l/dt} \times 20 \times 60 \text{ dt} \\ &= 13200 \text{ ltr} = 13,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Diambil kecepatan aliran 10 fpm

$$= 10 \text{ ft} = 304,8 \text{ cm}$$

$$= \frac{304,8 \text{ cm}}{60 \text{ dt}} = 5,08 \text{ cm/dt}$$

$$A \text{ Cros} = \frac{Q}{VH} = \frac{11000 \text{ cm}^3/\text{dt}}{5,08 \text{ cm/dt}} = 2165,3 \text{ cm}^2$$

Diambil lebar = 30 cm

Dalam A Cross / lebar
 $= 2165,3 \text{ cm}^2 / 30 \text{ cm}$
 $= 72,17 \text{ cm}$
 $= 73 \text{ cm}$
 $= 0,73 \text{ m}$

Luas permukaan = kapasitas/dalam
 $= 13,2/0,73 = 18 \text{ m}^2$

Dimensi dari bak desinfektan
 $P = 6 \text{ m}$
 $L = 3 \text{ m}$
 $T = 0,73\text{m} + 0,27 \text{ free board} = 1\text{m}$

Perhitungan chlor yang dibutuhkan:

$Q_{av} = 11 \text{ l/dt}$
 Dosis chlor = 8 mg/l
 Dosis/menit = $8 \text{ mg/l} \times 10 \text{ l/dt} \times 60 \text{ dt/menit}$
 $= 52,8 \text{ mg/menit}$
 $= 52,8 \text{ gr/menit}$

Kadar Chlor dalam air buangan diambil 5% larutan Chlor, direncanakan dibuat setiap 8 jam volume larutan chlor

$= 100/5 \times 52,8 \times 8 \text{ jam} \times 60 \text{ jam/menit}$
 $= 506880 \text{ gr}$
 $= 50688 \text{ cc}$
 $= 0,50 \text{ m}^3$

Direncanakan dibuat 1 bak
 Volume larutan pen bak = $0,50 \text{ m}^3 = 500 \text{ l}$

Dimensi bak:
 $P = 1 \text{ m}$
 $L = 9 \text{ m}$
 $t = 0,5+0,3 = 0,8 \text{ m}$

3.3.7 PERHITUNGAN SALURAN PEMBUANG

Data
 $Q_{\text{max}} \text{ tahap II} = 22 \text{ l/dt}$
 $= 0,022 \text{ m}^2/\text{dt}$
 $V \text{ aliran} = 0,8 \text{ m/dt}$

Saluran pembuangan menggunakan pipa besi
 $A = Q/V = 0,022/0,8 = 0,0275 \text{ m}^2$
 mencari diameter pipa saluran pembuang

$A = \frac{1}{4} \pi d^2 = d^2 = 4A/\pi$
 $D^2 = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0275}{\pi}}$
 $d = 0,187 \text{ m}$
 $d = 187 \text{ mm} = 7,36''$

3.3.8 PERHITUNGAN KEMIRINGAN SALURAN PEMBUANG

Dengan nomogram manning formula (*metric unit Practical Hydraulic for the Public Work*)

Bila diketahui:
 $Q_{\text{max}} \text{ tahap II} = 22 \text{ l/dt}$
 $V \text{ aliran} = 0,8 \text{ m/dt}$

$Q \text{ pipa saluran pembuang} = 187$
 $N \text{ (besi cetak)} = 0,013$
 Maka harga S (slope) = 0,0065

3.3.9 PERHITUNGAN POMPA

1. Pompa lumpur dari bak pra sedimentasi ke bak aerasi

$Q \text{ lumpur} = 7 \text{ m}^3/\text{hari}$
 $= 7000\text{k}/86400 = 0,08 \text{ l/dt}$
 Jumlah bak pra sedimentasi = 2 buah
 $Q \text{ lumpur total} = 0,08 \text{ l/dt} \times 2 \text{ bak}$
 $= 0,16 \text{ l/dt}$

BD lumpur = 1,03
 Total head = 6 meter
 Maka daya pompa = $\frac{Q.P.gh}{n \times 75}$
 $= \frac{0,16 \times 1,03 \times 6}{0,8 \times 75}$
 $= 0,01648 \text{ Hp} = 1 \text{ Hp}$

2. Pompa lumpur dari ruang lumpur di bak final sedimentasi ke bak pengering lumpur dan ke bak aerasi

$Q \text{ lupur} = 7 \text{ m}^3/9 \text{ hari}$
 $= 7000 \text{ l}/9 \text{ hari}$
 $= 32,4 \text{ l/jam}$
 $= 0,09 \text{ l/dt}$
 BD lumpur = 1,03
 Total head = 6 m
 Maka daya pompa
 $= Q \times P \times g \times h$
 $= (0,09 \times 1,03 \times 6) / (0,8 \times 7,5)$
 $= 0,00927 \text{ Hp}$
 $= 1 \text{ Hp}$

3. Pompa air dari bak aerasi ke bak final sedimentasi.

Pompa ini berfungsi sebagai pompa cadangan sedangkan apabila terjadi ketinggian air di dalam bak aerasi berada di bawah pipa pengalir menuju bak final sedimentasi maka pompa ini akan berfungsi secara otomatis.

Memompa air dari bak aerasi ke bak final sedimentasi

$Q = Q_{\text{max}} \text{ tahap II} = 22 \text{ l/dt}$
 BD air = 1
 Total head = 6 m
 Maka daya pompa = $\frac{Q.P.gh}{n \times 75}$
 $= \frac{22 \times 1 \times 6}{0,8 \times 75}$
 $= 2,2 \text{ Hp}$

4. Pompa udara pada bak aerasi
 Pompa udara disini berfungsi untuk mengalirkan udara ke dalam air limbah yang ada di dalam bak aerasi. Dari perhitungan banyak udara untuk bak aerasi di dapat bahwa udara yang diperleh sebanyak 60 m^3

Untuk itu disiapkan pompa sebanyak 2 buah (bekerja bergantian selama 3 jam untuk setiap pompanya) dengan kapasitas udara yang dihasilkan 60 m³ dengan diffuser/ pembagi udara yang diletakan didalam bak aerasi sebanyak 3 buah dengan kapasitas 1 buah diffuser adalah 20 m³.

Pompa udara ini akan berfungsi selama 12 jam/hari.

- Pompa air dari bak pra sedimentasi ke bak aerasi daya pompa sama dengan pompa air pada bak aerasi ke bak final sedimentasi.

3.3.10 PERHITUNGAN PROFIL HIDROLIS

Maksud dari perhitungan profil hidrolis adalah memperkirakan tinggi muka air setiap unit-unit bangunan pengolahan dan saluran penghubung pada setiap unit. Dasar dari perhitungan adalah kehilangan tekanan pada pipa-pipa atau saluran yang menghubungkan unit pengolahan itu sendiri. Sebagai titik patokan di pakai titik pada saluran pembawa yaitu +2,5 m

Maka profil hidrolis dapat di hitung sebagai berikut:

- Kehilangan tekanan pada saluran pembawa = 0,065 m

Maka tinggi muka air pada saluran pembawa:
= 2,5 - 0,065 = + 2,435 m

- Tinggi air setelah screen = 0,121 m

= 2,435 - 0,121 = +2,314 m

- Kehilangan tekanan pada saluran penghubung dari bar screen ke bak pra sedimentasi = 0,0065 m

Maka tinggi muka air (MA) pada bak aerasi =
2,3075 - 0,0065 = + 2,301 m

- Kehilangan tekanan pada saluran penghubung dari bak pra sedimentasi ke bak aerasi = 0,0065 m

Maka tinggi muka air (MA) pada bak pra sedimentasi
= 2,3075 - 0,0065 = + 2,301 m

- Kehilangan tekanan pada saluran penghubung dari bak aerasi ke bak final sedimentasi = 0,0065

Maka tinggi muka air (MA) pada bak final sedimentasi
= 2,301 - 0,0065 = + 2,2945 m

- Kehilangan tekanan pada saluran bak penghubung dari bak final sedimentasi ke bak pengering lumpur = 0,0195 m

Maka tinggi muka air (MA) pada bak pengering lumpur = 2,301 - 0,0195 = 2,2815 m

- Kehilangan tekanan pada saluran penghubung dari bak final sedimentasi ke bak desinfektan = 0,0065

Maka tinggi muka air (MA) pada bak desinfektan

$$= 2,2945 - 0,0065 = + 2,288 \text{ m}$$

4. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan rancang bangun Instalasi Pengolahan Air Limbah Untuk Rumah Sakit, diperoleh bahwa hasil kandungan BOD dan TSS yang yang dipeoleh dari air buangan masih dalam batas yang diperbolehkan, dimana *suspended solid* pada bak final sedimentasi adalah sebesar 68,4 mg/l < 100mg/l (batas baku) dan untuk *Biochemical Oxygen Demand* pada bak final sedimentasi adalah sebesar 3,6mg/l < 75 mg/l (batas baku).

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan yang baik ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang sudah memberikan kesempatan kepada penulis untuk dapat ikut serta pada kegiatan ini, kepada Institut Sains dan Teknologi Al Kamal dan Khususnya kepada Program Studi Teknik Sipil Institut Sains dan Teknologi Al Kamal yang sudah memberikan kesempatan pada penulis untuk berpartisipasi pada kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, S. (2017). *Efektivitas Pelaksanaan Amdal Rumah Sakit, Studi Kasus RSUD Labuang Baji di Kota Makassar*. Universitas Hasanuddin.
- Aryanti, D., & Septian, B. D. (2020). Kajian Lingkungan Pengembangan Fasilitas Kesehatan (Studi Kasus Klinik Nirwana di Palabuhanratu, Kabupaten Sukabumi). *Komposit*, 4(1), 35–42. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.32832/komposit.v4i1.3763>
- Djuhaeni, H. (2009). *Penanggulangan Dampak Lingkungan Rumah Sakit*. 8. http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2009/09/penanggulangan_dampak_lingkungan_rs.pdf
- Fauziah, N. (2012). Sistem Pengolahan Limbah Cair di Rumah Sakit Ortopedi Prof. Dr. R. Soeharso Surakarta. *Tugas Akhir*. UNS-F. Kedokteran Prog. D III Keselamatan Kerja.
- Idawati, D. E., & Medyawati, H. (2011). Evaluasi Sistem Manajemen Pengelolaan Limbah Rumah Sakit (Study Kasus Pada RSUP Persahabatan). *Jurnal Kesehatan Lingkungan* (Vol. 4, p. 12).
- Misgiono, Setiani, O., & Budiyo. (2014). Evaluasi Manajemen Limbah Padat dan Cair di RSUD Mimika. *Jurnal Kesehatan*

- Lingkungan Indonesia*, 13(1), 1–8.
[https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jkli.13.1.1 - 13](https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jkli.13.1.1-13)
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan RI No P.56/Menlhk-Setjen/2015 tentang Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun dari Fasilitas Pelayanan Kesehatan
- Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 7 Tahun 2019 tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 5 tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan RTH di Kawasan Perkotaan.
- Peraturan Pemerintah RI No. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air Kelas II.
- Permadi. (2011). Utilitas Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit. *Nalars*, 10 (2), 173-184, <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/nalars/article/view/602>
- Salman, N., Taqwa, F.M.L., Aryanti, D. (2021). Evaluasi Pengelolaan Limbah Rumah Sakit (Studi Kasus: Rumah Sakit X di Kab. Tasikmalaya). *Komposit*, 5(1), 7-16.
- Satrianegara, M. F. (2016). Pendekatan Analisis Manajemen Kebijakan dalam Pengelolaan Limbah Rumah Sakit. *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 2(2), 1–4. <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/higiene/article/view/1810>
- Situmorang, M. A. (2019). Analisa Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Bunda Thamrin Dengan Parameter COD, BOD, Ph, TSS dan MPN Coliform. *Tugas Akhir. Universitas Medan Area*. <http://repository.uma.ac.id/handle/123456789/11427>
- SK Gubernur. DKI Jakarta. No. 1346/1988 tentang pengolahan air limbah di wilayah DKI Jakarta.
- Yuliansari, D., & Siswandi, E. (2017). Evaluasi Pengelolaan Lingkungan Hidup di Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Praya, Kabupaten Lombok Tengah. *Penbios*, 2(2), 34–41. <http://ejournal.unwmataram.ac.id/bios/article/view/97>