

RIWAYAT HIDUP



Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc. M.Si. lahir pada tanggal 25 Agustus 1959 di kota Padangpanjang Sumatera Barat. Tahun 1982 menyelesaikan pendidikan tinggi teknik dan manajemen industri, tahun 1983 menjadi Pegawai Negeri Sipil pada Kementerian Pertahanan yang ditugaskan sebagai Dosen Tetap di UPN "Veteran" Jakarta (sejak tahun 2015 menjadi Dosen PNS di Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi). Pada tahun 1998 menyelesaikan pendidikan pascasarjana pada Program Magister Sains Ilmu Lingkungan di Universitas Indonesia, dan pada tahun 2008 menyelesaikan pendidikan Doktor bidang Ilmu Lingkungan di Universitas Indonesia.

Pendidikan tambahan yang pernah diikuti antara lain Kursus Pengembangan Teknologi bidang Desain dan Industri, Pengembangan Manajemen Industri, Kursus Amdal Tipe A dan Tipe B (penyusun Amdal) serta Sertifikat Audit Lingkungan.

Pada tahun 2008 penulis memperoleh Sertifikat Dosen Professional Bidang Teknik dan Manajemen Industri dari Kementerian Pendidikan Nasional. Pada tahun 2012 ditunjuk oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan sebagai Dosen Asesor untuk Beban Kinerja Dosen bidang Teknik dan Manajemen Industri. Sejak tahun 1986 Penulis telah menulis 14 (empatbelas) buah buku yaitu: 1) Buku Teknologi dan Material Tekstil Ramah Lingkungan, 2) Buku Teknologi Garmen, 3) Buku Prosedur Pengendalian Mutu Garment, 4) Buku Ekologi yang diterbitkan oleh Kementerian Pendidikan Nasional Universitas Terbuka, 5) Buku Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah yang diterbitkan oleh Kementerian Dalam Negeri-Lembaga Administrasi Negara, 6) Buku Ilmu Pengetahuan Lingkungan, 7) Buku Manajemen Ekologi Industri yang diterbitkan di UI. Press, 8) *Apparel Handbook for Garment Companies and Education Institutes*, 9) Buku Monitoring, Pengendalian Mutu dan Penjaminan Mutu Produk Industri Garment, 10) Buku Analisis Kualitas Lingkungan, 11) Buku Studi Kelayakan Lingkungan, 12) Buku Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Industri, dan 13) Buku *Sustainable Manufacturing*, 14) Buku Rancang Bangun Model Teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Saat ini penulis telah memperoleh 5 (lima) Hak Kekayaan Intelektual (HKI) dibidang penulisan 5 (lima) buku teks pelajaran untuk pendidikan tinggi. Sejak tahun 1990 hingga sekarang Penulis aktif menulis di berbagai Jurnal Ilmiah diantaranya Jurnal Bina Widya, Jurnal Bina Teknik, Jurnal Matematika, Sains dan Teknologi (JMST) Universitas Terbuka, dan Jurnal Pusat Studi Lingkungan Perguruan Tinggi Seluruh Indonesia, Lingkungan & Pembangunan Universitas Indonesia, dan telah menghasilkan tulisan ilmiah lebih dari 50 topik yang telah diterbitkan di berbagai jurnal lembaga perguruan tinggi.

Sampai saat ini Penulis bekerja sebagai tenaga pengajar pada Program Studi Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Indonesia (Sekolah Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia = SIL-UI), pengajar tetap pada Fakultas Teknik dan Fakultas Ilmu Kesehatan UPN "Veteran" Jakarta, tenaga pengajar senior pada *International Garment Training Center*, dan sebagai tenaga ahli peneliti bidang Ekologi Industri pada Pusat Penelitian Sumberdaya Manusia dan Lingkungan Hidup Program Pascasarjana Universitas Indonesia (PPSML PPS-UI). Profesi peneliti bidang lingkungan hidup telah dilakukan pada berbagai proyek kajian bidang lingkungan hidup pada berbagai kegiatan pembangunan daerah di seluruh Indonesia, termasuk penelitian bekerjasama dengan lembaga internasional seperti *GTZ, GIZ, Swisscontact* dan Konsorsium *Mott MacDonald Limited* yang dilakukan dalam rangka perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup serta ekologi industri di Indonesia



Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jakarta

Jl. R.S. Fatmawati, Pondok Labu, Jakarta Selatan 12450

Telp./Fax. 021-7656971 Ext. 234

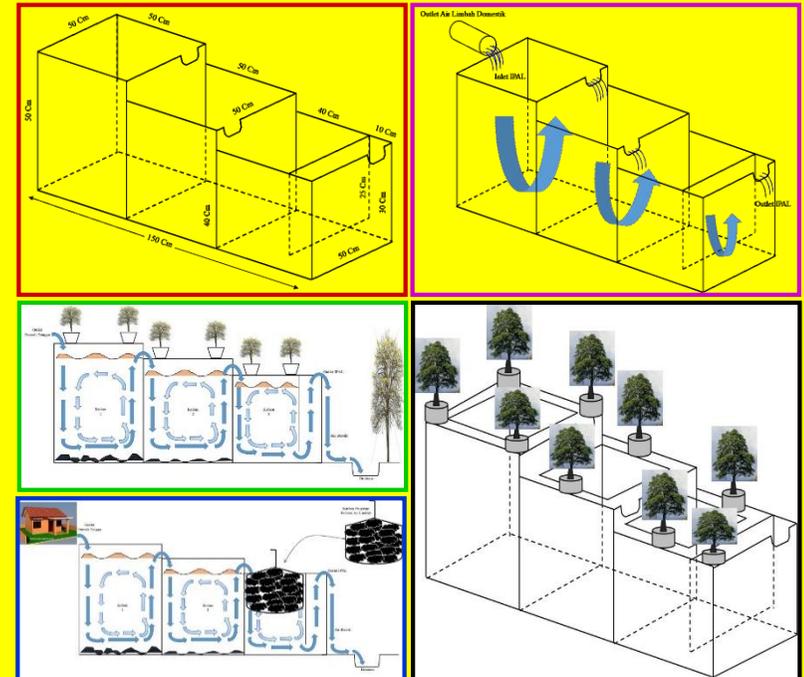
e-mail: lppm@upnvj.ac.id

Reda Rizal

RANCANG BANGUN MODEL TEKNOLOGI IPAL

RANCANG BANGUN MODEL TEKNOLOGI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)

Reda Rizal



Tahun 2016

RANCANG BANGUN MODEL TEKNOLOGI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)

Reda Rizal



Tahun 2016

Reda Rizal

RANCANG BANGUN TEKNOLOGI INSTALASI
PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) / Reda Rizal.

--Jakarta: Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada
Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”
Jakarta (LPPM UPNVJ), 2016.

v, 140 hlm: 21 cm

Bibliografi hlm. 141

ISBN 978-602-73114-3-5

1. RANCANG BANGUN TEKNOLOGI INSTALASI
PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) I. Judul

© Hak pengarang dan penerbit dilindungi Undang-Undang
Tahun 2016

Pengarang: Reda Rizal

Dicetak oleh: Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada
Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta

Jl. R.S. Fatmawati, Pondok Labu, Jakarta Selatan 12450

Telp./Fax. 021-7656971 Ext. 234

e-mail: lppm@upnvj.ac.id

KATA PENGANTAR

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kondisi lingkungan perairan di sekitar permukiman penduduk yang sangat buruk ditandai dengan data fisik-kimia-biologi air saluran drainase yang berada di bawah nilai ambang baku mutu yang berlaku. Belum tersedianya teknologi pengelolaan dan teknologi pengolahan air limbah sumber kegiatan rumah tangga, industri kecil dan menengah (*domestic waste water treatment*).

Metode penelitian menggunakan metode rancang bangun model teknologi *waste water treatment plan* (wwtp) yang memberikan benefit pada *ecology, economy, social, culture* dan *healthy*, dengan teknologi yang *less pollution, water saving, dan clean water*. Hasil penelitian teknologi instalasi pengolahan air limbah ini mampu membersihkan dan menjernihkan air limbah pada tingkat kualitas air yang memenuhi baku mutu, dan pengumpulan/penumpukan bahan pencemar air pada media arang sebagai absorber yang dapat dimanfaatkan kembali sebagai pupuk tanaman dan sebagai bahan bakar berenergi tinggi. Hasil penelitian rancangan model teknologi instalasi pengolahan air limbah ini akan menghasilkan teknologi berbiaya rendah, ramah lingkungan dan dapat digolongkan sebagai hasil pembangunan teknologi berkelanjutan (*sustainable technology*).

Ucapan terimakasih disampaikan kepada semua pihak yang dapat memanfaatkan seluruh isi buku ini.

Kota Tangerang Selatan, Oktober 2016
Penulis

Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc. M.Si.



Daftar Isi

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
RINGKASAN	1
PRAKATA	6
BAB 1 PENDAHULUAN	9
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	17
BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	42
BAB 4 METODE PENELITIAN	45
BAB 5 HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	55
BAB 6 RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA	110
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN	111
DAFTAR PUSTAKA	114
GLOSARIUM	116
INDEKS	121
LAMPIRAN-1	125
LAMPIRAN-2	129



Daftar Tabel

Tabel 5.1.	Karakteristik Air Limbah Domestik Yang Belum Diolah	57
-------------------	--	-----------



Daftar Gambar

Gambar 2.1.	Model Diagram Alir Proses Pengolahan Air Limbah Konvensional	26
Gambar 2.2.	Model Diagram Alir Proses Pengolahan Air Limbah	29
Gambar 2.3.	Peta Jalan Penelitian (<i>research roadmap</i>)	33
Gambar 4.1.	Metode Penelitian	47
Gambar 4.2.	Metode Penelitian Rancang Bangun Model Teknologi IPAL	53
Gambar 5.1.	Foto Tempat Cucian Piring Rumah Tangga	59
Gambar 5.2.	Bak Kontrol Air Cucian Piring Rumah Tangga	61
Gambar 5.3.	Foto Saluran Air Limbah Permukiman	62
Gambar 5.4.	Foto Saluran Air Limbah Permukiman	63
Gambar 5.5.	Foto Saluran Air Limbah Permukiman	65
Gambar 5.6.	Lingkungan Perumahan/Permukiman Penduduk sebagai Sumber Air Limbah	67
Gambar 5.7.	Arang Batok Kelapa untuk Bakar Sate	79
Gambar 5.8.	Arang Kayu untuk Bakar Ikan	79

Gambar 5.9.	Arang Kayu untuk Pembuatan Roti Canai	80
Gambar 5.10.	Rancangan Model Teknologi IPAL	81
Gambar 5.11.	Perspektif Model Teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah by Reda	84
Gambar 5.12.	Dimensi Model Teknologi IPAL Kapasitas 2400 liter	86
Gambar 5.13.	Dimensi Model Teknologi IPAL Kapasitas 1200 liter	88
Gambar 5.14.	Aliran Air Limbah pada Model Teknologi IPAL	89
Gambar 5.15.	Tampak Samping Aliran Air Limbah pada Model Teknologi IPAL	91
Gambar 5.16.	Aliran Air Limbah dan Pengendapan Limbah pada Model Teknologi IPAL	93
Gambar 5.17.	Proses pada Model Teknologi IPAL	95
Gambar 5.18.	Tampak Samping Proses Pengolahan Air Limbah pada IPAL	96
Gambar 5.19.	Sketsa Rancangan Estetika Lingkungan Teknologi IPAL (Tampak Samping)	101
Gambar 5.20.	Perspektif Rancangan Estetika Lingkungan Teknologi IPAL Ramah Lingkungan	102

RANCANG BANGUN MODEL TEKNOLOGI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL)



RINGKASAN

Aktivitas kegiatan manusia selalu memanfaatkan sumber daya alam baik yang ada di lingkungan tanah, lingkungan air maupun lingkungan udara, dan hasil-hasil pemanfaatan sumber daya alam tersebut selalu menghasilkan *entropy*. Setiap material selalu mengandung energy baik dalam bentuk energy potensial ataupun energy kinetik, sehingga transformasi materi yang terjadi pada berbagai aktivitas kegiatan manusia dapat dipastikan akan diikuti timbulnya limbah dan polutan sebagai *entropy*.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh adanya persoalan/masalah yang ditimbulkan oleh kegiatan masyarakat di lingkungan kegiatan rumah tangga, lingkungan kegiatan industri kecil dan menengah yaitu ketidakefisienan (*inefficiency*) dan ketidakefektifan

(*ineffectiveness*) manajemen dan teknologi pengelolaan air. Air yang digunakan sering tidak termanfaatkan secara maksimal sehingga timbul air limbah yang tidak terkelola dengan baik dan bahkan mencemari lingkungan. Sehingga diperlukan teknologi instalasi pengolahan air limbah yang dapat menyehatkan lingkungan, teknologi minimum limbah dan pencemar, serta teknologi berbiaya rendah. Teknologi pengolahan air limbah dijadikan sebagai kata kunci dalam upaya meminimumkan dampak negative pencemaran lingkungan dan mencegah timbulnya ancaman terhadap kesehatan masyarakat dan kerusakan lingkungan.

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mendapatkan model teknologi instalasi pengolahan air limbah rumah tangga, industri kecil dan menengah yang efisien, efektif dan berbiaya rendah.

Air limbah merupakan material air yang terabaikan dalam pemanfaatannya sebagai bagian dari sumber daya alam utama bagi kehidupan. Secara hakiki

kuantitas air di bumi tidak pernah bertambah dan tidak pernah berkurang, namun pada kenyataannya kualitasnya semakin menurun dan tersebar di seluruh penjuru kegiatan manusia yang air limbahnya mencemari sumber daya air, baik air tanah, air sungai, danau, laut bahkan air yang ada di udara (*cloud*).

Metode penelitian rancang bangun teknologi instalasi pengolahan air limbah (IPAL) ini pada dasarnya menggunakan 2 (dua) metode penelitian yaitu; metode survey dan metode uji dan coba (*trial and error*). Metode penelitian survey digunakan untuk mengumpulkan data dan informasi tentang fakta dan permasalahan serta analisisnya, sedangkan metode uji dan coba (*trial and error*) digunakan untuk menjelajah (*explore*) rancangan ide/gagasan/rencana yang dibuat langsung dan diikuti dengan pengujian-pengujian atau analisis secara kuantitatif dan kualitatif. Pada metode uji dan coba (*trial and error*), bila suatu rancangan ide/gagasan/rencana teknologi yang dibuat menghasilkan produk teknologi yang tidak sesuai

dengan rencana atau terjadi kesalahan teknologi, maka segera dilakukan rancangan ulang dan melakukan pengujian-pengujian terhadap teknologi IPAL tersebut.

Teknologi instalasi pengolahan air limbah hasil rancangan penelitian ini mampu membersihkan dan menjernihkan air limbah pada tingkat kualitas air yang memenuhi baku mutu, dan pengumpulan/penumpukan bahan pencemar air pada arang sebagai absorber dapat dimanfaatkan kembali sebagai pupuk tanaman dan sebagai bahan bakar berenergi tinggi. Hasil penelitian rancangan model teknologi instalasi pengolahan air limbah ini akan memberikan biaya ekonomi yang minimum atau teknologi berbiaya rendah.

Rencana target capaian penelitian adalah temuan inovasi teknologi IPAL untuk kalangan rumah tangga, industri kecil dan menengah dengan jenis luaran: i) publikasi ilmiah Nasional; ii) Hak Kekayaan Intelektual (HKI) dan bentuk Paten, dan iii) Buku Ajar dengan ISBN.

Hasil rancangan teknologi IPAL yang dihasilkan adalah berdimensi maksimum ukuran 150 cm x 50 cm x 50 cm, model 3 (tiga) kolam berjenjang dengan dimensi; kolam-1 ukuran 50 cm x 50 cm x 50 cm, kolam-2 ukuran 50 cm x 50 cm x 40 cm, dan kolam-1 ukuran 50 cm x 50 cm x 30 cm.



PRAKATA

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kondisi lingkungan perairan di sekitar permukiman penduduk yang sangat buruk ditandai dengan data fisik-kimia-biologi air saluran drainase yang berada di bawah nilai ambang baku mutu yang berlaku. Belum tersedianya teknologi pengelolaan dan teknologi pengolahan air limbah sumber kegiatan rumah tangga, industri kecil dan menengah (*domestic waste water treatment*).

Metode penelitian rancang bangun teknologi instalasi pengolahan air limbah (IPAL) ini pada dasarnya menggunakan 2 (dua) metode penelitian yaitu; metode survey dan metode uji dan coba (*trial and error*). Metode penelitian survey digunakan untuk mengumpulkan data dan informasi tentang fakta dan permasalahan serta analisisnya, sedangkan metode uji dan coba (*trial and error*) digunakan untuk menjelajah (*explore*) rancangan ide/gagasan/rencana yang dibuat

langsung dan diikuti dengan pengujian-pengujian secara kuantitatif dan kualitatif. Pada metode uji dan coba (*trial and error*), bila suatu rancangan ide/gagasan/rencana teknologi yang dibuat menghasilkan produk teknologi yang tidak sesuai dengan rencana atau terjadi kesalahan teknologi, maka segera dilakukan rancangan ulang dan melakukan pengujian-pengujian terhadap teknologi IPAL tersebut.

Hasil penelitian rancang bangun model teknologi *waste water treatment plan* (wwtp) ini mampu memberikan benefit pada *ecology, economy, social, culture* dan *healthy*, dengan teknologi yang *less pollution, water saving*, dan *clean water*.

Hasil penelitian teknologi instalasi pengolahan air limbah ini mampu membersihkan dan menjernihkan air limbah pada tingkat kualitas air yang memenuhi baku mutu, dan pengumpulan/penumpukan bahan pencemar air pada media arang sebagai absorber yang dapat dimanfaatkan kembali sebagai pupuk tanaman dan

sebagai bahan bakar berenergi tinggi. Hasil penelitian rancangan model teknologi instalasi pengolahan air limbah ini akan menghasilkan teknologi berbiaya rendah, ramah lingkungan dan dapat digolongkan sebagai hasil pembangunan teknologi berkelanjutan (*sustainable technology*).

BAB 1. PENDAHULUAN



Latar Belakang

Setiap kali kita menggunakan air pada berbagai kegiatan kehidupan social-ekonomi-budaya masyarakat selalu timbul air limbah dan/atau limbah cair. Air limbah adalah air yang tidak terpakai lagi secara social-ekonomi-budaya, sedangkan limbah cair adalah limbah dalam bentuk cair yang wujudnya tidak selalu harus berupa air. Air limbah dapat kita temukan seperti air bekas mandi, air bekas berwudhu, air bekas mencuci piring dan lain sebagainya yang jatuh kelantai dan mengalir hanyut ke saluran pembuangan. Limbah cair adalah limbah dalam wujud cair yang tidak tidak selalu berupa air, contoh limbah cair adalah oli bekas, minyak goreng bekas pakai, darah, nanah, air got dan lain sebagainya.

Sejalan dengan pertambahan jumlah populasi penduduk di suatu lingkungan kehidupan masyarakat dan pertambahan jumlah dan bentuk kegiatan manusia (masyarakat), maka jumlah timbulan air limbah maupun limbah cair akan semakin bertambah banyak. Begitu pula dampak negative timbulan air limbah terhadap lingkungan fisika-kimia, lingkungan biologi, lingkungan social-ekonomi-budaya masyarakat dan kesehatan lingkungan.

Secara umum air limbah rumah tangga dibuang ke saluran air, dan melalui system hidrologi alamiah, air limbah tersebut mengalir ke dataran rendah dan bermuara ke laut dan sebagian kecil menguap ke udara serta sebagian lagi ada yang jatuh terserap ke dalam tanah. Sedangkan limbah cair yang mengalir ke saluran air limbah dan kemudian masuk ke penampungan untuk dikelola, dan tidak jarang kita temukan pula limbah cair dibuang ke permukaan tanah untuk selanjutnya sebagian menguap dan sebagian masuk menyerap ke dalam tanah.

Secara fisika, air limbah rumah tangga maupun air limbah kegiatan industri memiliki karakter berbau atau tidak berbau, berwarna atau keruh, berasa atau tidak berasa, dan memiliki suhu tertentu sesuai kondisi lingkungan. Secara kimiawi, air limbah memiliki derajat keasaman tertentu, memiliki garam-garam alamiah baik logam berat maupun non-logam atau mineral tertentu yang spesifik dengan sumber air limbah.

Hasil penelitian terhadap beberapa air limbah domestic atau air limbah rumah tangga yang dibahas oleh para peneliti dari aspek kesehatan lingkungan, air limbah dapat mencemari air tanah, air permukaan, dan mencemari udara dalam bentuk berbau (busuk, amis) yang dapat mengganggu kesehatan manusia dan kesehatan lingkungan. Kesehatan lingkungan yang dimaksud adalah unsur-unsur lingkungan kehidupan yang tidak sehat seperti; air tidak sehat, udara berbau, udara kotor, tanah tercemar, akar tanaman dan tumbuhan

terancam tidak sehat, hewan yang memakan tanaman/tumbuhan terancam tidak sehat dan lain sebagainya. Demikian pula jika limbah cair dibuang ke dalam tanah, sungai, danau dan/atau laut, maka media tanah, air dan udara akan tercemar oleh material fisika-kimia air limbah tersebut. Jika jumlah air limbah yang dibuang melebihi kemampuan alam untuk menerima atau menampungnya, maka akan terjadi ketidakseimbangan lingkungan atau terjadi kerusakan lingkungan.

Berbagai kasus pencemaran lingkungan dan memburuknya kesehatan masyarakat yang banyak terjadi dewasa ini diakibatkan oleh limbah cair dari berbagai kegiatan industri, rumah sakit, pasar, restoran hingga air limbah kegiatan rumah tangga. Hal ini disebabkan karena pengelolaan dan pengolahan air limbah tersebut belum mendapatkan perhatian yang serius, baik dari masyarakat perseorangan, kelompok masyarakat maupun pihak

industri swasta dan pihak pemerintah. Sebenarnya, keberadaan air limbah maupun limbah cair dapat menimbulkan dampak negatif pada kegiatan industri itu sendiri maupun pada masyarakat yang membuang air limbah itu sendiri. Namun, pengelolaan dan pengolahan air limbah khususnya dari kegiatan sector industri yang membutuhkan biaya yang cukup tinggi mengakibatkan kurangnya perhatian dari kalangan pelaku industri, terutama kalangan industri kecil dan menengah, apalagi air limbah kegiatan rumah tangga yang tidak pernah mengelola dan mengolah air limbah secara baik.

Untuk mengelola air limbah dan mengolah air limbah menjadi air yang dapat digunakan kembali sebagai sumber air bersih maka diperlukan teknologi yang tepat guna untuk mengelola dan mengolah air limbah. Pada penelitian ini akan dirancang teknologi instalasi pengolahan air limbah rumah tangga, air limbah industri kecil dan menengah yang berbiaya rendah.



Permasalahan

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh adanya persoalan/masalah yang ditimbulkan oleh kegiatan masyarakat di lingkungan kegiatan rumah tangga, lingkungan kegiatan industri kecil dan menengah yaitu ketidakefisienan (*inefficiency*) dan ketidakefektifan (*ineffectiveness*) manajemen dan teknologi pengelolaan air. Air yang digunakan sering tidak termanfaatkan secara maksimal sehingga timbul air limbah yang tidak terkelola dengan baik dan bahkan mencemari lingkungan. Sehingga diperlukan teknologi instalasi pengolahan air limbah yang dapat menyehatkan lingkungan, teknologi minimum limbah dan pencemar, serta teknologi berbiaya rendah.

Teknologi pengolahan air limbah menjadi kata kunci dalam upaya meminimumkan dampak negative pencemaran lingkungan dan mencegah timbulnya ancaman terhadap kesehatan masyarakat

dan kerusakan lingkungan. Apapun jenis teknologi pengelolaan dan teknologi pengolahan air limbah domestik maupun industri yang dibangun harus dapat dioperasikan dan dipelihara oleh masyarakat pengguna. Jenis teknologi pengolahan air limbah yang dipilih harus sesuai dengan kemampuan masyarakat yang bersangkutan. Untuk dapat memilih teknologi tepat guna, peneliti harus mengetahui gambaran umum tentang metode-metode pengolahan air limbah yang ada, baik tentang prinsip kerja, tentang penerapan metode-metode tersebut, keuntungan dan kerugian, dan juga faktor biaya. Hal yang penting dalam perancangan atau konsep teknologi pengolahan air limbah adalah usaha mencegah atau menekan beban cemaran seminimum mungkin, yaitu melalui pengendalian proses timbulan air limbah itu sendiri (konsep produksi bersih). Kemudian pada tahap selanjutnya adalah pengolahan air limbah yang ditimbulkan agar tidak mencemari badan air (air tanah, sungai dan laut), dan agar air buangan dari industri maupun

dari rumah tangga sesuai dengan baku mutu yang berlaku. Penentuan suatu sistem pengolahan limbah yang tepat terhadap air limbah terkait erat dengan informasi komposisi dan karakteristik dari air limbah terlebih dahulu. Jenis kegiatan dan karakteristik limbah menjadi sangat penting untuk dijelaskan dalam kaitan dengan teknologi pengolahan air limbah yang akan digunakan, baik untuk mengolah air limbah dari sumber kegiatan rumah tangga dan industri, prinsip dasar pemilihan teknologi yang tepat, dan contoh sistem pengolahan air limbah pada kegiatan rumah tangga dan kegiatan industri rumahan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA



Teknologi Pengolahan Air Limbah

Teknologi pengolahan air limbah industri telah berkembang dengan pesat sesuai dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi yang mengarah pada keberlanjutan ekosistem di berbagai bidang kehidupan. Sementara itu, teknologi pengolahan air limbah rumah tangga (air limbah domestik) belum berkembang sesuai harapan lingkungan hidup yang bersih dan sehat. Teknologi pengolahan air limbah rumah tangga digunakan untuk meminimumkan dampak lingkungan kehidupan masyarakat di permukiman kota maupun desa. Teknologi pengolahan air limbah industri digunakan untuk memenuhi persyaratan pembuangan air limbah ke badan air sesuai standard dan pemenuhan tuntutan dunia industri yang

mengarah pada kegiatan produksi bersih (*cleaner production*), proses bersih (*cleaner process*), produk bersih (*clean product*), dematerialisasi dan dekarbonisasi (*dematerialization and decarbonization*), industri/manufaktur hijau (*green manufacturing*) ataupun manufaktur berkelanjutan (*sustainable manufacturing*) (Rizal, R: 2016). Sedangkan teknologi pengolahan air limbah sumber kegiatan rumah tangga dimaksudkan untuk meminimumkan dampak pencemaran air oleh air limbah kegiatan rumah tangga ke lingkungan kehidupan secara global.

Teknologi pengolahan air limbah sumber kegiatan industri yang umum digunakan adalah sistem *on-site* dan *off-site* sebagai berikut (Soewondo, P: 2009):

1. Teknologi IPAL *on – site* atau sistem pengolahan air limbah di lokasi kegiatan (*on-site*) dapat kita temui dalam bentuk: *septic tank*,

grease trap, pit latrine, composting, grey water, beerput.

2. Teknologi IPAL *off-site* atau sistem pengolahan air limbah di luar lokasi kegiatan (*off-site*) dapat kita temui dalam bentuk: *aqua culture, anaerobic with biogas digester, stabilization ponds, small bore sewer, shallow bore sewer, conventional sewerage system with centralized waste water treatment.*

Franson 1993 menjelaskan beberapa prinsip tahapan yang harus digunakan untuk pengolahan air limbah (*waste water treatment*) menjadi air yang layak secara lingkungan dilepas ke perairan adalah sebagai berikut.

Limbah cair organik yang ditimbulkan dari kegiatan industri dialirkan dengan pipa menuju tangki penampung melalui proses penyaringan, setelah dari tangki penampung kemudian air limbah dimasukkan kedalam reaktor anaerobik berisi media penyangga atau support material berupa

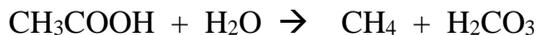
potongan bambu untuk tempat melekatnya bakteri-bakteri. Didalam reaktor anaerobik terjadi proses degradasi bahan organik yang dilakukan oleh bakteri sehingga kandungan bahan organiknya turun. Proses anaerobik dengan menggunakan reaktor tipe *fixed bed* dilakukan dengan waktu tinggal selama 3 (tiga) hari dan menghasilkan biogas yang ditampung dalam *gas holder*. Bila proses pembersihan dan aklimatisasi berjalan dengan dengan baik, maka selanjutnya efluen yang berasal dari proses anaerobik dialirkan menuju tempat pengolahan secara aerobik menggunakan *trickling filter*. Proses penyaringan ini dilakukan agar limbah cair yang masih mengandung material organik didegradasi oleh mikroorganisme yang ada pada potongan bambu, sehingga apabila dibuang ke badan air tidak akan mencemari perairan di sekitarnya. Sebagai ilustrasi, limbah cair industri tahu adalah limbah cair yang mempunyai kandungan material organik yang cukup tinggi yaitu sekitar 15.798 mg/liter. Sehingga diperlukan

metode pengolahan yang tepat yaitu pengolahan air limbah secara biologi dengan sistem anaerobik menggunakan reaktor tipe *fixed bed* dengan *support material* berupa potongan bambu. Instalasi pengolahan air limbah yang dibangun dengan sistem secara biologi yaitu proses yang menggunakan kemampuan mikroba untuk mendegradasi material polutan organik. Proses yang dilakukan secara anaerob yaitu pengolahan air limbah secara biologi dengan memanfaatkan mikroorganisme dalam mendegradasi material organik dalam kondisi tidak ada oksigen terlarut atau sangat sedikit oksigen terlarut. Keuntungan yang akan diperoleh dengan metode pengolahan air limbah secara anaerob adalah bahwa dalam prosesnya menghasilkan energi dalam bentuk biogas, lumpur yang dihasilkan sedikit, tidak memerlukan lahan atau tempat yang besar dan tidak membutuhkan energi untuk aerasi.

Degradasi senyawa organik secara anaerobic; pada proses anaerob, penguraian senyawa organik

berlangsung secara bertahap dan pada setiap tahapan ada aktivitas jenis bakteri tertentu yang dominan, dan setiap jenis bakteri mempunyai kondisi lingkungan optimum yang menjadi salah satu parameter penting. Tahapan-tahapan yang terjadi dalam proses degradasi air limbah secara anaerobik adalah; melalui tiga tahapan yang saling terkait. Proses pertama adalah hidrolisis yaitu proses dimana aktivitas kelompok bakteri Saprofilik menguraikan bahan organik kompleks. Aktivitas terjadi karena bahan organik tidak larut seperti polisakarida, lemak, protein, busa sabun, dan karbohidrat akan dikonsumsi bakteri Saprofilik, dimana enzim ekstraseluler akan mengubahnya menjadi bahan organik yang larut dalam air. Selanjutnya proses asidogenesis, pada proses ini bahan organik terlarut akan diubah menjadi asam organik rantai pendek seperti asam butirat, asam propionat, asam amino, asam asetat dan asam-asam lainnya oleh bakteri Asidogenik. Salah satu bakteri yang hidup dalam kelompok Asidogenik

adalah bakteri pembentukan asam asetat yaitu bakteri Asetogenik, bakteri ini yang berperan dalam tahap perombakan asam propionat, asam amino, asam butirat, maupun asam rantai panjang lainnya menjadi asam organik yang mudah menguap/volatil seperti asam asetat. Proses terakhir adalah proses dimana bakteri Metanogenik akan mengkonversi asam organik volatil menjadi gas metana (CH₄) dan karbondioksida (CO₂), proses ini dinamakan metanogenesis. Pada proses pembentukan gas metana sekitar 70% metana yang dihasilkan dalam penguraian berasal dari asam asetat. Reaksi yang terjadi adalah dekarboksilase.



Pengubahan asam asetat menjadi metana adalah yang utama dalam reaksi tersebut di atas, paling tidak dikarenakan asam asetat adalah hasil produk antara yang dominan dalam fermentasi penguraian senyawa organik secara anaerobik untuk bahan-bahan alam.

Hasil degradasi komponen utama buangan air limbah cair organik mempunyai kandungan metana sebagai berikut:

- | | |
|----------------|----------------------|
| 1. Karbohidrat | 50 % CH ₄ |
| 2. Lemak | 68 % CH ₄ |
| 3. Protein | 70 % CH ₄ |

Umumnya 85 – 95 % COD (*chemical oxygen demand*) dari air buangan limbah organik dapat didegradasi secara anaerobik. Hasil penelitiannya menyebutkan bahwa lebih dari 80% jumlah karbon dikonversi menjadi gas bio dan hanya 5 – 10 % menjadi biomasa.

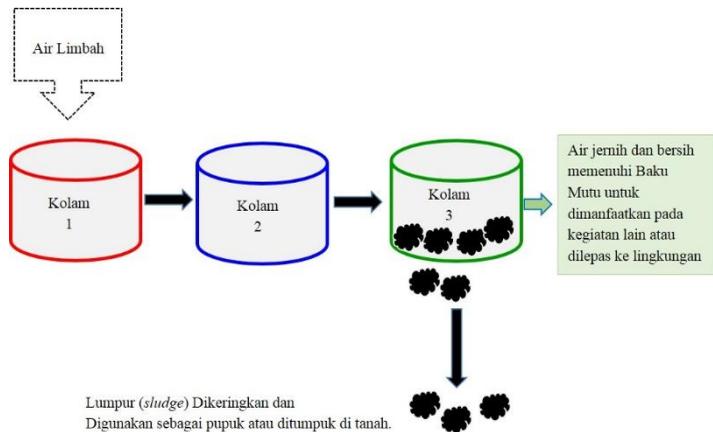
Degradasi senyawa organik secara anaerobik, pada proses anaerob penguraian senyawa organik berlangsung secara bertahap dan pada setiap tahapan ada aktivitas jenis bakteri tertentu yang dominan, dan setiap jenis bakteri mempunyai kondisi lingkungan optimum yang menjadi salah satu parameter penting.

Dalam proses anaerob degradasi 1 kg COD (*chemical oxygen demand*) menghasilkan 0,35 m³ gas metana. Jumlah gas metana dan karbon dioksida dalam gas bio tergantung pada komposisi kimia substrat yang didegradasi.

Proses degradasi limbah cair organik dapat dilakukan pada bioreaktor tanpa atau dengan support material yang dapat diperinci sebagai berikut:

1. Reaktor tanpa support material adalah jenis reaktor yang mempunyai tempat untuk menempel bakteri. Reaktor yang termasuk dalam jenis ini adalah: (i) reaktor tanpa pengaduk, (ii) reaktor dengan pengaduk, dan (iii) Reaktor tipe *sludge bed*.
2. Reaktor dengan support material adalah jenis reaktor yang mempunyai tempat untuk menempel bakteri. Reaktor yang termasuk jenis reaktor ini adalah: (i) reaktor tipe *fixed bed*, dan (ii) reaktor tipe *fluidized bed*.

Pada penelitian tersebut di atas, reaktor yang digunakan adalah tipe *Fixed Bed Reactor* yaitu reaktor yang terdiri tangki berisi bahan pembantu berupa support material. Fungsi dari support material adalah sebagai tempat menempel mikroba, sehingga mikroba tidak ikut terbawa oleh cairan sisa buangan atau efluen yang keluar dari reaktor.



Gambar 2.1. Model Diagram Alir Proses Pengolahan Air Limbah Konvensional

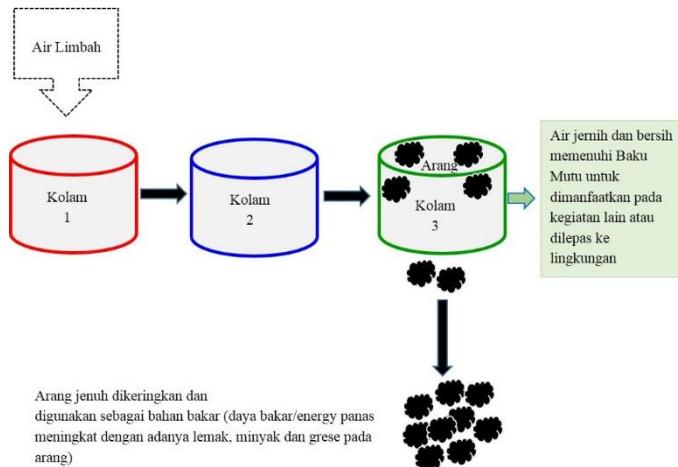
Gambar 2.1. menjelaskan model dan alir proses pengolahan air limbah secara konvensional yang digunakan oleh berbagai jenis kegiatan industri. Air limbah dialirkan ke kolam-1, pada kolam-1 ini secara gravitasi atau daya tarik bumi akan terjadi pengendapan material-material yang terdapat pada air limbah dan menumpuk di lantai kolam-1. Mengikuti perjalanan waktu, tumpukan material akan membentuk lumpur (*sludge*) yang secara berkala diambil dan dipindahkan ke luar kolam untuk selanjutnya dikeringkan. Pada saat air limbah pada kolam-1 penuh, maka air limbah meluber dan mengalir ke kolam-2, pada kolam-1 ini secara gravitasi atau daya tarik bumi akan terjadi pengendapan material-material yang terdapat pada air limbah dan menumpuk di lantai kolam-2. Mengikuti perjalanan waktu, tumpukan material akan membentuk *sludge* yang ukurannya lebih kecil dibanding ukuran *sludge* yang terdapat pada kolam-1, dan selanjutnya secara berkala diambil dan

dipindahkan ke luar kolam untuk selanjutnya dikeringkan.

Pada penelitian ini akan diajukan model teknologi IPAL dengan teknologi pengumpulan polutan air menggunakan arang karbon dari material kayu, tempurung, dan atau bambu. Arang karbon yang telah menyerap polutan dapat digunakan kembali menjadi fungsi utama sebagai bahan bakar yang mampu menghasilkan daya bakar tanpa menimbulkan residu yang mengganggu lingkungan.

Kawahara, Y. (2016) menjelaskan bahwa material bamboo dapat digunakan untuk menjernihkan air limbah dalam proses pengolahan air limbah. Hasil penelitiannya mengungkapkan penyelidikan terhadap perilaku karbonisasi dan aktivasi perilaku material bambu, dan penerapan bamboo untuk produksi karbon aktif untuk menghilangkan bau dan senyawa organic volatile. Dalam proses

aktivasi, ditemukan bahwa kalium pecahan menetap di daerah interselular bekerja sebagai katalis dan dipercepat reaksi aktivasi. Oleh karena itu, ketika terjadi reaksi pengaktifan disebarkan ke daerah-daerah interselular, aktivasi reaksi terjadi secara cepat, mengarah ke lebih luas dan menarik pori-pori ukuran distribusi karbon aktif. Untuk mendapatkan karbon aktif tajam pori-pori ukuran distribusi dari bambu, sangat penting untuk mengurangi jumlah senyawa kalium.



Gambar 2.2. Model Diagram Alir Proses Pengolahan Air Limbah

Air limbah dilirkan ke dalam kolam-1; selanjutnya air dari kolam-1 dialirkan ke kolam-2; selanjutnya air dari kolam-2 dialirkan ke kolam-3. Pada kolam-3 dimasukkan masukkan material arang kayu/bamboo/batok kelapa, untuk selanjutnya arang kayu/bamboo/batok kelapa dikeringkan. Arang kayu/bamboo/batok kelapa jenuh lemak dimanfaatkan kembali (*reuse*) sebagai bahan bakar kegiatan industri.

Material lumpur (*sludge*) yang menumpuk di lantai kolam-1 dan kolam-2 secara berkala diambil dan ditempatkan pada suatu wadah untuk menunggu waktu sampai mengeringnya lumpur (*sludge*) tersebut. Setelah *sludge* mengering, maka *sludge* tersebut dapat dimanfaatkan sebagai material nutrient atau pupuk pada media tanah untuk menyuburkan berbagai jenis tumbuhan atau tanaman di perkarangan rumah.

Material mengambang dan atau terapung (*floating materials*) di kolam-3 yang terdiri atas material; minyak, lemak, busa sabun, dan lain sebagainya akan diserap oleh arang karbon pada saat air limbah pada kolam-3 pada posisi maksimum atau penuh. Selanjutnya, arang karbon jenuh dikeringkan dan digunakan sebagai bahan bakar dan atau sebagai material nutrient atau pupuk pada media tanah untuk menyuburkan berbagai jenis tumbuhan atau tanaman di perkarangan rumah (pot tanaman).



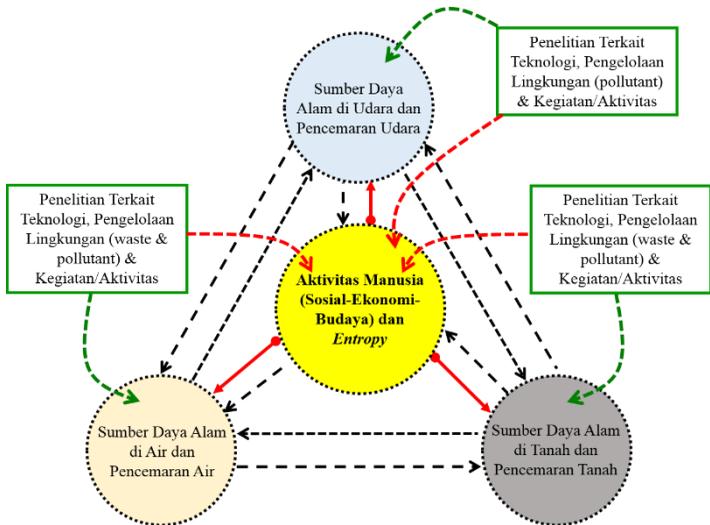
Perkembangan Teknologi IPAL

Dalam beberapa dekade terakhir, hampir setiap saat terjadi perkembangan pesat pada teknologi IPAL yang model teknologinya cenderung mengikuti kebutuhan teknis pengguna, namun ketersediaan teknologi IPAL belum sepenuhnya memenuhi aspek ekonomi dan lingkungan. Banyak produk teknologi IPAL dari Negara China beredar di Indonesia yang secara empiris masih memiliki kelemahan dalam memenuhi baku mutu lingkungan; air limbah dapat diolah menjadi air bersih, namun sisa/residu hasil pengolahan air limbah menyisakan persoalan baru dalam pemanfaatannya. Teknologi IPAL menghasilkan residu berupa sludge yang tidak dapat dimanfaatkan kembali menjadi sesuatu yang memiliki nilai tambah ekonomi maupun nilai lingkungan.



Peta Jalan Penelitian (*research roadmap*)

Arah jalan penelitian akan dijelaskan melalui gambar/skema peta jalan penelitian (*research roadmap*) di bawah ini; bermula dari adanya aktivitas kegiatan manusia yang selalu menimbulkan entropy berupa material limbah dan polutan (*waste and pollutant*) yang dilepas ke lingkungan air, tanah dan udara.



Gambar 2.3. Peta Jalan Penelitian (*research roadmap*)

Gambar 2.3 di atas menjelaskan aktivitas kegiatan manusia selalu memanfaatkan sumber daya alam, baik yang ada di lingkungan tanah, lingkungan air maupun lingkungan udara, dan hasil-hasil pemanfaatan sumber daya alam tersebut selalu menghasilkan *entropy*. Setiap material selalu mengandung energy, baik dalam bentuk energy potensial ataupun energy kinetik, sehingga transformasi materi yang terjadi pada berbagai aktivitas kegiatan manusia dapat dipastikan akan diikuti timbulnya limbah dan polutan sebagai *entropy*.

Rizal, R. (2015:14) menjelaskan bahwa aktivitas kegiatan manusia (kegiatan sosial, ekonomi dan budaya) akan selalu mengikuti pola-pola hukum termodinamika kedua, yaitu; menghasilkan limbah dan polutan sebagai *entropy* yang dilepas ke lingkungan (udara, air, dan tanah). Apabila zat pencemar utama dilepaskan ke udara, maka bahan pencemar di udara akan bereaksi dengan molekul lainnya yang ada di udara (membentuk senyawa kimia baru) dan jatuh

bersama hujan ke tanah dan ke air sehingga senyawa kimia tadi akan mencemari tanah dan air. Bahan pencemar yang baru saja dilepaskan ke lingkungan disebut sebagai bahan pencemar primer atau polutan primer. Material pencemar utama yang bereaksi dengan material pencemar utama lainnya di media udara akan menghasilkan material atau zat kimia pencemar sekunder atau polutan sekunder.

Apabila zat pencemar industri misalnya, dilepaskan terlebih dahulu ke media air maka dampak negatif pada air yang tercemar akan menimbulkan dampak negatif lanjutan terhadap media tanah mencemari kualitas tanah, kemudian zat pencemar dari media air dan tanah akan menguap ke udara sehingga pencemaran lanjutan akan terjadi pada kualitas udara, dan sebaliknya apabila bahan pencemar dilepaskan pertama kali ke media tanah maka dampak lanjutannya adalah terhadap kualitas air di dalam tanah, serta air di permukaan tanah disebut sebagai pencemar sekunder. Apabila pelepasan zat pencemar utama dilepaskan ke

media tanah maka bahan pencemar di tanah bisa menguap ke udara dan mencemari udara, dan kemudian bersama air hujan di atmosfer pencemaran tadi akan jatuh kembali ke tanah dan ke air sehingga mencemari tanah dan air. Pencemaran yang dilepas oleh aktivitas manusia (kegiatan sosial, ekonomi, budaya dan kesehatan masyarakat) baik ke media tanah, udara ataupun ke air, dampak pencemaran tersebut akan kembali dirasakan oleh manusia itu sendiri (pada kegiatan sosial, ekonomi dan budaya) melalui media air, tanah, dan udara yang dicemari tersebut. Dampak negative pencemaran ke tanah, air, dan udara tersebut akan kembali dirasakan oleh manusia dalam bentuk penyakit dan menurunnya daya tahan tubuh serta kesehatan ataupun kualitas hidup manusia. Dampak negative pencemaran ke tanah, air, dan udara tersebut selanjutnya akan dirasakan oleh manusia dalam bentuk menurunnya kualitas sumberdaya yang akan dipakai oleh kegiatan manusia (kegiatan sosial, ekonomi dan budaya), misalnya; air yang dibutuhkan industri untuk keperluan produksi akan mengalami kemerosotan

kualitas air proses produksi, mengganggu kualitas produk dan lain sebagainya. Demikian seterusnya, setiap ada kegiatan pelepasan zat pencemar (*entropy*) yang dilakukan oleh manusia pada media tanah, air, dan udara akan kembali ke manusia dan pabrik/industri (kegiatan sosial, ekonomi dan budaya) tersebut sebagai dampak negatif.

Penelitian rancang bangun teknologi pengolahan air limbah (IPAL) ini adalah dimaksudkan untuk mendapatkan dan menghasilkan salah satu teknologi untuk mengolah air limbah sumber kegiatan rumah tangga dan industri rumahan (*home industry*). Tujuan akhir penelitian ini adalah untuk menghasilkan teknologi inovasi ramah lingkungan yang dapat meminimumkan dampak negative keberadaan air limbah terhadap kualitas lingkungan perairan, lingkungan udara (misalnya tidak berbau), dan lingkungan tanah (misalnya kelebihan nutrient tanah), serta timbul vector penyakit yang dapat mengancam kesehatan masyarakat.

Penelitian yang pernah dilakukan terkait dengan timbulan limbah dan pencemar lingkungan serta bagaimana teknologi dan pengelolaannya telah dijelaskan pada Lampiran Tabel Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir (Bukan Skripsi, Thesis, Disertasi) yaitu:

1. Studi Monitoring Lingkungan Kegiatan Konstruksi Pembangkit Listrik Tenaga Uap/PLTU Kotabaru, Kapasitas 2 X 7 MW di Desa Sigam, Kecamatan Pulau Laut Utara, Kabupaten Kotabaru, Provinsi Kalimantan Selatan;
2. Studi Monitoring Lingkungan Kegiatan Konstruksi Pembangkit Listrik Tenaga Uap/PLTU Pulang Pisau, Kapasitas 2 X 60 MW di Desa Buntoi, Kecamatan Kahayan Hilir, Kabupaten Pulang Pisau, Kalimantan Tengah;
3. Studi Kelayakan Lingkungan Hidup: Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup Rencana Kegiatan Pembangunan Pabrik Nikel di Desa

- Papanloe, Kecamatan Pa'jukukang, Kabupaten Bantaeng, Sulawesi Selatan;
4. Studi Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup (UKL-UPL) Kegiatan Pembangunan Kabel Bawah Laut 20 kV Pulau Bangka-Lepar antara Desa Sadai (Pulau Bangka) dan Desa Penutuk (Pulau Lepar) di Kecamatan Lepar Pongok, Kabupaten Bangka Selatan, Provinsi Bangka-Belitung;
 5. Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Pembangunan Rumah Sakit Sudirman. Di Jalan Jenderal Sudirman, Dusun Perawas II RT. 03/02 Desa Buluhtumbang, Kecamatan Tanjungpandan, Kabupaten Belitung, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung;
 6. Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Pembangunan Kawasan Industri *Palu Industrial Estate*. Di Kota Palu Sulawesi Tengah.



The State of the Art

Air limbah merupakan material air yang terabaikan dalam pemanfaatannya sebagai bagian dari sumber daya alam utama bagi kehidupan. Secara hakiki kuantitas air di bumi tidak pernah bertambah dan tidak pernah berkurang, namun pada kenyataannya kualitasnya semakin menurun dan tersebar di seluruh penjuru kegiatan manusia yang air limbahnya mencemari sumber daya air, baik air tanah, air sungai, danau, laut bahkan air yang ada di udara (*cloud*). Teknologi instalasi pengolahan air limbah hasil rancangan penelitian ini mampu membersihkan dan menjernihkan air limbah pada tingkat kualitas air yang memenuhi baku mutu, dan pengumpulan/penumpukan bahan pencemar air pada arang sebagai absorber dapat dimanfaatkan kembali sebagai pupuk tanaman dan sebagai bahan bakar berenergi tinggi. Hasil penelitian rancangan model teknologi instalasi pengolahan air limbah ini akan memberikan biaya ekonomi yang minimum atau teknologi berbiaya rendah.

BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN



Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah: untuk mendapatkan model teknologi instalasi pengolahan air limbah rumah tangga, industri rumahan (*home industry*) dan industri kecil yang efisien, efektif dan berbiaya rendah.



Manfaat Penelitian

Manfaat hasil penelitian ini adalah untuk memenuhi kebutuhan masyarakat rumah tangga, industri rumahan (*home industry*) dan industri kecil untuk memiliki teknologi instalasi pengolahan air limbah yang ramah lingkungan dan berbiaya rendah. Hasil penelitian ini berupa model teknologi instalasi pengolahan air limbah

rumah tangga, industri kecil dan menengah, serta dapat pula dimanfaatkan sebagai peralatan laboratorium kesehatan lingkungan di sekolah dan perguruan tinggi.



Target Temuan/Inovasi Hasil Penelitian

Rencana target capaian penelitian adalah temuan inovasi teknologi IPAL untuk kalangan rumah tangga, industri rumahan (*home industry*) dan industri kecil dengan jenis luaran:

1. Publikasi ilmiah Nasional;
2. Pemakalah dalam temu ilmiah tingkat Nasional;
3. Invited speaker dalam temu ilmiah tingkat Nasional;
4. Hak Kekayaan Intelektual (HKI) dan bentuk Paten;
5. Teknologi Tepat Guna (untuk industri kecil dan menengah, serta untuk laboratorium kesehatan lingkungan);
6. Model dan Prototype;

7. Buku Ajar dengan ISBN;
8. Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) untuk digunakan pada industri kecil dan rumah tangga, serta dapat digunakan sebagai sarana laboratorium kesehatan lingkungan.

Target capaian penelitian tersebut di atas direncanakan akan terpenuhi selama kurun waktu penelitian selama satu tahun kerja. Inovasi teknologi IPAL hasil penelitian dimaksudkan untuk mencapai target tersebut di atas serta penerapannya dalam rangka menunjang pembangunan berkelanjutan bidang ilmu pengetahuan, teknologi, social dan budaya masyarakat yang ramah lingkungan.

BAB 4. METODE PENELITIAN

Metode penelitian rancang bangun teknologi instalasi pengolahan air limbah (IPAL) ini pada dasarnya menggunakan 2 (dua) metode penelitian yaitu; metode survey dan metode uji dan coba (*trial and error*). Metode penelitian survey digunakan untuk mengumpulkan data dan informasi tentang fakta dan permasalahan serta analisisnya, sedangkan metode uji dan coba (*trial and error*) digunakan untuk menjelajah (*explore*) rancangan ide/gagasan/rencana yang dibuat langsung dan diikuti dengan pengujian-pengujian atau analisis secara kuantitatif dan kualitatif. Pada metode uji dan coba (*trial and error*), bila suatu rancangan ide/gagasan/rencana teknologi yang dibuat menghasilkan produk teknologi yang tidak sesuai dengan rencana atau terjadi kesalahan teknologi, maka segera dilakukan rancangan ulang dan melakukan pengujian-pengujian terhadap teknologi IPAL tersebut.

4.1. Metode Survey

Metode penelitian survey dilakukan untuk meneliti dan mengumpulkan data tentang social-ekonomi-budaya masyarakat terkait dengan perlakuan dan penanganan air limbah yang ditimbulkan oleh kegiatan aktivitas social-ekonomi-budaya masyarakat. Sampling penelitian dilakukan pada tiga wilayah penelitian yaitu: wilayah Kabupaten Tangerang, Kabupaten Bekasi dan Kabupaten Bogor. Tiga wilayah ini dipilih atas dasar tipologi wilayah permukiman penduduk/masyarakat yang menimbulkan air limbah domestic yang belum dikelola secara baik sebagaimana dipersyaratkan oleh kualitas lingkungan yang baik.

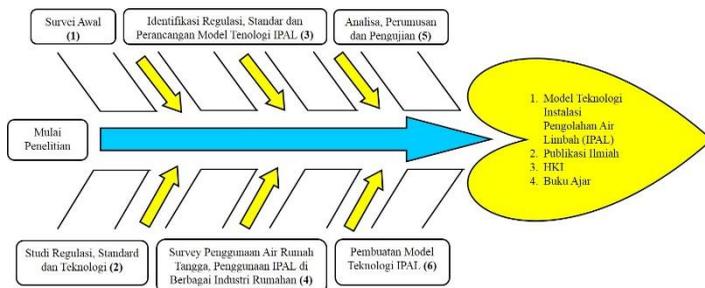
4.2. Metode Uji Coba (*Trial and Error*)

Metode penelitian uji coba (*trial and error*) dilakukan terhadap pembuatan model teknologi instalasi pengolahan air limbah domestic. Uji

coba dilakukan terhadap dimensi, material dan model teknologi instalasi pengolahan air limbah domestic, sehingga dapat ditemukan dimensi, material dan model teknologi yang tepat diaplikasikan oleh masyarakat pengguna teknologi IPAL.

4.3. Prosedur Penelitian

Pada bagian ini akan dijelaskan prosedur dan langkah-langkah yang dilakukan dalam proses penelitian. Metodologi penelitian ini berguna sebagai acuan sehingga penelitian berjalan secara sistematis dan efisien.



Gambar 4.1. Metode Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilaksanakan dalam metode penelitian merancang model teknologi instalasi pengolahan air limbah ini adalah sebagai berikut:

1. Survey awal

Survei awal meliputi studi dan identifikasi terhadap berbagai literature, referensi untuk melihat fenomena pengelolaan dan pengolahan air limbah di lingkungan masyarakat tingkat aktivitas rumah tangga dan industri. Hasil survei tersebut akan digunakan sebagai landasan atau latar belakang perlunya dan urgennya perancangan teknologi instalasi penolahan air limbah (IPAL). Pada kegiatan survei akan diteliti perkembangan teknologi IPAL yang ada di berbagai kegiatan industri rumah tangga dan industri kecil yang menggunakan air sebagai bahan baku pembantu. Hasil studi dan identifikasi terhadap permasalahan timbulan air limbah akan menghasilkan rumusan dan batasan masalah serta rancangan resolusi masalah.

2. Studi regulasi dan standar teknologi IPAL yang sudah ada

Studi regulasi dan standar meliputi baik regulasi dan standar regional maupun regulasi dan standar berdasarkan industri (Standar Nasional Industri). Demikian pula akan dilakukan kajian terhadap konsensus-konsensus yang telah dilakukan oleh organisasi-organisasi industri terkait pengelolaan limbah dan sumber daya alam. Teknologi IPAL yang sudah ada akan digunakan sebagai *benchmark* dan menjadi masukan bagi penetapan model Teknologi IPAL yang akan digunakan untuk mengukur kinerja lingkungan (*environmental performance*).

3. Identifikasi regulasi dan standar serta Perancangan Model Teknologi IPAL

Dari hasil studi baik lapangan maupun studi literatur, akan ditetapkan kerangka aplikasi Model Teknologi IPAL yang sesuai dengan industri tertentu sehingga dapat dijadikan pedoman langkah-langkah yang sebaiknya dilakukan untuk

merancang Model Teknologi IPAL pada kegiatan industri tersebut. Langkah pertama aplikasi Model Teknologi IPAL harus melakukan identifikasi regulasi dan standar yang berlaku. Selain itu, akan ditentukan juga metrik atau ukuran untuk mengevaluasi pencapaian kinerja Teknologi IPAL tersebut.

4. Survey pencapaian kinerja ekonomi dan lingkungan Teknologi IPAL

Setelah menetapkan kerangka konsep, identifikasi regulasi dan standar serta menentukan metrik, akan dilakukan survey di berbagai rumah tangga dan industri kecil. Survey akan dilakukan pada 3 (tiga) wilayah kota yaitu; Bogor, Tangerang dan Bekasi. Hasil survey kemudian dipetakan agar diketahui peta kegiatan rumah tangga dan industri kecil sejauh mana pencapaian kinerja ekonomi dan lingkungan Teknologi IPAL yang ada di tiap rumah tangga dan industri kecil tersebut.

5. Analisa, perumusan dan pengujian model teknologi

Dari peta lokasi dan kegiatan rumah tangga, industri kecil dan industri rumah tangga (*small scale industry and home industry*), dapat dilakukan analisis sehingga dapat dirumuskan usulan model teknologi IPAL yang tepat untuk memenuhi kinerja ekonomi lingkungan yang diharapkan. Model teknologi IPAL kemudian diuji coba dengan cara pengukuran dan penghitungan sampai diperoleh Model teknologi IPAL yang memberikan *benefit* pada aspek *ecology/environment, economy, social, culture, dan healthy. Impact* atau dampak positif terhadap lingkungan hidup berupa; *less-pollution, water saving, dan clean water* serta dapat dicapai suatu teknologi yang berkelanjutan (*sustainable technology*).

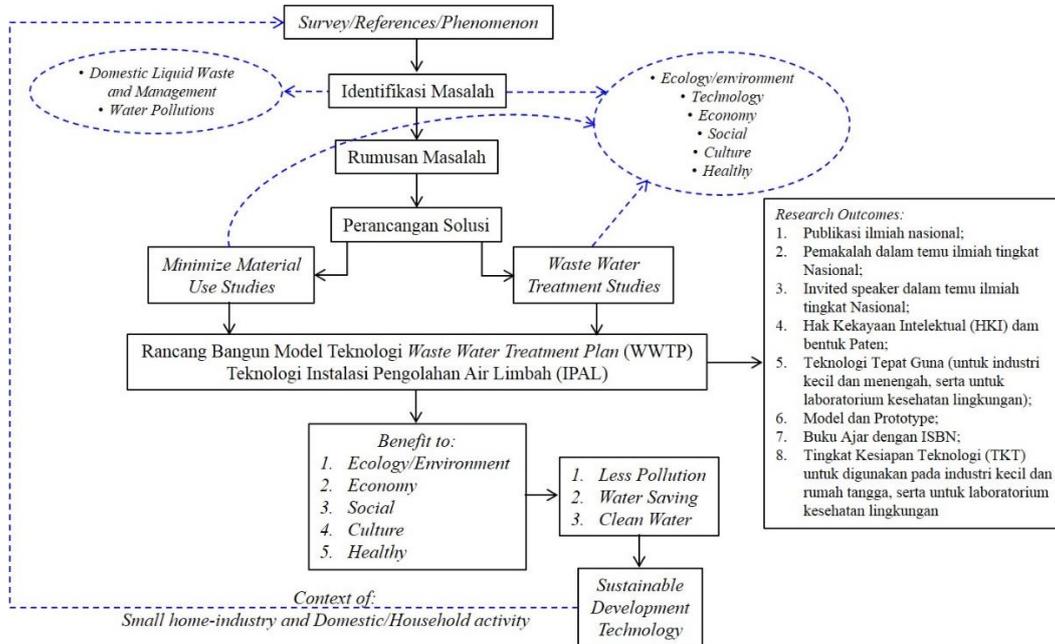
6. Pembuatan Model Teknologi IPAL

Metode penelitian rancang bangun teknologi IPAL ini menggunakan metode uji dan coba (*trial and error*), dimana suatu rancangan yang dibuat langsung diikuti dengan pengujian-pengujian kuantitatif dan kualitatif. Jika pada suatu rancangan

teknologi yang dibuat menghasilkan produk teknologi yang tidak sesuai dengan rencana atau terjadi kesalahan teknologi, maka segera dilakukan rancangan ulang dan melakukan pengujian-pengujian terhadap teknologi IPAL tersebut.

Setelah model teknologi IPAL diuji, selanjutnya kami akan diupayakan dan diusulkan untuk dapat diaplikasikan oleh para pihak (*stake-holders*).

Metode penelitian untuk mencapai tujuan dan target penelitian (tersedianya teknologi instalasi pengolahan air limbah yang efisien dan efektif digunakan oleh masyarakat/rumah tangga, industri kecil dan industri menengah yang berbiaya rendah), maka digunakan metode sebagai berikut.



Gambar 4.2. Metode Penelitian Rancang Bangun Model Teknologi IPAL

Kegiatan penelitian ini dibatasi pada hasil kegiatan berupa Model Teknologi *Waste Water Treatment Plan* (WWTP) Teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), dengan *research outcomes* berupa: i) Publikasi ilmiah internasional; ii) Pemakalah dalam temu ilmiah tingkat Nasional; iii) Invited speaker dalam temu ilmiah tingkat Nasional; iv) Hak Kekayaan Intelektual (HKI) dan bentuk Paten; v) Teknologi Tepat Guna (untuk industri kecil dan menengah, serta untuk laboratorium kesehatan lingkungan); vi) Model dan Prototype; vii) Buku Ajar dengan ISBN; vii) Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) untuk digunakan pada industri kecil dan rumah tangga, serta teknologi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai peralatan/teknologi laboratorium kesehatan lingkungan.

BAB 5. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI



Hasil Survey dan Pengamatan Lapangan

Air limbah yang timbul berasal dari aktivitas kegiatan rumah tangga pada umumnya mengalir ke lingkungan melalui saluran drainase, meliputi; i) air bekas mandi, air bekas cuci tangan, cuci muka dan berwudhu, ii) air bekas cuci pakaian, iii) air bekas cuci perabotan/peralatan rumah tangga.

Hasil survey lapangan mengungkapkan bahwa, penggunaan air untuk mencuci perabotan/peralatan rumah tangga (rata-rata) per anggota keluarga adalah sebanyak 1.300 mililiter (ml) yang terdiri atas: i) air untuk mencuci Gelas = 200 ml; ii) air untuk mencuci Piring = 600 ml; iii) air untuk mencuci Sendok/garpu = 100 ml; iv) air untuk mencuci Perabotan makan lainnya

= 200 ml; dan v) air untuk mencuci Perabotan dapur = 200 ml.

Apabila setiap anggota keluarga setiap harinya makan dan sarapan pagi, maka jumlah air limbah setiap hari yang berasal dari kegiatan pencucian perabotan rumah tangga adalah sebanyak $3 \times 1,3 \text{ liter} = 3,9 \text{ liter/hari/orang}$. Penggunaan air untuk mandi dan berwudhu (rata-rata) per anggota keluarga adalah sebanyak 120 liter/hari/orang. Penggunaan air untuk mencuci pakaian (rata-rata) per anggota keluarga adalah sebanyak 80 liter/hari/orang. Sehingga total jumlah timbulan air limbah rumah tangga setiap harinya adalah sebanyak $3,9 \text{ liter} + 120 \text{ liter} + 80 \text{ liter} = 203,9 \text{ liter per orang tiap hari}$. Bila diasumsikan rata-rata jumlah anggota keluarga sebanyak 5 orang maka total jumlah timbulan air limbah rumah tangga setiap harinya adalah sebanyak 1.019,5 liter/hari.

Seluruh air yang digunakan untuk mandi, mencuci tangan, mencuci muka, mencuci kaki, dan mencuci perabotan/peralatan rumah tangga tersebut di atas akan langsung menjadi air limbah yang dibuang melalui saluran air limbah rumah tangga ke drainase di depan/di samping rumah. Sedangkan air yang digunakan untuk keperluan toilet tidak diperhitungkan dalam penghitungan jumlah timbulan air limbah, karena air untuk keperluan toilet mengalir langsung ke dalam *septic-tank* dan tidak dibuang ke saluran drainase.

Air limbah yang bersumber dari kegiatan rumah tangga, industri rumahan (*home industry*) dan industri kecil (seperti; restoran dan rumah makan yang terdapat di sekitar permukiman penduduk) adalah sebanyak 3,9 liter/orang konsumen. Jika jumlah konsumen berkunjung ke restoran atau warung makan setiap harinya sebanyak 100 orang maka jumlah air limbah yang timbul berasal dari kegiatan industri kecil atau

industri rumah tangga (restoran atau warung makan) adalah sebanyak 390 liter/hari.

Keseluruhan air limbah tersebut dialirkan langsung masuk ke dalam saluran drainase, sehingga keseluruhan air limbah kegiatan rumah tangga dan kegiatan industri rumahan (*home industry*) tersebut di atas dialirkan langsung ke saluran drainase tanpa mengalami perlakuan (*treatment*) pengolahan terlebih dahulu.



Gambar 5.1. Foto Tempat Cucian Piring Rumah Tangga

Situasi dan kondisi sumber air limbah rumah tangga, salah satunya dari aktivitas kegiatan

mencuci perabotan rumah tangga berupa cucian piring, gelas dan perabotan masak-memasak lainnya yang ditunjukkan foto pada Gambar 5.1.

Seluruh air yang digunakan untuk mencuci perabotan rumah tangga tersebut di atas akan berubah menjadi timbulan air limbah rumah tangga. Dilihat dari jenis perabotan rumah tangga dan fungsi pemanfaatannya, maka material pencemar (*contaminant/pollutant*) yang terdapat dalam air limbah umumnya terdiri atas; i) lemak, ii) minyak, iii) santan, iv) sisa sabun, v) material organik nasi, vi) material organik sayuran, vii) material organik tulang, viii) partikulat anorganik plastik, ix) material logam dari gesekan logam pada saat dicuci, dan lain sebagainya.



Gambar 5.2. Bak Kontrol Air Cucian Piring Rumah
Tangga

Situasi dan kondisi bak kontrol air cucian piring rumah tangga yang air limbahnya disalurkan melalui pipa dan dikontrol pada bak pengontrol air limbah rumah tangga untuk selanjutnya dialirkan ke drainase di luar rumah. Pada bagian outlet saluran air limbah ditemukan sisa-sisa material pencemar yang hanyut dan tertahan lengket di dalam pipa saluran air limbah berupa; minyak, lemak, sisa busa sabun, dan material organik lainnya.



Gambar 5.3. Foto Saluran Air Limbah Permukiman

Situasi dan kondisi saluran air limbah permukiman atau sistem drainase di lingkungan permukiman, air limbah cucian piring, air limbah cucian pakaian dan air limbah lainnya bercampur pada saluran drainase permukiman. Air limbah pada saluran drainase ditemukan bahan/material kontaminan atau zat pencemar berupa; padatan terlarut, padatan tersuspensi, material organik, Nitrogen, Ammonia, Nitrat, Nitrit, lemak, minyak, busa sabun, dan lain sebagainya.



Gambar 5.4. Foto Saluran Air Limbah Permukiman

Situasi dan kondisi saluran air limbah permukiman atau sistem drainase di lingkungan permukiman, air limbah cucian piring, air limbah cucian pakaian dan air limbah lainnya bercampur pada saluran drainase permukiman.



Gambar 5.5. Foto Saluran Air Limbah Permukiman

Situasi dan kondisi saluran air limbah permukiman atau sistem drainase di lingkungan permukiman, air limbah bertumpuk dan

memunculkan bagian lemak, busa sabun, minyak, sisa protein makanan yang mengambang (*floating*) di atas permukaan saluran air limbah domestik.

Pada bagian hilir saluran drainase, tumpukan air limbah yang tidak terurai secara baik sebagaimana konsep sebuah drainase yaitu; sebagai saluran air yang fungsi utamanya adalah untuk mengeringkan air limbah (memberi kesempatan penguapan air limbah secara alamiah). Ternyata fungsi drainase telah berubah menjadi tempat saluran penumpukan air limbah. Pada tumpukan air limbah inilah terdapat banyak material pencemar air yang nantinya dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan hidup. Dampak negatif tumpukan air limbah pada saluran drainase terhadap kesehatan adalah; i) air menjadi tidak sehat, ii) udara sekitar air limbah tidak sehat (bau), iii) tanah di sekitar saluran drainase tidak sehat (karena adanya material kontaminan beracun seperti logam berat pada

tanah). Dampak negatif penumpukan air limbah pada saluran drainase antara lain adalah; i) bersarangnya nyamuk dan berbagai penyakit, ii) tumbuh berkembangnya berbagai vektor penyakit yang dapat mengancam kesehatan masyarakat di sekitar saluran air limbah (drainase) yang mampet/tergenang (air limbah tidak mengalir secara normal).



Gambar 5.6. Lingkungan Perumahan/Permukiman Penduduk sebagai Sumber Air Limbah

Berdasarkan standar kualitas air limbah domestik yang ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air adalah sebagai berikut:

Tabel 5.1. Karakteristik Air Limbah Domestik Yang Belum Diolah

Jenis Pencemar	Unit	Konsentrasi		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Padatan Total (TS)	mg/l	350	720	1200
Padatan Terlarut (TDS)	mg/l	250	500	850
Padatan Tersuspensi (TSS)	mg/l	100	220	350
<i>Settleable Solids</i>	mg/l	5	10	20
BOD ₅	mg/l	110	220	400
Organik Karbon Total (TOC)	mg/l	80	160	290
COD	mg/l	250	500	1000
Nitrogen Total (N)	mg/l	20	40	85
• Organik		8	15	35
• Amonia bebas		12	25	50
• Nitrit		0	0	0
• Nitrat		0	0	0
Fosfor Total (P)	mg/l	4	8	15
• Organik		1	3	5
• Inorganik		3	5	10
Klorida	mg/l	30	50	100
Sulfat	mg/l	20	30	50

Alkalinitas, sebagai CaCO ₃	mg/l	50	100	200
Lemak	mg/l	50	100	150
Koliform total	No./100ml	10 ⁶ – 10 ⁷	10 ⁷ – 10 ⁸	10 ⁸ – 10 ⁹
VOCs	mg/l	<100	100 – 400	>400

Keterangan : Karakteristik Air Limbah Domestik di Amerika Serikat (Sumber : Canter, 1996)

Sumber: Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air.

Pemanfaatan Karbon Arang pada Pengolahan Air Limbah

Rancangan model teknologi instalasi pengolahan air limbah yang akan dijadikan obyek penelitian ini adalah dengan memanfaatkan material karbon arang untuk menyerap komponen pencemar yang terdapat dalam air limbah domestik. Arang merupakan residu berwarna hitam yang mengandung karbon tidak murni yang dihasilkan dengan menghilangkan kandungan uap air dan komponen volatile dari hewan atau tumbuhan. Arang umumnya diperoleh dengan memanaskan atau membakar kayu, gula, tulang, dan atau material lainnya. Karakteristik karbon arang berwarna kehitaman, ringan, getas, mudah hancur, dan meyerupai batu bara terdiri atas 85%

sampai 98% material karbon, sedangkan sisanya adalah abu atau material kimia lainnya.

Terdapat beberapa jenis karbon arang yang secara ekonomis dapat dimanfaatkan untuk menyerap komponen pencemar yang terdapat dalam air limbah domestik, berupa: minyak, lemak, busa sabun, dan protein. Hasil serapan minyak, lemak, busa sabun, dan protein pada karbon arang dapat meningkatkan daya bakar pada saat arang dimanfaatkan untuk membakar sesuatu, sehingga secara ekologis pemanfaatan karbon arang tersebut dapat meminimumkan dampak negatif dari air limbah terhadap lingkungan.

Beberapa jenis material karbon arang yang dapat digunakan pada proses penyerapan bahan pencemar air limbah dalam rancang bangun model instalasi pengolahan air limbah ini antara lain adalah:

1. Arang kayu; adalah karbon arang yang terbuat dari material dasar yaitu kayu. Arang kayu paling sering digunakan untuk keperluan memasak makanan dalam bentuk membakar makanan dengan karbon arang. Sedangkan penggunaan arang kayu untuk penelitian ini adalah berfungsi sebagai penyerap polutan pada sistem penjernihan air, dan meningkatkan derajat kesehatan lingkungan. Material kayu yang digunakan untuk dibuat karbon arang kayu adalah kayu yang dalam kondisi sehat, material kayu tidak membusuk dan atau kayu yang tidak tercemar material kimia seperti cat, dempul, vernis dan tidak mengandung bahan sintetis lainnya.
2. Arang dari material serbuk gergaji adalah karbon arang yang terbuat dari serbuk gergaji yang telah dibakar. Serbuk gergaji biasanya mudah diperoleh di tempat-tempat penggergajian atau tempat pengrajin kayu.

Serbuk gergaji adalah material sisa produksi yang jarang dimanfaatkan kembali oleh industri mebel. Harga material karbon arang dapat dikategorikan relatif murah, disamping dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar, juga karbon arang serbuk gergaji tidak jarang dimanfaatkan sebagai material campuran pupuk dan dapat pula diolah menjadi briket karbon arang.

3. Arang dari material sekam padi biasa digunakan sebagai material pupuk dan bahan baku briket karbon arang. Material sekam yang digunakan dapat dengan mudah diperoleh di tempat penggilingan padi, disamping dapat digunakan untuk memproduksi karbon arang, sekam padi juga sering dimanfaatkan sebagai material bekatul untuk pakan ternak. Karbon arang sekam tidak jarang dimanfaatkan sebagai material campuran pupuk dan media tanam di

persemaian. Kondisi ini dimungkinkan oleh karena material sekam padi memiliki kemampuan untuk menyerap dan menyimpan air sebagai cadangan makanan untuk tanaman.

4. Arang batok kelapa adalah karbon arang yang bersumber dari material tempurung kelapa. Pemanfaatan karbon arang batok kelapa ini termasuk cukup strategis sebagai bagian dari sektor ekonomi usaha kecil masyarakat. Secara umum material batok kelapa jarang dimanfaatkan masyarakat secara langsung untuk memenuhi kebutuhannya terhadap karbon arang. Selain dimanfaatkan dengan dibakar langsung, tempurung kelapa dapat dijadikan sbagai material untuk memproduksi briket karbon arang. Umumnya, tempurung kelapa yang akan dijadikan karbon arang harus bersumber dari material kelapa berusia tua, karena material bersifat lebih padat dan

kandungannya minimum dibandingkan dengan kelapa usia muda. Harga jual karbon arang tempurung kelapa relatif mahal dibanding material lainnya, karena kualitas daya bakarnya lebih tinggi.

5. Arang serasah adalah karbon arang yang terbuat dari serasah atau sampah dedaunan. Bila dibandingkan dengan material karbon arang lainnya, maka material serasah termasuk bahan yang paling mudah didapat. Arang serasah juga dapat dengan mudah diproduksi menjadi briket karbon arang, karena material karbon arangnya mudah dihancurkan atau dihaluskan.
6. Briket arang adalah arang yang terbuat dari material karbohidrat yang dihaluskan terlebih dahulu kemudian dicetak sesuai kebutuhan dengan campuran tepung kanji. Tujuan pembuatan briket arang adalah untuk meningkatkan daya bakar dan jangka waktu

bakar serta untuk menghemat biaya. Karbon arang yang sering dijadikan briket karbon arang diantaranya adalah karbon arang sekam, karbon arang serbuk gergaji, dan karbon arang serasah. Butiran karbon arang tersebut terlalu kecil untuk digunakan secara langsung dan akan cepat habis pada saat dibakar. Sehingga akan lebih efisien bila dirubah bentuknya menjadi briket karbon arang. Material arang tempurung kelapa lebih efisien dijadikan briket karbon arang pada kondisi arang tempurung yang telah remuk.

7. Arang kulit buah mahoni adalah karbon arang yang bersumber dari material kulit buah mahoni. Bila dilihat secara kasat mata, kulit buah mahoni memiliki tekstur yang keras dan padat. Karbon arang kulit buah mahoni diproduksi dan diproses menggunakan tungku drum, sama seperti proses pembuatan karbon arang kayu. Arang jenis ini juga dapat diolah

menjadi briket karbon arang, produk karbon arang yang dibuat dari material kulit buah mahoni juga memiliki kualitas daya bakar yang cukup baik. Jika dibakar hanya mengeluarkan sedikit asap. Nilai kalor yang dihasilkan saat dibakar sangat tinggi dan tahan lama sehingga bernilai ekonomis dan bernilai ekologis

Pemanfaatan kembali karbon arang yang telah menyerap minyak, lemak, busa sabun, dan protein pada air limbah yang diolah menggunakan model teknologi instalasi pengolahan air limbah, adalah; i) untuk membakar makanan pada kegiatan restoran atau warung makan, ii) sebagai media tanaman, iii) sebagai pupuk tanaman.

Pemanfaatan kembali karbon arang untuk membakar makanan pada berbagai kegiatan rumah tangga, industri

kuliner, rumah makan dan restoran adalah sebagai berikut.



Gambar 5.7. Arang Batok Kelapa untuk Bakar Sate



Gambar 5.8. Arang Kayu untuk Bakar Ikan

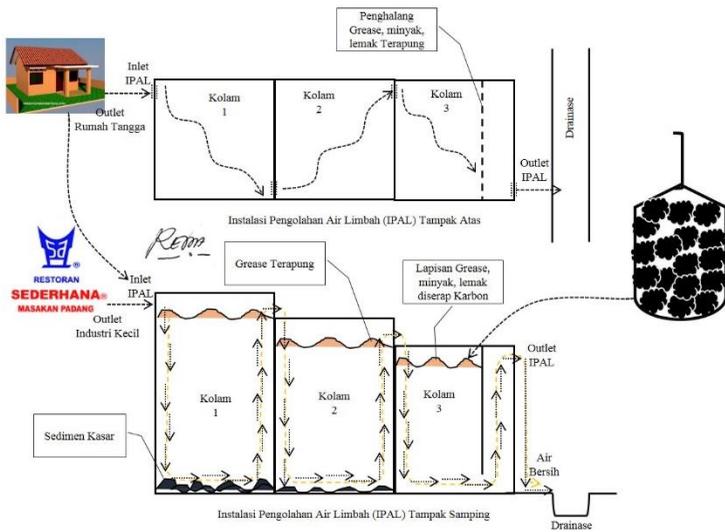


Gambar 5.9. Arang Kayu untuk Pembuatan Roti Canai

Pemanfaatan kembali karbon arang yang telah menyerap minyak, lemak, busa sabun, dan protein pada air limbah (pada saat karbon arang kering) sebagai bahan bakar yang memiliki energi tinggi dan bebas polutan untuk membakar makanan pada kegiatan rumah tangga, industri kuliner, restoran atau warung makan. Pemanfaatan karbon arang sebagai bagian material pengolah air limbah pada model teknologi IPAL mampu menghasilkan sebuah inovasi teknologi IPAL ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Rancangan Model Teknologi Pengolahan Air Limbah

Konsep rancangan model teknologi IPAL yang diajukan untuk mengatasi masalah air limbah domestic adalah sebagai berikut:



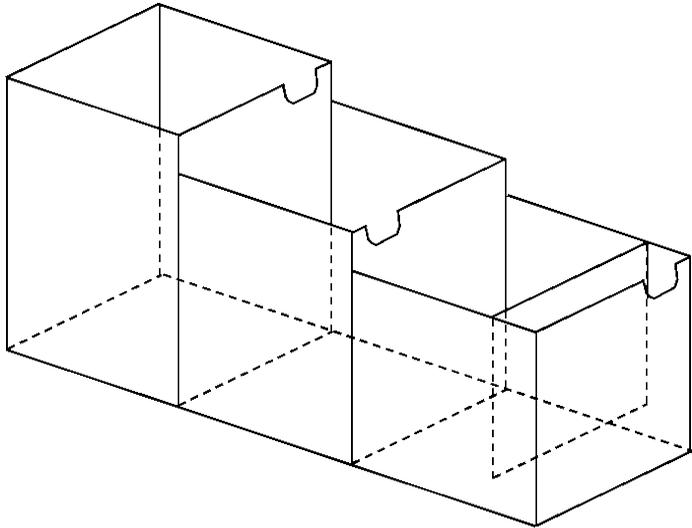
Gambar 5.10. Rancangan Model Teknologi IPAL

Air limbah dari sumbernya (*outlet*) dilalirkan ke dalam kolam-1; selanjutnya air dari kolam-1 dialirkan ke kolam-2; selanjutnya air dari kolam-2 dialirkan ke kolam-3. Pada kolam-1 terjadi proses pengendapan material air limbah yang massanya berat dan jatuh menumpuk di dasar kolam, sedangkan air limbah yang massanya lebih ringan pada batas maksimum isi kolam akan mengalir pada kolam-2. Pada kolam-2 terjadi proses pengendapan material air limbah yang massanya berat dan jatuh dan menumpuk di dasar kolam, sedangkan air limbah yang massanya lebih ringan pada batas maksimum isi kolam akan mengalir pada kolam-3. Pada kolam-3 terjadi penumpukan material air limbah yang memiliki massa lebih ringan dibanding massa air (material mengapung) di bagian paling atas batas maksimum isi kolam-3. Material apung yang terdapat di bagian atas air kolam-3 merupakan material limbah pencemar yang terdiri atas

material lemak, minyak, busa sabun, protein dan karbohidrat yang memiliki massa ringan. Pada kolam-3 dimasukkan material arang kayu/bamboo/batok kelapa, untuk selanjutnya arang kayu/bamboo/batok kelapa dikeringkan. Arang kayu/bamboo/batok kelapa jenuh lemak, minyak dan material apung lainnya dapat dimanfaatkan kembali (*reuse*) sebagai bahan bakar kegiatan *home industry*, seperti pemanggangan ikan, panggang roti, panggang ayam, sate dan lain sebagainya.

Pemanfaatan kembali karbon arang yang telah menyerap minyak, lemak, busa sabun, dan protein pada air limbah (pada saat karbon arang kering) sebagai bahan bakar yang memiliki energi tinggi dan bebas polutan untuk membakar makanan pada kegiatan restoran atau warung makan. Pemanfaatan karbon arang sebagai bagian material pengolah air limbah pada model teknologi IPAL

mampu menghasilkan sebuah inovasi teknologi IPAL ramah lingkungan dan berkelanjutan.



Gambar 5.11. Perspektif Model Teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah by Reda

Rancangan dimensi teknologi instalasi pengolahan air limbah didasarkan atas perkiraan rata-rata jumlah timbulan air limbah yang berasal dari kegiatan rumah tangga sebanyak 1.000 liter perhari adalah sebagai berikut:

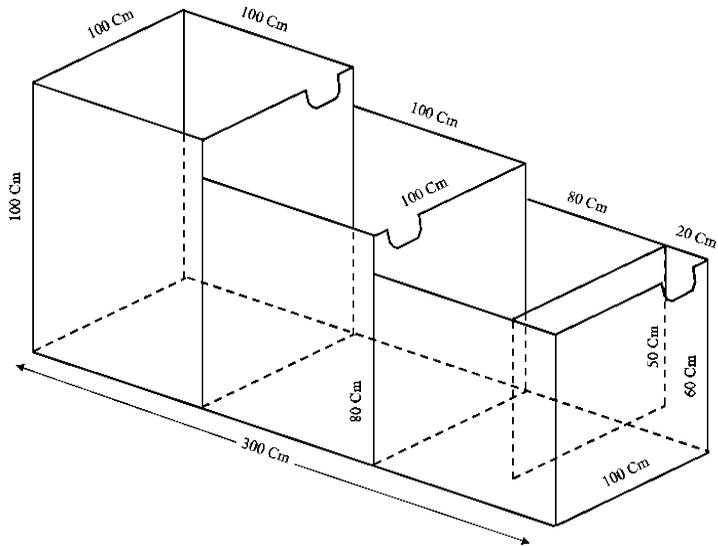
1. Kolam-1 berdimensi: panjang (p) * lebar (l) * tinggi (t) = 100 cm * 100 cm * 100 cm = 1.000.000 cm³ = 1.000 liter = 1 m³.
2. Kolam-2 berdimensi: p * l * t = 100 cm * 100 cm * 80 cm = 800.000 cm³ = 800 liter.
3. Kolam-3 berdimensi: p * l * t = 100 cm * 100 cm * 60 cm = 600.000 cm³ = 600 liter.

Debit air limbah = $Q = V * A$

$Q =$ Debit aliran (m³/det)

$V =$ Kecepatan aliran (m/det)

$A =$ luas penampang aliran (m²)

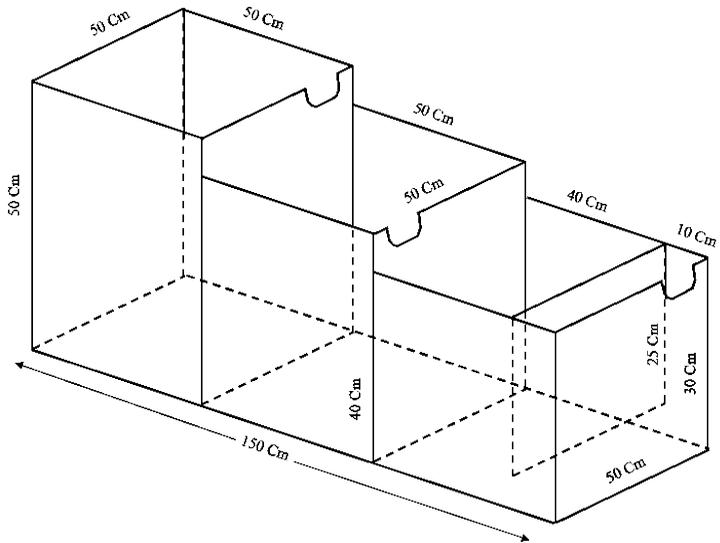


Gambar 5.12. Dimensi Model Teknologi IPAL
Kapasitas 2400 liter

Gambar perspektif model teknologi instalasi pengolahan air limbah tersebut di atas bila diimplementasikan dalam bentuk sesungguhnya, maka dibutuhkan ruang sebesar 3 m³ dengan daya tampung 2,4 m³ air limbah.

Pada asumsi diameter saluran *outlet* dari sumber air limbah rumah tangga berdiameter (A) = 10 cm², dan kecepatan aliran air limbah (V) = 0,05 m/detik, maka debit air limbah (Q) = 0,05 m/detik * 0,1 m² = 0,005 m³/detik. Air limbah pada kolam-1 akan penuh selama kurun waktu: 1 m³ / 0,05 m³/detik = 200 detik = 3,33 menit. Namun, secara faktual bahwa diameter saluran air dari outlet air limbah rumah tangga berdiameter (A) = 10 cm² tidak sepenuhnya terpakai, dan hanya sekitar 20% - 30% diameter saluran yang terpakai untuk menyalurkan air limbah, maka air limbah pada kolam-1 akan penuh selama kurun waktu: 100/20 * 3,33 menit = 15,15 menit.

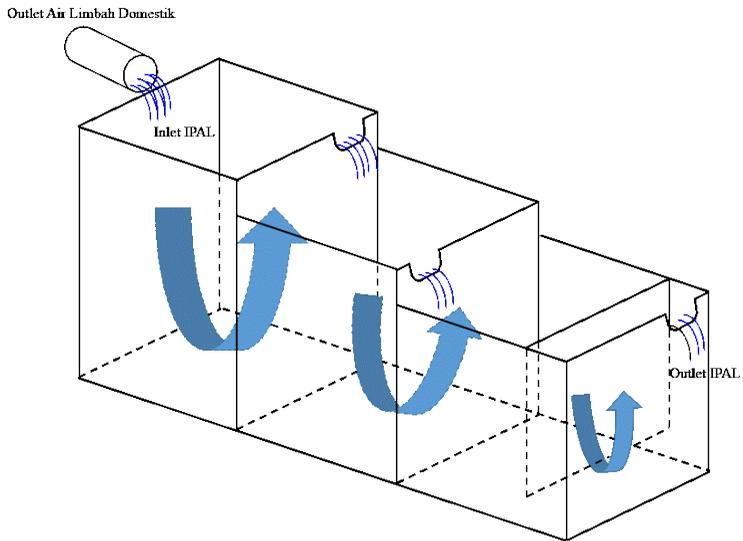
Dimensi IPAL pada Gambar 5.12 tersebut di atas direkomendasikan pemanfaatanya untuk pengolahan air limbah sumber kegiatan industri kecil dan industri rumah tangga seperti restoran dan warung makan.



Gambar 5.13. Dimensi Model Teknologi IPAL
Kapasitas 1200 liter

Gambar perspektif model teknologi instalasi pengolahan air limbah tersebut di atas bila diimplementasikan dalam bentuk sesungguhnya, maka dibutuhkan ruang sebesar $1,5 \text{ m}^3$ dengan daya tampung $1,2 \text{ m}^3$ air limbah. Dimensi IPAL pada Gambar 5.13 tersebut di atas direkomendasikan pemanfaatanya

untuk pengolahan air limbah sumber kegiatan rumah tangga dan warung makan.

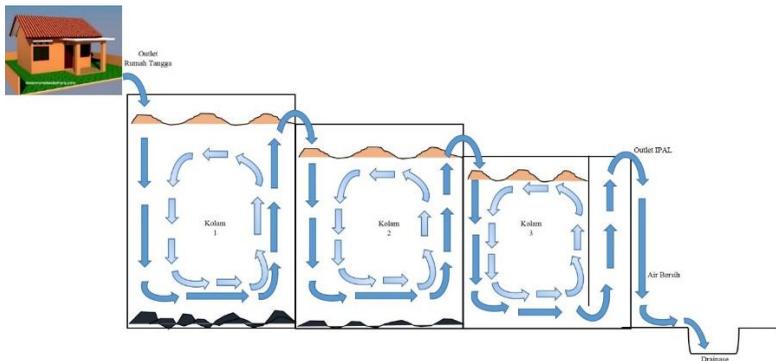


Gambar 5.14. Aliran Air Limbah pada Model Teknologi IPAL

Gambar aliran air limbah pada model teknologi IPAL tersebut di atas menjelaskan bahwa, air limbah dari

sumber kegiatan rumah tangga dialirkan pada kolam-1; pada kolam-1 ini air limbah bersirkulasi selama waktu penuhnya kolam dengan air limbah. Pada saat yang sama material dengan massa jenis lebih berat dari massa jenis air akan jatuh dan mengendap di dasar lantai kolam-1 sebagai lumpur atau *sludge*. Air limbah dengan berat massa jenisnya akan memenuhi kolam-1 akan melimpah masuk ke dalam kolam-2; pada kolam-2 ini air limbah bersirkulasi selama waktu penuhnya kolam dengan air limbah. Pada saat yang sama material dengan massa jenis lebih berat dari massa jenis air akan jatuh dan mengendap di dasar lantai kolam-2 sebagai lumpur yang besar molekulnya relatif kecil dibanding lumpur yang terdapat di kolam-1. Selanjutnya, air limbah yang memenuhi kolam-2 akan meluber masuk ke dalam kolam-3; pada kolam-3 ini air limbah bersirkulasi selama waktu penuhnya kolam dengan air limbah. Pada saat yang sama material dengan massa jenis lebih ringan dari massa jenis air akan mengapung dan terapung di permukaan kolam-3, sedangkan air

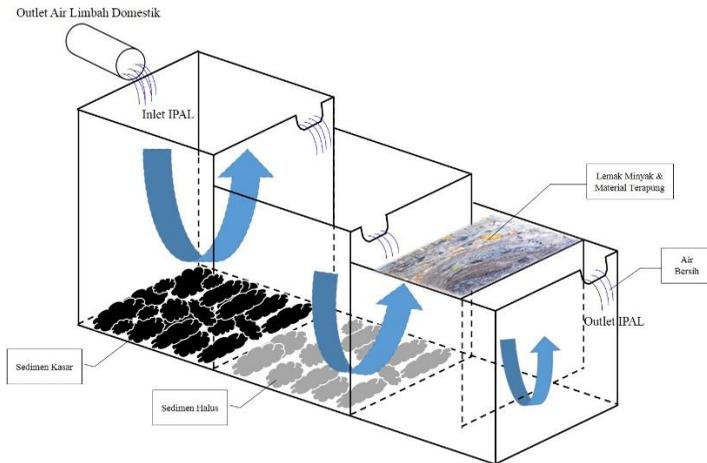
limbah selanjutnya akan meluber keluar kolam-3 menjadi air limbah yang telah memenuhi baku mutu air limbah yang diperbolehkan dilepas ke lingkungan sesuai peraturan yang berlaku.



Gambar 5.15. Tampak Samping Aliran Air Limbah pada Model Teknologi IPAL

Air limbah dari sumber kegiatan rumah tangga dialirkan pada kolam-1; pada kolam-1 ini air limbah bersirkulasi dan menumpuk selama waktu penuhnya kolam dengan air limbah. Pada saat yang sama material dengan massa jenis lebih berat dari massa jenis air akan jatuh dan mengendap di dasar lantai kolam-1 sebagai

pengendapan pencemar air (disebut lumpur atau *sludge*). Air limbah dengan berat massa jenisnya akan memenuhi kolam-1 akan melimpah masuk ke dalam kolam-2; pada kolam-2 ini air limbah bersirkulasi dan menumpuk selama waktu penuhnya kolam dengan air limbah. Pada saat yang sama material dengan massa jenis lebih berat dari massa jenis air akan jatuh dan mengendap di dasar lantai kolam-2 sebagai lumpur yang besar molekulnya relatif kecil dibanding lumpur yang terdapat di kolam-1. Selanjutnya, air limbah yang memenuhi kolam-2 akan meluber masuk ke dalam kolam-3; pada kolam-3 ini air limbah bersirkulasi dan menumpuk selama waktu penuhnya kolam dengan air limbah. Pada saat yang sama material dengan massa jenis lebih ringan dari massa jenis air akan mengapung dan terapung di permukaan kolam-3, sedangkan air limbah selanjutnya akan meluber keluar kolam-3 menjadi air limbah yang telah memenuhi baku mutu air limbah yang diperbolehkan dilepas ke lingkungan sesuai peraturan yang berlaku.

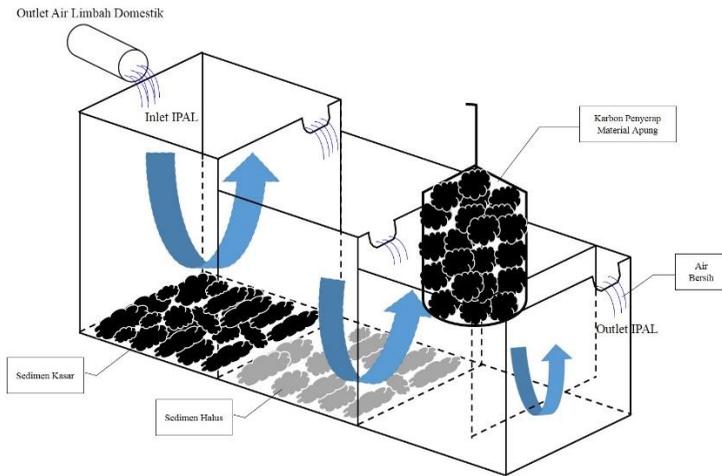


Gambar 5.16. Aliran Air Limbah dan Pengendapan Limbah pada Model Teknologi IPAL

Air limbah dari sumber kegiatan rumah tangga dialirkan pada kolam-1; pada kolam-1 ini air limbah bersirkulasi dan menumpuk selama waktu penuhnya kolam dengan air limbah. Pada saat yang sama material dengan massa jenis lebih berat dari massa jenis air akan jatuh dan mengendap di dasar lantai kolam-1 sebagai pengendapan pencemar air (disebut lumpur atau

sludge). Air limbah dengan berat massa jenisnya akan memenuhi kolam-1 akan melimpah masuk ke dalam kolam-2; pada kolam-2 ini air limbah bersirkulasi dan menumpuk selama waktu penuhnya kolam dengan air limbah. Pada saat yang sama material dengan massa jenis lebih berat dari massa jenis air akan jatuh dan mengendap di dasar lantai kolam-2 sebagai lumpur yang besar molekulnya relatif kecil dibanding lumpur yang terdapat di kolam-1. Selanjutnya, air limbah yang memenuhi kolam-2 akan meluber masuk ke dalam kolam-3; pada kolam-3 ini air limbah bersirkulasi dan menumpuk selama waktu penuhnya kolam dengan air limbah. Pada saat yang sama material dengan massa jenis lebih ringan dari massa jenis air akan mengapung dan terapung di permukaan kolam-3, sedangkan air limbah selanjutnya akan meluber keluar kolam-3 menjadi air limbah yang telah memenuhi baku mutu air limbah yang diperbolehkan dilepas ke lingkungan sesuai peraturan yang berlaku. Material apung pada kolam-3 diserap oleh sekumpulan karbon yang

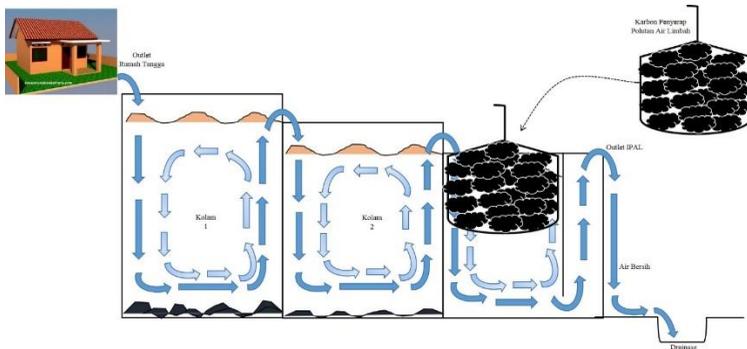
dimasukkan secara berkala (pada saat monitoring pengolahan limbah terlihat adanya material apung) sehingga seluruh material apung diserap oleh karbon pembersih air limbah.



Gambar 5.17. Proses pada Model Teknologi IPAL

Pemanfaatan karbon arang pada proses pengolahan air limbah pada model teknologi IPAL ini adalah sebagai

penyerap material apung yang terdapat di permukaan air limbah pada kolam-3 guna memisahkan material pencemar air dengan air limbah yang telah bersih keluar dari kolam-3. Pemanfaatan kembali arang yang telah menyerap minyak, lemak, busa sabun, dan protein pada air limbah yang diolah menggunakan teknologi instalasi pengolahan air limbah, adalah sebagai pupuk tanaman dan sebagai bahan untuk membakar makanan pada kegiatan restoran atau warung makan.



Gambar 5.18. Tampak Samping Proses Pengolahan Air Limbah pada IPAL

Air limbah dari sumber kegiatan rumah tangga dialirkan pada kolam-1; pada kolam-1 ini air limbah bersirkulasi dan menumpuk selama waktu penuhnya kolam dengan air limbah. Pada saat yang sama material dengan massa jenis lebih berat dari massa jenis air akan jatuh dan mengendap di dasar lantai kolam-1 sebagai pengendapan pencemar air (disebut lumpur atau *sludge*). Air limbah dengan berat massa jenisnya akan memenuhi kolam-1 akan melimpah masuk ke dalam kolam-2; pada kolam-2 ini air limbah bersirkulasi dan menumpuk selama waktu penuhnya kolam dengan air limbah. Pada saat yang sama material dengan massa jenis lebih berat dari massa jenis air akan jatuh dan mengendap di dasar lantai kolam-2 sebagai lumpur yang besar molekulnya relatif kecil dibanding lumpur yang terdapat di kolam-1. Selanjutnya, air limbah yang memenuhi kolam-2 akan meluber masuk ke dalam kolam-3; pada

kolam-3 ini air limbah bersirkulasi dan menumpuk selama waktu penuhnya kolam dengan air limbah. Pada saat yang sama material dengan massa jenis lebih ringan dari massa jenis air akan mengapung dan terapung di permukaan kolam-3, sedangkan air limbah selanjutnya akan meluber keluar kolam-3 menjadi air limbah yang telah memenuhi baku mutu air limbah yang diperbolehkan dilepas ke lingkungan sesuai peraturan yang berlaku. Material apung pada kolam-3 diserap oleh sekumpulan karbon yang dimasukkan secara berkala (pada saat monitoring pengolahan limbah terlihat adanya material apung) sehingga seluruh material apung diserap oleh karbon pembersih air limbah.

Model teknologi pengolahan air limbah yang dihasilkan dari penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh masyarakat untuk mengolah air limbah rumah tangga dan air limbah industri kecil atau industri rumahan warung makan dan industri

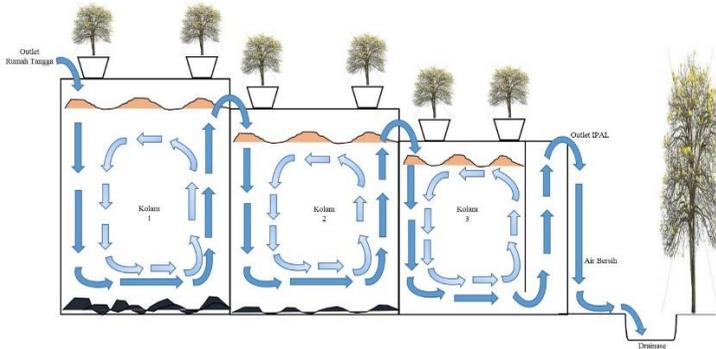
kecil lainnya yang menghasilkan air limbah dari kegiatannya.

Pemanfaatan kembali karbon arang yang telah menyerap minyak, lemak, busa sabun, dan protein pada air limbah (pada saat karbon arang kering) sebagai bahan bakar yang memiliki energi tinggi dan bebas polutan untuk membakar makanan pada kegiatan restoran atau warung makan.

Secara ekologis, manfaat karbon penyerap polutan air limbah adalah; i) dapat menjernihkan air limbah yang dilepas ke lingkungan perairan, ii) dapat dimanfaatkan sebagai material pupuk tanaman, iii) dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar panggang makanan (sate, ayam, ikan, dan lain sebagainya), iv) dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar lainnya. Sehingga dengan demikian maka; pemanfaatan karbon arang sebagai bagian material pengolah air limbah pada

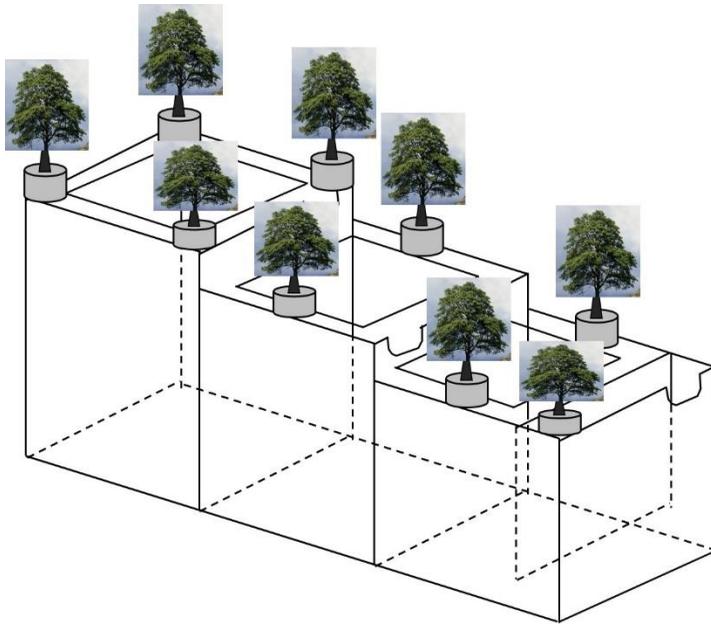
model teknologi IPAL mampu menghasilkan sebuah inovasi teknologi IPAL ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Untuk memperindah atau meningkatkan nilai estetika ekologi teknologi IPAL, dan agar lingkungan tidak tampak kumuh, maka dirancang penempatan beberapa pot pohon tanaman/tumbuhan di atas are sekitar kolam IPAL. Pohon tanaman/tumbuhan yang ditempatkan di atas dinding kolam dapat pula berfungsi sebagai penyerap polutan udara di sekitar teknologi IPAL sebagaimana diperlihatkan pada gambar berikut.



Gambar 5.19. Sketsa Rancangan Estetika Lingkungan Teknologi IPAL (Tampak Samping)

Penempatan pohon tanaman/tumbuhan di atas dinding kolam dapat meningkatkan nilai estetika dan ekologi lingkungan teknologi IPAL. Selain itu pula dedaunan dari pohon tanaman/tumbuhan akan berfungsi sebagai penyerap polutan udara di sekitar teknologi IPAL, sehingga dengan demikian maka teknologi IPAL hasil rancangan ini dapat dikategorikan sebagai teknologi ramah lingkungan dan berkelanjutan.



Gambar 5.20. Perspektif Rancangan Estetika Lingkungan Teknologi IPAL Ramah Lingkungan

Hasil rancangan model teknologi IPAL tersebut di atas tidak membutuhkan energi dalam operasionalnya, karena aliran air terjadi secara alamiah mengikuti hukum archimedes ataupun hukum grafitasi, sehingga memenuhi persyaratan sebagai teknologi ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Nilai Keekonomian Hasil Rancangan Model Teknologi IPAL

Nilai keekonomian suatu hasil rancangan model teknologi IPAL dapat diperkirakan dari beberapa aspek sebagai berikut:

1. Jenis material;
2. Jumlah material;
3. Besaran energi terpakai;
4. Model teknologi;
5. Lama/janga waktu pengerjaan/pembuatan;
6. Spasi ruang kebutuhan penempatan teknologi;
7. Harga produk teknologi saingan;
8. Kualitas produk teknologi yang dirancang/yang akan dihasilkan;
9. Teknologi ramah lingkungan.

Ditinjau dari jenis material yang akan digunakan untuk membuat model teknologi IPAL, maka diperoleh informasi harga produk model teknologi IPAL. Hasil survei terhadap harga material dan biaya pembuatan rancangan Model Teknologi IPAL di beberapa lokasi produsen adalah sebagai berikut:

1. Bahan Baku Beton Semen (Bata Merah):

- a. Bata merah 120 buah x Rp. 400,- = Rp. 48.000,-
- b. Semen 2 zak (40kg) x Rp. 68.000,- = Rp. 136.000,-
- c. Pasir 1/2 colt = Rp. 140.000,-
- d. Kawat ayakan 1 meter = Rp. 15.000,-
- e. Reng $\frac{3}{4}$ 1 batang = Rp. 24.000,-
- f. Jasa tukang 3 hari x Rp. 150.000,- = Rp. 450.000,-

- g. Total biaya (harga) = Rp.
830.000,-
2. Bahan Baku Beton Semen (Hebel Putih):
- a. Hebel 30 buah x Rp. 5.000,- = Rp.
150.000,-
- b. Mortar Utama (MU) 1 zak 20 kg = Rp.
100.000,-
- c. Semen 1 zak (40kg) x Rp. 68.000,- = Rp.
68.000,-
- d. Pasir 1/2 colt = Rp.
140.000,-
- e. Kawat ayakan 1 meter = Rp.
15.000,-
- f. Reng $\frac{3}{4}$ 1 batang = Rp.
24.000,-
- g. Jasa tukang 3 hari x Rp. 150.000,- = Rp.
450.000,-
- h. Total biaya (harga) = Rp.
947.000,-

3. Bahan Baku Fiber (ketebalan 5 cm):
- a. Tripleks 6 mm x 6 lembar x Rp.100.000,- =
Rp. 600.000,-
 - b. Kassa 3 x 4 (4 batang) x Rp. 30.000,- =
Rp. 100.000,-
 - c. Fiber glass 8 m² x Rp. 300.000,- =
Rp. 2.400.000,-
 - d. Poly urethane 4 set =
Rp. 400.000,-
 - e. Lem kayu + Paku =
Rp. 50.000,-
 - f. Jasa tukang =
Rp. 1.500.000,-
 - g. Total biaya (harga) =
Rp. 5.070.000,-
4. Bahan Baku Fiber (ketebalan 1,5 cm):
- a. Tripleks 12 mm x 3 lembar x Rp.200.000,- =
Rp. 600.000,-

- b. Fiber glass 8 m² x Rp. 300.000,- =
Rp. 2.400.000,-
 - c. Lem kayu + Paku =
Rp. 50.000,-
 - d. Jasa tukang =
Rp. 750.000,-
 - e. Total biaya (harga) =
Rp. 3.800.000,-
-
- 5. Bahan Baku Stainless Steel (ketebalan 1,5 mm, kualitas 201): Rp. 12.000.000,-
 - 6. Bahan Baku Stainless Steel (ketebalan 2 mm, kualitas 201): Rp. 14.000.000,-
 - 7. Bahan Baku Stainless Steel (ketebalan 1,5 mm, kualitas 304): Rp. 15.000.000,-
 - 8. Bahan Baku Stainless Steel (ketebalan 2 mm, kualitas 304): Rp. 17.000.000,-

Berdasarkan uraian biaya dan atau harga teknologi IPAL hasil rancangan dari 8 (delapan) varian jenis dan kualitas material, maka didapatkan nilai keekonomian pada model teknologi IPAL yang terbuat dari Bahan Baku Beton Semen (Bata Merah) seharga Rp. 830.000,-

BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

Model teknologi instalasi pengolahan air limbah yang dihasilkan dari penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh masyarakat untuk mengolah air limbah rumah tangga dan pengolahan air limbah industri kecil atau pengolahan air limbah industri rumahan warung makan dan industri kecil lainnya.

Rencana tahapan berikutnya adalah membuat prototype model teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan pembuatan Teknologi Tepat Guna IPAL.

Rencana penelitian pembuatan prototype prototype model teknologi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) akan dilaksanakan pada skema penelitian tahun berikutnya (tahun ke dua), dan rencana penelitian pembuatan Teknologi Tepat Guna IPAL akan dilaksanakan pada skema penelitian tahun berikutnya (tahun ke tiga).

BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN



Kesimpulan

Model teknologi instalasi pengolahan air limbah yang dihasilkan dari penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh masyarakat untuk mengolah air limbah rumah tangga dan air limbah industri kecil atau industri rumahan warung makan dan industri kecil lainnya yang menghasilkan air limbah dari kegiatannya.

Pemanfaatan karbon arang kayu atau arang batok kelapa ataupun arang dari material bambu pada proses pengolahan air limbah pada model teknologi IPAL ini adalah sebagai penyerap polutan air berupa material apung (lemak, minyak, busa sabun,

protein dan kotoran lainnya) yang terdapat di permukaan air limbah pada kolam-3, dan memisahkan material pencemar air dengan air limbah yang telah bersih keluar dari kolam-3. Pemanfaatan kembali karbon arang yang telah menyerap minyak, lemak, busa sabun, dan protein pada air limbah (pada saat karbon arang kering) sebagai bahan bakar yang memiliki energi tinggi dan bebas polutan untuk membakar makanan pada kegiatan restoran atau warung makan.

Secara ekologis, manfaat karbon penyerap polutan air limbah adalah; i) dapat menjernihkan air limbah yang dilepas ke lingkungan perairan, ii) dapat dimanfaatkan sebagai material pupuk tanaman, iii) dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar panggang makanan (sate, ayam, ikan, dan lain sebagainya), iv) dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar lainnya. Sehingga dengan demikian maka; pemanfaatan karbon arang sebagai bagian material

pengolah air limbah pada model teknologi IPAL mampu menghasilkan sebuah inovasi teknologi IPAL ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Pemanfaatan karbon arang sebagai bagian material pengolah air limbah pada model teknologi IPAL mampu menghasilkan sebuah inovasi teknologi IPAL yang ramah lingkungan dan teknologi IPAL berkelanjutan (*sustainable waste water treatment plan*).



Saran

Model teknologi pengolahan air limbah yang dihasilkan dari penelitian ini merekomendasikan penggunaan material arang karbon sebagai berikut:

1. Teknologi penyerap polutan pada IPAL menggunakan karbon arang dari material kayu bekas yang tidak mengandung polutan cat yang toksik.
2. Teknologi penyerap polutan pada IPAL menggunakan karbon arang dari material batok kelapa yang keberadaan sumber daya alam materialnya bersifat terbarukan (*renewable resources*).
3. Teknologi penyerap polutan pada IPAL menggunakan karbon arang dari material bamboo

yang keberadaan sumber daya alam materialnya bersifat baru dan terbarukan (*renewable resources*).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2010. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air.
- Franson, M.A.W. 1993. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. 17th. Ed. APHA, AWWH, WPCF USA, 1993.
- Kawahara, Yutaka. 2016. *Preparation of Bamboo-Based Carbonaceous Adsorbents for the Removal of Musty/Earthy Off-Odors and Vocs. International Journal of Water and Wastewater Treatment*. Volume: 2.4. 2016.
- Mark G Robson, William A Toscano. *Risk Assessment For Environmental Health*. John Wiley & Sons Inc, USA, 2007
- Nelson Leonard Nemerow, Avijit Dasgupta. *Industrial And Hazardous Waste Treatment*. Van Nostrand Reinhold, New York, 1988.

- Rizal, R. 2016. Manufaktur Berkelanjutan (*sustainable manufacturing*) Manufaktur Hijau (*green manufacturing*). Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta. ISBN 978-602-73114-2-8.
- Rizal, R. 2015. Analisis Kualitas Lingkungan. Penerbit Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta. ISBN 978-602-19087-6-1.
- Soewondo, P. 2009. Konsep Pengelolaan Limbah Cair Domestik. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung 2009.

Glosarium

Air limbah	Air limbah adalah sisa air bekas pakai dan/atau sisa air yang telah digunakan untuk suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud air.
Air bersih	Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila telah dimasak.
Air minum	Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan.
Baku mutu air limbah	Baku mutu air limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan atau kegiatan
Baku mutu air	Baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi, atau komponen yang ada atau harus ada dan atau

Entropy	<p>unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air.</p> <p><i>Entropy</i> adalah kerugian energy (kerugian panas) yang timbul akibat sesuatu kegiatan yang menggunakan material dan/atau energy yang kemudian <i>entropy</i> tersebut dilepas/terlepas ke lingkungan. <i>Entropy</i> yang timbul sebagai kerugian dapat berupa <i>material useless</i> (limbah) dan atau <i>energy lost (pollutant)</i>.</p>
Kualitas lingkungan hidup	<p>Kualitas lingkungan hidup adalah kondisi dan keadaan unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup, baik komponen biota maupun komponen abiotik yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan atau sesuai dengan standard mutu lingkungan. Lingkungan hidup yang berkualitas dicirikan oleh keadaan dan kondisi unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup yang saling berinteraksi (<i>interactive</i>), saling ketergantungan hidup satu sama lainnya (<i>interdependency</i>), hubungan antar unsur atau komponen lingkungan yang harmonis (<i>harmony</i>) selaras, berkemampuan untuk bertahan hidup dalam keberagaman (<i>diversity</i>), seluruh unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan melaksanakan tugas sesuai fungsinya masing-masing (<i>utility</i>), adanya arus</p>

	<p>informasi (<i>information</i>) yang dapat diperoleh dari kondisi lingkungan hidup untuk dapat dimanfaatkan sebagai ilmu pengetahuan, dan keadaan atau kondisi-kondisi ini harus diupayakan untuk dapat berlangsung secara berkelanjutan (<i>sustainability</i>).</p>
Kualitas lingkungan kimia-fisik	<p>Kualitas lingkungan kimia-fisik adalah kondisi dan keadaan unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan, khususnya komponen abiotik yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan atau sesuai dengan standard mutu lingkungan kimia-fisik.</p>
Kualitas lingkungan social-ekonomi-budaya	<p>Kualitas lingkungan social-ekonomi-budaya adalah kondisi dan keadaan unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan hidup, khususnya komponen social-ekonomi-budaya masyarakat yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.</p>
Kualitas lingkungan kesehatan masyarakat	<p>Kualitas lingkungan kesehatan masyarakat adalah kondisi dan keadaan unsur-unsur atau komponen-komponen lingkungan kehidupan masyarakat, khususnya komponen kesehatan masyarakat yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.</p>
Kesehatan masyarakat	<p>Kesehatan adalah keadaan sehat, baik secara fisik, mental, spritual maupun sosial yang memungkinkan setiap orang untuk hidup produktif secara sosial dan ekonomis.</p>

Kesehatan lingkungan	Kesehatan lingkungan adalah keadaan air, udara, tanah dan makhluk hidup lainnya yang ada di lingkungan hidup dalam keadaan sehat, baik secara fisik, kimiawi, biologi maupun sosial yang memungkinkan setiap orang dapat hidup produktif secara sosial dan ekonomis.
Kualitas air	Kualitas air yang baik adalah jumlah kadar zat, energi, dan/atau komponen lain yang ada di air memenuhi persyaratan kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya.
Limbah	Limbah adalah material sisa yang tidak dimanfaatkan secara sempurna oleh suatu kegiatan
Limbah cair	Limbah cair adalah semua material limbah berbentuk cairan.
Pencemaran air	Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya
Pengelolaan kualitas air	Pengelolaan kualitas air adalah upaya pemeliharaan air sehingga tercapai kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya untuk menjamin agar kualitas air tetap dalam kondisi alamiahnya.

Pengendalian pencemaran air	Pengendalian pencemaran air adalah upaya pencegahan dan penanggulangan pencemaran air serta pemulihan kualitas air untuk menjamin kualitas air agar sesuai dengan baku mutu air.
Mutu air	Mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metoda tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku. Kualitas Air harus memenuhi syarat kesehatan yang meliputi persyaratan mikrobiologi, Fisika, kimia, dan radioaktif
Penggolongan air menurut peruntukkannya ditetapkan sebagai:	Golongan A : Air yang dapat digunakan sebagai air minum secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu; Golongan B : Air yang dapat digunakan sebagai air baku air minum; Golongan C : Air yang dapat digunakan untuk keperluan perikanan dan peternakan; Golongan D : Air yang dapat digunakan untuk keperluan pertanian, dan dapat dimanfaatkan untuk usaha perkotaan, industri, pembangkit listrik tenaga air.

 **Indeks**

Analisis	3, 6, 38, 39, 45, 51, 116
Analisis	3, 7, 45, 51
Kualitatif	
Analisis	3, 7, 45, 51
Kuantitatif	
Air limbah	2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 37, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 110, 111, 112, 113, 114, 119, 120.
Ekologi	73, 79, 100, 101, 102, 112.
Ekosistem	1, 6, 7, 14, 18, 20, 21, 22, 26, 27, 29, 52, 66, 69, 72, 88, 108, 109, 110, 114, 115, 125, 126, 127.
Entropy	23, 54, 55, 58, 63, 74, 75, 78, 79, 80, 81, 82, 85, 86, 88, 91, 92, 107, 122, 124.
Hujan asam	66, 67.
Instalasi	1, 3, 6, 7, 37, 45, 52, 54, 73, 118, 120.
IPAL	1, 3, 4, 5, 6, 7, 18, 19, 28, 32, 37, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 81, 82, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 96, 97, 101, 102, 103, 104, 105, 109, 110, 111, 113, 114, 118, 120,

Kualitas lingkungan hidup	15, 16, 17, 23, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 46, 48, 53, 54, 58, 60, 61, 74, 75, 77, 78, 85, 89, 91, 92, 93, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 107, 111, 113, 115, 119, 120, 121, 123, 124, 126, 128, 130, 131, 132.
Kualitas udara	5, 37, 40, 41, 47, 48, 49, 88, 93, 95,
Kualitas air	35, 37, 40, 47, 48, 49, 67, 89, 100, 121, 128, 129, 130.
Baku mutu air	49, 130.
Limbah	2, 16, 22, 23, 46, 49, 58, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 75, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 87, 89, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 116, 120, 124, 125.
Limbah cair	22, 64, 65, 66, 80, 82, 87, 89.
Limbah padat	65, 66, 68, 80, 82, 83, 87, 89.
Limbah medis	82, 83.
Limbah gas	65, 66, 68, 80,
Lingkungan hidup	1, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 38, 41, 42, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 53, 54, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 66, 74, 79, 85, 89, 91, 92, 93, 96, 97, 100, 101, 103, 106, 107, 108, 111, 113, 116, 117, 119, 121, 123, 124, 125, 126, 128, 130, 131.
Limbah infeksius	81, 83, 142, 143.
Limbah bahan berbahaya dan beracun (limbah B3)	2, 65, 66, 83.

Lingkungan kimia-fisik	36, 37, 38, 103, 104.
Lingkungan biologi	36, 37, 41, 104.
Lingkungan social-ekonomi-budaya	36, 37, 42, 103, 104.
Kesehatan masyarakat	22, 23, 24, 25, 36, 45, 47, 66, 67, 74, 85, 87, 102, 103, 104, 105, 119, 120, 121, 125, 126, 132.
Kesehatan lingkungan	2, 9, 36, 37, 47, 66, 67, 74, 82, 87, 88, 102, 103, 104, 119, 121, 125, 128, 132.
Model Teknologi	1, 3, 6, 7, 37, 45, 52, 54, 73, 118, 120.
Pencemar; pencemaran	2, 3, 5, 6, 7, 23, 24, 25, 31, 48, 49, 50, 55, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 71, 73, 74, 79, 82, 93, 94, 95, 96, 102, 104, 106, 107, 109, 110, 111, 113, 119, 128, 129, 130.
Pengolahan Polutan	1, 3, 6, 7, 37, 45, 52, 54, 73, 118, 120. 23, 24, 56, 59, 63, 81, 86, 93.
Rancang bangun Sampah	1, 3, 6, 7, 37, 45, 52, 54, 73, 118, 120. 16, 65, 68, 71, 80, 82, 87, 88, 89, 100, 104, 107, 108, 110, 120.
Sumber daya alam	1, 2, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 20, 22, 23, 25, 38, 43, 44, 68, 116, 117.
Teknologi	1, 3, 4, 5, 6, 7, 18, 19, 28, 32, 37, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 81, 82, 84, 85, 87,

88, 89, 90, 91, 92, 94, 96, 97, 101, 102, 103,
104, 105, 109, 110, 111, 113, 114, 118, 120,
Waste water 6, 7, 19, 33, 55, 113, 116.
treatment

LAMPIRAN-1

Questionnaire Penelitian Rancang Bangun Model Teknologi IPAL

1. Lokasi Survei-1: Kabupaten Bogor (Kampung Legok Gaok, Desa Kedumangu, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor, Propinsi Jawa Barat).
2. Lokasi Survei-2: Kabupaten Tangerang (Desa Lontar, Kecamatan Kemiri, Kabupaten Tangerang Provinsi Banten).
3. Lokasi Survei-3: Kabupaten Bekasi (Desa Samudrajaya, Kecamatan Tarumajaya Kabupaten Bekasi, Propinsi Jawa Barat).

Pertanyaan:

1. Jumlah anggota keluarga (termasuk pembantu RT)/rumah = orang/rumah.
2. Luas lantai bangunan (termasuk rumah bertingkat) = (m²).

3. Luas tanah (lahan) tiap rumah (rumah tipe T/21) = (m^2).
4. Luas tanah (lahan) tidak tertutup beton/atap (Ruang Terbuka Hijau) = (m^2).

Pemakaian air bersih (yang akan menjadi air limbah domestic dan mengalir ke drainase/lingkungan):

5. Mencuci Gelas = ... (ml)
6. Mencuci Piring = ... (ml)
7. Mencuci Sendok/garpu = ... (ml)
8. Mencuci Perabot makan lainnya = ... (ml)
9. Mencuci Perabotan dapur/memasak (wajan, kuali, panci, majicjar, dll) = ... (ml).
10. Penggunaan air untuk mandi dan buang air kecil (satu kali mandi) = liter/orang.
11. Penggunaan air untuk berwudhu/per anggota keluarga; = liter/orang.
12. Penggunaan air untuk mencuci pakaian/sprei/sarung (rata-rata) per anggota keluarga = liter/orang.

Questionnaire Penelitian Rancang Bangun Model Teknologi IPAL

Data Lingkungan Fisika – Sosial:

No.	Pertanyaan											
1	Jumlah anggota keluarga (termasuk pembantu RT)/rumah = orang/rumah.											
2	Luas lantai bangunan (termasuk rumah bertingkat) = (m ²).											
3	Luas tanah (lahan) tiap rumah (rumah tipe T/21) = (m ²).											
4	Luas tanah (lahan) tidak tertutup beton/atap (Ruang Terbuka Hijau) = (m ²).											

Pemakaian air bersih (yang akan menjadi air limbah domestic dan mengalir ke drainase/lingkungan):

No.	Pertanyaan											
1	Mencuci Gelas = ... (ml)											
2	Mencuci Piring = ... (ml)											
3	Mencuci Sendok/garpu = ... (ml)											
4	Mencuci Perabot makan lainnya = ... (ml)											
5	Mencuci Perabotan dapur/memasak (wajan, kual, panci, majicjar, dll) = ... (ml).											
6	Penggunaan air untuk mandi dan buang air kecil (satu kali mandi) = ... liter/orang											
7	Penggunaan air untuk berwudhu/per anggota keluarga; liter/orang											

8	Penggunaan air untuk mencuci pakaian/sprei/sarung (rata-rata) per anggota keluarga = liter/orang.												
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

LAMPIRAN-2

Hasil Survei Lingkungan Fisika – Sosial (Kabupaten Bogor)

Data Lingkungan Fisika – Sosial:

No.	Pertanyaan	Responden Kampung Legok Gaok, Desa Kedumangu, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Jumlah anggota keluarga (termasuk pembantu RT)/rumah = orang/rumah.	5	1	5	7	4	4	4	4	2	7
2	Luas lantai bangunan (termasuk rumah bertingkat) = (m ²).	128	52	54	78	74	60	120	68	120	118
3	Luas tanah (lahan) tiap rumah (rumah tipe T/21) = (m ²).	136	82	82	82	82	82	82	82	82	82
4	Luas tanah (lahan) tidak tertutup beton/atap (Ruang Terbuka Hijau) = (m ²).	-	6	4	-	-	4	2	1	4	4

Data penggunaan air untuk mencuci perabotan/peralatan rumah tangga (rata-rata):

No.	Pertanyaan	Responden Kampung Legok Gaok, Desa Kedumangu, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Mencuci Gelas = ... (ml)	600	200	600	600	500	500	600	600	500	600
2	Mencuci Piring = ... (ml)	1200	600	1200	1400	1000	800	1000	1000	600	1000
2	Mencuci Sendok/garpu = ... (ml)	600	200	600	600	500	500	600	600	500	600
4	Mencuci Perabot makan lainnya = ... (ml)	1200	600	1000	1300	1200	1000	1200	1500	1000	1500

5	Mencuci Perabotan dapur/memasak (wajan, kuali, panci, majicjar, dll) = ... (ml).	3000	2000	3000	3000	3000	2000	2500	3000	2000	3000
6	Penggunaan air untuk mandi dan buang air kecil (satu kali mandi) = ... liter/orang	60	40	50	50	40	40	50	60	40	50
7	Penggunaan air untuk berwudhu/per anggota keluarga; liter/orang	4	4	5	4	4	3	4	4	3	5
8	Penggunaan air untuk mencuci pakaian/sprei/sarung (rata-rata) per anggota keluarga = liter/orang.	30	20	40	40	50	40	30	40	30	50

Data Lingkungan Fisika – Sosial:

No.	Pertanyaan	Responden Kampung Legok Gaok, Desa Kedumangu, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Jumlah anggota keluarga (termasuk pembantu RT)/rumah = orang/rumah.	4	7	4	5	2	4	1	5	4	7
2	Luas lantai bangunan (termasuk rumah bertingkat) = ... (m ²).	68	118	120	128	120	60	52	54	74	78
3	Luas tanah (lahan) tiap rumah (rumah tipe T/21) = ... (m ²).	82	82	82	136	82	82	82	82	82	82
4	Luas tanah (lahan) tidak tertutup beton/atap (Ruang Terbuka Hijau) = (m ²).	1	4	2	-	4	4	6	4	-	-

Data penggunaan air untuk mencuci perabotan/peralatan rumah tangga (rata-rata):

No.	Pertanyaan	Responden Kampung Legok Gaok, Desa Kedumangu, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Mencuci Gelas = ... (ml)	700	600	600	600	500	500	300	600	600	600
2	Mencuci Piring = ... (ml)	1000	1000	1000	1200	600	800	600	1200	1000	1400
2	Mencuci Sendok/garpu = ... (ml)	600	600	600	600	500	500	300	600	500	600
4	Mencuci Perabot makan lainnya = ... (ml)	1500	1500	1200	1200	1000	1000	600	1000	1200	1300
5	Mencuci Perabotan dapur/memasak (wajan, kuali, panci, majicjar, dll) = ... (ml).	3000	3000	2500	3000	2000	2000	2000	3000	3000	3000
6	Penggunaan air untuk mandi dan buang air kecil (satu kali mandi) = ... liter/orang	60	50	50	60	40	40	40	50	40	50
7	Penggunaan air untuk berwudhu/per anggota keluarga; liter/orang	4	5	4	4	3	3	3	5	4	4
8	Penggunaan air untuk mencuci pakaian/sprei/sarung (rata-rata) per anggota keluarga = liter/orang.	40	50	30	30	30	40	25	40	40	40

Data Lingkungan Fisika – Sosial:

No.	Pertanyaan	Responden Kampung Legok Gaok, Desa Kedumangu, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

1	Jumlah anggota keluarga (termasuk pembantu RT)/rumah = orang/rumah.	5	1	5	7	4	4	4	4	2	7
2	Luas lantai bangunan (termasuk rumah bertingkat) = (m ²).	128	52	54	78	74	60	120	68	120	118
3	Luas tanah (lahan) tiap rumah (rumah tipe T/21) = (m ²).	136	82	82	82	82	82	82	82	82	82
4	Luas tanah (lahan) tidak tertutup beton/atap (Ruang Terbuka Hijau) = (m ²).	-	6	4	-	-	4	2	1	4	4

Data penggunaan air untuk mencuci perabotan/peralatan rumah tangga (rata-rata):

No.	Pertanyaan	Responden Kampung Legok Gaok, Desa Kedumangu, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Mencuci Gelas = ... (ml)	600	200	600	600	500	500	600	600	500	600
2	Mencuci Piring = ... (ml)	1200	600	1200	1400	1000	800	1000	1000	600	1000
2	Mencuci Sendok/garpu = ... (ml)	600	200	600	600	500	500	600	600	500	600
4	Mencuci Perabot makan lainnya = ... (ml)	1200	600	1000	1300	1200	1000	1200	1500	1000	1500
5	Mencuci Perabotan dapur/memasak (wajan, kual, panic, majicjar, dll) = ... (ml).	3000	2000	3000	3000	3000	2000	2500	3000	2000	3000
6	Penggunaan air untuk mandi dan buang air kecil (satu kali mandi) = ... liter/orang	60	40	50	50	40	40	50	60	40	50
7	Penggunaan air untuk berwudhu/per anggota keluarga; liter/orang	4	4	5	4	4	3	4	4	3	5

8	Penggunaan air untuk mencuci pakaian/sprei/sarung (rata-rata) per anggota keluarga = liter/orang.	30	20	40	40	50	40	30	40	30	50
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Hasil Survei Lingkungan Fisika – Sosial (Kabupaten Tangerang)

Data Lingkungan Fisika – Sosial:

No.	Pertanyaan	Responden Desa Lontar, Kecamatan Kemiri, Kabupaten Tangerang									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Jumlah anggota keluarga (termasuk pembantu RT)/rumah = orang/rumah.	3	2	4	4	5	4	3	2	4	7
2	Luas lantai bangunan (termasuk rumah bertingkat) = (m ²).	70	114	107	80	110	50	96	80	60	116
3	Luas tanah (lahan) tiap rumah (rumah tipe T/21) = (m ²).	76	60	60	100	60	60	60	1000	60	60
4	Luas tanah (lahan) tidak tertutup beton/atap (Ruang Terbuka Hijau) = (m ²).	-	4	3	-	-	6	-	5	-	4

Data penggunaan air untuk mencuci perabotan/peralatan rumah tangga (rata-rata):

No.	Pertanyaan	Responden Desa Lontar, Kecamatan Kemiri, Kabupaten Tangerang									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Mencuci Gelas = ... (ml)	600	500	800	600	900	700	600	600	500	600
2	Mencuci Piring = ... (ml)	1000	800	1000	1200	1000	1200	1000	1000	1000	1200
3	Mencuci Sendok/garpu = ... (ml)	500	500	400	600	600	600	500	500	500	600

4	Mencuci Perabot makan lainnya = ... (ml)	1200	1000	1500	1200	1500	1000	1200	1200	1000	1200
5	Mencuci Perabotan dapur/memasak (wajan, kual, panic, majicjar, dll) = ... (ml).	2500	2000	3000	3000	2500	3000	2500	3000	2000	3000
6	Penggunaan air untuk mandi dan buang air kecil (satu kali mandi) = ... liter/orang	40	40	50	40	40	50	50	40	35	40
7	Penggunaan air untuk berwudhu/per anggota keluarga; liter/orang	6	5	4	4	4	5	5	4	3	6
8	Penggunaan air untuk mencuci pakaian/sprei/sarung (rata-rata) per anggota keluarga = liter/orang.	40	25	40	30	40	40	40	30	25	50

Data Lingkungan Fisika – Sosial:

No.	Pertanyaan	Responden Desa Lontar, Kecamatan Kemiri, Kabupaten Tangerang									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Jumlah anggota keluarga (termasuk pembantu RT)/rumah = orang/rumah.	4	2	4	4	3	4	7	3	2	5
2	Luas lantai bangunan (termasuk rumah bertingkat) = ... (m ²).	80	80	60	50	70	107	116	96	114	110
3	Luas tanah (lahan) tiap rumah (rumah tipe T/21) = (m ²).	100	100	60	60	76	60	60	60	60	60
4	Luas tanah (lahan) tidak tertutup beton/atap (Ruang Terbuka Hijau) = (m ²).	-	5	-	6	-	3	4	-	4	-

Data penggunaan air untuk mencuci perabotan/peralatan rumah tangga (rata-rata):

No.	Pertanyaan	Responden Desa Lontar, Kecamatan Kemiri, Kabupaten Tangerang									
-----	------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Mencuci Gelas = ... (ml)	600	600	500	700	600	800	600	600	500	500
2	Mencuci Piring = ... (ml)	1200	1000	1200	1200	1000	1000	1500	1000	800	1000
3	Mencuci Sendok/garpu = ... (ml)	600	500	600	600	500	400	600	500	500	600
4	Mencuci Perabot makan lainnya = ... (ml)	1200	1200	1000	1000	1200	1500	1200	1200	1000	1500
5	Mencuci Perabotan dapur/memasak (wajan, kual, panic, majicjar, dll) = ... (ml).	3000	3000	2000	3000	2500	3000	3000	2500	2000	3500
6	Penggunaan air untuk mandi dan buang air kecil (satu kali mandi) = ... liter/orang	40	40	35	50	40	50	40	50	40	4
7	Penggunaan air untuk berwudhu/per anggota keluarga; liter/orang	4	4	3	5	6	4	6	5	5	4
8	Penggunaan air untuk mencuci pakaian/sprei/sarung (rata-rata) per anggota keluarga = liter/orang.	30	30	25	40	40	40	50	40	25	40

Data Lingkungan Fisika – Sosial:

No.	Pertanyaan	Responden Desa Lontar, Kecamatan Kemiri, Kabupaten Tangerang									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Jumlah anggota keluarga (termasuk pembantu RT)/rumah = orang/rumah.	3	2	4	4	5	4	3	2	4	7
2	Luas lantai bangunan (termasuk rumah bertingkat) = ... (m ²).	70	114	107	80	110	50	96	80	60	116
3	Luas tanah (lahan) tiap rumah (rumah tipe T/21) = ... (m ²).	76	60	60	100	60	60	60	1000	60	60

4	Luas tanah (lahan) tidak tertutup beton/atap (Ruang Terbuka Hijau) = (m ²).	-	4	3	-	-	6	-	5	-	4
---	--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Data penggunaan air untuk mencuci perabotan/peralatan rumah tangga (rata-rata):

No.	Pertanyaan	Responden Desa Lontar, Kecamatan Kemiri, Kabupaten Tangerang									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Mencuci Gelas = ... (ml)	600	500	800	600	900	700	600	600	500	600
2	Mencuci Piring = ... (ml)	1000	800	1000	1200	1000	1200	1000	1000	1000	1200
3	Mencuci Sendok/garpu = ... (ml)	500	500	400	600	600	600	500	500	500	600
4	Mencuci Perabot makan lainnya = ... (ml)	1200	1000	1500	1200	1500	1000	1200	1200	1000	1200
5	Mencuci Perabotan dapur/memasak (wajan, kual, panik, majicjar, dll) = ... (ml).	2500	2000	3000	3000	2500	3000	2500	3000	2000	3000
6	Penggunaan air untuk mandi dan buang air kecil (satu kali mandi) = ... liter/orang	40	40	50	40	40	50	50	40	35	40
7	Penggunaan air untuk berwudhu/per anggota keluarga; liter/orang	6	5	4	4	4	5	5	4	3	6
8	Penggunaan air untuk mencuci pakaian/sprei/sarung (rata-rata) per anggota keluarga = liter/orang.	40	25	40	30	40	40	40	30	25	50

Hasil Survei Lingkungan Fisika – Sosial (Kabupaten Bekasi)

Data Lingkungan Fisika – Sosial:

No.	Pertanyaan	Responden Desa Samudrajaya, Kecamatan Tarumajaya Kabupaten Bekasi									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Jumlah anggota keluarga (termasuk pembantu RT)/rumah = orang/rumah.	4	3	2	4	3	2	4	3	4	5
2	Luas lantai bangunan (termasuk rumah bertingkat) = (m ²).	76	48	50	69	45	50	86	74	90	78
3	Luas tanah (lahan) tiap rumah (rumah tipe T/21) = (m ²).	82	60	60	60	60	60	60	60	60	82
4	Luas tanah (lahan) tidak tertutup beton/atap (Ruang Terbuka Hijau) = (m ²).	2	-	2,5	1,5	1	-	1	-	1	1

Data penggunaan air untuk mencuci perabotan/peralatan rumah tangga (rata-rata):

No.	Pertanyaan	Responden Desa Samudrajaya, Kecamatan Tarumajaya Kabupaten Bekasi									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Mencuci Gelas = ... (ml)	600	600	500	600	600	400	600	500	600	700
2	Mencuci Piring = ... (ml)	700	800	700	900	800	600	700	800	700	900
3	Mencuci Sendok/garpu = ... (ml)	600	600	500	600	600	400	600	500	500	600
4	Mencuci Perabot makan lainnya = ... (ml)	1300	1000	1000	1300	1200	1000	1200	1200	1200	1400

5	Mencuci Perabotan dapur/memasak (wajan, kuali, panci, majicjar, dll) = ... (ml).	1300	1000	1000	1500	1400	1200	1300	1200	1200	1400
6	Penggunaan air untuk mandi dan buang air kecil (satu kali mandi) = ... liter/orang	50	38	40	50	40	40	50	38	40	50
7	Penggunaan air untuk berwudhu/per anggota keluarga; liter/orang	4	3	4	4	3	3	4	3	4	4
8	Penggunaan air untuk mencuci pakaian/sprei/sarung (rata-rata) per anggota keluarga = liter/orang.	45	30	40	40	40	40	40	40	40	40

Data Lingkungan Fisika – Sosial:

No.	Pertanyaan	Responden Desa Samudrajaya, Kecamatan Tarumajaya Kabupaten Bekasi									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Jumlah anggota keluarga (termasuk pembantu RT)/rumah = orang/rumah.	2	3	4	3	5	4	3	2	4	4
2	Luas lantai bangunan (termasuk rumah bertingkat) = (m ²).	50	45	69	74	78	90	48	50	86	76
3	Luas tanah (lahan) tiap rumah (rumah tipe T/21) = (m ²).	60	60	60	60	82	60	60	60	60	82
4	Luas tanah (lahan) tidak tertutup beton/atap (Ruang Terbuka Hijau) = (m ²).	-	1	1,5	-	1	1	-	2,5	1	2

Data penggunaan air untuk mencuci perabotan/peralatan rumah tangga (rata-rata):

No.	Pertanyaan	Responden Desa Samudrajaya, Kecamatan Tarumajaya Kabupaten Bekasi									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

1	Mencuci Gelas = ... (ml)	400	600	600	500	700	600	600	500	600	600
2	Mencuci Piring = ... (ml)	600	800	900	800	900	700	800	700	700	700
3	Mencuci Sendok/garpu = ... (ml)	400	600	600	500	600	500	600	500	500	600
4	Mencuci Perabot makan lainnya = ... (ml)	1000	1200	1300	1200	1400	1200	1000	1000	1200	1300
5	Mencuci Perabotan dapur/memasak (wajan, kual, panic, majicjar, dll) = ... (ml).	1200	1400	1500	1200	1400	1200	1000	1200	1300	1300
6	Penggunaan air untuk mandi dan buang air kecil (satu kali mandi) = ... liter/orang	40	40	50	38	50	40	38	40	50	50
7	Penggunaan air untuk berwudhu/per anggota keluarga; liter/orang	3	4	4	3	4	4	3	4	4	4
8	Penggunaan air untuk mencuci pakaian/sprei/sarung (rata-rata) per anggota keluarga = liter/orang.	40	40	40	40	40	40	30	40	40	45

Data Lingkungan Fisika – Sosial:

No.	Pertanyaan	Responden Desa Samudrajaya, Kecamatan Tarumajaya Kabupaten Bekasi									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Jumlah anggota keluarga (termasuk pembantu RT)/rumah = orang/rumah.	4	3	2	4	3	2	4	3	4	5
2	Luas lantai bangunan (termasuk rumah bertingkat) = (m ²).	76	48	50	69	45	50	86	74	90	78
3	Luas tanah (lahan) tiap rumah (rumah tipe T/21) = (m ²).	82	60	60	60	60	60	60	60	60	82

4	Luas tanah (lahan) tidak tertutup beton/atap (Ruang Terbuka Hijau) = (m ²).	2	-	2,5	1,5	1	-	1	-	1	1
---	--	---	---	-----	-----	---	---	---	---	---	---

Data penggunaan air untuk mencuci perabotan/peralatan rumah tangga (rata-rata):

No.	Pertanyaan	Responden Desa Samudrajaya, Kecamatan Tarumajaya Kabupaten Bekasi									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Mencuci Gelas = ... (ml)	600	600	500	600	600	400	600	500	600	700
2	Mencuci Piring = ... (ml)	700	800	700	900	800	600	700	800	700	900
3	Mencuci Sendok/garpu = ... (ml)	600	600	500	600	600	400	600	500	500	600
4	Mencuci Perabot makan lainnya = ... (ml)	1300	1000	1000	1300	1200	1000	1200	1200	1200	1400
5	Mencuci Perabotan dapur/memasak (wajan, kual, panic, majicjar, dll) = ... (ml).	1300	1000	1000	1500	1400	1200	1300	1200	1200	1400
6	Penggunaan air untuk mandi dan buang air kecil (satu kali mandi) = ... liter/orang	50	38	40	50	40	40	50	38	40	50
7	Penggunaan air untuk berwudhu/per anggota keluarga; liter/orang	4	3	4	4	3	3	4	3	4	4
8	Penggunaan air untuk mencuci pakaian/sprei/sarung (rata-rata) per anggota keluarga = liter/orang.	45	30	40	40	40	40	40	40	40	40