

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Puskesmas

Puskesmas (Pusat Kesehatan Masyarakat) merupakan fasilitas pelayanan kesehatan tingkat pertama yang diselenggarakan oleh pemerintah untuk memberikan layanan kesehatan secara menyeluruh, terpadu, dan terjangkau bagi masyarakat di wilayah kerjanya. Puskesmas berperan sebagai ujung tombak dalam sistem pelayanan kesehatan nasional, terutama dalam upaya promotif dan preventif, selain juga memberikan pelayanan kuratif dan rehabilitatif dasar. Layanan di puskesmas mencakup berbagai aspek, seperti imunisasi, pemeriksaan ibu hamil, pengobatan dasar, hingga edukasi kesehatan masyarakat.

Dengan pendekatan yang berbasis wilayah dan berorientasi pada keluarga, puskesmas menjadi institusi penting dalam meningkatkan derajat kesehatan masyarakat Indonesia secara menyeluruh. Sebagai contoh, penelitian oleh Arnilasari et al. (2024) menunjukkan bahwa pelaksanaan fungsi manajemen yang efektif berkontribusi pada peningkatan status akreditasi puskesmas di Majene, yang pada gilirannya meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan di wilayah tersebut.

B. Tipe-tipe Puskesmas

Puskesmas rawat inap adalah salah satu jenis Pusat Kesehatan Masyarakat yang tidak hanya memberikan pelayanan kesehatan dasar secara umum, tetapi juga dilengkapi dengan fasilitas untuk perawatan pasien yang membutuhkan observasi atau perawatan lanjutan tanpa harus dirujuk ke rumah sakit. Berbeda dengan puskesmas non-rawat inap, puskesmas ini memiliki tempat tidur pasien serta tenaga medis yang siap memberikan pelayanan selama 24 jam. Tujuan utama dari puskesmas rawat inap adalah memberikan akses pelayanan kesehatan yang lebih komprehensif, terutama bagi masyarakat di daerah terpencil atau sulit dijangkau,

sehingga mereka tetap bisa mendapatkan perawatan medis yang layak tanpa harus menempuh jarak yang jauh. Berikut tipe-tipe Puskesmas yaitu:

- Puskesmas Non-RawatInap: Jenis ini hanya menyediakan pelayanan dasar seperti pemeriksaan umum, imunisasi, pelayanan kesehatan ibu dan anak, serta program kesehatan lingkungan tanpa fasilitas inap. Biasanya berada di wilayah dengan akses yang lebih mudah ke rumah sakit.
- Puskesmas Rawat Inap : Dilengkapi dengan fasilitas tempat tidur dan layanan perawatan 24 jam. Ditujukan untuk wilayah dengan keterbatasan akses ke fasilitas kesehatan tingkat lanjutan. Pelayanan meliputi penanganan kasus ringan hingga sedang yang tidak memerlukan penanganan rumah sakit.
- Puskesmas Pembantu (Pustu): Merupakan unit pelengkap dari puskesmas induk dan biasanya terdapat di desa-desa. Pelayanannya terbatas, namun tetap menjadi bagian dari sistem rujukan dan pengawasan puskesmas utama.
- Puskesmas Keliling (Pusling): Puskesmas ini bersifat *mobile*, dengan tujuan menjangkau daerah terpencil yang tidak memiliki akses ke fasilitas kesehatan tetap. Biasanya menggunakan kendaraan roda empat atau sepeda motor yang dilengkapi perlengkapan medis dasar. Puskesmas dengan Pelayanan Khusus Menyediakan layanan tambahan sesuai dengan kebutuhan masyarakat setempat, seperti klinik sanitasi, pengobatan tradisional, atau rehabilitasi gizi, tergantung pada kebijakan daerah dan sumber daya yang tersedia. Model puskesmas ini dirancang untuk menjamin pemerataan.

C. Limbah cair Puskesmas

Limbah cair adalah buangan berbentuk cair yang berasal dari berbagai kegiatan manusia, baik domestik, industri, pertanian, maupun kegiatan lainnya yang mengandung bahan pencemar dan berpotensi merusak lingkungan jika tidak dikelola dengan benar. Limbah ini bisa berupa air bekas pakai, sisa proses produksi, atau limpasan dari area tertentu yang membawa zat berbahaya seperti logam berat, senyawa organik, maupun mikroorganisme patogen.

Kandungan dan karakteristik limbah cair sangat beragam, tergantung dari sumber asalnya. Misalnya, limbah rumah tangga umumnya mengandung deterjen, lemak, dan limbah organik, sedangkan limbah industri bisa mengandung zat kimia

berbahaya yang lebih kompleks. Jika limbah cair dibuang langsung ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan, maka dapat mencemari air tanah, sungai, dan ekosistem perairan, serta berdampak buruk pada kesehatan manusia. Oleh karena itu, pengelolaan limbah cair menjadi aspek penting dalam menjaga kualitas lingkungan hidup dan kesehatan masyarakat.

D. Tujuan Pengelolaan Limbah Cair Puskesmas

Pengelolaan limbah cair sangat penting dilakukan guna mencegah pencemaran lingkungan yang dapat berdampak langsung pada kesehatan masyarakat. Salah satu tujuan utamanya adalah untuk menghilangkan atau setidaknya mengurangi kandungan mikroorganisme patogen serta zat kimia berbahaya seperti amonia (NH_3), besi (Fe), mangan (Mn), dan merkuri (Hg) yang terkandung dalam limbah tersebut.

E.1. Limbah cair domestik

Limbah cair domestik, yang berasal dari kegiatan rumah tangga seperti mandi, mencuci, dan buang air, sering kali dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan yang memadai, sehingga dapat mencemari sumber air dan berdampak negatif pada kesehatan masyarakat. Berbagai metode pengolahan telah dikembangkan untuk menangani limbah cair domestik, antara lain dengan menggunakan teknologi biofilter, sistem instalasi pengolahan air limbah (IPAL) portabel.

Selain itu, IPAL portabel dengan sistem kombinasi anaerob-aerob juga efektif dalam mengurangi parameter seperti amoniak, COD, dan minyak & lemak, dengan efisiensi penyisihan mencapai 60% untuk amoniak dan 91% untuk minyak & lemak. Penggunaan media biofilter dari ijuk juga menunjukkan hasil yang positif, dengan penurunan BOD dan COD yang signifikan, serta memenuhi baku mutu air limbah domestik.

Penerapan teknologi-teknologi ini dapat membantu mengurangi dampak negatif limbah cair domestik terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat, serta mendukung upaya konservasi sumber daya air melalui penggunaan ulang air limbah yang telah diolah.

E.2. Limbah cair klinis

Limbah cair klinis adalah jenis limbah berbentuk cair yang dihasilkan dari berbagai aktivitas pelayanan medis di fasilitas kesehatan seperti rumah sakit, puskesmas, klinik, dan laboratorium. Limbah ini biasanya berasal dari proses perawatan pasien, tindakan bedah, laboratorium diagnostik, dan kegiatan lain yang melibatkan penggunaan cairan kimia, darah, urin, atau cairan tubuh lainnya. Berbeda dari limbah cair domestik biasa, limbah cair klinis memiliki potensi bahaya yang lebih tinggi karena mengandung bahan infeksius, toksik, dan kadang-kadang radioaktif yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan mencemari lingkungan jika tidak ditangani dengan benar.

Limbah cair klinis dapat mengandung mikroorganisme patogen, bahan kimia berbahaya, sisa obat-obatan, dan kontaminan biologis lainnya. Oleh karena itu, pengelolaan limbah cair klinis harus mengikuti prosedur ketat yang sesuai dengan standar kesehatan dan lingkungan, termasuk pengumpulan, penyimpanan sementara, pengolahan, dan pembuangan akhir. Dalam konteks fasilitas kesehatan, pengelolaan limbah cair klinis juga menjadi bagian penting dari sistem pencegahan infeksi dan keselamatan kerja.

F. Karakteristik Limbah Cair Puskesmas

Limbah cair di Puskesmas yang dapat berupa bahan organik dan anorganik yang terlarut. Limbah cair mempunyai karakteristik fisika, kimia, biologi. Berikut adalah sifat air limbah dibedakan menjadi 3 yaitu:

Sifat fisik mencakup suhu, kekeruhan, warna, bau, dan padatan.

a) Suhu

Suhu, sebagai salah satu konsep fundamental dalam fisika, merujuk pada tingkat panas atau dinginnya suatu benda atau lingkungan. Dalam konteks ini, suhu tidak hanya sekadar angka yang tercatat pada alat pengukur, tetapi lebih sebagai indikator yang menggambarkan pergerakan energi dalam partikel-partikel suatu zat. Semakin tinggi suhu suatu objek, semakin cepat gerakan partikel yang membentuknya, sedangkan suhu yang rendah menandakan pergerakan partikel yang lebih lambat. Oleh karena itu, suhu memainkan peran yang sangat penting

dalam berbagai aspek kehidupan sehari-hari. Salah satu alat yang paling sering digunakan untuk mengukur suhu adalah termometer.

b) Kekeruhan

Kekeruhan adalah salah satu indikator kualitas air yang mengacu pada tingkat kejernihan atau kebersihan air tersebut. Air yang keruh biasanya mengandung partikel-partikel padat seperti lumpur, debu, atau mikroorganisme yang tidak terlihat oleh mata telanjang. Partikel-partikel ini menghambat cahaya yang melewati air, membuat air terlihat keruh dan tidak jernih.

Kekeruhan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk aktivitas manusia, cuaca, dan kondisi alam sekitar (Baker, 2017). Dalam banyak kasus, kekeruhan ini dapat memberikan gambaran mengenai potensi bahaya bagi ekosistem dan kesehatan manusia. Semakin tinggi nilai NTU, semakin keruh air tersebut.

c) Warna

Warna adalah persepsi visual yang dihasilkan oleh cahaya yang dipantulkan atau dipancarkan oleh objek. Warna muncul ketika cahaya, yang terdiri dari berbagai panjang gelombang, memasuki mata kita dan diproses oleh otak. Setiap panjang gelombang cahaya mengindikasikan warna tertentu dalam spektrum cahaya tampak.

Oleh karena itu, warna bukanlah sifat intrinsik dari benda itu sendiri, tetapi lebih merupakan hasil dari interaksi antara cahaya, benda, dan pengamat. Pada dasarnya, warna dapat dibagi menjadi tiga kategori utama: warna primer, sekunder, dan tersier. Warna primer terdiri dari merah, biru, dan kuning, yang tidak dapat dihasilkan dengan mencampurkan warna lain. (Birren, 2012).

d) Bau

Bau adalah sensasi yang kita rasakan melalui indera penciuman, yang memungkinkan kita untuk mendeteksi dan membedakan berbagai jenis zat atau bahan di sekitar kita. Bau terbentuk ketika molekul-molekul yang mudah menguap

di udara masuk ke dalam rongga hidung dan berinteraksi dengan reseptor penciuman di lapisan hidung.

Oleh karena itu, bau memiliki peran penting dalam kehidupan manusia, baik dalam konteks fisik maupun psikologis. Secara umum, bau dapat dibagi menjadi dua kategori: bau yang menyenangkan dan bau yang tidak menyenangkan. Bau yang menyenangkan sering kali diasosiasikan dengan hal-hal positif, seperti makanan yang sedang dimasak, bunga yang sedang mekar, atau udara segar di alam terbuka. Sebaliknya, bau yang tidak menyenangkan sering kali muncul akibat pembusukan, polusi, atau bahan kimia berbahaya.

e) Padatan

Padatan adalah salah satu dari tiga bentuk materi utama, selain cairan dan gas. Materi ini memiliki bentuk dan volume yang tetap, yang membedakannya dari cairan dan gas yang dapat berubah bentuk sesuai wadah tempat mereka berada. Pada padatan, partikel-partikel penyusunnya seperti atom, ion, atau molekul terikat erat satu sama lain dalam susunan yang teratur, yang disebut sebagai kisi kristal.

Partikel-partikel dalam padatan bergerak sangat terbatas, biasanya hanya bergetar di sekitar posisi tetap mereka. Ini memungkinkan padatan untuk mempertahankan bentuk dan volume tetap dalam berbagai kondisi. Sebagai contoh, batuan, logam, dan kayu adalah contoh padatan yang kita temui dalam kehidupan sehari-hari, yang masing-masing memiliki sifat kekuatan dan kelenturan yang berbeda-beda. Material padatan memiliki aplikasi luas, mulai dari bahan konstruksi hingga komponen teknologi (Callister & Rethwisch, 2014).

F.1. Sifat Fisik

Sifat fisik limbah cair memainkan peran yang sangat penting dalam proses pengolahan air limbah. Limbah cair adalah cairan yang dihasilkan dari aktivitas domestik, industri, dan pertanian yang mengandung berbagai zat terlarut dan tersuspensi. Sifat fisik dari limbah cair, seperti warna, kekeruhan, suhu, dan viskositas, dapat memengaruhi efisiensi pengolahan dan proses yang digunakan untuk

mengolahnya. Pemahaman terhadap sifat-sifat ini sangat penting untuk merancang sistem pengolahan yang efektif dan ramah lingkungan. Salah satu sifat fisik utama limbah cair adalah kekeruhan, yang mengacu pada tingkat kejernihan air.

Kekeruhan yang tinggi sering kali menunjukkan bahwa air mengandung bahan padat yang bisa menjadi media bagi patogen. Oleh karena itu, penghilangan partikel-partikel ini melalui proses penyaringan atau flokulasi sangat penting dalam pengolahan limbah cair (Tchobanoglous et al., 2014).

F.2. Sifat Kimia

Limbah cair sering kali mengandung berbagai bahan kimia yang dapat mencemari lingkungan, seperti senyawa organik, logam berat, pestisida, atau bahan berbahaya lainnya yang dapat merusak ekosistem dan kesehatan manusia.

Salah satu sifat kimia yang paling relevan dalam pengolahan limbah cair adalah pH. pH air limbah menggambarkan tingkat keasaman atau kebasaan dari cairan tersebut, yang mempengaruhi banyak aspek kimiawi dari pengolahan. Limbah cair dengan pH yang sangat rendah (asam) atau sangat tinggi (basa) dapat merusak proses pengolahan biologis dan menyebabkan ketidakseimbangan mikroorganisme yang digunakan dalam degradasi bahan organik. sering dilakukan menggunakan bahan kimia seperti asam untuk memastikan lingkungan pengolahan yang optimal bagi mikroorganisme atau bahan pengolahan lainnya. Selain pH, kadar oksigen terlarut (DO) adalah parameter kimia yang juga sangat penting dalam pengolahan limbah cair, terutama dalam proses pengolahan biologis (Sponza, 2004).

a) BOD

BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) atau permintaan oksigen biokimiawi adalah salah satu parameter penting yang digunakan untuk menilai kualitas limbah cair, khususnya dalam kaitannya dengan pengolahan air limbah. BOD mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam limbah cair selama periode tertentu, biasanya 5 hari pada suhu 20°C (Tchobanoglous et al., 2014).

Semakin tinggi nilai BOD, semakin banyak oksigen yang diperlukan untuk proses degradasi bahan organik, yang menunjukkan bahwa limbah tersebut

mengandung kadar bahan organik yang tinggi. BOD sangat penting dalam pengolahan limbah cair karena dapat menggambarkan tingkat pencemaran yang ditimbulkan oleh limbah tersebut terhadap badan air. Ketika limbah cair yang kaya akan bahan organik dibuang ke sungai atau danau tanpa pengolahan yang memadai, mikroorganisme yang ada di perairan akan menggunakan oksigen untuk mengurai bahan organik tersebut.

Hal tersebut dapat mengurangi kadar oksigen terlarut dalam air, yang pada gilirannya dapat membahayakan kehidupan akuatik, seperti ikan dan organisme perairan lainnya. Oleh karena itu, pengukuran dan pengendalian BOD sangat penting untuk memastikan bahwa limbah cair yang dibuang ke lingkungan tidak menurunkan kualitas air. Dalam proses pengolahan limbah cair, BOD sering kali digunakan sebagai indikator untuk mengukur efektivitas pengolahan. Proses pengolahan biologis, seperti pengolahan aerasi atau sistem lumpur aktif, dirancang untuk mengurangi kadar bahan organik dalam limbah cair, sehingga menurunkan nilai BOD. Mikroorganisme yang ada dalam sistem ini memanfaatkan oksigen untuk menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. (Jamil et al., 2017).

b) COD

Chemical Oxygen Demand (COD) atau permintaan oksigen kimiawi adalah salah satu parameter penting yang digunakan untuk mengukur kandungan bahan organik dalam limbah cair, khususnya bahan yang dapat teroksidasi secara kimia.

COD merupakan parameter yang sangat penting dalam pengolahan limbah cair karena memberikan gambaran yang lebih luas tentang total kandungan bahan organik dalam limbah tersebut. Salah satu perbedaan utama antara COD dan BOD adalah bahwa COD mencakup seluruh bahan organik yang ada, termasuk yang sulit terurai secara biologis, sementara BOD hanya mengukur bahan yang dapat terdegradasi oleh mikroorganisme dalam waktu tertentu. Oleh karena itu, COD sering digunakan sebagai indikator untuk menilai tingkat pencemaran total dari limbah cair dan untuk mengontrol proses pengolahan yang lebih efektif.

Salah satu keunggulan pengukuran COD dibandingkan dengan BOD adalah kecepatan pengukurannya. Proses pengukuran COD biasanya memakan waktu hanya beberapa jam, sementara BOD membutuhkan waktu lima hari untuk mendapatkan hasil yang akurat. Ini menjadikan COD lebih efisien dalam aplikasi industri yang membutuhkan analisis cepat untuk memastikan bahwa limbah yang dihasilkan memenuhi standar pembuangan yang ditetapkan oleh peraturan lingkungan (Jamil et al., 2017).

1. Nilai keasaman

Nilai keasaman atau pH adalah salah satu parameter penting yang digunakan untuk menilai kualitas limbah cair dalam pengolahan air limbah. pH mengukur tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan, yang dapat mempengaruhi berbagai proses kimia dan biologis dalam pengolahan limbah cair. pH dihitung pada skala 0 hingga 14, di mana nilai pH 7 dianggap netral, nilai di bawah 7 menunjukkan keasaman, dan nilai di atas 7 menunjukkan kebasaan. Nilai pH limbah cair dapat bervariasi tergantung pada sumber limbah, seperti limbah industri, rumah tangga, atau pertanian (Tchobanoglous et al., 2014).

Salah satu alasan mengapa pH penting dalam pengolahan limbah cair adalah dampaknya terhadap aktivitas mikroorganisme yang digunakan dalam pengolahan biologis. Mikroorganisme, seperti bakteri yang digunakan dalam sistem lumpur aktif atau pengolahan aerasi, memiliki kisaran pH optimal untuk tumbuh dan berkembang. Jika pH limbah cair terlalu asam atau basa, mikroorganisme ini dapat terhambat dalam proses degradasi bahan organik, yang pada gilirannya dapat mengurangi efektivitas pengolahan limbah. Beberapa senyawa kimia dalam limbah, seperti logam berat, dapat berubah bentuk atau kelarutan tergantung pada pH. Logam berat seperti timbal, merkuri, dan kadmium akan lebih larut dalam kondisi pH rendah (asam) dan lebih mudah terionisasi, yang dapat meningkatkan potensi toksisitas mereka bagi lingkungan (Sponza, 2004). Sebaliknya, pada pH yang lebih tinggi (basa), senyawa-senyawa tertentu dalam limbah cair bisa mengendap, mengurangi potensi pencemaran yang ditimbulkan oleh logam berat. (Metcalf & Eddy, 2014)

2. Kandungan minyak dan lemak

Minyak dan lemak adalah salah satu komponen penting yang sering ditemukan dalam limbah cair, terutama yang berasal dari industri makanan, restoran, atau sektor manufaktur tertentu. Kandungan minyak dan lemak dalam limbah cair dapat menyebabkan berbagai masalah lingkungan dan operasional jika tidak diolah dengan benar. Minyak dan lemak ini dapat mengendap di permukaan air, membentuk lapisan yang menghalangi pertukaran oksigen di air, dan menyebabkan pencemaran yang serius bagi ekosistem akuatik (Tchobanoglous et al., 2014).

Minyak dan lemak dapat menyebabkan beberapa dampak buruk terhadap lingkungan, khususnya terhadap kualitas air. Ketika minyak atau lemak dibuang ke badan air tanpa pengolahan yang tepat, mereka dapat mengurangi jumlah oksigen terlarut dalam air. Oleh karena itu, pengurangan kandungan minyak dan lemak dalam limbah cair menjadi aspek penting dalam pengolahan limbah cair untuk mencegah kerusakan pada ekosistem perairan. Dalam pengolahan limbah cair, teknik yang umum digunakan untuk menghilangkan minyak dan lemak adalah proses pemisahan fisik, seperti koagulasi dan flokulasi, serta proses pelarutan menggunakan bahan kimia. Proses pemisahan fisik dapat melibatkan penggunaan alat pemisah minyak atau pembuatan koagulan yang membantu mengikat partikel minyak sehingga lebih mudah diendapkan.

3. Kandungan logam berat

Logam berat adalah unsur-unsur kimia yang memiliki kepadatan tinggi dan sering ditemukan dalam limbah cair, terutama yang berasal dari sektor industri, seperti pertambangan, manufaktur, dan pengolahan makanan. Beberapa contoh logam berat yang umum ditemukan dalam limbah cair adalah timbal (Pb), kadmium (Cd), merkuri (Hg), dan arsen (As). Logam-logam ini sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan karena sifatnya yang toksik dan kemampuannya untuk terakumulasi dalam tubuh organisme, serta kesulitan mereka untuk terdegradasi secara alami. Pencemaran logam berat dalam limbah cair menjadi masalah besar, karena banyak dari logam ini

bersifat sangat beracun bahkan dalam konsentrasi yang rendah. Sebagai contoh, timbal dan kadmium dapat merusak sistem saraf, ginjal, dan hati, sementara merkuri dapat mempengaruhi sistem saraf pusat dan menyebabkan gangguan perkembangan pada manusia dan hewan.

Selain itu, logam berat juga dapat mengkontaminasi sumber daya air yang digunakan untuk kebutuhan sehari-hari, seperti air minum, yang tentunya berbahaya bagi kesehatan manusia jika terpapar dalam jangka panjang. Salah satu alasan mengapa logam berat sulit untuk dihilangkan dari limbah cair adalah bahwa mereka tidak mudah terurai oleh mikroorganisme dalam proses pengolahan biologis seperti halnya bahan organik. Oleh karena itu, pengolahan limbah cair yang mengandung logam berat sering kali memerlukan pendekatan pengolahan kimiawi atau fisik yang lebih intensif.

F.3. Sifat Biologis

Sifat biologis dalam pengolahan limbah cair berhubungan dengan kemampuan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik yang terkandung dalam limbah cair. Proses ini sangat penting karena sebagian besar limbah cair, terutama yang berasal dari rumah tangga dan industri, mengandung bahan organik yang dapat terdegradasi oleh mikroorganisme.

Proses pengolahan biologis bertujuan untuk mengurangi jumlah bahan organik yang ada di dalam limbah, sehingga kualitas air yang dibuang ke lingkungan menjadi lebih baik dan tidak merusak ekosistem akuatik. Mikroorganisme, seperti bakteri, jamur, dan alga, berperan penting dalam proses dekomposisi bahan organik. Selama proses pengolahan limbah cair, mikroorganisme ini mengonsumsi bahan organik sebagai sumber energi dan menghasilkan produk akhir seperti karbon dioksida, air, dan biomassa mikroorganisme itu sendiri. Proses biologis ini dapat berlangsung secara aerobik (dengan oksigen) atau anaerobik (tanpa oksigen), tergantung pada kondisi lingkungan dan jenis mikroorganisme yang terlibat (Tchobanoglous , 2014).

Proses aerobik, yang biasanya dilakukan dalam sistem pengolahan seperti reaktor lumpur aktif, mengandalkan oksigen yang disuplai melalui aerasi untuk mendukung metabolisme mikroorganisme. Mikroorganisme aerobik ini lebih efisien dalam menguraikan bahan organik yang lebih mudah terurai.

G. Pengolahan Limbah Cair

Pengolahan limbah cair adalah suatu proses yang digunakan untuk menghilangkan atau mengurangi polutan yang terdapat dalam air limbah sebelum dibuang ke lingkungan atau digunakan kembali. Limbah cair dapat berasal dari berbagai sumber, seperti industri, rumah tangga, dan pertanian, yang mengandung beragam jenis polutan, termasuk bahan organik, senyawa kimia berbahaya, dan mikroorganisme patogen (Metcalf & Eddy, 2014).

Proses pengolahan limbah cair bertujuan untuk mengurangi kadar polutan ini hingga memenuhi standar lingkungan yang aman dan tidak membahayakan ekosistem. Proses pengolahan limbah cair umumnya dibagi menjadi tiga tahap utama: pengolahan primer, sekunder, dan tersier. Pengolahan primer bertujuan untuk menghilangkan partikel padat yang besar dan bahan organik yang dapat mengendap melalui proses sedimentasi.

Pada tahap ini, limbah cair melalui proses pemisahan fisik, seperti penyaringan dan pengendapan, untuk mengurangi kandungan padatan tersuspensi. Proses ini cukup efektif dalam mengurangi beban pencemaran awal yang ada dalam limbah cair (Tchobanoglous et al., 2014).

G.1. Pengolahan Pendahuluan (*Pre Treatment*)

Pengolahan awal atau *pre-treatment* adalah tahap pertama dalam pengolahan limbah cair yang bertujuan untuk mempersiapkan air limbah agar dapat menjalani proses pengolahan lebih lanjut dengan lebih efisien. Pada tahap ini, polutan yang mudah dipisahkan atau yang dapat mengganggu proses pengolahan selanjutnya dihilangkan, seperti padatan besar, minyak, dan lemak. *Pre-treatment* sangat penting karena dapat mengurangi beban kerja sistem pengolahan utama dan mencegah kerusakan pada peralatan yang digunakan selama pengolahan limbah cair (Metcalf & Eddy, 2014).

Salah satu komponen utama dalam *pre-treatment* adalah pemisahan padatan kasar dan partikel besar yang terdapat dalam limbah cair. Proses ini umumnya dilakukan melalui penyaringan dan pemangkasan, yang bertujuan untuk menghilangkan benda-benda yang dapat menghalangi aliran air atau merusak

peralatan pengolahan lebih lanjut, seperti pompa dan reaktor. Proses penyaringan biasanya menggunakan saringan dengan ukuran lubang yang bervariasi untuk menangkap partikel besar, sementara pemangkasan dilakukan untuk menghilangkan material yang lebih kasar, seperti kertas, plastik, dan serat (Tchobanoglous et al., 2014).

G.2. Pengolahan Tahap Pertama (*Primary Treatment*)

Pengolahan primer (*primary treatment*) merupakan tahap pertama dalam proses pengolahan limbah cair yang bertujuan untuk mengurangi jumlah padatan tersuspensi dan bahan organik kasar dalam air limbah. Pada tahap ini, proses fisik digunakan untuk menghilangkan partikel-partikel besar yang dapat mengendap atau mengapung di permukaan air. Pengolahan primer tidak bertujuan untuk menghilangkan polutan yang terlarut atau patogen secara signifikan, tetapi lebih pada pengurangan beban pencemaran yang ada, sehingga memudahkan proses pengolahan selanjutnya (Metcalf & Eddy, 2014).

Tahap pengolahan primer biasanya dimulai dengan penyaringan dan pengendapan. Proses penyaringan digunakan untuk menghilangkan partikel besar, seperti kayu, plastik, dan kertas, yang dapat menghalangi aliran limbah cair atau merusak peralatan pengolahan. Penyaringan dapat dilakukan menggunakan saringan berukuran besar, tergantung pada jenis limbah cair yang diproses. Setelah penyaringan, limbah cair kemudian masuk ke dalam bak pengendapan (*sedimentation tank*) di mana partikel padat yang lebih kecil akan mengendap ke dasar bak akibat gravitasi. Proses pengendapan ini sangat efektif untuk mengurangi kandungan padatan tersuspensi dalam limbah cair (Tchobanoglous et al., 2014).

Oleh karena itu, pengolahan primer sering kali dilanjutkan dengan pengolahan sekunder (*secondary treatment*) yang menggunakan proses biologis untuk menguraikan bahan organik yang tersisa. Namun, meskipun terbatas, pengolahan primer memainkan peran penting dalam mempersiapkan air limbah untuk tahap pengolahan berikutnya, sehingga mengurangi beban kerja sistem pengolahan lebih lanjut (Sponza, 2004).

G.3. Pengolahan Tahap Kedua (*Secondary Treatment*)

Pengolahan sekunder (secondary treatment) adalah tahap penting dalam pengolahan limbah cair yang bertujuan untuk mengurangi bahan organik terlarut dan bahan yang lebih halus yang tidak dapat dihilangkan pada tahap pengolahan primer. Pada tahap ini, proses biologis digunakan untuk menguraikan bahan organik yang tersisa setelah pengolahan primer, menggunakan mikroorganisme seperti bakteri, alga, dan jamur untuk mengubah bahan organik menjadi produk yang lebih sederhana, seperti karbon dioksida dan air. Proses ini sangat efektif dalam mengurangi BOD (Biochemical Oxygen Demand), yang merupakan ukuran jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah (Metcalf & Eddy, 2014).

Pengolahan sekunder umumnya dilakukan dengan dua pendekatan utama: proses aerobik dan proses anaerobik. Dalam proses aerobik, mikroorganisme yang digunakan membutuhkan oksigen untuk memecah bahan organik dalam limbah cair. Salah satu metode yang paling umum dalam pengolahan aerobik adalah reaktor lumpur aktif, di mana air limbah dicampur dengan lumpur aktif yang mengandung mikroorganisme yang akan menguraikan bahan organik. Mikroorganisme ini mengonsumsi bahan organik sebagai sumber energi dan menghasilkan produk sampingan seperti karbon dioksida, air, dan biomassa mikroorganisme itu sendiri. Meskipun proses anaerobik lebih efisien dalam menguraikan bahan organik berat dan lebih ramah energi, proses ini cenderung lebih lambat dan lebih sensitif terhadap perubahan kondisi operasional (Sponza, 2004).

G.4. Pengolahan Tahap Ketiga (*Tertiary Treatment*)

Pengolahan tersier (tertiary treatment) adalah tahap terakhir dalam proses pengolahan limbah cair yang bertujuan untuk menghilangkan polutan yang tersisa setelah pengolahan primer dan sekunder, terutama zat-zat yang terlarut, mikroorganisme patogen, dan unsur-unsur kimia berbahaya lainnya. Meskipun pengolahan primer dan sekunder sangat efektif dalam mengurangi bahan organik dan padatan besar, pengolahan tersier diperlukan untuk memastikan bahwa air limbah yang dibuang atau digunakan kembali memiliki kualitas yang sangat tinggi dan memenuhi standar lingkungan yang ketat.

Proses ini mencakup berbagai metode fisik, kimia, dan biologis yang ditujukan untuk menghilangkan sisa-sisa kontaminan yang masih ada dalam air limbah. Salah satu tujuan utama pengolahan tersier adalah untuk mengurangi kandungan mikroorganisme patogen, seperti bakteri, virus, dan parasit, yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan ekosistem jika air limbah tidak diolah dengan baik. Untuk tujuan ini, disinfeksi menggunakan klorin, ozon, atau sinar ultraviolet (UV) sering diterapkan. Disinfeksi dengan klorin atau ozon efektif dalam membunuh mikroorganisme patogen yang tersisa, sedangkan penggunaan sinar UV dapat merusak DNA mikroorganisme, menghambat kemampuannya untuk berkembang biak dan menyebabkan infeksi (Tchobanoglous et al., 2014).

Untuk mengurangi kandungan nutrisi ini, proses kimiawi seperti denitrifikasi dan fosfat removal (penghilangan fosfat) dapat digunakan. Proses denitrifikasi mengubah nitrat menjadi nitrogen gas yang tidak berbahaya, sementara penghilangan fosfat sering dilakukan dengan penambahan bahan kimia koagulan yang mengikat fosfat dan mengendapkannya (Metcalf & Eddy, 2014). Teknik lain yang sering digunakan dalam pengolahan tersier adalah penyaringan lanjut (*advanced filtration*), yang bertujuan untuk menghilangkan partikel halus dan bahan kimia yang tersisa.

G.5. Pembunuhan Kuman (*Desinfection*)

Pengolahan disinfeksi dalam pengolahan limbah cair adalah langkah krusial yang bertujuan untuk menghilangkan mikroorganisme patogen yang masih tersisa setelah proses pengolahan primer dan sekunder. Tujuan utama dari disinfeksi adalah untuk memastikan bahwa air limbah yang dibuang ke lingkungan atau digunakan kembali aman dan tidak menimbulkan risiko terhadap kesehatan manusia maupun ekosistem. Proses ini melibatkan berbagai metode fisik, kimia, dan biologis yang dirancang untuk membunuh atau inaktivasi mikroorganisme patogen, seperti bakteri, virus, dan parasit, yang dapat menyebabkan penyakit (Metcalf & Eddy, 2014).

Salah satu metode disinfeksi yang paling umum digunakan dalam pengolahan limbah cair adalah klorinasi. Proses ini melibatkan penambahan klorin ke dalam air limbah untuk membunuh mikroorganisme. Klorin bekerja dengan merusak dinding sel mikroorganisme, mengganggu metabolisme mereka, dan akhirnya membunuh atau menonaktifkan patogen tersebut. Meskipun efektif, penggunaan klorin perlu dikontrol

dengan hati-hati karena residu klorin yang tersisa dapat berbahaya bagi ekosistem akuatik jika limbah cair dibuang ke badan air. Selain klorinasi, metode lain yang sering digunakan untuk disinfeksi adalah ozonisasi.

Ozon (O_3) adalah gas yang sangat reaktif dan dapat membunuh mikroorganisme patogen dengan cara merusak membran sel mereka. Proses ozonisasi lebih ramah lingkungan dibandingkan klorinasi, karena ozon hanya berfungsi dalam waktu singkat dan tidak meninggalkan residu berbahaya. Salah satu keuntungan utama dari ozon adalah kemampuannya untuk menghilangkan senyawa organik berbahaya yang ada dalam air limbah, selain membunuh patoge. Metode lain yang semakin populer dalam pengolahan limbah cair adalah disinfeksi dengan sinar ultraviolet (UV). Teknologi UV melibatkan penggunaan cahaya ultraviolet untuk merusak DNA mikroorganisme, yang menghambat kemampuan mereka untuk berkembang biak dan menyebabkan infeksi.

Disinfeksi juga berperan penting dalam mengurangi risiko kontaminasi kembali. Bahkan setelah proses pengolahan primer dan sekunder, air limbah masih mungkin mengandung mikroorganisme yang dapat membahayakan kesehatan jika tidak dihilangkan sepenuhnya. Oleh karena itu, disinfeksi menjadi langkah penjaminan terakhir yang memastikan air limbah memenuhi standar kesehatan dan lingkungan yang ditetapkan oleh badan pengatur (Tchobanoglous et al., 2014).

G.6. Pengolahan Akhir

Pengolahan akhir dalam pengolahan limbah cair merujuk pada langkah terakhir dalam rangkaian proses untuk memastikan bahwa air limbah yang dihasilkan dapat dibuang dengan aman ke lingkungan atau digunakan kembali tanpa menyebabkan dampak negatif terhadap ekosistem atau kesehatan manusia. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas air setelah melewati tahap pengolahan primer, sekunder, dan tersier, dengan menghilangkan sisa-sisa polutan yang mungkin masih ada, baik itu padatan halus, mikroorganisme, atau zat kimia berbahaya (Metcalf & Eddy, 2014). Pengolahan akhir sering kali mencakup proses filtrasi tambahan, di mana air limbah yang sudah melalui tahap pengolahan tersier disaring kembali menggunakan bahan penyaring yang lebih halus, seperti karbon aktif, untuk menyerap senyawa organik yang tersisa.

Karbon aktif memiliki kemampuan adsorpsi yang sangat baik, yang memungkinkan untuk mengikat bahan-bahan kimia berbahaya dan polutan organik yang tidak terdeteksi sebelumnya. Filtrasi ini sangat efektif dalam menghilangkan kontaminan kecil yang mungkin masih ada setelah proses tersier, sehingga meningkatkan kualitas air sebelum dibuang atau digunakan kembali (Tchobanoglous et al., 2014).

Selain filtrasi, pengolahan akhir juga sering mencakup proses desinfeksi tambahan, yang bertujuan untuk memastikan bahwa mikroorganisme patogen yang mungkin masih ada dalam air limbah benar-benar dibunuh atau dinonaktifkan. Salah satu metode yang sering digunakan dalam proses ini adalah disinfeksi UV (ultraviolet). Disinfeksi UV memanfaatkan radiasi ultraviolet untuk merusak DNA mikroorganisme, yang mencegah mereka berkembang biak dan menyebabkan penyakit. Selain itu, untuk beberapa jenis limbah cair, pemrosesan lanjutan seperti koagulasi-flokulasi atau pemulihan energi juga bisa diterapkan. Koagulasi-flokulasi adalah proses di mana bahan kimia seperti alum atau ferrous sulfate ditambahkan untuk mengikat partikel halus dan membentuk flok yang lebih besar, yang kemudian dapat diendapkan atau disaring.

H. Peraturan Khusus Limbah Cair

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68/MENLH/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik merupakan regulasi yang mengatur standar kualitas air limbah domestik yang dihasilkan dari berbagai sumber rumah tangga, seperti sanitasi rumah, pembuangan limbah dari aktivitas rumah tangga, dan fasilitas umum lainnya. Peraturan ini dibuat dengan tujuan untuk melindungi kualitas lingkungan, khususnya badan air, dari dampak pencemaran yang disebabkan oleh pembuangan air limbah domestik yang tidak terolah dengan baik.

Dengan mengatur baku mutu air limbah domestik, peraturan ini membantu memastikan bahwa air limbah yang dibuang ke lingkungan memenuhi standar tertentu, sehingga tidak merusak ekosistem dan kesehatan manusia (Kementerian Lingkungan Hidup, 2016). Menurut Peraturan Menteri tersebut, baku mutu air limbah domestik ditetapkan berdasarkan berbagai parameter kualitas, yang mencakup konsentrasi bahan organik, zat padat tersuspensi, bahan kimia berbahaya, serta

patogen. Beberapa parameter utama yang diatur dalam peraturan ini meliputi Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Suspended Solids (TSS), pH, berat jenis logam berat, serta kadar koliform fecal (Kementerian Lingkungan Hidup, 2016).

Parameter-parameter ini merupakan indikator penting dalam menilai tingkat pencemaran yang dapat dihasilkan oleh limbah domestik dan berfungsi untuk memastikan bahwa air limbah tidak menyebabkan kerusakan pada kualitas air di perairan umum. Peraturan ini juga menekankan pentingnya pengolahan limbah cair domestik sebelum dibuang ke lingkungan. Pengolahan limbah cair yang dilakukan dengan benar dapat mengurangi dampak pencemaran, mencegah penyebaran penyakit, dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat. Salah satu cara untuk memenuhi baku mutu yang ditetapkan adalah dengan menggunakan teknologi pengolahan limbah cair yang sesuai, seperti sistem pengolahan air limbah domestik yang dilengkapi dengan proses primer, sekunder, dan terkadang tersier.

Setiap pelanggaran terhadap standar yang ditetapkan dalam peraturan ini dapat dikenakan sanksi administratif atau hukum, sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa pengelolaan limbah cair domestik dilakukan dengan cara yang bertanggung jawab dan sesuai dengan peraturan yang ada (Suyanto, 2018).

Tabel 2. 1 Baku Mutu Limbah Cair Puskesmas

No.	PARAMETER	SATUAN	KADAR MAKSIMUM
1.	PH	-	6-9
2.	BOD	Mg/L	30
3.	COD	Mg/L	100
4.	TSS	Mg/L	30
5.	Minyak dan Lemak	Mg/L	5
6.	Amoniak	Mg/L	10
7.	Total coliform	Jumlah/100 mL	3000
8.	Debit	L/orang/hari	100

Sumber : Permen LH NOMOR : 68/MENLH/2016

I. Dampak limbah cair puskesmas

Limbah cair yang dihasilkan oleh fasilitas kesehatan seperti puskesmas merupakan salah satu jenis limbah yang memerlukan perhatian khusus dalam pengolahannya. Limbah cair puskesmas terdiri dari air limbah yang berasal dari

berbagai kegiatan medis, administratif, serta sanitasi yang dilakukan di fasilitas kesehatan tersebut.

Dampak limbah cair puskesmas terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat bisa sangat signifikan jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, pengolahan yang tepat sangat penting untuk mengurangi risiko pencemaran dan menjaga kesehatan lingkungan sekitar (Suyanto, 2018).

I.1. Gangguan Kesehatan

Pengolahan limbah cair yang tidak tepat dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan bagi manusia dan makhluk hidup lainnya. Limbah cair, terutama yang berasal dari sumber-sumber domestik, industri, atau fasilitas kesehatan, sering kali mengandung berbagai bahan berbahaya, seperti bahan organik, bahan kimia beracun, logam berat, dan patogen. Jika limbah cair ini dibuang ke lingkungan tanpa pengolahan yang memadai, risiko kesehatan yang ditimbulkan bisa sangat serius.

I. 2. Gangguan terhadap kehidupan biotik

Pengolahan limbah cair, meskipun bertujuan untuk mengurangi pencemaran lingkungan, seringkali masih menimbulkan dampak negatif terhadap kehidupan biotik, terutama jika dilakukan tanpa memperhatikan standar lingkungan yang tepat. Kehidupan biotik yang mencakup mikroorganisme, tumbuhan air, ikan, dan organisme lainnya dapat mengalami gangguan serius akibat kandungan zat kimia berbahaya yang tidak sepenuhnya terurai selama proses pengolahan. Misalnya, senyawa seperti amonia, fosfat, logam berat, dan senyawa organik terlarut dapat tetap bertahan dalam air limbah yang sudah diolah secara tidak optimal. Ketika limbah cair ini dibuang ke badan air, kandungan tersebut dapat mengganggu proses fotosintesis tumbuhan air, merusak struktur komunitas mikroba, serta menurunkan kadar oksigen terlarut yang sangat penting bagi kehidupan akuatik (Putri & Santoso, 2021).

I.3. Gangguan terhadap keindahan

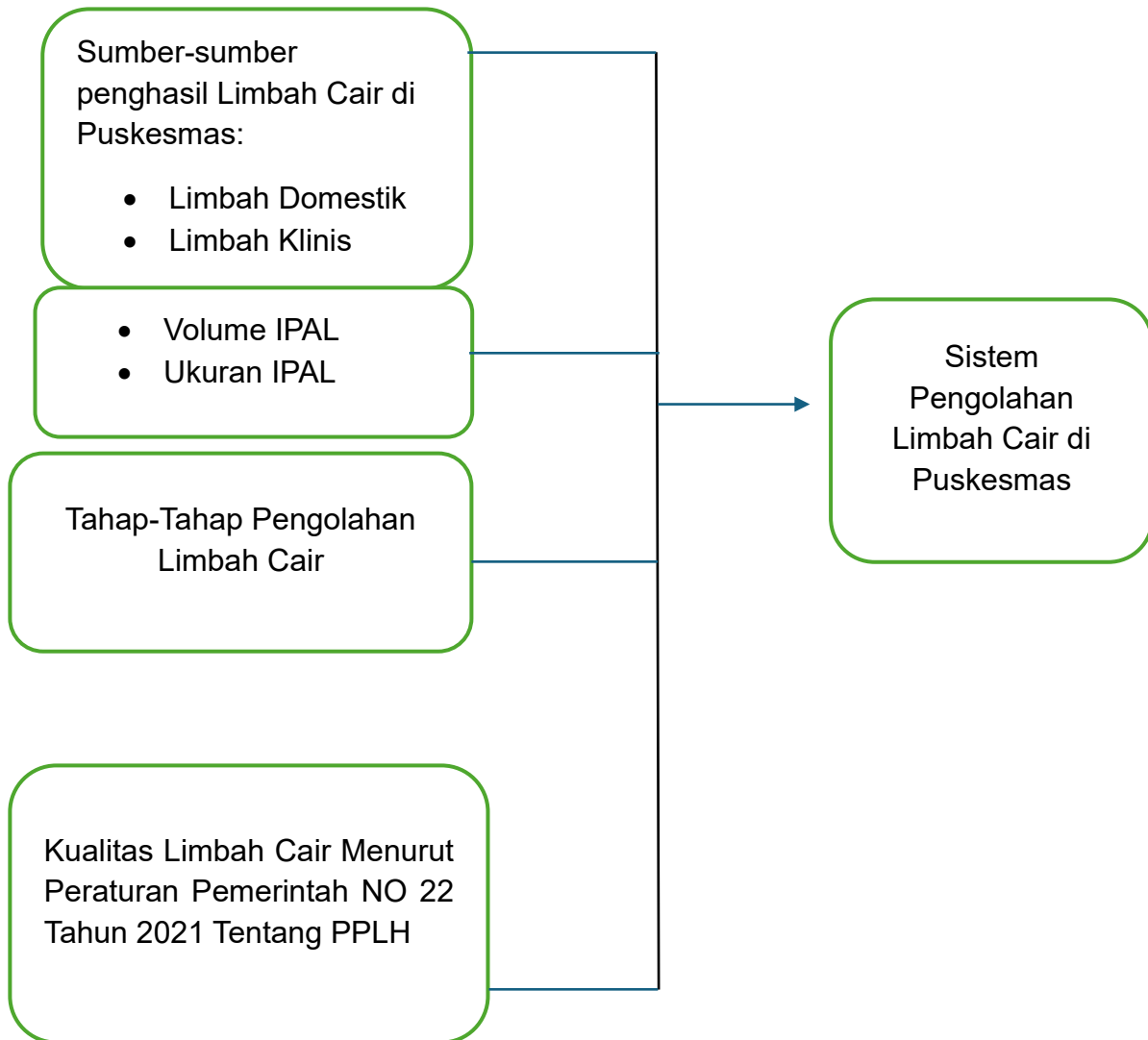
Keindahan lingkungan yang rusak akibat pencemaran ini bukan hanya berdampak pada estetika, tetapi juga berpengaruh terhadap sektor pariwisata, properti, dan kesehatan psikologis masyarakat. Lebih jauh lagi, rusaknya keindahan

perairan akibat pengolahan limbah yang tidak memadai dapat menciptakan citra buruk terhadap daerah tersebut. Hal ini membuat kawasan yang sebelumnya potensial sebagai destinasi wisata atau ruang publik menjadi terabaikan dan tidak terawat. Oleh karena itu, pengelolaan limbah cair harus mempertimbangkan aspek keindahan lingkungan, bukan hanya fokus pada aspek teknis dan efisiensi biaya. (Sutrisno & Aini, 2020).

I. 4. Gangguan terhadap benda

Limbah Cair yang berasal dari kegiatan industri tidak hanya berdampak pada makhluk hidup dan keindahan lingkungan, tetapi juga dapat menyebabkan kerusakan fisik terhadap benda-benda mati, seperti infrastruktur, peralatan, dan bangunan. Zat kimia agresif yang terkandung dalam limbah cair, seperti asam kuat, basa, logam berat, dan senyawa korosif lainnya, berpotensi mempercepat proses pelapukan dan korosi pada logam maupun kerusakan struktural pada beton dan material bangunan lainnya.

J. Kerangka Konsep



Gambar 2. 1 Kerangka Konsep

K. Defenisi Operasional

Tabel 2. 2 Defenisi Operasional

No.	Variabel	Defenisi Operasional	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
1.	Sumber Penghasil Limbah Cair	Tempat/kegiatan yang menghasilkan limbah cair seperti limbah domestik yang berasal dari kamar mandi, ruang inap, dapur, dan laundry, dan limbah klinis yang berasal dari ruang perawatan, ruang farmasi, dan poliklinik.	Check List	Menghasilkan, Tidak Menghasilkan	Nominal
2.	Volume Limbah Cair	Banyaknya limbah cair yang dihasilkan oleh kegiatan Puskesmas dalam satu hari.	Flowmeter	m ³	Rasio
3.	Tahap Pengolahan Limbah Cair	Pre-Treatment, Primary Treatment, Secondary Treatment, Tertiary Treatment, Desinfeksi, Pengolahan Akhir.	Checklist	Ada Tidak Ada	Nominal
4.	Kualitas Limbah	Parameter utama yang akan diuji dalam penentuan baku mutu limbah cair setelah pengolahan seperti BOD, COD, Amoniak, pH.	Checklist	Memenuhi Syarat Apabila Sesuai Dengan Permen LH No.68 Tahun 2016, Tidak Memenuhi Syarat Apabila Tidak Sesuai Dengan Permen LH No.68 Tahun 2016	Ordinal
5.	Ukuran IPAL	Besarnya IPAL untuk menampung limbah cair secara keseluruhan	Meteran	M ³	Rasio

