

TUGAS AKHIR - RE184804

KAJIAN PENERAPAN HIDROPONIK DALAM MENGOLAH EFLUEN *ANAEROBIC BAFFLE REACTOR* (ABR)

AINA SALSABILA

NRP. 03211840000113

Dosen Pembimbing

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.

NIP. 19650317 199102 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya



KAJIAN PENERAPAN HIDROPONIK DALAM MENGOLAH EFLUEN *ANAEROBIC BAFFLE REACTOR* (ABR)

AINA SALSABILA

NRP. 03211840000113

Dosen Pembimbing

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.

NIP. 19650317 199102 1 001

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



STUDY OF THE APPLICATION OF HYDROPONICS IN PROCESSING ANAEROBIC BAFFLED REACTOR (ABR) EFFLUENT

AINA SALSABILA

NRP.03211840000113

Advisor

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.

NIP. 19650317 199102 1 001

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Faculty of Civil Engineering, Planning, and Geo Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN PENERAPAN HIDROPONIK DALAM MENGOLAH EFLUEN ANAEROBIC BAFFLE REACTOR (ABR)

TUGAS AKHIR


Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : AINA SALSABILA

NRP. 03211840000113


Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.
2. Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc.
3. Dr. Ali Masduqi, ST., MT.
4. Prof.Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es, Ph.D


Pembimbing


Penguji


Penguji


Penguji

SURABAYA

Juli, 2022

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Aina Salsabila / 03211840000113
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing / NIP : Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng. /
NIP.196503171991021001

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Kajian Penerapan Hidroponik dalam Mengolah Efluen *Anaerobic Baffle Reactor* (ABR)” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 20 Juli 2022

Mengetahui
Dosen Pembimbing

Mahasiswa



(Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.)
NIP. 196503171991021001

(Aina Salsabila)
NRP. 03211840000113

KAJIAN PENERAPAN HIDROPONIK DALAM MENGOLAH EFLUEN ANAEROBIC BAFFLE REACTOR (ABR)

Nama Mahasiswa / NRP : Aina Salsabila / 03211840000113
Departemen : Teknik Lingkungan FT-SPK ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.

Abstrak

Sebagian besar IPAL Komunal dibangun menggunakan sistem *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR). Sistem ABR mampu menyisihkan parameter BOD dan TSS yg memenuhi standar baku mutu. Namun beberapa kajian literatur tentang evaluasi kinerja ABR masih ditemukan beberapa parameter terutama amoniak yang belum memenuhi standar baku mutu dan fosfat yang masih tinggi. Dengan demikian masih diperlukan sistem pengolahan lanjutan dari efluen ABR hingga memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Tujuan dari kajian literatur ini adalah mengkaji pustaka terkait konsep penerapan hidroponik dalam pengolahan efluen Anaerobic Baffled Reactor (ABR), mengkaji perbandingan efisiensi tanaman dalam menyerap unsur nitrogen dan fosfor dalam pengolahan efluen ABR, dan merancang penerapan sistem hidroponik yang sesuai dalam mengolah efluen ABR.

Salah satu alternatif dalam mengolah efluen ABR adalah dengan sistem hidroponik. Penerapan hidroponik dalam mengolah efluen ABR pada IPAL komunal ini berpotensi memiliki harapan untuk pengolahan air limbah lanjutan terutama mereduksi kandungan amonia lebih efisien dengan kebutuhan lahan kecil. Dalam hal ini efluen ABR diimplementasikan sebagai nutrisi tanaman pada konsep hidroponik. Kajian literatur ini mengkaji tentang penerapan hidroponik terkait dengan jenis tanaman, media, dan kinerja sistem hidroponik dalam pengolahan limbah komunal menggunakan sisten ABR. Selanjutnya dilakukan kajian terkait desain hidroponik dalam mengolah efluen ABR dan dilakukan simulasi perhitungan kebutuhan tumbuhan dan luas lahan dari jenis hidroponik, media, dan persen removal terpilih.

Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penerapan hidroponik sangat potensial dalam mereduksi kandungan nitrogen dan fosfor sebagai nutrisi bagi tanaman. Beberapa tanaman seperti selada, kangkung dan tomat merupakan tanaman yang baik dalam menyisihkan kandungan nitrogen dan fosfor dalam efluen ABR hingga 80% untuk N dan 77 % untuk P. Hasil dari beberapa penelitian mendapatkan bahwa tanaman selada memberikan respon % penyisihan N dan P yang cukup tinggi dibandingkan tanaman lain. Simulasi desain hidroponik untuk menurunkan polutan N dan P yaitu menggunakan tanaman selada dengan laju alir 1,0 L/menit, daya serap tanaman 1,5 mg/L/tanaman, masa panen 30 hari. Untuk tujuan mengolah efluen ABR dengan target penyisihan N dan P secara maksimal, maka diperlukan jumlah tanaman selada (*Lactuca sativa L.*) sebanyak 2000 tanaman dengan volume tanki 100 L. Apabila digunakan unit hidroponik dengan panjang pipa 4m, dan 78 lubang tanaman maka unit hidroponik yang dibutuhkan adalah 26 unit reaktor hidroponik.

Kata Kunci : *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR), efluen ABR, sistem Hidroponik, hortikultura

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

STUDY OF THE APPLICATION OF HYDROPONICS IN PROCESSING ANAEROBIC BAFFLED REACTOR (ABR) EFFLUENT

Nama Mahasiswa / NRP : Aina Salsabila / 03211840000113
Departemen : Teknik Lingkungan FT-SPK - ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.

Abstract

Most Communal WWTP are built using *anaerobic baffled reactor* (ABR) systems. The ABR system can set aside BOD and TSS parameters that meet quality standards. However, several literature studies on the evaluation of ABR performance still found several parameters, especially ammonia, which did not meet the high standards of quality and phosphate standards. Thus, an advanced processing system from ABR effluents is still needed to meet the required quality standards. The purpose of this literature review is to examine the literature related to the concept of hydroponic application in an anaerobic baffled reactor (ABR) effluent processing, examine the comparison of plant efficiency in absorbing nitrogen and phosphorus elements in ABR effluent processing, and design the application of an appropriate hydroponic system in processing ABR effluent.

One alternative for processing ABR effluents is a hydroponic system. The application of hydroponics in processing ABR effluents in communal WWTP has the potential to have hopes for further wastewater treatment, especially reducing ammonia content more efficiently with small land needs. In this case, ABR effluent is implemented as a plant nutrient on the concept of hydroponics. This literature review examines the application of hydroponics related to plant types, media, and hydroponic system performance in communal waste treatment using ABR systems. Furthermore, studies were carried out related to hydroponic design in processing ABR effluents, and a simulation was carried out to calculate plant needs and land area from hydroponic types, media, and selected removal percent.

Based on the literature review that has been carried out, it can be concluded that the application of hydroponics has the potential to reduce the content of nitrogen and phosphorus as nutrients for plants. Some plants such as lettuce, kale, and tomatoes are good plants in setting aside nitrogen and phosphorus content in Effluent ABR up to 80% for N and 77% for P. Results from several studies found that lettuce plants responded to a fairly high % of N and P removal compared to other plants. Hydroponic design simulation to reduce N and P pollutants using lettuce plants with a flow rate of 1.0 L / minute, plant absorption capacity of 1.5 mg / L / plant, and a harvest period of 30 days. For processing ABR effluents with a maximum N and P elimination target, a total of 2000 lettuce plants (*Lactuca sativa L.*) with a tank volume of 100 L is required. If used a hydroponic unit with a pipe event of 4m, and 78 plant holes, the hydroponic unit needed is 26 units of hydroponic reactors.

Keyword(s): Anaerobic Baffled Reactor (ABR), ABR effluent, hydroponic system, horticulture

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia dan ridho-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Kajian Penerapan Hidroponik dalam Mengolah Efluen *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR)”.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat dan nikmat yang diberikan kepada saya.
2. Bapak Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng. selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan saran, bimbingan, dan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc., Bapak Dr. Ali Masduqi, ST. MT., dan Bapak Prof.Ir. Joni Hermana, M.Sc.Es, Ph.D selaku dosen pengarah yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak, ibu, dan adik-adik yang selalu memberikan dukungan baik secara moril maupun materi sehingga penyusunan tugas akhir dapat diselesaikan.
5. Teman - teman seperjuangan yang selalu memberikan semangat dan motivasi.

Penulis berharap semoga segala kebaikan dan ketulusan mendapat balasan dari Allah SWT. Penyusunan laporan ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun layaknya manusia biasa, penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan baik isi, bahasa, maupun penulisannya. Oleh karena itu kritik dan saran sangat penulis harapkan. Semoga tugas akhir ini bisa memberikan manfaat bagi penulis maupun yang membacanya.

Surabaya, 23 Juni 2022

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Abstrak	v
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Penelitian Terdahulu	3
2.2 Pengelolaan Air Limbah.....	9
2.3 <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> (ABR)	10
2.4 Efluen IPAL ABR	10
2.4.1 Parameter Efluen ABR	11
2.4.2 Kinerja Kualitas ABR	13
2.5 Hidroponik	15
2.5.1 Jenis-Jenis Hidroponik	16
2.5.2 Jenis-Jenis Tanaman Hidroponik	21
2.5.3 Unsur-Unsur Penting dalam Sistem Hidroponik.....	21
2.5.4 Media Tanam Hidroponik	22
2.5.6 Pemilihan Tanaman Dalam Penyisihan Polutan N Dan P Dengan Sistem Hidroponik	24
2.5.7 Pengaruh Laju Alir Larutan Nutrien terhadap Serapan Nutrisi.....	25
2.6 Desain Hidroponik Acuan dalam Mengolah Efluen <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> (ABR).....	27
BAB 3 METODOLOGI	34
3.1 Umum.....	35
3.1.1 Kajian Pustaka.....	35

3.1.2 Simulasi.....	35
3.2 Kerangka Studi.....	35
3.2.1 Metode Studi.....	35
3.2.2 Ide Studi.....	37
3.2.3 Rumusan Masalah dan Tujuan.....	37
3.2.4 Metodologi Studi Literatur.....	37
3.2.5 Kesimpulan dan Saran.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1 Konsep Penerapan Hidroponik dalam Pengolahan Efluen Anaerobic Baffled Reactor (ABR).....	39
4.2 Perbandingan Efisiensi Tanaman dalam Menyerap Unsur Nitrogen dan Fosfor.....	42
4.3 Penerapan Desain Sistem Hidroponik dalam Mengolah Efluen ABR pada Tanaman Selada.....	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Teknologi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Secara Komunal.....	9
Gambar 2.2 Sketsa <i>Anaerobic baffled reactor</i> (ABR)	10
Gambar 2.3 Diagram Pengelompokan Jenis-jenis Hidroponik	17
Gambar 2. 4 Hidroponik <i>Wick System</i>	17
Gambar 2. 5 <i>Drip System</i>	18
Gambar 2. 6 <i>Ebb and Flow System</i>	18
Gambar 2. 7 The Nutrient Film Technique (NFT)	19
Gambar 2.8 Sistem <i>Deep Flow Technique</i> (DFT).....	19
Gambar 2.9 Hidroponik DFT Model Meja Tampak Samping (Kiri) dan Tampak Isometri (Kanan)	20
Gambar 2.10 Hidroponik DFT Model Piramida Tampak Samping (Kiri) dan Tampak Isometri (Kanan).....	20
Gambar 2.11 Hidroponik DFT Model Anak Tangga Tampak Samping (Kiri) dan Tampak Isometri (Kanan).....	20
Gambar 2.12 Skema Saluran Hidroponik dengan dan Tanpa Media	24
Gambar 2.13 Skema Barrel Hidroponik dengan Medium.....	24
Gambar 2.14 Desain Reaktor Pengolahan Limbah yang Terdiri dari Sistem Biofilter dan Hidroponik Aklimatisasi	27
Gambar 2.15 Rancangan Konstruksi Hidroponik DFT untuk Pengolahan Limbah Cair Tahu dengan Tanaman Selada	28
Gambar 2.16 Skema Sistem Hidroponik Tanaman Tomat untuk Pengolahan Limbah.....	29
Gambar 2.17 Reaktor Penelitian Fitoremediasi Menggunakan Sistem Hidroponik	30
Gambar 2.18 Desain Alat Hidroponik DFT	30
Gambar 2.19 Skema Percontohan Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Hidroponik	31
Gambar 2.20 Desain Pengolahan Limbah Domestik Hibrid Biofilter dan Sistem Hidroponik.....	32
Gambar 4. 1. Diagram alir sederhana dari alternatif instalasi pengolahan air limbah hidroponik.....	40
Gambar 4. 2. Ilustrasi Skema Pemanfaatan Efluen <i>Waste Water Treatment</i> untuk Suplai Hidroponik.....	41
Gambar 4. 3. Ilustrasi Skema Pemanfaatan Air Hujan untuk Hydroponic Supply	41
Gambar 4.4. Jenis-Jenis Tanaman Air	42
Gambar 4.5. Beberapa Jenis Selada yang Umum Dikonsumsi	47
Gambar 4.6. Diagram Alir dan Model Desain DFT Sistem Hidroponik dalam Pengolahan Efluen ABR	48

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Penelitian Terdahulu Air Limbah Domestik sebagai Nutrisi pada Hidroponik	4
Tabel 2.2. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik	11
Tabel 2.4 Kualitas Effluen ABR pada beberapa IPAL Komunal	14
Tabel 2.5 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 mengenai Baku Mutu Air Nasional	14
Tabel 2. 6 Jenis Tanaman Hidroponik.....	21
Tabel 2.7 Rentang jenis hara unsur N dan P larutan hidroponik.....	25
Tabel 2.8 Konsentrasi N-P berberapa tanaman	25
Tabel 2.9 Penurunan Nutrien pada Berbagai Laju Alir	26
Tabel 2.10 Spesifikasi Alat Sistem Hidroponik dalam Mengolah Air Limbah Domestik pada Penelitian Terdahulu.....	33
Tabel 4. 1 Parameter N dan P pada Efluen ABR dibandingkan dengan baku mutu	39
Tabel 4.2 Penyisihan Beberapa Tanaman Terhadap N dan P dari Limbah Domestik	44
Tabel 4.3 Dimensi Desain Penerapan Hidroponik dalam Mengolah Efluen ABR	48

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan penduduk dan keterbatasan sarana sanitasi serta instalasi pengolahan air limbah menyebabkan tingginya pencemaran air permukaan, terutama air sungai. Tuntutan akan pengolahan air limbah untuk perbaikan sanitasi semakin meningkat khususnya di Indonesia sejalan dengan meningkatnya beban pencemaran air permukaan maupun air tanah, (Sugiharto 1987, Prihandrijanti dan Firdayati, 2011).

Secara umum, prinsip pengolahan air limbah umumnya menerapkan tiga tahapan proses yaitu pengolahan pendahuluan (pre-treatment), pengolahan utama (primary treatment), dan pengolahan akhir (post treatment). Pengolahan pendahuluan ditujukan untuk mengkondisikan aliran, beban limbah dan karakter lainnya agar sesuai untuk masuk ke pengolahan utama. Pengolahan utama adalah proses yang dipilih untuk menurunkan pencemar utama dalam air limbah. Selanjutnya pada pengolahan akhir dilakukan proses lanjutan untuk mengolah limbah agar sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan (Ibrahim R, 2018).

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal pada umumnya menggunakan Anaerobic Baffled Reactor (ABR). Namun pada beberapa penelitian evaluasi IPAL komunal menemukan effluent IPAL komunal dengan ABR masih belum memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 khususnya untuk amoniak dan posfat (Hendriarianti dan Ratna, 2018). Penemuan rendahnya persen removal amoniak pada ABR dan ketidaksesuaian parameter amoniak pada efluen ABR dalam semua penelitian tersebut menjadi alasan dipilihnya efluen ABR untuk dilakukan pengolahan lanjutan.

Kelebihan nutrisi (fosfat dan nitrogen) di permukaan air dapat meningkatkan pertumbuhan alga alga tidak terkendali (eutrofikasi) yang menutupi permukaan perairan sehingga penetrasi sinar matahari ke dalam air berkurang. Hal ini akan mengganggu proses fotosintesis yang menyebabkan defisit oksigen sehingga menyebabkan kepunahan biota dalam air. Selain itu, surfaktan dapat memiliki efek racun pada semua jenis kehidupan akuatik jika jumlahnya berlebihan. Surfaktan juga menambah masalah lain bagi kehidupan akuatik dengan menurunkan tegangan permukaan air (Pattusamy, 2013). Dengan demikian kelebihan N dan P pada efluen ABR perlu dikelola untuk mengurangi dampak negatif tersebut hingga memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.

Salah satu sistem tertiary treatment yang dapat menurunkan kandungan nutrient seperti senyawa anorganik nitrat dan fosfat yaitu menggunakan tanaman. Sistem hidroponik dapat dijadikan alternatif pengolahan limbah. Konsep pengolahan efluen ABR dengan sistem hidroponik adalah dengan mengalirkan efluen ke sebuah bak tanam, kemudian unsur-unsur kimia yang ada pada efluen diserap oleh tanaman. Beberapa unsur, antara lain nitrogen dan fosfor dibutuhkan tanaman untuk bertumbuh. Selanjutnya, yang tersisa adalah air limbah yang relatif aman untuk disalurkan ke drainase (Gultom, 2019).

Keunggulan metode hidroponik selain tidak memerlukan tanah adalah larutan nutrisi dapat disubstitusi dengan larutan yang lain sejauh kandungan organik di dalamnya mencukupi untuk pertumbuhan tanaman (Rosliani dan Sumarni, 2005). Dengan adanya keunggulan ini maka di beberapa daerah di Indonesia hidroponik mulai dikembangkan dengan menggunakan media dan memanfaatkan larutan nutrisi alternatif selain menggunakan air bersih.

Pemanfaatan limbah cair sebagai sumber nutrisi untuk produksi tanaman hidroponik telah banyak digunakan sebagai bentuk pembuangan air limbah domestik. Praktik ini telah diakui sebagai salah satu metode berkelanjutan untuk pengelolaan air limbah. Beberapa penelitian telah menunjukkan potensi berbagai jenis air limbah sebagai sumber pupuk dan air irigasi untuk budidaya tanaman hijau dalam sistem hidroponik (Oyama dkk., 2005; Haddad dkk., 2011)

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam studi ini adalah:

1. Apa saja kajian pustaka terkait konsep penerapan hidroponik dalam pengolahan efluen *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR)?
2. Bagaimana perbandingan efisiensi tanaman dalam menyerap unsur nitrogen dan fosfor dalam pengolahan efluen ABR?
3. Bagaimana penerapan sistem hidroponik yang sesuai dalam mengolah efluen ABR?

1.3 Batasan Masalah

Tugas akhir ini berjudul “Kajian Penerapan Hidroponik dalam Mengolah Efluen *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR)”. Batasan masalah atau ruang lingkup penulisan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Konsep penyisihan beban polutan efluen ABR khususnya polutan N dan P pada sistem hidroponik.
2. Rancangan sistem hidroponik dalam penyisihan polutan efluen ABR IPAL komunal menggunakan simulasi data sekunder.
3. Keuntungan dan kerugian penerapan hidroponik dalam pengolahan efluen ABR dilihat dari segi operasional dan kebutuhan lahan.

1.4 Tujuan

Tujuan dilakukannya studi ini adalah:

1. Mengkaji pustaka terkait konsep penerapan hidroponik dalam pengolahan efluen *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR)
2. Mengkaji perbandingan efisiensi tanaman dalam menyerap unsur nitrogen dan fosfor dalam pengolahan efluen ABR
3. Merancang penerapan sistem hidroponik yang sesuai dalam mengolah efluen ABR.

1.5 Manfaat

Manfaat dari studi ini antara lain:

1. Memberikan kontribusi terhadap tabulasi dan pengelompokkan literatur yang secara khusus membahas masalah pengolahan air limbah domestik dengan ABR
2. Memberikan kontribusi terhadap tabulasi dan pengelompokkan literatur yang secara khusus membahas masalah pengembangan sistem hidroponik.
3. Memberikan kontribusi *upgrading* IPAL komunal skala kecil dan solusi perbaikan efluen ABR IPAL komunal dengan hidroponik.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Salah satu sumber pencemar terbesar perairan berasal dari limbah domestik. Hal tersebut disebabkan oleh kandungan bahan organik dalam air limbah domestik yang berdampak pada peningkatan pencemaran badan air penerima. Pencemaran yang semakin meningkat dapat menurunkan keehatan masyarakat (Amri, 2017).

Pengolahan air limbah biasanya menerapkan tiga tahapan proses yaitu pengolahan pendahuluan (*pre-treatment*), pengolahan utama (*primary treatment*), dan pengolahan akhir (*post treatment*). Pengolahan pendahuluan ditujukan untuk mengkondisikan aliran, beban limbah dan karakter lainnya agar sesuai untuk masuk ke pengolahan utama. Pengolahan utama adalah proses yang dipilih untuk menurunkan pencemar utama dalam air limbah. Selanjutnya pada pengolahan akhir dilakukan proses lanjutan untuk mengolah limbah agar sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan.

Sebagai upaya untuk memaksimalkan sistem pengolahan limbah, sistem *tertiary treatment* (pengolahan lanjutan) kadang masih harus diterapkan dengan tujuan untuk menurunkan kandungan *nutrient* yang pada umumnya belum dapat dihilangkan secara optimal pada *secondary treatment*. Sistem *tertiary treatment* yang dapat menurunkan kandungan *nutrient* seperti senyawa anorganik nitrat dan fosfat yaitu menggunakan tanaman. Sistem hidroponik dapat dijadikan alternatif pengolahan limbah. Sistem ini merupakan sistem budidaya tanaman tanpa menggunakan media tanah melainkan bisa berupa media seperti pasir, spon, sekam dan lain-lain atau tanpa media yaitu hanya berupa air yang diberikan nutrisi khusus, biasanya sudah banyak dijual di toko pertanian. Konsep penerapan sistem hidroponik dalam pengolahan limbah yaitu mendapatkan nutrisi seperti nitrat dan fosfat dari keluaran (*outlet*) sistem biofilter limbah domestik, yang di dalamnya juga terdapat senyawa anorganik yang berguna sebagai nutrisi bagi tanaman (Gultom dan Sutanto, 2019).

Penelitian air limbah domestik yang digunakan sebagai suplai nutrisi untuk tanaman hidroponik sudah banyak diteliti bahkan diterapkan di beberapa negara. Beberapa hasil penelitian terdahulu diantaranya ditampilkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1. Penelitian Terdahulu Air Limbah Domestik sebagai Nutrisi pada Hidroponik

No	Sumber	Judul	Isi
1	(Boyden dan Rababah, 1996)	<i>Recycling nutrients from municipal wastewater</i>	Hasil penelitian awal menunjukkan bahwa selada dapat menghilangkan lebih dari 77% fosfor dan 80% nitrogen. Tanaman dialiri air dengan limbah tanpa desinfeksi tampak sehat dibandingkan dengan kontrol yang menggunakan nutrisi komersial hanya saja menghasilkan tanaman dengan berat 50% lebih sedikit.
2.	(Vaillant, dkk., 2003)	<i>Treatment of Domestic Wastewater by an Hydroponic NFT System</i>	Pengolahan air limbah domestik yang tidak dilakukan <i>pre-treatment</i> menggunakan tanaman <i>Datura innoxia</i> atau kecubung dengan sistem hidroponik jenis NFT dapat mereduksi polutan dengan nilai removal TN sebesar 93%, TP 38%, SS 98%, BOD5 91%, dan COD 82%.
3	(Haddad dan Mizyed, 2011)	<i>Evaluation of various hydroponic techniques as decentralized wastewater treatment and reuse systems</i>	Sistem hidroponik teruji efektif sebagai pengolahan dan penggunaan kembali air limbah yang terdesentralisasi. Sistem hidroponik dibangun di rumah kaca dengan jenis tanaman buah (tomat dan jeruk), sayuran dan bunga. Kinerja sistem hidroponik efektif dalam mengurangi berbagai beban pencemaran. Hasil yang diperoleh menunjukkan penghilangan BOD sebesar 93–96%, COD 80-89%, dan TN 62 - 65%.
4	(Keeratiurai, 2013)	<i>Efficiency of wastewater treatment with hydroponics.</i>	Penelitian ini mengolah air limbah dari kolam ikan untuk hidroponik dengan tujuan tanaman dapat menggunakan unsur hara yang terkandung dalam air limbah. Sistem ini menggunakan teknologi aerobik dengan reaktor hidroponik pada waktu retensi hidrolis (HRT) 1, 3, 5, dan 7 hari.

Tabel 2. 1. (Lanjutan)

No	Sumber	Judul	Isi
			<p>Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sistem produksi hidroponik memiliki potensi untuk pengolahan dan penggunaan kembali air limbah dalam sistem budidaya secara intensif.</p>
5	(Oyama, 2008)	<i>Hydroponics system for wastewater treatment and reuse in horticulture</i>	<p>Penelitian ini mengkaji potensi penggunaan teknik film nutrisi (NFT) hidroponik untuk menanam tanaman yang penting secara komersial menggunakan air limbah domestik hasil <i>secondary treatment</i>. Tanaman yang dipilih adalah tanaman buah-buahan (<i>Lycopersicon esculantum</i> - tomat), tanaman berdaun (<i>Beta vulgaris ssp. cicla</i> - bit perak) dan tanaman bunga (<i>Dianthus caryophyllus</i> - anyelir). Air limbah domestik yang diolah sekunder dipilih karena pengurangan risiko kontaminasi patogen dan logam berat pada tanaman juga mengacu pada pedoman persyaratan untuk penggunaan limbah yang diolah untuk tanaman. Pada pengamatan di hari ke 35 dan ke 56 terjadi penurunan kandungan fosfor dalam efluen dengan sistem hidroponik ketiga jenis tanaman tersebut. Keadaan sedikit berbeda terjadi pada kandungan nitrogen dalam efluen dengan sistem hidroponik tanaman tomat dan anyelir karena naiknya kandungan nitrat di hari ke 35 meski kemudian menurun lagi di hari ke 56. Namun demikian, kandungan amoniaknya menurun tajam.</p>
6	(Susanawati,, dkk., 2018)	Pemanfaatan Limbah Cair <i>Greywater</i> untuk Hidroponik Tanaman Sawi (<i>Brassica Juncea</i>)	<p>Limbah cair greywater dapat dimanfaatkan sebagai air media hidroponik tanaman sawi dikarenakan kadar pencemar yang terkandung masih memenuhi standar untuk pemanfaatan di bidang pertanian yakni BOD</p>

Tabel 2. 1 (Lanjutan)

No	Sumber	Judul	Isi
			<p>(14,5 mg/L), COD (102,667 mg/L), DHL (1006,8 μs/cm), dan pH (6,24). Greywater juga mengandung unsur hara makro yang dibutuhkan tanaman berupa Nitrogen (0,0110 %), Phosfor (0,0124 %), dan Kalium (0,0002 %).</p> <p>Penggunaan <i>greywater</i> sebagai air media untuk hidroponik memberikan hasil yang nyata terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman sawi dibandingkan dengan air media PDAM dan Campuran. Hasil terbaik pertumbuhan vegetatif tanaman sawi berupa tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat basah diperoleh dari perlakuan air media <i>greywater</i> dengan rata-rata tinggi 30,81 cm, jumlah daun 11,37 helai, dan berat basah 68,415 gram.</p>
7	Hendriarianti dan Ratna, 2018)	Penurunan Nutrien Amoniak dan IPAL Komunal Tlogomas dengan Fitoremediasi	<p>Penambahan unit pengolahan fitoremediasi pada pilot plant IPAL Komunal Tlogomas menunjukkan terjadinya penurunan konsentrasi NH_3 pada tanaman kangkung. Sedangkan pada tanaman selada menunjukkan peningkatan konsentrasi NH_3. Pada <i>outlet</i> reaktor hidroponik dihasilkan konsentrasi amoniak terendah sebesar 1,479 mg/L dengan tanaman kangkung. Sedangkan konsentrasi NO_3^- mengalami peningkatan pada kedua variasi tanaman kangkung dan selada. Persentase penyisihan amoniak sebesar 20,17 % menggunakan tanaman kangkung pada hari ke-7 dan 18,72 % menggunakan tanaman selada pada hari ke-14. Sedangkan persentase penyisihan nitrat sebesar 17,44 % menggunakan tanaman Kangkung pada hari ke-7. Sedangkan pada tanaman selada terjadi kenaikan dengan persentase sebesar 11,15 % pada hari ke-14.</p>

Tabel 2. 1 (Lanjutan)

No	Sumber	Judul	Isi
8	(Gultom dan Sutanto, 2019)	Penerapan Hibrid Sistem Biofilter dan Hidroponik Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Pemukiman <i>Low Income People</i>	Sistem <i>tertiary treatment</i> dengan hidroponik dapat menurunkan sisa senyawa anorganik kadar fosfat yaitu outlet kangkung (76,13%), bayam (44,9%) dan selada (45,95%), sedangkan nitrat tidak mengalami penurunan. Parameter suhu, TDS, TSS, pH, COD dan BOD sangat efisien diturunkan dengan efisiensi penurunan TDS sebesar (15,15-19,60%), TSS(51,20-88,52%), COD (49,00-63,27%) dan BOD (30,49-58,68%)
9	(Yustiningsih, dkk., 2019).	<i>Deep Flow Technique</i> (DFT) Hidroponik Menggunakan Media Nutrisi Limbah Cair Tahu dan Kayu Apu (<i>Pistia Stratiotes L</i>) Untuk Peningkatan Produktivitas Tanaman.	Pertumbuhan tanaman selada (<i>Lactuca sativa L</i>) menunjukkan limbah tahu dapat digunakan sebagai media nutrisi hidroponik dengan metode hidroponik <i>Deep Flow Technique</i> (DFT) meskipun dengan pertumbuhan yang lebih rendah dibandingkan menggunakan media nutrisi hidroponik AB mix
10	(Magwaza, 2020)	<i>Partially Treated Domestic Wastewater as a Nutrient Source for Tomatoes (Lycopersicum Solanum) Grown in a Hydroponic System: Effect on Nutrient Absorption and Yield</i>	Pemanfaatan limbah cair sebagai sumber nutrisi untuk produksi tanaman hidroponik telah sebagai bentuk pengolahan air limbah domestik. Namun dikatakan bahwa penggunaan efluen ABR sebagai satu-satunya sumber nutrisi tidak cukup untuk tanaman tomat yang ditanam dalam sistem hidroponik. Magwaza melakukan penambahan 50% CHFM terhadap efluen ABR dapat mengurangi kekurangan nutrisi ketika air limbah yang diolah sebagian dari digester anaerobik digunakan sebagai sumber nutrisi untuk budidaya tomat hidroponik.
11	(Albertus, dkk., 2020)	Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Hibrid Biofilter dan Sistem Hidroponik NFT dalam Budidaya Selada (<i>Lactuca Sativa L</i>)	Penelitian ini mengolah limbah domestik menggunakan hibrid biofilter dan sistem hidroponik NFT (<i>Nutrient Film Technique</i>) dengan tanaman selada (<i>Lactuca sativa L</i>). Sistem ini bertujuan untuk

Tabel 2. 1. (Lanjutan)

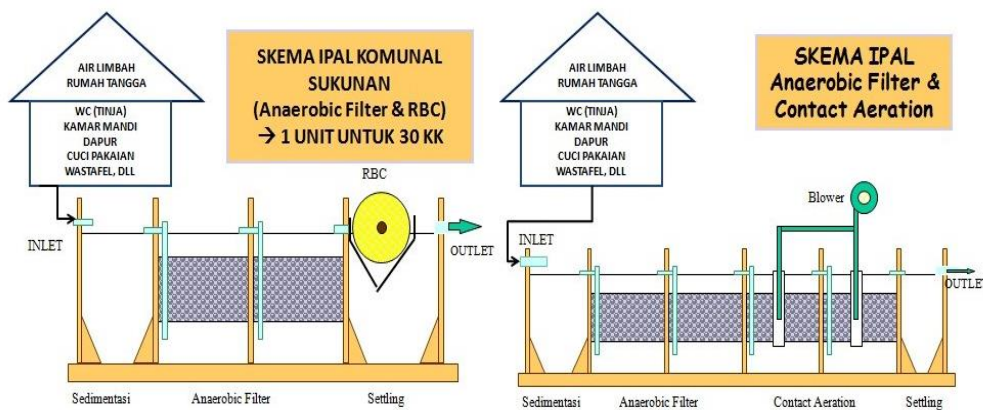
No	Sumber	Judul	Isi
			menurunkan kadar beban anorganik yang dimanfaatkan oleh tanaman selada sebagai nutrisi pertumbuhan, nutrisi tersebut ialah amoniak, nitrat, dan fosfat. Parameter yang diukur meliputi amoniak, nitrat, fosfat, TDS, BOD, DO, Suhu dan pH dengan waktu tinggal selama 5 hari. menghasilkan persen penyisihan amoniak 99,7 % dan fosfat 50,1%
12	(Lee, dkk.,2021)	<i>The Applicability of Anaerobically Treated Domestic Wastewater as a Nutrient Medium in Hydroponic Lettuce Cultivation: Nitrogen Toxicity and Health Risk Assessment</i>	Selada (<i>Lactuca sativa</i>) dapat tumbuh dalam sistem hidroponik jenis NFT dengan media spons yang menggunakan air limbah domestik sebagai suplai nutrisi. Air limbah domestik yang digunakan adalah efluen dari <i>anaerobic membrane bioreactor</i> (AnMBR). Pertumbuhan tanaman selada pada media <i>anaerobic reactor</i> terhambat hingga 31-40% tinggi dan 36-48% jumlah daun dibandingkan dengan media yang diberi larutan HNS sebagai kontrol, hal ini disebabkan karena adanya toksisitas nitrit akibat nitrifikasi parsial. Oleh karena itu, dilakukan pengolahan awal nitrifikasi limbah <i>anaerob</i> sehingga pertumbuhan selada sebanding dengan kontrol.
13	(Mustafa, dkk., 2021)	<i>Applications of Constructed Wetlands and Hydroponic Systems in Phytoremediation of Wastewater</i>	Pengolahan air limbah melalui budidaya tanaman dalam bioreaktor hidroponik skala lab merupakan salah satu metode bioremediasi yang menjanjikan dan berkelanjutan untuk kota, pertanian dan industri air limbah. Keuntungan sistem hidroponik dalam mengolah air limbah domestik yang telah dilakukan pengolahan sebelumnya adalah sistem yang murah, membutuhkan lahan sedikit, dan dapat menggunakan tanaman yang memiliki nilai ekonomis.

2.2 Pengelolaan Air Limbah

Salah satu sumber utama pencemaran lingkungan di daerah pemukiman padat yaitu air limbah domestik. Peningkatan jumlah penduduk berbanding lurus dengan peningkatan produksi air limbah domestik. Air limbah domestik adalah air dari suatu daerah permukiman yang telah dipergunakan untuk berbagai keperluan dan harus dikumpulkan, dibuang untuk menjaga lingkungan hidup tetap sehat dan baik. Air limbah rumah tangga adalah bagian dari air limbah permukiman yang berasal dari buangan rumah tangga serta resapan (*inflow*), tidak termasuk buangan industri dan air hujan (Sugiharto, 1987). Batasan air limbah adalah kombinasi dari cairan dan sampah-sampah cair yang berasal dari daerah permukiman, perdagangan, perkantoran, dan industri, bersama-sama dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan yang mungkin ada.

Air limbah domestik dikarakteristikan sebagai *greywater* dan *blackwater*. *Greywater* adalah air limbah domestik yang berasal dari air bekas cucian piring, air bekas mandi dan cuci baju, sedangkan *blackwater* adalah air limbah domestik yang dikeluarkan melalui toilet, urinoir dan bidets. Berdasarkan kepentingan kesehatan masyarakat, air limbah *greywater* dan *blackwater* sebaiknya tidak digabung bersama. *Blackwater* oleh sebagian penduduk dibuang melalui *septic tank*, namun sebagian dibuang langsung ke sungai, sedangkan *greywater* hampir seluruhnya dibuang ke sungai melalui saluran. Sungai didefinisikan sebagai badan air alamiah tempat mengalirnya air hujan dan air buangan menuju laut dan tempat bersemayamnya unsur biotik dan abiotik (Astika, 2017).

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) secara komunal dapat digunakan untuk pengelolaan limbah cair di pemukiman padat penduduk, kumuh, dan rawan sanitasi. Sekilas contoh gambaran teknologi IPAL untuk mengolah tinja dan air limbah dari 25-30 rumah di Dusun Sukunan Kabupaten Sleman DIY. Sistem IPAL yang digunakan adalah *Rotary Biological Contact* dan *Contact Aeration* yang keduanya merupakan jenis pengolahan yang memanfaatkan dua siklus *aerob* dan *anaerob*. Setelah dilakukan proses pengolahan kemudian air dialirkan untuk dapat masuk ke sumur resapan (Ramandeep, 2016).



Gambar 2.1 Teknologi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Secara Komunal

(Sumber: <http://ditjenppi.menlhk.go.id/kcpi/index.php/inovasi/219-instalasi-pengolahan-air-limbah-ipal-secara-komunal>)

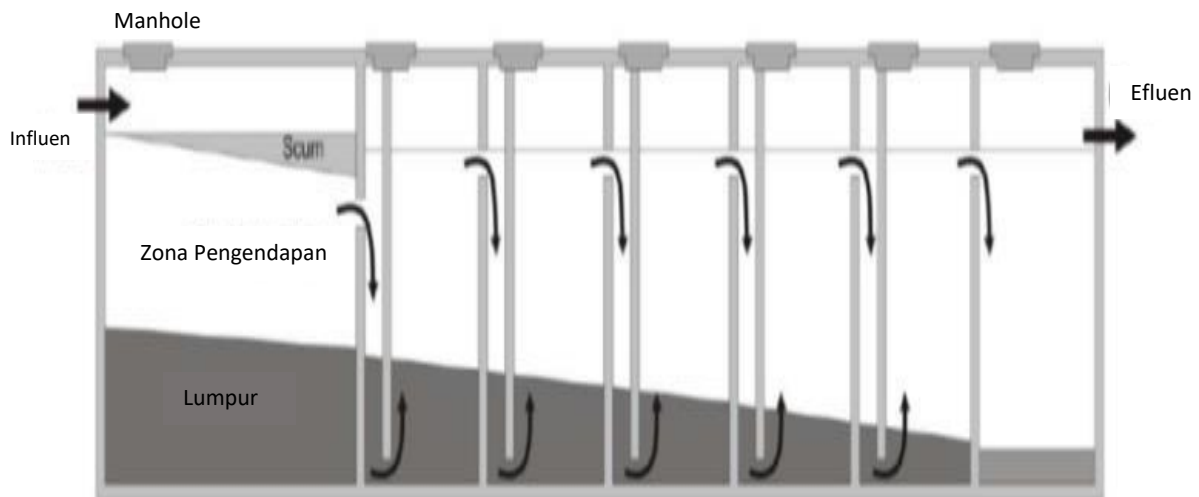
Komposisi air limbah domestik sebesar 50-80% merupakan *greywater*. Sebagian besar masyarakat masih menyalurkan limbah *greywater* ke selokan yang berakibat pada pengendapan *sludge* sehingga mengurangi volume saluran serta pencemaran badan air ditandai dengan terjadinya peristiwa eutrofikasi. Penggunaan ABR berdasarkan dengan

pertimbangan kemudahan dalam operasional dan perawatan, aspek finansial serta ketersediaan lahan. Saat ini, banyak orang berpikir untuk menggunakan kembali air limbah dengan tujuan mengurangi konsumsi air bersih dan menjaga kelestarian lingkungan. Pengelolaan *greywater* yang tepat dapat memberikan manfaat sebagai sumber air untuk keperluan perkebunan, pertanian, atau penggelontoran toilet (Siswanto, 2016).

2.3 Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal yang dibangun oleh pemerintah pada umumnya menggunakan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) dengan pertimbangan biaya operasi yang murah dan mudah dalam operasi pemeliharannya karena tidak memerlukan peralatan mekanis dan tidak mengkonsumsi energi.

Anaerobic baffled reactor (ABR) adalah unit pengolahan air limbah secara anaerobik yang terdiri dari rangkaian *baffle* vertikal dimana air limbah yang masuk akan melewati *baffle-baffle* tersebut hingga mencapai outlet (Liu, dkk., 2010). ABR memiliki efisiensi pengolahan yang cukup besar dan dapat dianggap sebagai reaktor yang cocok untuk iklim tropis, di mana suhu tetap tinggi untuk setiap waktu, cocok untuk penguraian anaerobik. Selain itu, ABR memiliki keunggulan tertentu dibandingkan teknologi pengolahan tradisional. Kebutuhan energi cukup rendah karena tidak ada kebutuhan untuk suplai oksigen, lumpur yang dihasilkan lebih stabil sehingga produksi lumpur lebih sedikit dan ada produksi energi tambahan dalam bentuk biogas. Dengan demikian ABR dapat digunakan sebagai unit pengolahan utama dalam unit pengolahan air limbah domestik terdesentralisasi, dengan manfaat efisiensi yang lebih tinggi dengan biaya yang lebih rendah dan stabilitas pengolahan yang sangat baik, berkelanjutan dan terjangkau untuk masyarakat perkotaan di negara-negara tropis (Ramandeep, 2016)



Gambar 2.2 Sketsa *Anaerobic baffled reactor* (ABR)

Sumber: (Liu, dkk., 2010)

2.4 Efluen IPAL ABR

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) merupakan sistem pengolahan air limbah dengan sebuah tangki septik dan sekat tegak yang terpasang dalam kompartemen dan aliran air bergerak naik turun dari satu kompartemen ke kompartemen lain, dengan cara ini maka air limbah dipertemukan dengan sisa lumpur yang mengandung mikroorganisme yang

berfungsi menguraikan polutan dalam kondisi anaerobic (Foxon, 2004). Kelebihan dari unit ini antara lain yaitu menghasilkan metana yang dapat dibuat sebagai biogas. Produksi biogas pada ABR sekitar 60-70% metana dan 30-40% karbon dioksida. Sisanya berupa gas hidrogen, hidrogen sulfida, ammonia, uap air, dan gas lainnya. (Trilitai, dkk., 2015)

2.4.1 Parameter Efluen ABR

Parameter efluen ABR mengacu pada baku mutu air limbah sebagai 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 Limbah Domestik yang diatur dalam Permen LHK Nomor 68 Tahun 2016 dapat dilihat pada Tabel 2.2. sebagai berikut.

Tabel 2.2. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar maksimum*
pH	–	6 – 9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak & lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	jumlah/100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

*= Rumah susun, penginapan, asrama, pelayanan kesehatan, lembaga pendidikan, perkantoran, perniagaan, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, permukiman, industri, IPAL kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga pemasyarakatan.

Rump dan Krist dalam Rosalinda, 2018 menyatakan tingkat pencemaran air limbah domestik terbagi dalam 3 kategori yakni tingkat pencemaran ringan, sedang dan berat diklasifikasikan tingkat pencemarannya berdasarkan kualitas parameter air limbah seperti ditunjukkan pada Tabel 2.3:

Tabel 2.3 Klasifikasi Tingkat Pencemaran Air Limbah Domestik

Parameter	Tingkat Pencemaran		
	Berat	Sedang	Ringan
Padatan Total (mg/L)	1000	500	200
Padatan Terendapkan (mg/L)	12	8	4
BOD (mg/L)	300	200	100
COD (mg/L)	800	600	400
N Total (Mg/L)	85	50	25
Ammonia N (mg/L)	30	30	15
Klorida (mg/L)	175	100	15
Alkalinitas (mg/L CaCO ₃)	200	100	50
Minyak dan Lemak	40	20	0

Sumber: (Rosalinda, 2018)

Beberapa parameter penting dalam efluen ABR yang perlu dipantau kesesuaiannya dengan baku mutu yang telah ditetapkan, diantaranya:

a. TSS

Total suspended solid (TSS) merupakan bahan-bahan tersuspensi (diameter > 1 μ m) yang bertahan pada saringan dengan diameter pori 0,45 μ m. TSS pada lingkungan berasal dari lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik yang disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air. TSS merupakan penyebab utama kekeruhan air yang disebabkan oleh partikel tersuspensi di dalam air yang dapat mengganggu penyerapan cahaya matahari ke dalam air. Semakin tinggi TSS maka akan semakin rendah kualitas air. TSS meliputi seluruh padatan yang terdapat dalam air, baik senyawa organik maupun anorganik. TSS yang tinggi dari limbah rumah tangga berasal dari berbagai aktifitas seperti cuci, mandi dan bersih-bersih rumah (Rosalinda, 2018).

b. BOD

BOD (*Biochemical oxygen demand*) merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air (Susanthi, dkk, 2018). Dapat juga diartikan sebagai gambaran jumlah bahan organik mudah terurai (*biodegradable organics*) yang ada di perairan. BOD merupakan karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi *aerobic* (Rosalinda, 2018)

c. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical oxygen demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air Boyd, 1990 dalam (Indrayani & Rahmah, 2018)). Nilai COD dapat diketahui dengan metode titrasi redoks, prinsip pengukuran COD adalah dengan penambahan sejumlah tertentu kalium dikromat (K₂Cr₂O₇) sebagai oksidator pada sampel (dengan volume diketahui) yang telah ditambahkan asam pekat dan katalis perak sulfat, kemudian dipanaskan selama beberapa waktu. Selanjutnya, kelebihan kalium bikromat ditera dengan cara titrasi. Dengan demikian kalium dikromat yang terpakai untuk oksidasi bahan organik dalam sampel dapat dihitung dan nilai COD dapat ditentukan.

d. Derajat Keasaman / pH

Derajat keasaman atau yang biasanya dilambangkan dengan pH merupakan derajat keasaman suatu perairan. Nilai pH akan berpengaruh terhadap kelangsungan hidup organisme perairan. Nilai pH dalam suatu perairan dapat dijadikan indikator dari adanya keseimbangan unsur kimia dan unsur hara yang bermanfaat bagi kehidupan begetasi akuatik.

Proses pengolahan biologis secara anaerob di dalam sistem ABR membutuhkan bantuan mikroorganisme anaerob yang prosesnya dipengaruhi oleh pH dan temperatur lingkungan. Polutan organik dalam air limbah akan diuraikan oleh bakteri anaerob melalui reaksi biokimia menjadi gas metana (CH₄) dan gas karbon dioksida (CO₂). Bakteri yang berperan dalam proses anaerob ini terdiri dari dua jenis yaitu bakteri asidogenesis (pembentuk asam) dan metanogenesis. Efluen IPAL komunal dengan nilai pH yang rendah kemungkinan disebabkan adanya aktifitas bakteri asidogenesis yang merubah senyawa organik dihidrolisa menjadi senyawa yang lebih sederhana. Nilai pH dibawah 6 akan mempengaruhi aktivitas bakteri metanogenik dan apabila nilai pH 5,5 akan mengakibatkan terhentinya aktifitas

bakteri. Terhentinya aktifitas bakteri metanogenik juga akan mempengaruhi biogas yang dihasilkan (Susanthi, dkk, 2018).

d. Total Nitrogen (TN)

Nitrogen merupakan kriteria parameter inti dalam efluen ABR sebagai nutrisi tanaman. Nitrogen dan senyawanya tersebar secara luas dalam biosfer. Lapisan atmosfer bumi mengandung sekitar 78% gas nitrogen. Bebatuan juga mengandung nitrogen. Pada tumbuhan dan hewan, senyawa nitrogen ditemukan sebagai penyusun protein dan klorofil. Meskipun ditemukan dalam jumlah yang melimpah di atmosfer, akan tetapi nitrogen tidak dapat dimanfaatkan secara langsung. Nitrogen harus mengalami fiksasi terlebih dahulu menjadi NH_3 , NO_2 dan NO_3 . Di perairan nitrogen berupa anorganik dan organik. Nitrogen anorganik terdiri dari ammonia (NH_3), ammonium (NH_4), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3) dan molekul nitrogen (N_2) dalam bentuk gas. Nitrogen organik berupa protein, asam amino, dan urea. Bentuk utama nitrogen dalam air limbah adalah material protein yang dipecah oleh bantuan enzim proteinase menjadi ammonia, nitrat dan nitrit. Senyawa-senyawa nitrogen terdapat dalam bentuk terlarut atau sebagai bahan tersuspensi. Jenis nitrogen di air meliputi nitrogen organik, ammonia, nitrit dan nitrat (Rosalinda, 2018). Total Nitrogen (TN) adalah jumlah dari senyawa-senyawa nitrogen yang terkandung di dalam limbah.

e. Total Fosfor

Unsur fosfor di perairan terdapat dalam bentuk fosfat dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan dan merupakan unsur esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan alga sehingga dapat mempengaruhi tingkat produktivitas perairan. Studi sirkulasi fosfor di lingkungan perairan laut dan sungai merupakan perhatian di berbagai bidang ilmu. Dahuri (2000) menyatakan bahwa kadar fosfat akan semakin tinggi dengan menurunnya kedalaman. Konsentrasi fosfat relatif konstan pada perairan dalam, biasanya terjadi pengendapan sehingga nutrisi meningkat seiring dengan waktu. Adanya proses *run off* yang berasal dari daratan akan mensuplai kadar fosfat pada lapisan permukaan, tetapi tidak terlalu besar. Penambahan terbesar dari lapisan dalam melalui proses kenaikan masa air. Di perairan, bentuk unsur fosfor berubah secara terus menerus akibat proses dekomposisi dan sintesis antara bentuk organik, dan bentuk anorganik yang dilakukan oleh mikroba. Semua polifosfat mengalami hidrolisis membentuk ortofosfat. Perubahan ini bergantung pada suhu yang mendekati titik didih, perubahan polifosfat menjadi ortofosfat berlangsung cepat. Kecepatan ini meningkat dengan menurunnya nilai pH. Perubahan polifosfat menjadi ortofosfat pada air limbah yang mengandung banyak bakteri lebih cepat dibandingkan perubahan yang terjadi pada air bersih (Rosalinda, 2018).

2.4.2 Kinerja Kualitas ABR

Salah satu prioritas penyediaan sarana pengolahan air limbah domestik yang dilakukan oleh pemerintah adalah penerapan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) skala komunal. Pada umumnya sistem pengolahan IPAL komunal yang dikembangkan dengan proses anaerobik, diantaranya sistem *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR). Namun sebagian besar penerapannya, sistem ini tidak memenuhi standar baku mutu efluen yang berlaku (Hastuti, dkk., 2017). Pengolahan air limbah dengan ABR sangat cocok untuk negara tropis seperti Indonesia yang suhunya tinggi hampir setiap waktu dan kondisinya mendukung untuk proses anaerobik (Ramandeep, K. (2016).

Prihandrijanti dan Firdayati (2011) dalam penelitiannya menyatakan bahwa sistem pengelolaan terpusat/komunal lebih sesuai diterapkan di kota-kota di Indonesia karena di

samping lebih menguntungkan dari sisi pengoperasian dan perawatan, juga menjadi solusi bagi daerah dengan tingkat kepadatan yang tinggi. Teknologi pengelolaan air limbah domestik di kawasan perkotaan yang secara luas diterapkan di Indonesia yaitu *decentralized wastewater treatment systems* (DEWATS) melalui program sanimas (sanitasi berbasis masyarakat)

Efisiensi penyisihan polutan pada ABR untuk amoniak rata-rata 10%, COD 10-70%, serta minyak dan lemak 10-84% (Wijyaningrat, 2018). Berdasarkan penelitian lainnya sistem ABR memiliki persen removal untuk TSS 5,3%-80,1%, COD 0,3% -3,4%, dan belum mampu menurunkan amoniak (Susanthi, dkk., 2018). Menurut penelitian Karva, dkk (2018) persen removal ABR untuk BOD 89%, COD 56%, TSS tidak lebih dari 40%, dan amoniak 19-45%. Pada penelitian lainnya ABR memiliki efisiensi penurunan polutan 58-72% untuk COD, TSS, dan indikator organisme patogen (Foxon, dkk., 2004).

Tabel 2.4 Kualitas Effluen ABR pada beberapa IPAL Komunal

No	Uraian	Baku Mutu	Lokasi		
			IPAL MCK Plus Tlogomas (Hendriaranti dan Ratna, 2018)	IPAL Komunal Malang (Yulistyorini dkk., 2019)	IPAL Komunal KSM Gerbang Manguni Tondano Lumunon dkk., 2021
1	TSS	30	95	95	98
2	BOD	30	78	74	-
3	COD	100	77	-	-
4	NH4 ⁺	10	41	43	-
5	TP	0,2*	12	21	13,45

* Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 mengenai Baku Mutu Air Nasional

Sebagai acuan baku mutu pengolahan limbah ABR adalah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, namun untuk total fosfor tidak disebutkan dalam aturan ini, sehingga mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 mengenai Baku Mutu Air Nasional, sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2.5 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 mengenai Baku Mutu Air Nasional

Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4
Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1.000	1.000	1.000	2.000
Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	40	50	100	400
Derajat keasaman (pH)	-	6-9	6-9	6-9	6-9
Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2	3	6	12

Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4
Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	10	25	40	80
Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1
Nitrat (sebagai N)	mg/L	10	10	20	20
Nitrit (sebagai N)	mg/L	0,06	0,06	0,06	-
Amoniak (sebagai N)	mg/L	0,1	0,2	0,5	-
Total Nitrogen	mg/L	15	15	25	-
Total Fosfat (sebagai P)	mg/L	0,2	0,2	1,0	-

Salah satu hasil penelitian evaluasi kinerja terhadap IPAL Komunal berupa *Anarobic Baffled Reactor* dan Filter dilakukan oleh Hendriarianti dan Ratna, 2018. Dari hasil evaluasi diketahui konfigurasi unit pengolahan IPAL Komunal Tlogomas dengan kinerja pengolahan BOD, COD dan TSS sebesar 99%. Kinerja pengolahan untuk parameter NO_3^- dan PO_4^{3-} berturut-turut sebesar 69% dan 3%. Sedangkan konsentrasi amoniak pada efluen IPAL Tlogomas sebesar 32,55 mg/L. Hal ini menunjukkan kualitas influen IPAL Komunal masih jauh diatas baku mutu. Upaya perbaikan dilakukan dengan pendekatan sistem pengolahan melalui *pilot plant* IPAL Komunal. Dari hasil analisa hasil uji sampel influen *pilot plant* IPAL Komunal diketahui kualitas influen IPAL Komunal masih jauh diatas baku mutu untuk parameter bahan organik BOD dan COD. Sedangkan untuk parameter TSS masih mendekati baku mutu. Nilai rasio BOD/COD influen IPAL Komunal pada objek studi berkisar antara 0,205-0,248. Tingkat pembebanan organik pada unit Filter Anaerobik *pilot plant* reaktor IPAL Komunal Tlogomas sebesar 2,67 kg BOD/m³.hari. Tingkat kinerja pengolahan yang dicapai untuk parameter BOD 78%, COD 77%, TSS 95%, Nitrat 60%, Amoniak 41% dan Fosfat Total 12%.

Pengolahan limbah domestik dengan unit pengolahan anaerobik, aerobik dan fitoremediasi pada IPAL MCK Plus Tlogomas terbukti mempunyai kinerja pengolahan yang lebih bagus. Selanjutnya Hendriarianti dan Ratna, 2018 melakukan penambahan unit pengolahan fitoremediasi. penambahan reaktor fitoremediasi hidroponik terbukti dapat mengoptimalkan kinerja IPAL dalam menurunkan amoniak dan nitrat.

Untuk mencapai baku mutu yang diinginkan dengan kondisi efluen ABR yang masih belum sesuai pada beberapa parameter, pengolahan primer tersebut bisa diintegrasikan dengan pengolahan lanjutan salah satunya dengan sistem hidroponik (Hendriarianti dan Ratna, 2018).

2.5. Hidroponik

Hidroponik merupakan bagian dari *hydroculture*, yaitu budidaya tanaman dengan memanfaatkan air tanpa menggunakan tanah sebagai media tanam (*soiless*). Hidroponik digunakan untuk menumbuhkan tanaman menggunakan larutan hara dan mineral untuk memberi makan tanaman dalam air. Dalam hidroponik, tanah diganti dengan bahan media untuk memberikan pijakan akar, dan hara disediakan dalam air yang langsung diberikan pada akar tanaman. Hal yang menarik dari hidroponik tidak dibatasi oleh iklim atau musim. Dengan sistem hidroponik hampir setiap tanaman dapat tumbuh setiap saat

sepanjang tahun. Bertanam secara hidroponik dapat dilakukan di mana dan kapan saja (Purbajanti, dkk., 2017, Damayanti E, 2021).

Menurut Masduki (2017) dan (Dalhar, 2018) terdapat keunggulan dan kelemahan sistem hidroponik, diantaranya:

- Tanaman mudah diperbaharui tanpa tergantung kondisinya dan musim
- Tanaman berproduksi tanpa menggunakan tanah
- Pertumbuhan dan kualitas panen dapat diatur.
- Hemat tenaga kerja.
- Hemat air dan pupuk (aman untuk kelestarian lingkungan).
- Biaya operasional murah.
- Penggunaan lahan lebih efisien
- Periode tanam lebih pendek
- Kuantitas dan kualitas produksi lebih tinggi dan lebih bersih

Kelemahan sistem hidroponik yaitu biaya investasi awal lebih mahal dan sangat dipengaruhi oleh konsentrasi dan komposisi pupuk, pH, dan suhu. Pada *close system* nutrisi disirkulasi, jika ada tanaman yang terserang patogen maka dalam waktu singkat seluruh tanaman akan terkena serangan tersebut dan pada kultur substrat, kapasitas memegang air media lebih kecil daripada media tanah; sedangkan pada kultur air volume air dan jumlah nutrisi sangat terbatas sehingga akan menyebabkan pelayuan tanaman yang cepat dan stress yang serius.

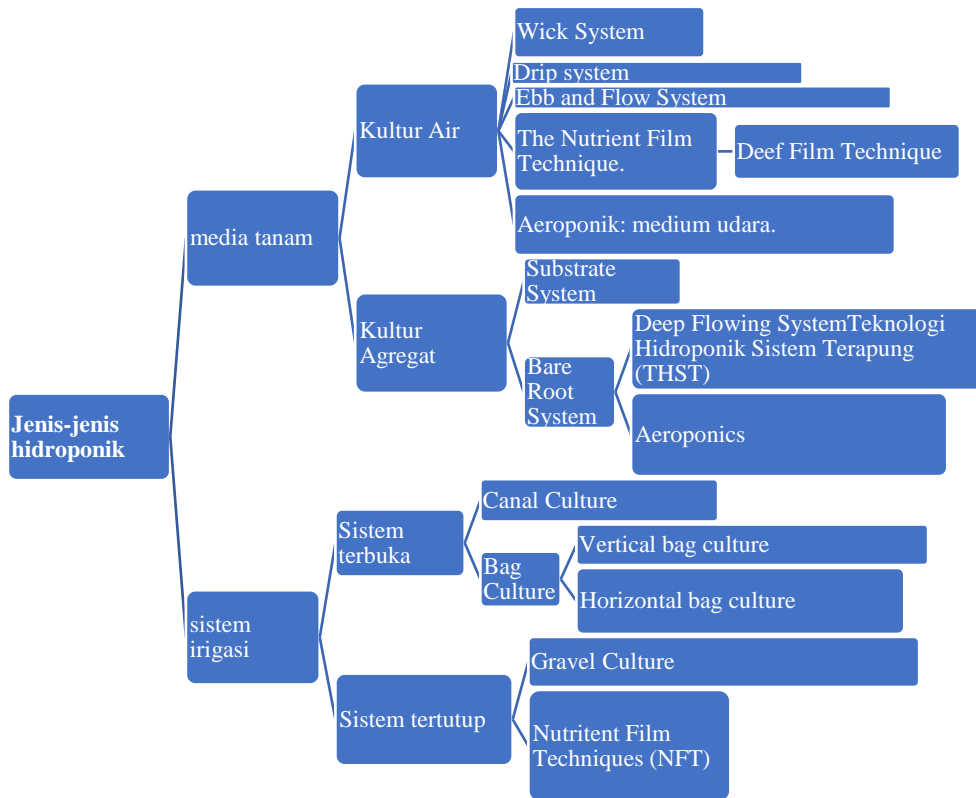
2.5.1 Jenis-jenis hidroponik

Sistem hidroponik berkembang pesat, mulai dari yang sederhana sampai dengan tambahan pencahayaan. Hidroponik berkembang di banyak negara dan pada tahun 1970an mulai diperkenalkan di Indonesia. Hidroponik komersial di Indonesia mulai tahun 1980an. Saat ini telah dikenal beberapa jenis hidroponik sebagaimana ditunjukkan pada diagram Gambar 2.3.

Sistem hidroponik kultur air banyak digunakan oleh para pengusaha di Indonesia. Pada dasarnya kultur air merupakan sistem tertutup ("*closed system*") di mana akar tanaman terekspos larutan nutrisi tanpa media tanaman dan larutan disirkulasi. Ada beberapa macam sistem hidroponik cair atau kultur air, yaitu *Nutrient Film Technique* (NFT), *Dynamic Root Floating* (DRF), *Deep Flow Technique* (DFT) dan *Aeroponic* ((Purbajanti, dkk., 2017 dan Rosliani, 2005).

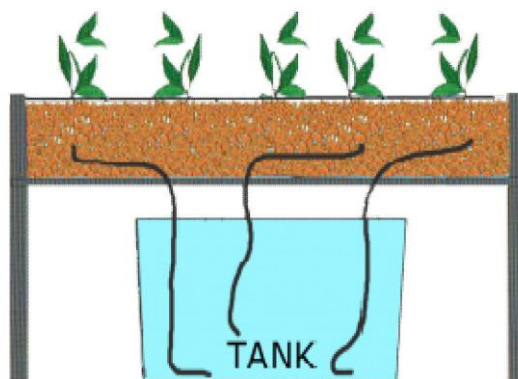
Kultur substrat atau agregat adalah kultur hidroponik dengan menggunakan media tumbuh yang bukan tanah sebagai pegangan tumbuh akar tanaman dan mediator larutan hara. Pada umumnya, pemberian larutan dilakukan dengan sistem terbuka ("*open system*"), artinya larutan yang diberikan ke tanaman tidak digunakan lagi. Kultur ini merupakan sistem yang paling mudah diadopsi selain sistem NFT dan tampaknya merupakan salah satu sistem yang banyak dikembangkan para petani/pengusaha agribisnis di Indonesia.

Beberapa pakar hidroponik mengemukakan bahwa media pertumbuhan seperti pasir, kerikil, batuan alam, arang sekam, atau batu apung dapat digunakan. Di Amerika banyak digunakan media *gravel*, *perlite*, *rockwool*, pasir, serbuk gergaji, *peat moss* atau vermikulit. Beberapa persyaratan penting bagi media pertumbuhan ini antara lain adalah bertekstur seragam dengan ukuran butir sedang, bersih dari kotoran, dan steril. Di Indonesia, media agregat yang baik dan murah adalah arang sekam. Media ini sudah banyak digunakan oleh para petani hidroponik maupun pengusaha hidroponik yang besar (Rosliani dan Sumarni, 2005). Sebagian jenis-jenis hidroponik dapat dilihat pada **Gambar 2.3** berikut.

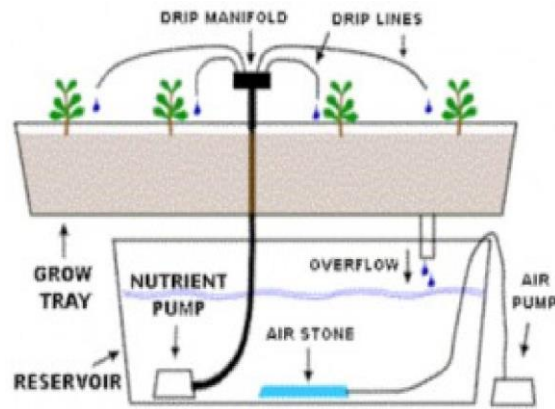


Gambar 2.3 Diagram Pengelompokan Jenis-jenis Hidroponik
 Sumber: (Rosliani dan Sumarni, 2005).

Sitem Kultur (*Wick System*) air dipandang sebagai sistem hidroponik yang paling sederhana (**Gambar 2.4**). Sistem Wick digambarkan sebagai sistem pasif, yaitu tidak ada bagian yang bergerak. Dari reservoir (tangki) yang terletak di bagian bawah, larutan hara mengalir secara kapiler ke bagian atas sehingga membasahi media. Teknologi spesifik sistem hidroponik ini adalah pengaliran larutan hara melalui sejumlah sumbu ke dalam media tumbuh . Sistem ini dapat menggunakan berbagai media yaitu perlite, tanah atau sabut kelapa.



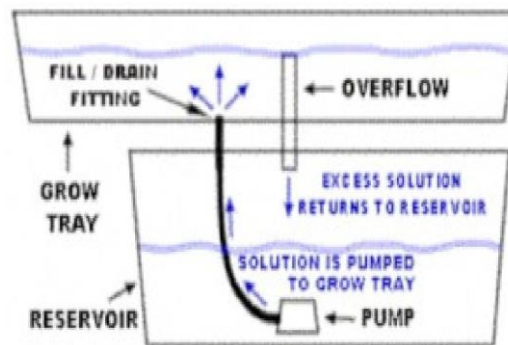
Gambar 2. 4 Hidroponik Wick System
 Sumber: (Purbajanti, dkk., 2017)



Gambar 2.5 Drip System

Sumber: Anas, 2013 dalam Halaudin dkk, 2018

Drip system (**Gambar 2.5**) atau sistem hidroponik menggunakan irigasi tetes merupakan cara dimana ada dua kontainer, satu diletakkan di bagian atas atau lebih tinggi dari container lain. Tanaman terletak di wadah atas, sedangkan larutan hara dalam wadah bawah. Larutan hara dipompa ke atas hingga menetes pada batang setiap tanaman dan alat pemberi udara akuarium digunakan untuk mengoksidasi air. Hara mengalir sampai ke akar tanaman dan diteruskan kembali ke wadah bawah. Dalam sistem ini pompa udara terus berjalan sepanjang waktu. Hampir setiap tanaman tumbuh dengan baik dengan sistem ini. Tanaman dengan pola akar besar yang sangat cocok untuk sistem infus/*drip system*.

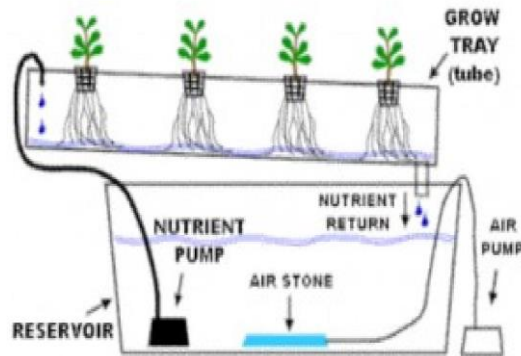


Gambar 2.6 Ebb and Flow System

Sumber: (Purbajanti, dkk., 2017)

Sistem hidroponik dengan cara aliran pasang dan surut (**Gambar 2.6**) adalah jenis hidroponik yang murah. Sistem ini mirip dengan sistem infus, di mana ada dua kontainer, satu bagian ditempatkan yang berisi tanaman, dan satu di bagian bawah yang berisi larutan hara. Larutan hara yang diberikan perlahan-lahan untuk mengairi batang setiap tanaman dengan cara larutan hara yang dipompa dalam volume besar ke dalam wadah atas. Pipa yang berisi larutan hara yang meluap mengairi tanaman dimulai pada pangkal batang, dan kelebihan cairan yang diresirkulasi melalui pipa *overflow* kembali ke wadah bawah. Sistem aliran pasang surut menggunakan pompa listrik yang dihidupkan dan dimatikan setiap 30 menit “on” dan 15 menit “off”. Periode pengosongan memungkinkan oksigen mencapai akar, sehingga bantuan udara tidak diperlukan. Seperti halnya dengan sistem infus, hampir

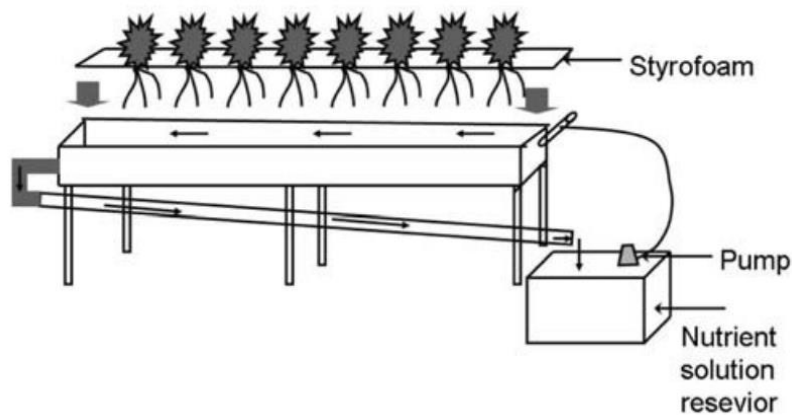
setiap tanaman akan tumbuh dengan baik. Tanaman dengan bola akar besar juga sangat cocok untuk sistem *ebb* dan *flow*.



Gambar 2. 7 The Nutrient Film Technique (NFT)

Sumber: Anas, 2013 dalam Halaudin dkk, 2018

Nutrient Film Technique (NFT) (**Gambar 2.7**) dirancang untuk menjalankan larutan hara ber-oksigen secara terus-menerus ke akar tanaman. Dalam sistem NFT, tanaman ditanam di keranjang dalam pipa PVC yang diletakkan secara menggantung. Larutan hara terus didaur ulang. Apabila pompa berhenti berjalan, semua hara di dalam pipa akan habis dan tanaman akan mengering dalam hitungan jam. Hal ini dapat diatasi dengan cara membuat sudut pipa lebih kecil dan menambahkan pipa untuk meluapkan hara yang mirip dengan sistem *ebb* dan *flow*. Pipa berfungsi untuk memberikan reservoir hara yang akan tetap ada bila terjadi kematian listrik atau pompa. Terbatasnya ruang pada pipa PVC dan kebutuhan hara untuk terus mengalir mengenai akar. Sirkulasi nutrisi dapat digunakan ulang selama beberapa minggu sesuai kebutuhan tanaman. Sebagian akar tanaman tumbuh di atas permukaan larutan nutrisi dan sebagian lagi terendam di dalamnya. Sistem NFT sangat cocok untuk tanaman yang memiliki bola akar kecil seperti selada, stroberi, dan rempah-rempah.



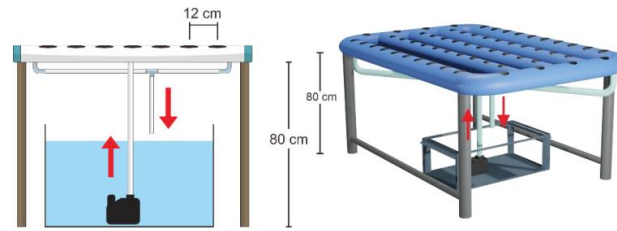
Gambar 2.8 Sistem Deep Flow Technique (DFT)

Sumber: (Vimolmangkang, dkk., 2009)

Deep Flow Technique (DFT) adalah suatu sistem hidroponik di mana akar tanaman diletakkan dalam lapisan air dan nutrisi dengan ketinggian 3 – 6 cm (Sesanti dan Sismanto, 2014; Yustiningsih dkk., 2019). Sirkulasi air dan nutrisi pada sistem DFT berlangsung secara kontinu akibat adanya dorongan dari pompa. Sistem hidroponik DFT telah dikembangkan dalam berbagai model (Wibowo, 2020). Model sistem hidroponik DFT dijabarkan sebagai berikut:

1. Model meja.

Model ini menggunakan prinsip pengaliran larutan nutrisi dari DFT satu bidang. Model meja berbentuk datar menyerupai meja (**Gambar 2.9**).

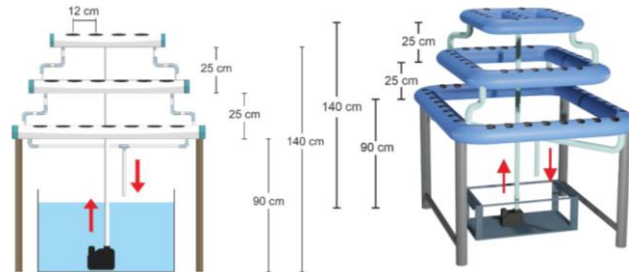


Gambar 2.9 Hidroponik DFT Model Meja Tampak Samping (Kiri) dan Tampak Isometri (Kanan)

Sumber: (Wibowo, 2020)

2. Model piramida.

Model ini berbentuk persegi bertingkat tiga dengan ukuran semakin ke atas semakin kecil (**Gambar 2.10**).

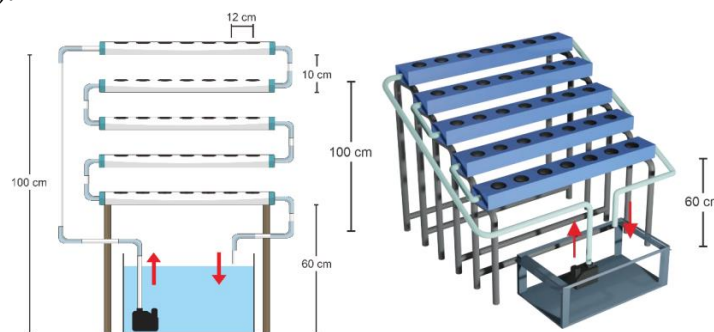


Gambar 2.10 Hidroponik DFT Model Piramida Tampak Samping (Kiri) dan Tampak Isometri (Kanan)

Sumber: (Wibowo, 2020)

3. Model anak tangga.

Model ini menggunakan prinsip pengaliran larutan nutrisi dari DFT zigzag. Model anak tangga memiliki bentuk bertingkat lima menyerupai anak tangga atau bangku (**Gambar 2.11**).



Gambar 2.11 Hidroponik DFT Model Anak Tangga Tampak Samping (Kiri) dan Tampak Isometri (Kanan)

Sumber: (Wibowo, 2020)

2.5.2 Jenis-jenis tanaman hidroponik

Jenis tanaman yang dapat tumbuh dengan sistem hidroponik bermacam-macam. Tanaman tersebut yaitu tanaman golongan holtikultura seperti tanaman obat-obatan, sayur-sayuran, buah-buahan, bunga, tanaman hias, dan lainnya tanpa mengenal musim (Utomo, dkk., 2020), sehingga jenis tanaman tersebut tidak terbatas hanya tanaman pangan saja.

Tidak semua tanaman dapat dibudidayakan dengan hidroponik. Namun, jenis tanaman yang dapat dikembangkan cukup bervariasi. Tanaman tersebut dapat menjadi tanaman untuk konsumsi mulai dari sayuran hingga buah-buahan. Jenis tanaman bernilai ekonomi tinggi seperti tomat, paprika, selada, kailan, brokoli, cabe, terung, timun, pakcoi, selada, seledri, dan sayuran semusim lainnya yang berasal dari negara subtropis cocok untuk dibudidayakan. Pemilihan jenis tanaman bagi pengusaha hidroponik merupakan pertimbangan awal yang perlu ditetapkan. Hanya komoditas yang bernilai ekonomi tinggi, dengan produktivitas dan kualitas yang tinggi, diikuti kontinuitas yang terjamin, yang akan merangsang motivasi produsen mencapai kesuksesan, sekaligus memenuhi preferensi konsumen di pasaran.

Tabel 2. 6 Jenis Tanaman Hidroponik

Jenis Tanaman	Sistem yang disarankan	Media yang disarankan
Semangka (<i>Citrulluslanatus</i>)	<i>Drip system</i>	-
Cabai (<i>Capsium annumL.</i>)	<i>Wick system, Deep waterculture</i>	Media: porous seperti sekam bakar
Kacang Panjang (<i>Vignaspp.</i>)	<i>Ebb & Flow System</i>	Media: <i>rockwool, rockwool&kerikil</i>
Terung (<i>Solanummelongena</i>)	<i>Drip system</i>	Media: <i>hidroton</i> atau <i>zeolite</i>
Kangkung (<i>Ipomoeaaquatic</i>)	NFT, DFT	-
Bayam (<i>Amaranthus gangeticus</i>)	NFT	-
Sawi Hijau (<i>Brassica Chinenis var.parachinensis</i>)	DFT	-
Brokoli (<i>Brassicaoleracea var.italic</i>)	-	<i>rockwool</i>
Wortel (<i>Daucus carota</i>)	<i>Drip system</i>	-
Daun mint (<i>Mentha piperita</i>)	<i>Wick system</i>	
Anggrek (<i>Orchidaceae</i>)	<i>Wick system</i>	-
Bunga Krisan (<i>Chrysanthemumindicum L.</i>)	<i>Drip system</i>	-
Bunga Mawar (<i>Rosa sp.</i>)	<i>Wick system</i>	-

Sumber: (Damayanti, 2021)

2.5.3 Unsur-unsur penting dalam sistem hidroponik

Tanaman membutuhkan 16 unsur hara/nutrisi untuk pertumbuhan yang berasal dari udara, air dan pupuk. Unsur-unsur tersebut adalah karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O),

nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), sulfur (S), kalsium (Ca), besi (Fe), magnesium (Mg), boron (B), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), molibdenum (Mo) dan khlorin (Cl). Unsur- unsur C, H dan O biasanya disuplai dari udara dan air dalam jumlah yang cukup. Unsur hara lainnya didapatkan melalui pemupukan atau larutan nutrisi. Unsur-unsur nutrisi penting dapat digolongkan ke dalam tiga kelompok berdasarkan kecepatan hilangnya dari larutan (Rosliani dan N. Sumarni, 2005).

- a. Kelompok pertama adalah unsur-unsur yang secara aktif diserap oleh akar dan hilang dari larutan dalam beberapa jam yaitu N, P, K dan Mn.
- b. Kelompok kedua adalah unsur-unsur yang mempunyai tingkat serapannya sedang dan biasanya hilang dari larutan agak lebih cepat daripada air yang hilang (Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mo, Cl).
- c. Kelompok ketiga adalah unsur-unsur yang secara pasif diserap dari larutan dan sering bertumpuk dalam larutan (Ca dan B).

N, P, K, dan Mn harus tetap dijaga pada konsentrasi rendah dalam larutan untuk mencegah akumulasi yang bersifat racun bagi tanaman. Konsentrasi yang tinggi dalam larutan dapat menyebabkan serapan yang berlebihan, yang dapat mengakibatkan ketidakseimbangan hara. Nitrogen mempunyai pengaruh yang paling besar terhadap pertumbuhan, hasil, dan kualitas tanaman sayuran. N untuk larutan hidroponik disuplai dalam bentuk nitrat. N dalam bentuk ammonium nitrat mengurangi serapan K, Ca, Mg, dan unsur mikro. Kandungan amonium nitrat harus di bawah 10 % dari total kandungan nitrogen pada larutan nutrisi untuk mempertahankan keseimbangan pertumbuhan dan menghindari penyakit fisiologi yang berhubungan dengan keracunan amonia. Konsentrasi fosfor yang tinggi menimbulkan defisiensi Fe dan Zn, sedangkan K yang tinggi dapat mengganggu serapan Ca dan Mg.

Selanjutnya aplikasi larutan nutrisi pada kultur hidroponik secara prinsip juga tergantung pada metode yang akan diterapkan. Beberapa metode antara lain adalah (Rosliani dan N. Sumarni, 2005):

1. Kultur pot atau polybag. Dengan metode ini sistem pemberian larutan nutrisi dapat dilakukan secara manual atau irigasi tetes (“drip irrigation”) dengan frekuensi 3-5 kali per hari, tergantung pada kebutuhan tanaman, macam media tumbuh, dan cuaca/kondisi lingkungan. Sistem irigasi tetes lebih mudah, menghemat tenaga dan waktu, tetapi kendalanya adalah saluran irigasi sering tersumbat sehingga aliran nutrisi terhambat.
2. Kultur bedeng atau pipa dengan sistem NFT. Sistem pemberian larutan nutrisi yang digunakan adalah melalui perputaran aliran larutan nutrisi yang dibantu oleh pompa mesin atau dapat pula menggunakan cara yang lebih sederhana (tanpa pompa) yaitu menggunakan gaya grafitasi.

Menurut Purbajanti, dkk (2017) rentang umum jenis hara yang biasa digunakan larutan hidroponik yaitu untuk elemen nitrogen dimana bentuk ion yang diserap tanaman adalah nitrat dan amonium yaitu berkisar antara 100-250 ppm, sedangkan untuk phosphorus ($H_2PO_4^-$, PO_4^{3-} , HPO_4^{2-}) berkisar antara 30-50 ppm.

2.5.4 Media tanam hidroponik

Istilah hidroponik berasal dari bahasa latin “*hydro*” (air) dan “*ponous*” (kerja), disatukan menjadi “*hydroponic*” yang berarti bekerja dengan air. Jadi istilah hidroponik dapat diartikan secara ilmiah yaitu suatu budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah tetapi dapat menggunakan media seperti pasir, krikil, pecahan genteng yang diberi larutan nutrisi mengandung semua elemen esensial yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Roidah, 2014).

Keunggulan metode hidroponik selain tidak memerlukan tanah adalah larutan nutrisi dapat disubstitusi dengan larutan yang lain sejauh kandungan organik di dalamnya mencukupi untuk pertumbuhan tanaman (Rosliani dan Sumarni, 2005). Dengan adanya keunggulan ini maka di beberapa daerah di Indonesia hidroponik mulai dikembangkan dengan menggunakan media dan memanfaatkan larutan nutrisi alternatif selain menggunakan air bersih.

Hidroponik merupakan teknologi penanaman dalam larutan nutrisi (air dan pupuk) dengan atau tanpa penggunaan media buatan untuk mendukung perakaran tanaman. Media hidroponik dikelompokkan ke dalam dua kelompok, yaitu kultur air yang tidak menggunakan media pendukung lain untuk perakaran tanaman dan kultur substrat atau agregat yang menggunakan media padat untuk mendukung perakaran tanaman (Rosliani dan Sumarni, 2005).

1) Kultur air

Pada dasarnya kultur air merupakan sistem tertutup ("*closed system*") di mana akar tanaman terekspos larutan nutrisi tanpa media tanaman dan larutan disirkulasi. Ada beberapa macam sistem hidroponik cair atau kultur air, namun kultur air yang paling mudah untuk diadopsi oleh para pengguna adalah NFT. Pada sistem ini, lapisan tipis larutan nutrisi mengalir melalui pipa yang berisi akar-akar tanaman. Larutan bersirkulasi secara terus menerus selama 24 jam atau diatur pada waktu-waktu tertentu dengan pengatur waktu. Sebagian akar tanaman terendam dalam larutan nutrisi tersebut, sebagian lagi berada di atas permukaan larutan. Lingkungan akar yang ideal merupakan faktor penting dalam peningkatan produksi tanaman. Keuntungan NFT antara lain adalah volume larutan hara yang dibutuhkan lebih rendah dibandingkan kultur air lainnya, lebih mudah mengatur suhu di sekitar perakaran tanaman (menaikkan atau menurunkan suhu), lebih mudah mengontrol hama dan penyakit, kepadatan tanaman per unit area lebih tinggi, dan hasil tanaman lebih bersih karena tidak ada sisa tanah atau media lainnya. Namun, ada juga kerugian dari sistem ini, yakni patogen dengan mudah menyebar pada seluruh larutan, sehingga dalam waktu yang singkat tanaman akan mati, modal awal relatif lebih mahal, pemilihan komoditas yang bernilai tinggi, dan tingkat keahlian dan pengetahuan tentang ilmu kimia sangat penting. Di daerah tropis, panjang maksimum bak penanaman yang digunakan pada NFT tidak lebih dari 15-20 m, sepanjang saluran tersebut dibuat 2-3 tempat untuk memasukkan larutan hara, dan suhu larutan tidak lebih dari 30 °C. Hal ini untuk menjaga aerasi larutan yang baik. Hasil penelitian di Malaysia melaporkan bahwa penggunaan PVC sebagai bak penanaman tidak cocok untuk daerah tropis, karena menyebabkan suhu perakaran mencapai lebih dari 40 °C pada tengah hari. Bahan yang paling baik adalah bambu dengan "styrofoam" sebagai penutup permukaan bak.

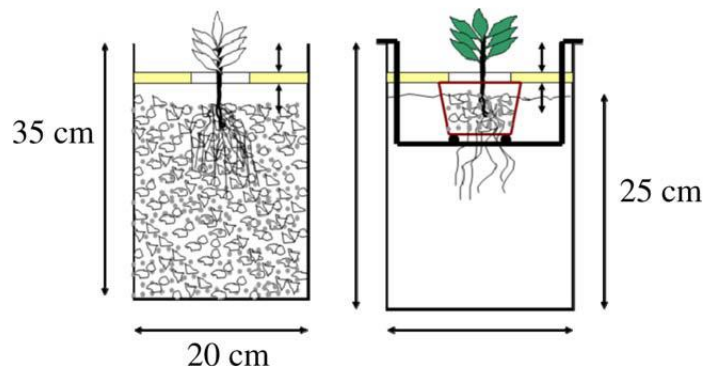
2) Kultur substrat atau agregat

Kultur substrat atau agregat adalah kultur hidroponik dengan menggunakan media tumbuh yang bukan tanah sebagai pegangan tumbuh akar tanaman dan mediator larutan hara. Pada umumnya, pemberian larutan dilakukan dengan sistem terbuka ("*open system*"), artinya larutan yang diberikan ke tanaman tidak digunakan lagi. Beberapa pakar hidroponik mengemukakan bahwa media pertumbuhan seperti pasir, kerikil, batuan alam, arang sekam, atau batu apung dapat digunakan. Di Indonesia, media agregat yang baik dan murah adalah arang sekam. Selain arang sekam, pasir juga sangat baik untuk media hidroponik. Harga pasir lebih mahal tetapi umur penggunaannya lebih lama. Hasil penelitian pada tomat media pasir juga menunjukkan keunggulan yang lebih baik daripada "rockwool". Campuran pasir

dengan “peat moss”, vermikulit, arang sekam, dan perlite juga menghasilkan pertumbuhan tomat yang baik.

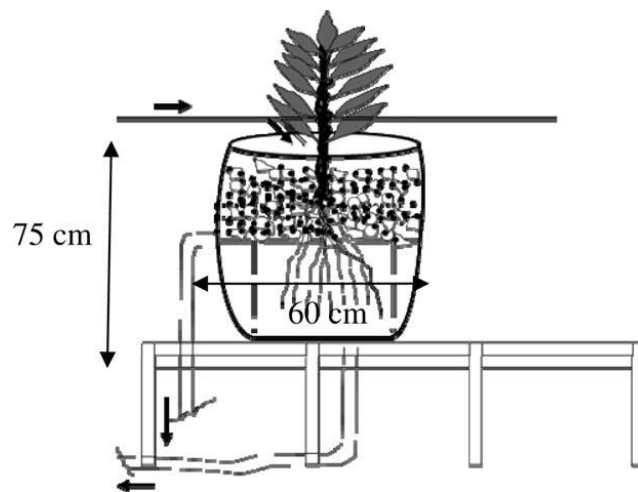
Haddad M dan Mizyed N, 2011 membuat sistem hidroponik sebagai model rumah kaca dimana kultur air dan agregat keduanya diterapkan. Ada sistem menggunakan pot dan yang lain menggunakan tiga saluran diisi dengan media tanam. Media tanam terdiri dari : 2 bagian kerikil berukuran 2 cm, satu bagian serbuk gergaji kayu, dan satu bagian pasir pertanian (0,4 mm). Tong hidroponik terbuat dari plastik tebal dengan diameter 0,60 m dan tinggi 0,75 m. Setengah bagian bawah di bawah pot tanpa media yang memungkinkan lingkungan yang lembab dan basah untuk akar tanaman tumbuh dengan baik.

Pada bagian hidroponiknya ada dua tipe sistem hidroponik yang digunakan, yaitu sistem pot dan saluran (pipa). Gambaran kedua tipe tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.12 dan 2.13.



Gambar 2.12 Skema Saluran Hidroponik dengan dan Tanpa Media

Sumber: (Haddad dan Mizyed, 2011)



Gambar 2.13 Skema Barrel Hidroponik dengan Medium

Sumber: (Haddad dan Mizyed, 2011)

2.5.6 Pemilihan Tanaman dalam penyisihan polutan N dan P dengan Sistem hidroponik

Hidroponik adalah teknologi modern dalam penanaman tanpa menggunakan media tumbuh dari dalam tanah. Metode penanaman hidroponik cocok untuk diterapkan pada masa sekarang mengingat lahan bercocok tanam semakin sempit. Secara umum hidroponik berarti penanaman dalam air yang mengandung campuran hara yang berasal dari nutrisi. Sistem penanaman hidroponik mempunyai banyak keunggulan dibandingkan penanaman di tanah.

Tanaman hidroponik hanya membutuhkan air yang ditambahkan dengan nutrisi sebagai sumber makanan untuk tanaman hidroponik tersebut. Sistem ini dikembangkan berdasarkan alasan bahwa jika tanaman diberi kondisi yang optimal maka hasil produksinya maksimal. Tanaman dengan budidaya Hidroponik lebih mudah mengatasi masalah pengairan yang berlebihan karena sisa air yang mengalir akan langsung keluar, berbeda dengan media tanah yang cenderung menyimpan (Sholihat, 2018).

Rentang jenis hara unsur N dan P yang biasa digunakan untuk larutan hidroponik dapat dilihat pada **Tabel 2.7** (Purbajanti, dkk., 2017) Sedangkan konsentrasi N-P beberapa tanaman dapat dilihat pada **Tabel 2.8** Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa setiap tanaman memerlukan unsur N dan P yang berbeda, sehingga keberadaan N dan P pada efluen ABR harus disesuaikan dengan jenis tanamannya.

Tabel 2.7 Rentang jenis hara unsur N dan P larutan hidroponik

Unsur	Bentuk ion yang diserap tanaman	Kisaran (ppm = mg/l)
Nitrogen	Nitrat (NO_3^-) Ammonium (NH_4^+)	100-250
Posfor	H_2PO_4^- , PO_4^{3-} , HPO_4^{2-}	30-50

Sumber: (Purbajanti, dkk., 2017)

Tabel 2.8 Konsentrasi N-P beberapa tanaman

Jenis tanamam	Konsentrasi unsur hara (mg/L atau ppm)	
	N	P
Tomat	190	310
Timun	200	280
Cabai	190	285
Strawberry	50	150
Melon	200	285
Bunga mawar	170	285

Sumber: (Purbajanti, dkk., 2017)

Unsur nitrogen mempunyai manfaat untuk tanaman, yaitu berperan dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman, memberikan warna pada tanaman, memperpanjang umur tanaman, serta dapat memperbanyak daun pada tanaman. Selain itu, penyerapan kadar nitrogen dimanfaatkan tanaman untuk membentuk protein, lemak dan berbagai senyawa organik yang membantu meningkatkan mutu tanaman (Sarif, 2015).

Fosfor (P) merupakan unsur yang sangat penting untuk pertumbuhan dan pembentukan akar. Unsur fosfor diserap tanaman dalam bentuk fosfat. Unsur fosfor pada tanaman berperan dalam pembentukan inti sel, mempercepat perpindahan fase vegetatif ke generatif, mempercepat pembentukan biji, dan memperbaiki mobilitas unsur hara di dalam tanaman (Muhadiansyah, 2016).

2.5.7 Pengaruh Laju Alir Larutan Nutrien terhadap Serapan Nutrisi

Laju alir larutan nutrien berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Aliran larutan nutrien tidak hanya meningkatkan difusi ion nutrisi, tetapi juga meningkatkan energi kinetik (tekanan dinamis) yang tersedia untuk akar tanaman. Pengaruh laju alir terhadap

pertumbuhan tanaman umumnya dilihat dari indeks pertumbuhan tanaman berat kering, berat segar, luas daun, serapan nutrisi, panjang akar, luas permukaan akar, dan volume akar.

Laju alir nutrient berpengaruh pada serapan polutan. Penelitian Endut dkk. (2009) menguji penurunan berbagai nutrisi pada berbagai laju alir air. Data penelitian ditunjukkan pada Tabel 2.9 Berdasarkan penelitian tersebut, semua laju alir yang diuji memiliki efisiensi yang baik dalam penurunan nutrisi untuk menjaga kualitas air, laju alir paling baik adalah pada 1,6 L/menit.

Tabel 2.9 Penurunan Nutrien pada Berbagai Laju Alir

Parameter	Laju Alir (L/menit)	Influen (mg/L)	Efluen (mg/L)	Penurunan (%)
Total Ammonia Nitrogen (TAN)	0,8	10,82	3,88	64,1
	1,6	10,84	3,43	68,4
	2,4	10,81	3,14	71,0
	3,2	10,79	2,88	73,3
	4,0	10,78	2,34	78,3
Nitrit (NO_2^-)	0,8	0,58	0,19	67,2
	1,6	0,56	0,14	75,0
	2,4	0,56	0,11	80,4
	3,2	0,57	0,09	84,2
	4,0	0,57	0,06	89,5
Nitrat (NO_3^-)	0,8	18,6	7,0	62,4
	1,6	18,8	6,6	64,9
	2,4	18,7	7,4	60,4
	3,2	18,8	7,8	58,5
	4,0	18,9	10,9	42,3
Total Fosfor	0,8	15,8	7,9	50,0
	1,6	15,9	7,5	52,8
	2,4	15,7	8,2	47,8
	3,2	15,8	8,3	47,5
	4,0	15,9	9,1	42,8

Sumber: (Endut dkk., 2009)

Hasil penelitian Baiyin dkk. (2021) menunjukkan bahwa laju alir yang optimal dapat memaksimalkan pertumbuhan akar tanaman hidroponik dengan meningkatkan panjang, luas permukaan, dan volume akar. Panjang akar dan luas permukaan akar berhubungan dengan kapasitas penyerapan unsur hara tanaman. Oleh karena itu, stimulasi mekanis yang tepat dari laju alir akan meningkatkan pertumbuhan akar dan memaksimalkan penyerapan nutrisi untuk mendorong pertumbuhan tanaman secara keseluruhan.

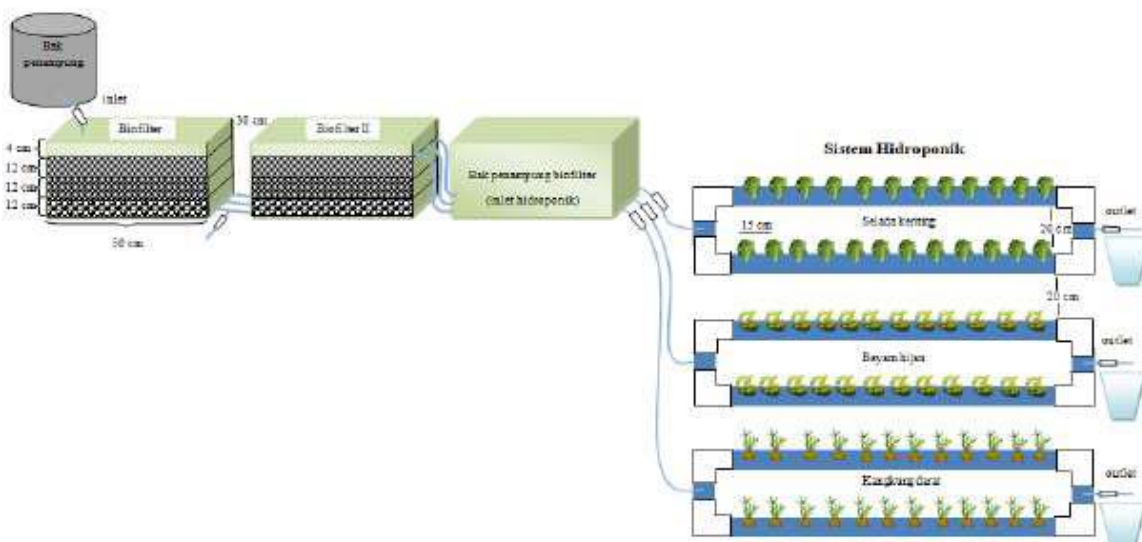
Pada tanaman hidroponik, aliran larutan nutrisi memberikan rangsangan mekanis pada akar tanaman. Pada penelitian Baiyin dkk. (2021), laju aliran yang rendah (2-4 L/menit) dapat dianggap sebagai *eustress*, yaitu rangsangan sedang yang secara positif mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Peningkatan laju alir dalam rentang 2-4 L/menit dapat memberikan stimulasi mekanis yang sesuai untuk mendorong pertumbuhan akar. Peningkatan pertumbuhan akar memungkinkan sistem akar menyerap lebih banyak nutrisi dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Namun demikian, laju alir yang lebih tinggi (6-8 L/menit) justru secara negatif mempengaruhi pertumbuhan tanaman (*distress*). Pada laju alir

yang tinggi, tanaman menyesuaikan diri dengan membentuk akar menjadi kompak. Dengan demikian, luas permukaan dan pertumbuhan akar secara keseluruhan menjadi terhambat. Area permukaan akar yang lebih kecil menghasilkan penyerapan nutrisi yang lebih rendah. Berdasarkan hal tersebut, pengaturan laju alir larutan nutrisi menjadi faktor penting yang berpengaruh terhadap kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara. Berdasarkan penelitian Khater dan Ali (2015) dan Dalastra dkk. (2020), laju alir optimal untuk tanaman selada hidroponik dengan sistem NFT adalah 1,0 L/menit.

2.6 Desain Hidroponik Acuan Dalam Mengolah Efluen *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR)

Konsep desain hidroponik disusun dengan tujuan memperbaiki kualitas efluen ABR mengarah ke bagaimana menghasilkan air limbah yang baik sehingga memenuhi baku mutu. Selain itu diharapkan memanfaatkan kandungan pada efluen ABR sebagai nutrisi tanaman sehingga dapat menghasilkan produk tanaman yang bernilai ekonomis.

Berdasarkan kajian literatur, beberapa desain hidroponik untuk pengolahan limbah dapat dilihat pada beberapa gambar berikut:

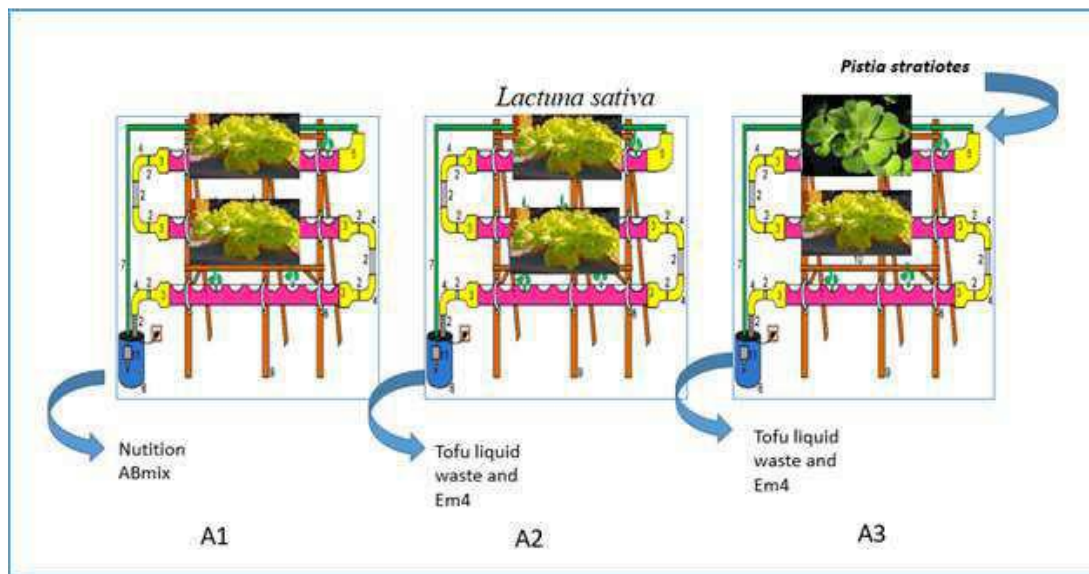


Gambar 2.14 Desain Reaktor Pengolahan Limbah yang Terdiri dari Sistem Biofilter dan Hidroponik Aklimatisasi

Sumber: (Gultom dan Sutanto, 2019)

Pada penelitian Gultom dan Sutanto (2019), *tertiary treatment* menggunakan sistem hidroponik pada limbah domestik yang telah melewati *biofilter*. Sistem ini menggunakan desain hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT). Limbah dialirkan ke bak biofilter sebelum dialirkan ke sistem hidroponik menggunakan pipa pralon dengan tanaman bayam hijau (*Amaranthus viridis* L.), kangkung darat (*Ipomoea reptans* Poir.) dan selada keriting (*Lactuca sativa* L) dengan waktu tinggal (*Hydraulic Retention Time/HRT*) selama 4 hari. Parameter terukur TDS dengan TDS meter; TSS; BOD dengan metode winkler; COD dengan metode reflux tertutup. Hasil penelitian ini yaitu sistem *tertiary treatment* dengan hidroponik dapat menurunkan sisa senyawa anorganik kadar fosfat yaitu outlet kangkung (76,13%), bayam (44,9%) dan selada (45,95%), sedangkan nitrat tidak mengalami penurunan. Parameter suhu, TDS, TSS, pH, COD dan BOD sangat efisien diturunkan

dengan efisiensi penurunan TDS sebesar (15,15-19,60%), TSS (51,20-88,52%), COD (49,00-63,27%) dan BOD (30,49-58,68%).



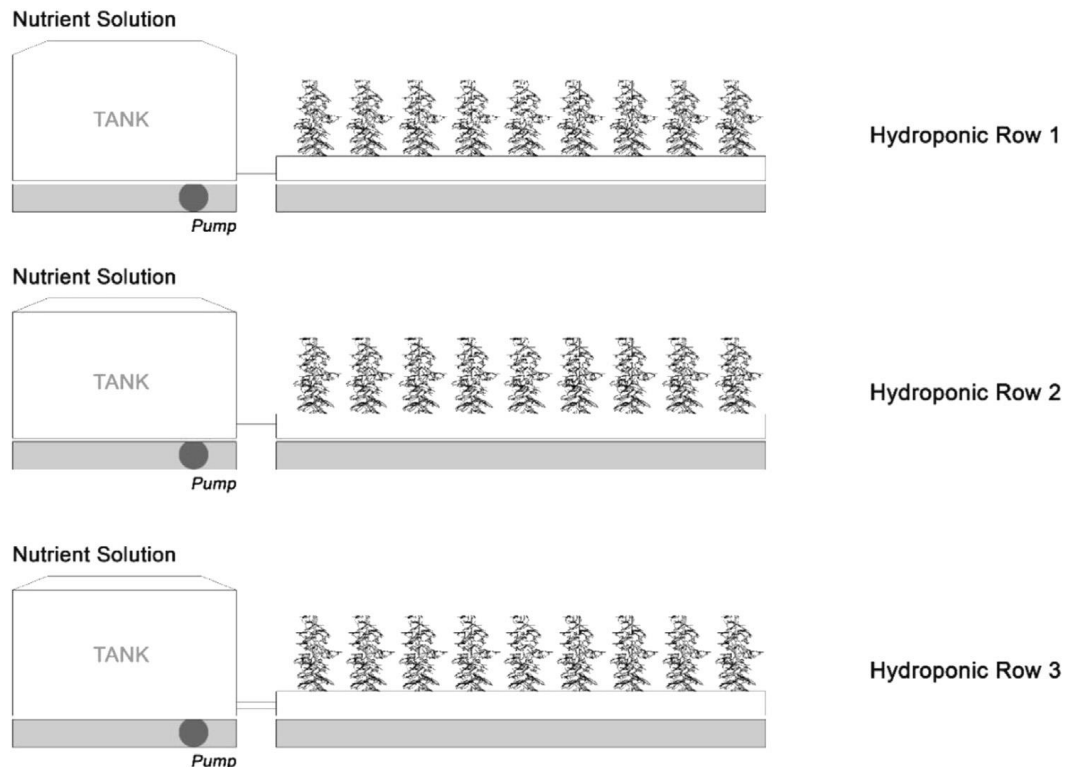
Gambar 2.15 Rancangan Konstruksi Hidroponik DFT untuk Pengolahan Limbah Cair Tahu dengan Tanaman Selada
Sumber: (Yustiningsih, 2019)

Penelitian Yustiningsih dkk, 2019 melakukan penelitian pertumbuhan tanaman selada (*Lactuna sativa L*) menunjukkan Limbah tahu dapat digunakan sebagai media nutrisi hidroponik dengan metode hidroponik *Deep Flow Technique* (DFT) meskipun dengan pertumbuhan yang lebih rendah dibandingkan menggunakan media nutrisi hidroponik AB mix.

Desain hidroponik yang disarankan juga dapat mengacu pada desain yang dikembangkan oleh Norström dkk. (2003) dan Sibanda dkk. (2019). Sistem ini terdiri dari tiga sistem hidroponik individu. Setiap sistem terdiri dari satu tangki larutan nutrisi (100 L), pompa *submersible*, filter, dan unit pipa pertumbuhan tanaman masing-masing berukuran panjang, lebar dan tinggi 15 m 0,5 m x 0,9 m. Tangki penyimpanan, yang terletak di antara *tunnel* tempat pertumbuhan tanaman dan bagian pengolahan limbah, mengalirkan limbah cair ke tangki penampungan air. Larutan nutrisi secara terus-menerus disirkulasikan dari tangki ke pipa menggunakan pompa *submersible* dan air disirkulasikan kembali ke tangki, yang terletak di bagian bawah sistem (laju alir 2 L/jam). Irigasi dilakukan selama enam interval (5 menit per interval) setiap hari dan dihitung menggunakan pewaktu (Magwaza dkk., 2020). Desain drip sistem hidroponik ditunjukkan pada **Gambar 2.16**.

Pemanfaatan limbah cair sebagai sumber nutrisi untuk produksi tanaman hidroponik telah dilakukan oleh Magwaza, 2020 sebagai bentuk pengolahan air limbah domestik. Praktik ini telah diakui sebagai salah satu metode berkelanjutan untuk pengelolaan air limbah. Beberapa penelitian telah menunjukkan potensi berbagai jenis air limbah sebagai sumber pupuk dan air irigasi untuk budidaya tanaman hijau dalam sistem hidroponik. Namun dikatakan bahwa penggunaan efluen ABR sebagai satu-satunya sumber nutrisi tidak cukup untuk tanaman tomat yang ditanam dalam sistem hidroponik. Contohnya seperti penelitian Magwaza dengan penambahan 50% CHFM terhadap efluen ABR dapat mengurangi kekurangan nutrisi ketika air limbah yang diolah sebagian dari digester anaerobik digunakan sebagai sumber nutrisi untuk budidaya tomat hidroponik.

Sistem ini juga dilengkapi dengan saluran sistem pengolahan air limbah yang terletak berseberangan dengan *tunnel* tempat pertumbuhan tanaman. Sistem pengolahan limbah memanfaatkan *anaerobic baffled reactor* yang berperan untuk dekomposisi air limbah secara anaerob untuk menghasilkan efluen yang kaya nutrisi. Dengan menggunakan sistem tersebut.



Gambar 2.16 Skema Sistem Hidroponik Tanaman Tomat untuk Pengolahan Limbah

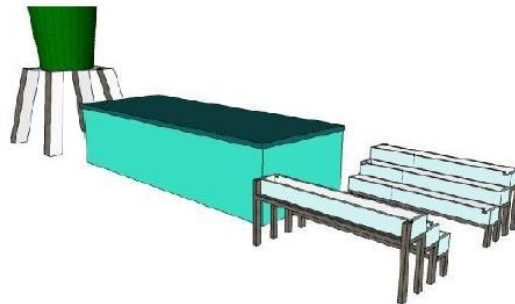
Sumber: (Magwaza dkk., 2020)

Model sistem hidroponik yang dirancang oleh Magwaza dkk, 2020 cukup representatif yaitu terdiri dari tiga sistem hidroponik individu, masing-masing sistem terdiri dari satu tangki larutan nutrisi (100 L), pompa submersible, filter dan unit saluran pipa pertumbuhan tanaman masing-masing dengan panjang, lebar dan tinggi 15 m - 0,5 mx 0,9 m. (Gambar 2.16). Larutan nutrisi secara terus menerus dialirkan dari tangki ke pipa menggunakan pompa submersible dan air disirkulasikan kembali ke tangki yang terletak di kaki sistem. Larutan nutrisi disuplai ke tanaman melalui fertigasi menggunakan sistem irigasi tetes (2 L/jam) dan irigasi dilakukan dengan enam interval (5 menit per interval) setiap hari menggunakan timer.

Magwaza, 2020 dalam desainnya yaitu pot percobaan disusun secara acak lengkap dengan tiga perlakuan yaitu, air ledeng kota dicampur dengan campuran pupuk hidroponik komersial, yang terdiri dari Higroponik dan Solucal, pada laju masing-masing 80 g dan 62 g/100 L (CHFM), limbah cair dari *reactor baffle anaerobik* tanpa pupuk (efluen ABR) dan limbah cair ditambah setengah dosis campuran pupuk hidroponik komersial dengan laju 40 g dan 31 g per 100 L air (ABRthCHFM). Temuan dari penelitian ini menunjukkan bahwa efluen yang dihasilkan dari pengolahan air limbah sekunder (ABR), komponen sistem pengolahan air limbah desentralisasi, menunjukkan potensi untuk digunakan sebagai sumber pupuk untuk tomat yang ditanam dalam sistem hidroponik. Namun, hasil yang diamati dari

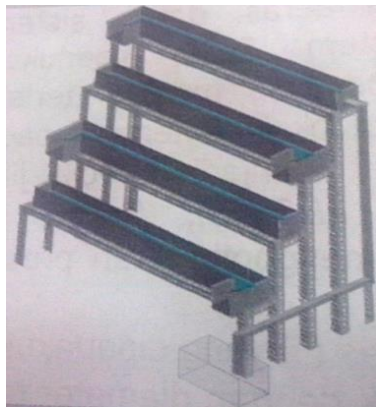
penelitian ini juga menunjukkan bahwa fertigasi tanaman tomat dengan limbah ABR dalam sistem hidroponik tidak cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Rendahnya konsentrasi nutrisi esensial seperti N, P, K, Ca & Zn dalam air limbah adalah alasan penurunan pertumbuhan dan kinerja hasil dibandingkan dengan tanaman yang diberi campuran pupuk komersial.

Berdasarkan hasil penelitian Hendriarianti E, Ratna C.D, 2018, penambahan reaktor fitoremediasi hidroponik dapat mengoptimalkan kinerja IPAL dalam menurunkan amoniak dan nitrat. Penambahan reaktor fitoremediasi hidroponik dapat meningkatkan persentase penyisihan amoniak sebesar 20,17 % menggunakan tanaman kangkung pada hari ke-7 dan 18,72 % menggunakan tanaman selada pada hari ke-14. Sedangkan persentase penyisihan nitrat sebesar 17,44 % menggunakan tanaman kangkung pada hari ke-7. Sedangkan pada tanaman selada terjadi kenaikan dengan persentase sebesar 11,15 % pada hari ke-14.



Gambar 2.17 Reaktor Penelitian Fitoremediasi Menggunakan Sistem Hidroponik

Sumber: (Hendriarianti dan Ratna, 2018)

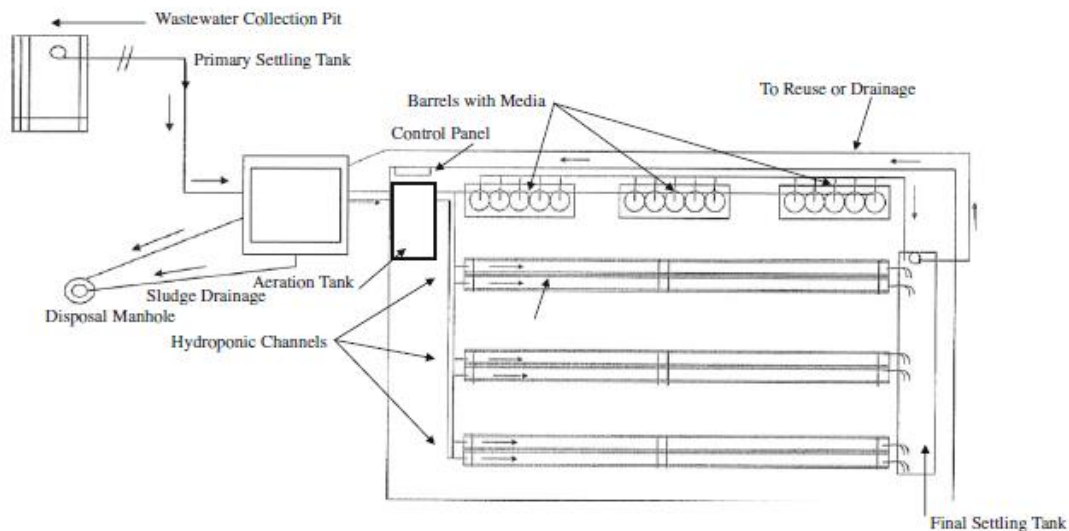


Gambar 2.18 Desain Alat Hidroponik DFT

Sumber: (Susanawati, dkk., 2018)

Penelitian lain oleh Susanawati, dkk., (2018) memanfaatkan limbah cair *greywater* sebagai air media hidroponik tanaman sawi dikarenakan kadar pencemar yang terkandung masih memenuhi standar untuk pemanfaatan di bidang pertanian yakni BOD (14,5 mg/L), COD (102,667 mg/L), DHL (1006,8 $\mu\text{s}/\text{cm}$), dan pH (6,24). *Greywater* juga mengandung unsur hara makro yang dibutuhkan tanaman berupa Nitrogen (0,0110 %), Fosfor (0,0124 %), dan Kalium (0,0002 %). Meskipun pada pertumbuhannya diberikan tambahan nutrisi pupuk ABmix namun penggunaan *greywater* sebagai air media untuk hidroponik memberikan hasil yang nyata terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman sawi dibandingkan dengan air media PDAM dan Campuran. Hasil terbaik pertumbuhan vegetatif tanaman sawi berupa tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat basah diperoleh dari perlakuan air media

greywater dengan rata-rata tinggi 30,81 cm, jumlah daun 11,37 helai, dan berat basah 68,415 gram.



Gambar 2.19 Skema Percontohan Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Hidroponik

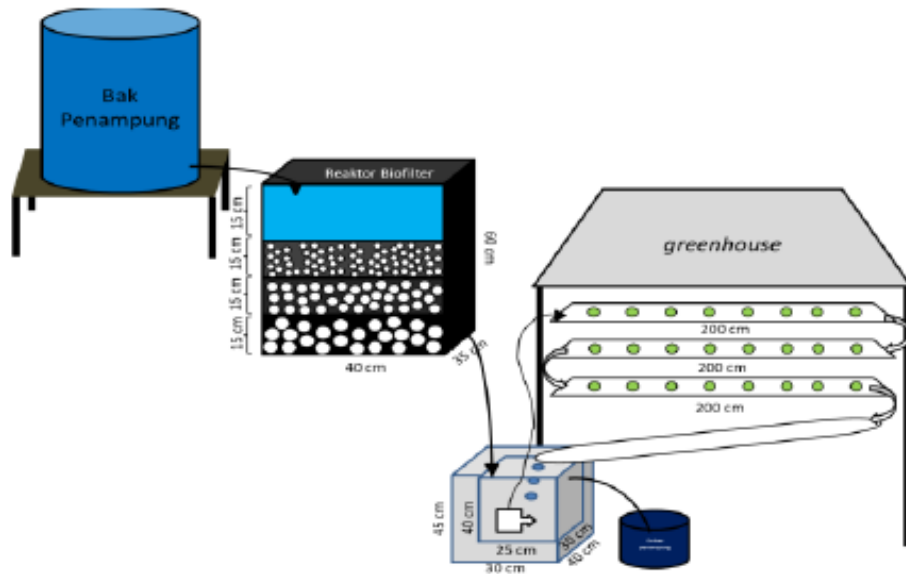
Sumber: (Haddad dan Mizyed , 2011)

Sebuah model *green house* sistem barrel hidroponik dalam pengolahan air limbah dibangun di area kampus dalam penelitian M. Haddad and N. Mizyed, 2011 dapat dilihat pada **Gambar 2.19**. Sistem percontohan ini terdiri dari tangki pengendapan utama, model rumah kaca dengan sistem hidroponik, tangki pengendapan akhir, dan area terbuka untuk penggunaan kembali limbah. Tangki pengendapan utama terbuat dari baja dan dilapisi dengan lapisan anti-korosi, sekitar berukuran 13 m³. Tangki ini menampung air limbah mentah dari lubang pengumpulan universitas, dan memiliki kerucut dasar untuk pengumpulan lumpur dan drainase. Ketinggian zona pengendapan (mulai pada sekitar 2 m di atas tanah) diatur untuk memungkinkan aliran gravitasi air menetap ke model green house. Untuk komunitas kecil, laju aliran air limbah sangat bervariasi setiap hari, sehingga tangki pengendapan utama berfungsi sebagai tangki penyeimbang. Model green house memiliki ukuran lebar 8,5 m, panjang 36 m, dan tinggi 5,5 m, terbuat dari bahan galvanis. Rangka pipa baja dan ditutup dengan lapisan plastik. Sistem hidroponik di green house terdiri dari dua jenis yaitu barel dan saluran. Setengah bagian atas barel dan tiga saluran diisi dengan media tanam. Media tanam terdiri dari : 2 bagian kerikil berukuran 2 cm dan satu bagian serbuk gergaji kayu, dan satu bagian pasir pertanian (0,4 mm).

Barrel hidroponik terbuat dari bahan plastik tebal dengan diameter 0,60 m dan tinggi 0,75 m. Setengah bagian bawah laras tanpa media yang memungkinkan lingkungan yang lembab dan basah untuk akar tanaman. Tampak pada Gambar 2.15, tiga kelompok pot masing-masing disusun dengan lima barrel. Tangki Pengendapan akhir memiliki lebar 8,5 m dan panjang 150 m ditutupi dengan 15–30 cm pasir kemudian ditutupi dengan rumput.

Hasil pengujian sistem hidroponik sebagai pengolahan dan penggunaan kembali air limbah terdesentralisasi menunjukkan bahwa sistem hidroponik efektif dalam mengurangi berbagai beban pencemaran. Sistem hidroponik dibangun di rumah kaca untuk meningkatkan kondisi pertumbuhan tanaman jenis pohon, sayuran dan bunga. Hasil temuan M. Haddad and N. Mizyed, 2011 menunjukkan bahwa kinerja hidroponik sistem barrel lebih baik dari pada sistem channels sedangkan dari faktor tanaman menunjukkan bahwa jenis pohon lebih baik daripada bunga dan sayuran.

Albertus, dkk., (2020) melakukan penelitian mengolah limbah domestik menggunakan hibrid biofilter dan sistem hidroponik NFT (Nutrient Film Technique) dengan tanaman selada (*Lactuca sativa* L). Sistem ini bertujuan untuk menurunkan kadar beban anorganik yang dimanfaatkan oleh tanaman selada sebagai nutrisi pertumbuhan, nutrisi tersebut ialah amoniak, nitrat, dan fosfat. Parameter yang diukur meliputi Amoniak, Nitrat, Fosfat, TDS, BOD, DO, Suhu dan pH dengan waktu tinggal selama 5 hari. Gambar desain yang dilakukan seperti pada **Gambar 2.20**.



Gambar 2.20 Desain Pengolahan Limbah Domestik Hibrid Biofilter dan Sistem Hidroponik

Sumber: (Albertus, dkk., 2020)

Secara ringkas spesifikasi beberapa desain reaktor hidroponik dalam mengolah air limbah domestik pada penelitian terdahulu dapat dilihat pada **Tabel 2.10**.

Tabel 2.10 Spesifikasi Alat Sistem Hidroponik dalam Mengolah Air Limbah Domestik pada Penelitian Terdahulu

No	Sumber	Sistem hidroponik	Jenis tanaman	Spesifikasi Alat
1	(Hendriarianti dan Ratna, 2018)	NFT	Kangkung dan selada	Laju Aliran Pilot Plant : 0,5 L/menit - Laju aliran Reaktor Hidroponik: 0,25 L/menit - Jarak tanam reaktor Hidroponik : 20 cm/rumpun - Waktu retensi reaktor Hidroponik : 215 menit Luas permukaan hidroponik 1500 cm ²
2	(Haddad dan Mizyed, 2011)	Barrels dan channel	Beberapa jenis tanaman berupa pohon (jeruk dan zaitun), sayuran dan bunga	Sistem terdiri dari tanki pengendap utama berukuran 13 m ³ , model green house dengan ukuran lebar 8,5 m, panjang 36 m, dan tinggi 5,5 m.
3	(Albertus, dkk., 2020)	NFT	Selada	Hidroponik NFT menggunakan 3 gully trapesium dengan atap greenhouse dari plastik uv. Gully dengan panjang 2 meter tersusun sejajar dengan perbedaan ketinggian berjarak 12 cm dan kemiringan 10°. Pompa air yang digunakan jenis AT-104.
4	(Oyama, 2016)	Efluen pengolahan limbah domestik sekunder	Bit silver dan tomat	Terdiri dari enam batang pipa persegi panjang berukuran masing-masing 295 cm x 12 cm x 12 cm; Lubang tanaman setiap pipa sebanyak 8 buah, jumlah tanaman dalam satu sistem ini sebanyak 48

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Umum

Dalam tugas akhir ini, dilakukan dua tahapan yakni kajian pustaka dan simulasi yang berkaitan dengan referensi yang dikaji.

3.1.1 Kajian Pustaka

Kajian pustaka dilakukan dengan menelusuri referensi yang berkaitan dengan topik studi. Dari hasil penelusuran pustaka, tulisan disusun kembali menggunakan bahasa penulis sendiri. Adapun jenis pustaka yang ditelusuri meliputi:

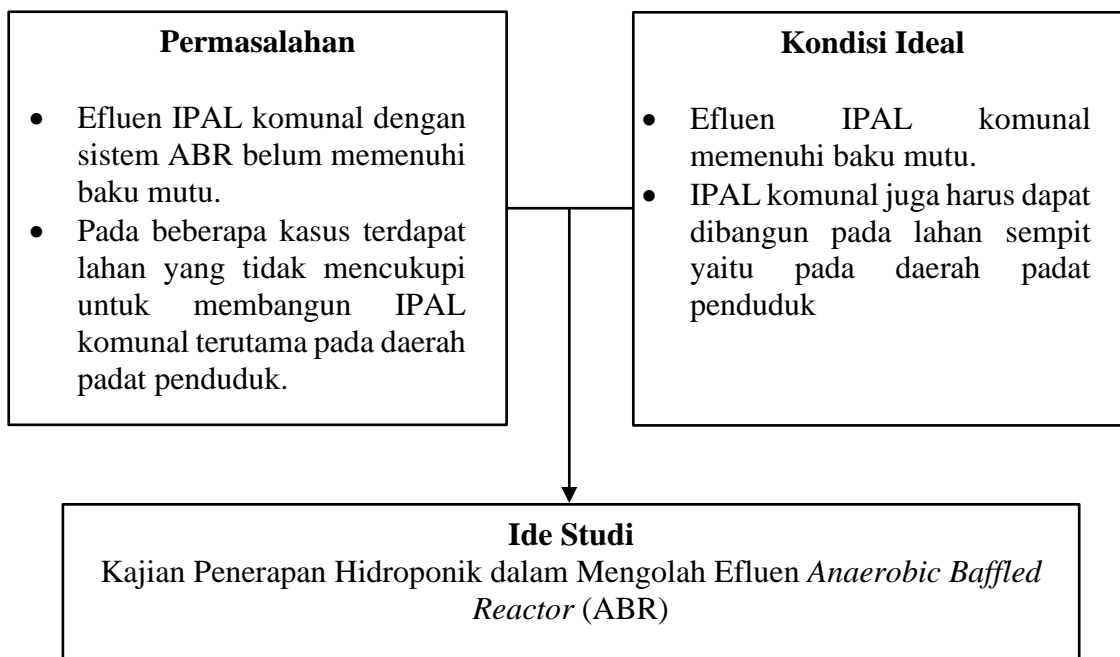
- 1) Buku Teks
- 2) Jurnal
- 3) Laporan Penelitian
- 4) Buletin
- 5) Prosiding Ilmiah

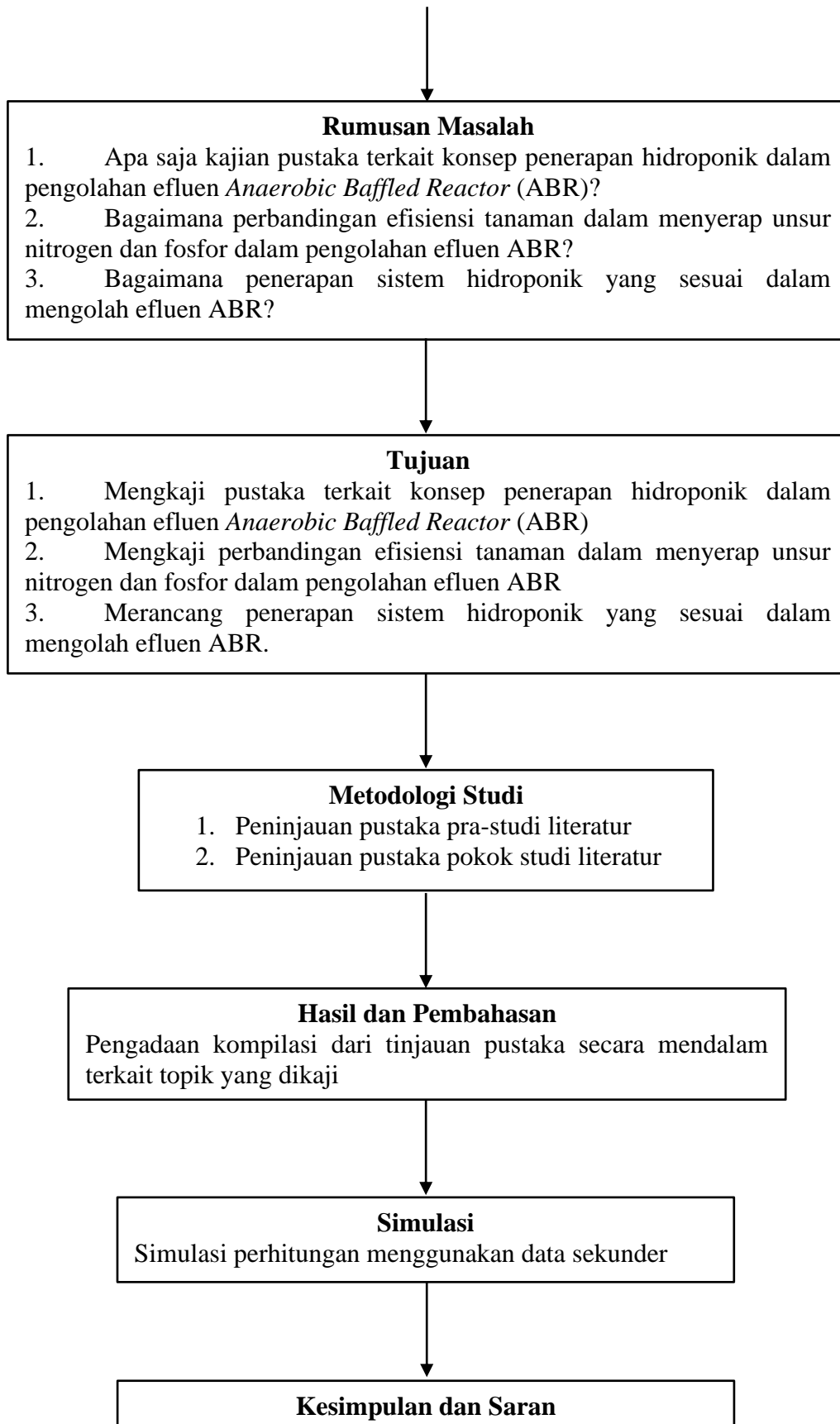
3.1.2 Simulasi

Pada tugas akhir ini akan dilakukan simulasi dengan menggunakan beberapa referensi data. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang didapatkan dari jurnal, hasil penelitian, dan surat kabar. Hasil dari simulasi ini akan menjelaskan bahwa penerapan hidroponik dalam mengolah efluen anaerobic baffled reactor (ABR) berpengaruh pada kebutuhan luas lahan sehingga menjadi solusi alternatif penerapan IPAL komunal dengan integrasi pengolahan lanjutan pada lahan yang terbatas.

3.2 Kerangka Studi

Kerangka studi pustaka merupakan meliputi dasar-dasarpemikiran untuk mencapai tujuan studi. Kerangka studi berfungsi sebagai acuan dalam proses pemilihan literatur, sehingga proses penulisan laporan dapat berjalan secara sistematis dan dapat dipahami oleh pembaca dengan mudah. Kerangka studi dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut :





3.2.1 Metode Studi

Metode studi terdiri dari langkah-langkah studi yang akan dilakukan hingga mendapatkan kesimpulan. Metode studi disusun untuk menambah pemahaman kerangka studi berupa deskripsi sehingga pelaksanaan studi lebih terarah dan mencapai tujuan. Dalam metode studi terdapat ide studi, pengumpulan data, analisis data, hasil dan pembahasan, serta saran dan kesimpulan ini.

3.2.2 Ide Studi

Ide studi dalam penelitian ini adalah Kajian Penerapan Hidroponik Dalam Mengolah Efluen *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR). Ide ini bermula dari permasalahan Efluen IPAL komunal dengan sistem ABR belum memenuhi baku mutu dan pada beberapa kasus terdapat lahan yang tidak mencukupi untuk membangun IPAL komunal terutama pada daerah padat penduduk. Sedangkan efluen IPAL komunal harus memenuhi baku mutu dan IPAL komunal harus dapat dibangun pada lahan sempit terutama pada daerah padat penduduk.

3.2.3 Rumusan Masalah dan Tujuan

Tujuan studi literatur ini ialah menjawab rumusan masalah yang telah dibuat dan maksud dari ide studi yang dibuat yaitu mengkaji jenis tanaman yang cocok untuk diterapkan pada hidroponik, mengkaji desain sistem hidroponik, mengidentifikasi pengaruh penerapan hidroponik yang tepat dalam pengolahan efluen ABR.

3.2.4 Metodologi Studi Literatur

1. Peninjauan Pustaka Pra-Studi Literatur
Tahapan peninjauan pustaka pra-studi literatur merupakan tahap pencarian pustaka terkait topik Penerapan Hidroponik Dalam Mengolah Efluen *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR). Penulisan pendahuluan ini didasari dari latar belakang masalah untuk mendapatkan gambaran umum mengenai permasalahan yang ada, kemudian mencari *gap* terhadap kondisi ideal.
2. Simulasi dengan Data Sekunder
Simulasi menggunakan data hasil sampling efluen ABR di IPAL komunal X yang didapatkan melalui peninjauan literatur dan hasil penelitian terdahulu. Kemudian, dilanjutkan dengan simulasi perhitungan penerapan hidroponik dalam mengolah efluen *anaerobic baffled reactor* (ABR) sesuai kriteria desain dan ketentuan lainnya.
3. Hasil dan Pembahasan
Pada bagian pembahasan dilakukan pembahasan mengenai hidroponik, analisis jenis tanaman dan media, identifikasi kriteria desain yang cocok untuk diterapkan pada hidroponik, mekanisme penyisihan beban polutan pada hidroponik, keuntungan dan kerugian pengembangan hidroponik dalam pengolahan efluen ABR dilihat dari segi operasional dan kebutuhan lahan, serta desain hidroponik dalam mengolah efluen ABR berdasarkan simulasi data sekunder.

3.2.5 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan disusun berdasarkan hasil analisis dan pembahasan. Kesimpulan harus menjawab rumusan masalah dan sesuai dengan tujuan penelitian yang akan dicapai. Saran diberikan sebagai rekomendasi untuk penelitian yang akan dilanjutkan selanjutnya. Tujuan dari rekomendasi ini berguna sebagai rujukan selanjutnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Konsep Penerapan Hidroponik dalam Pengolahan Efluen Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Insatalasi pengolahan air limbah (IPAL) komunal umumnya dibangun dengan sistem ABR (*Anaerobic Baffled Reactor*). Namun efluen yang keluar dari sistem ini belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik ataupun Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya, terutama pada penyisihan N dan P.

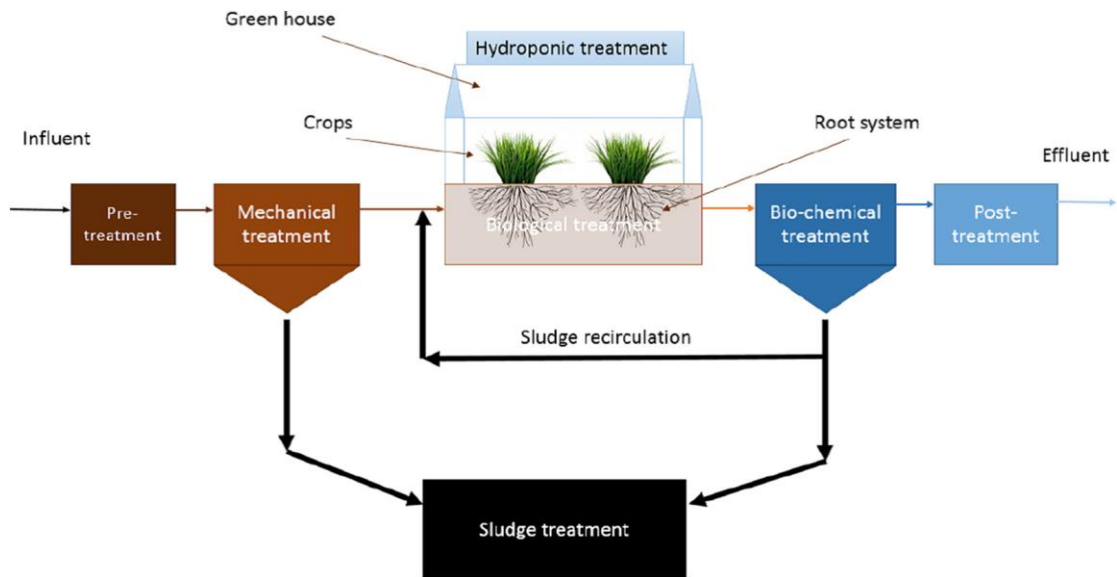
Diketahui bahwa nitrogen (N) dan Posfor (P) merupakan sumber unsur hara penting bagi tanaman. Nitrogen diserap oleh tanaman dalam bentuk ion nitrat (NO_3^-) atau ammonium (NH_4^+) dalam kisaran 100-250 ppm, sedangkan posfor diserap dalam bentuk ion H_2PO_4^- , PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} berkisar antara 30-50 ppm.

Merujuk pada Tabel 2.3, diketahui karakteristik efluen ABR beberapa IPAL Komunal masih belum memenuhi baku mutu untuk parameter N dan P jika dibandingkan dengan standar baku mutu air limbah domestik dan baku mutu air sungai dan sejenisnya seperti ditunjukkan pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4. 1 Parameter N dan P pada Efluen ABR dibandingkan dengan baku mutu

	Total Nitrogen (TN) mg/L (ppm)	Total Posfat (TP) mg/L (ppm)
IPAL MCK Tlogomas (Hendriarianti dan Ratna, 2018, 2019)	41	12
Kota Malang, Indonesia (Yulistyorini dkk., 2019)	43	21
IPAL Komunal KSM Gerbang Manguni Tondano	-	13,45
Baku Mutu (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik)	10	0,2
Baku Mutu (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya)	15	0,2

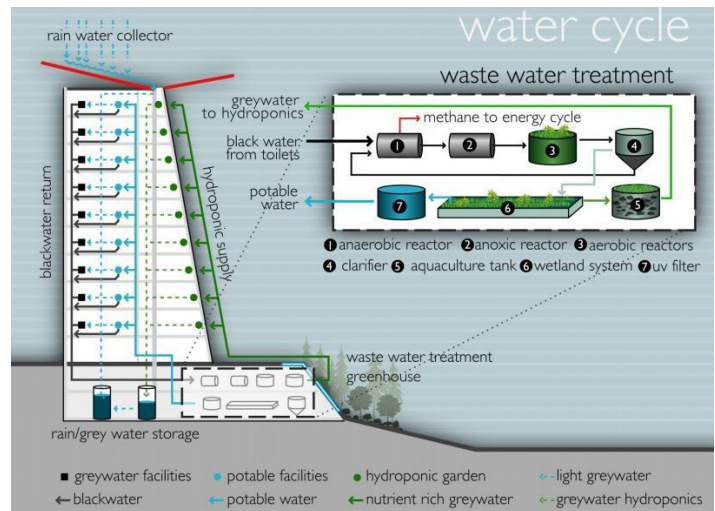
Seperti juga dilaporkan oleh Magwaza S. T, 2020) bahwa karakteristik beberapa efluen ABR menunjukkan bahwa effluent ABR masih memiliki kandungan nutrisi yang cukup besar khususnya fosfor dan nitrogen. Dalam konteks ini, konsentrasi nitrogen total (TN) dan fosfor total (TP) masing-masing dengan kisaran 30–41 dan 4–9 mg/L, nitrogen dalam air limbah tersedia dalam bentuk ion ammonium nitrat (NH_4NO_3), dan nitrit, yang merupakan indikasi bahwa air limbah mentah atau yang diolah mengandung beberapa nutrisi yang pada dasarnya untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman, yang merupakan pilihan penting sebagai sumber nutrisi untuk budidaya hidroponik.



Gambar 4. 1. Diagram alir sederhana dari alternatif instalasi pengolahan air limbah hidroponik
(Magwaza S. T., 2020)

Penyisihan N dan P hingga memenuhi baku mutu merupakan hal yang penting dalam pengolahan limbah, hal ini dikarenakan kelebihan nutrisi (fosfat dan nitrogen) di permukaan air dapat meningkatkan pertumbuhan alga. Bilamana pertumbuhan alga tidak terkendali (eutrofikasi), maka tanaman tersebut akan menutupi permukaan perairan sehingga penetrasi sinar matahari ke dalam air berkurang. Dampak negatif selanjutnya tentu akan dirasakan oleh biota air, akibat efek eutrofikasi yang menghambat penetrasi sinar matahari dan mengganggu sirkulasi oksigen. Hal demikian akan mengganggu proses fotosintesis yang menyebabkan defisit oksigen sehingga menyebabkan kepunahan biota dalam air. Selain itu, surfaktan dapat memiliki efek racun pada semua jenis kehidupan akuatik jika jumlahnya berlebihan. Surfaktan juga menambah masalah lain bagi kehidupan akuatik dengan menurunkan tegangan permukaan air (Pattusamy, 2013). Dengan demikian kelebihan N dan P pada efluen ABR perlu dikelola untuk mengurangi dampak negatif tersebut hingga memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan.

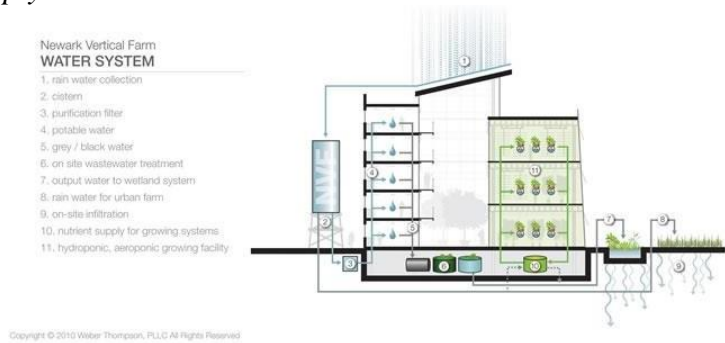
Pada tahun 2010 Myer Harrel di Firma Arsitektur Weber Thompson telah membahas tentang agrikultura perkotaan dengan desain sebagai berikut, dimana hal ini juga mendukung potensi pemanfaatan hidroponik dalam mengolah efluen IPAL komunal.



Gambar 4. 2. Ilustrasi Skema Pemanfaatan Efluen Waste Water Treatment untuk Suplai Hidroponik

(<https://netforum.uli.org/iWeb/upload/WeberThompson%20-%20Myer%20Harrell.pdf>)

Pada kasus lainnya ditemukan desain lain hidroponik pada kasus Newark Vertical Farm oleh designer Dickson Despommier and Weber Thompson dimana desain kebun vertikal dalam hal ini menggunakan sistem hidroponik diintegrasikan dengan karakteristik desain berkelanjutan. Pada desain tersebut terlihat air hujan yang ditampung menjadi *hydroponic supply*.



Gambar 4. 3. Ilustrasi Skema Pemanfaatan Air Hujan untuk Hydroponic Supply
(Sumber: <http://www.youthla.org/2011/03/vertical-farms-impacts-and-trends-towards-ecological-urbanism/>)

Sebagai upaya untuk memaksimalkan sistem pengolahan limbah, sistem *tertiary treatment* (pengolahan lanjutan) seringkali masih harus diterapkan dengan tujuan untuk menurunkan kandungan *nutrient* yang pada umumnya belum dapat dihilangkan secara optimal pada *secondary treatment*. Sistem *tertiary treatment* yang dapat menurunkan kandungan nutrient seperti senyawa anorganik nitrat dan fosfat yaitu menggunakan tanaman. Sistem hidroponik dapat dijadikan alternatif pengolahan limbah. Sistem ini merupakan sistem budidaya tanaman tanpa menggunakan media tanah melainkan bisa berupa media batu atau tanpa media yaitu hanya berupa air yang diberikan nutrisi khusus, biasanya sudah banyak dijual di toko pertanian, tetapi sistem hidroponik yang ada mendapatkan nutrisi seperti nitrat dan fosfat dari keluaran (outlet) sistem biofilter limbah domestik, yang di dalamnya juga terdapat senyawa anorganik yang berguna sebagai nutrisi bagi tanaman (Gultom dan Sutanto, 2019). Beberapa penelitian terdahulu seperti ditampilkan pada Tabel 2.6. menyatakan bahwa pengolahan air limbah dengan sistem hidroponik memiliki banyak

kelebihan . Keuntungan sistem hidroponik dalam mengolah air limbah domestik yang telah dilakukan pengolahan sebelumnya adalah sistem yang murah, membutuhkan lahan sedikit, dan dapat menggunakan tanaman yang memiliki nilai ekonomis.

Keberadaan N dan P dalam effluent ABR merupakan potensi suplai nutrisi bagi tanaman dalam pengolahan air limbah dengan sistem hidroponik sehingga dapat mengolah kualitas air limbah menjadi lebih baik. Nitrogen (N) dan Fosfor (P) merupakan unsur hara yang sangat dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang besar. Nitrogen pada umumnya diserap tanaman dalam bentuk NH_4^+ atau NO_3^- , yang dipengaruhi oleh sifat tanah, jenis tanaman dan tahapan dalam pertumbuhan tanaman. Fosfor (P) merupakan unsur ini sangat penting untuk pertumbuhan dan pembentukan akar. Unsur fosfor ini diserap tanaman dalam bentuk fosfat. Unsur fosfor ini pada tanaman berperan dalam pembentukan inti sel, mempercepat perpindahan fase vegetatif ke generatif, mempercepat pembentukan biji, dan memperbaiki mobilitas unsur hara di dalam tanaman (Muhadiansyah, 2016).

4.2 Perbandingan efisiensi tanaman dalam menyerap unsur Nitrogen dan fosfor

Tanaman dapat memainkan peran penting dalam memurnikan air eutrofik. Jalur penyisihan TN dan TP utama melibatkan efek sinergis akar tanaman dan mikroorganisme, beberapa di antaranya dihilangkan melalui aktivitas mikroba, sedangkan hanya sedikit yang diserap langsung oleh tanaman. Hasil penelitian Feng Su dan Zhian Li, 2019 ini menunjukkan bahwa tanaman berkontribusi lebih besar terhadap penyisihan TP daripada penyisihan TN. Oleh karena itu, tanaman dengan serapan TP tinggi memiliki nilai aplikasi yang besar dalam fitoremediasi.



Gambar 4.4. Jenis-Jenis Tanaman Air
Sumber: (Feng Su dan Zhian Li, 2019)

Feng Su dan Zhian Li, 2019, melakukan penelitian dengan membandingkan kapasitas sembilan spesies tanaman air yang berbeda untuk menghilangkan total P (TP), total N (TN), dan NH_4^+ dari air limbah domestik. Delapan dari jenis-jenis tanaman air yang ditanam dapat dilihat pada Gambar 4.4. Setelah ditanam secara monokultur selama 46 hari, *Ipomoea aquatica* (90,6% dan 8,8%) dan *Salvinia natans* (67,3% dan 14,2%) masing-masing memperoleh efisiensi penyisihan TP tertinggi dalam air limbah yang tercemar ringan dan sangat tercemar. Dalam hal akumulasi nutrisi, *Ipomoea aquatica* dan *Eleocharis plantagineiformis* masing-masing memiliki efek pemurnian terbaik untuk TP dan TN.

Dari hasil kajian literatur terhadap tanaman-tanaman yang telah diujicobakan pada pengolahan limbah domestik dengan sistem hidroponik disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.2 Penyisihan Beberapa Tanaman Terhadap N dan P dari Limbah Domestik

Referensi	Jenis Air Limbah	Spesies Tanaman	% Removal		Jenis Hidroponik
			TN	TP	
(Boyden dan Rababah, 1996)	<i>Primary domestic wastewater</i>	<i>Mignonette green Lettuce</i> (Selada hijau Mignonetle)	80	77	<i>Commercial hydroponic system (recirculating)</i>
(Cui, dkk., 2003)	<i>Primary domestic wastewater</i>	<i>Water spinach</i> (kangkung)	57,91	23,81	<i>Sistem hidroponik</i>
(Vaillant, dkk., 2003)	<i>Primary municipal wastewater</i>	<i>D. innoxia</i> (kecubung)	93	38	<i>Nutrient film technique (horizontal flow)</i>
(Haddad dan Mizyed, 2011)	Limbah domestik	Tomat Ceri	86	52	<i>Flood and drain for the hydroponic channels</i>
		Zaitun	61	63	<i>Continuous dripping for the hydroponic barrels</i>
		Jeruk	71	68	
		Jagung manis	93	49	
(Gebeyehu, dkk., 2018)	<i>Brewery wastewater</i>	<i>Tifa latifola</i>	58	58	Fitoremediasi : sistem hidroponik
(Worku, dkk., 2018)	Limbah domestik	<i>Vetiver grass</i>	58	63	<i>Floating raft</i> (hidroponik sistem terapung)
(Hendriarianti dan Ratna, 2018)	Limbah ABR	Kangkung dan selada	17,44	Tidak diuji	fitoremediasi hidroponik
(Feng Su, 2019)	Air limbah domestik	<i>Eleocharis Plantagineiforms</i>	20,3	21,2	Fitoremediasi (hidroponik)
		<i>Hidrokotil vulgaris</i>	6,9	84,4	
		<i>Ipomoea akuatik</i> (kangkung air)	8,7	90,6	

Table 4.2 (Lanjutan)

Referensi	Jenis Air Limbah	Spesies Tanaman	% Removal		Jenis Hidroponik
			TN	TP	
		<i>Salvinia natans</i>	14	67,3	Fitoremediasi (hidroponik)
		<i>S.natans-E plantaginei formis</i>	15,7	79,1	
(Gultom dan Sutanto, 2019)	Limbah domestik	<i>Ipomoea reptans</i> Poir.(kangkung darat)	Tidak mengalami penurunan	76,13	<i>Nutrient Film Technique</i> (NFT).
		<i>Amaranthus viridis</i> L., bayam	Tidak mengalami Penurunan	44,9	
		<i>Lactuca sativa</i> L (selada)	Tidak mengalami penurunan	45,95	
(Albertus, dkk., 2020)	Limbah domestik yang telah melewati biofilter	<i>Lactuca sativa</i> L (selada)	99,7 % (amoniak)	50,1	<i>Nutrient Film Technique</i> (NFT).

Dari beberapa penelitian yang telah diujikan tersebut, dapat disimpulkan bahwa tanaman jenis sayuran yang memiliki daya serap tinggi baik terhadap N maupun P yaitu tanaman kangkung (*Ipomoea akuatik*), selada dan tomat. Tiga jenis Tanaman ini merupakan jenis sayuran /buah hidroponik yang umum terdapat di pasaran.

Kangkung merupakan tanaman yang tumbuh dengan cepat dan memberikan hasil dalam waktu 25-30 hari sesudah dilakukan penyemaian. Tanaman kangkung biasa tumbuh sepanjang tahun bisa ditemukan di dataran tinggi ataupun dataran rendah khususnya kawasan yang berair dengan suhu 20-30°C. Ada dua jenis kangkung yang biasa di konsumsi yaitu kangkung air dan kangkung darat. Kangkung air mempunyai daun panjang dengan daun agak tumpul berwarna hijau kelam biasa ditanam di pinggir kolam atau rawa-rawa. Kangkung darat mempunyai daun yang panjang ujungnya yang runcing biasanya di tanam di tempat yang agak kering (Sholihat, 2018).

Selada termasuk ke dalam famili *Asteraceae* dan mempunyai nilai ekonomis tinggi. Selada merupakan tanaman yang mudah untuk dibudidayakan, tinggi tanamannya antara 30-40 cm. Selada memiliki sistem perakaran serabut, akar tersebut menempel pada batang dan tumbuh menyebar ke semua arah pada kedalaman 20-50 cm atau lebih. Daun selada memiliki bentuk, ukuran dan warna yang beragam tergantung varietasnya. pH yang dibutuhkan untuk pertumbuhan selada antara 5-6,5. Suhu optimum bagi pertumbuhan selada adalah 15-25° C. (Aini, dkk., 2010).

4.3 Penerapan Desain Sistem Hidroponik dalam Mengolah Efluen ABR pada Tanaman Selada

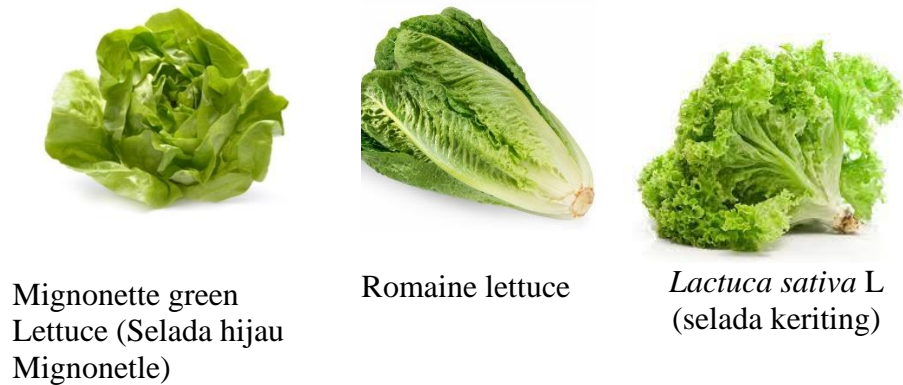
Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penerapan hidroponik sangat potensial dalam mereduksi kandungan nitrogen dan fosfor sebagai nutrisi bagi tanaman. Hasil beberapa kajian penelitian terdahulu, diketahui beberapa tanaman seperti selada, kangkung dan tomat merupakan tanaman yang baik dalam menyisihkan kandungan nitrogen dalam efluen ABR yaitu hingga 80% TN dan 77% TP.

Untuk target produk limbah yang baik, maka pemilihan tanaman yaitu jenis tanaman yang memberikan persen removal N dan P tertinggi. Tanaman bisa berupa jenis tanaman air, atau jenis bunga bahkan sayuran yang juga diambil kemanfaatannya. Berdasarkan penelitian yang telah diujikan seperti pada Tabel 4.4., ada beberapa jenis tanaman yang memberikan % removal N dan P cukup tinggi dan tiga jenis tanaman yang memberikan penyisihan terbaik untuk N dan P, yaitu tomat, kangkung dan selada.

Kriteria pemilihan tanaman menurut Boyden dan Rababah (1996) yaitu:

- (1) seleksi awal tanaman dengan sistem hidroponik umumnya untuk meminimalkan modifikasi sistem
- (2) konsentrasi pada spesies yang membutuhkan nitrogen dan fosfor dalam jumlah besar
- (3) tanaman harus dapat mentolerir sifat fisik dan kimia air limbah;
- (4) tanaman harus tumbuh dengan baik dengan siklus waktu pendek (misalnya, 5-10 minggu);
- (5) tanaman harus memiliki nilai komersial.

Berdasarkan kriteria tersebut maka dapat dipilih jenis tanaman selada yang lebih menyerap N dan P. Jenis tanaman selada banyak jenisnya, Beberapa jenis yang umum di pasaran yaitu jenis selada keriting, selada hijau dan selada Rumania.

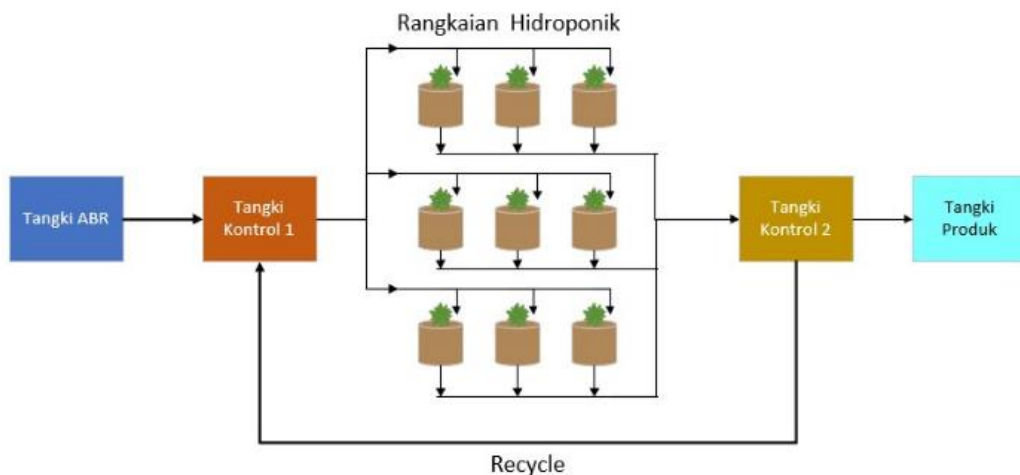


Gambar 4.5. Beberapa Jenis Selada yang Umum Dikonsumsi

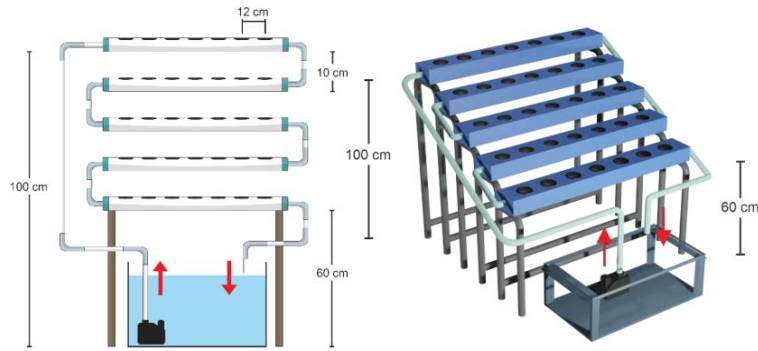
Jenis selada ini sudah banyak dijual di pasaran sehingga sudah banyak digemari di pasaran. Namun penerapan di lapangan bisa saja dengan jenis selada yang lain seperti Romaine lettuce atau selada jenis lain yang tidak jauh berbeda dalam penyerapan N dan P. Daya serap tanaman selada berdasarkan penelitian Octavia L. L, 2019, terhadap nitrogen dipengaruhi oleh konsentrasi nutrisi dan media tanam. Terdapat interaksi antara formula nutrisi dengan media tanam terhadap serapan N oleh tanaman selada (*Lactuca sativa* L). Kombinasi perlakuan terbaik terdapat pada formula nutrisi N 9% dan media tanam *cocogrow* + zeolit dengan nilai maksimum serapan N sebesar 4,33 mgN/tanaman.

Berdasarkan kajian literatur, tanaman selada lebih cocok dibudididayakan dengan sistem NFT atau DFT. Pada simulasi desain ini dipilih sistem DFT dikarenakan sistem ini mempunyai kelebihan lebih efisien dan lebih ekonomis dibandingkan NFT (Dalhar, 2018). *Deep Flow Technique* (DFT) adalah suatu sistem hidroponik dimana akar tanaman diletakkan dalam lapisan air dan nutrisi dengan ketinggian 3 – 6 cm (Sesanti dan Sismanto, 2014; Yustiningsih dkk., 2019). Sirkulasi air dan nutrisi pada sistem DFT berlangsung secara kontinu akibat adanya dorongan dari pompa. Sistem hidroponik DFT telah dikembangkan dalam berbagai model (Wibowo, 2020). Salah satu model yang dapat diterapkan untuk menghemat lahan yaitu desain menyerupai anak tangga atau bangku (Gambar 4.6). Model ini menggunakan prinsip pengaliran larutan nutrisi dari DFT zigzag.

Skema desain tersebut apabila diterapkan dalam mengolah efluen ABR dapat digambarkan sebagai berikut:



(a)



(b)

Gambar 4.6. Diagram Alir dan Model Desain DFT Sistem Hidroponik dalam Pengolahan Efluen ABR

Untuk rancangannya saat ini sudah banyak model yang sudah dijual di pasaran seperti Gambar 4.6 untuk sistem DFT misalnya dengan kapasitas 78 lubang tanaman.

Tabel 4.3 Dimensi Desain Penerapan Hidroponik dalam Mengolah Efluen ABR

Parameter Desain	Kriteria desain	Acuan kriteria
Jenis tanaman	<i>Lactuca sativa</i> L (Selada keriting)	Pemilihan tanaman Tabel 4.3.
% Removal N	80 (TN) 99,7 (amoniak)	(Boyden dan Rababah, 1996) , (Albertus, dkk., 2020)
% Removal P (fosfat)	77 (TP) 50,1 (TP)	
Sistem hidroponik	DFT	(Dalhar, 2018) dan (Albertus, dkk., 2020)
Daya serap tanaman terhadap N	1,56 mgN/tanaman	Asumsi perhitungan pada (Albertus, dkk., 2020)
Laju Aliran efluen ABR	1,0 L/menit	Khater dan Ali (2015) dan Dalastra dkk. (2020)
Jarak tanam reaktor Hidroponik	20 cm/rumpun	Standar umum untuk tanaman selada: 10 / 20 cm
Waktu panen selada	28 – 50 hst	Standar waktu panen selada
Volume tanki	100 L	Ditetapkan berdasarkan desain
Desain unit hidroponik: Panjang 400 cm pipa PVC 2,5"	78 lubang tanaman	Ditetapkan berdasarkan desain

Pengukuran daya serap tanaman *Lactuca sativa* L. terhadap N pada simulasi ini dipilih dengan pendekatan yang mengacu pada hasil pengukuran amoniak pada efluen sistem hidroponik yang dialirkan air limbah domestik yang dilakukan Albertus, dkk., (2020) dimana konsentrasi amoniak pada inlet sistem hidroponik adalah 72,11 mg/L dan pada outlet adalah 0,25 mg/L. Data tersebut dilakukan terhadap tanaman selada dengan jumlah tanaman = 48 rumpun (3 pipa dengan Panjang 2 m, jarak tanam 12 cm) dengan waktu tinggal 5 hari.

Berdasarkan **Tabel 4.3** maka dapat dihitung:

Daya serap tanaman terhadap N (dalam senyawa bentuk senyawa amoniak)

$$72,11 \text{ mg/L} - 0,25 \text{ mg/L} = 71,86 \text{ mg/L}$$

Percobaan dilakukan dengan waktu tinggal 5 hari

Daya serap per tanaman:

$$\frac{71,86 \text{ mg/L}}{48 \text{ tanaman}} = 1,5 \text{ mg/L tanaman}$$

Apabila ditentukan volume efluen ABR yaitu 100L, maka jumlah tanaman yang diperlukan untuk mengolah 100 L efluen ABR

$$\frac{(40 \text{ mg/L} - 10 \text{ mg/L}) \times 100 \text{ L}}{1,5 \text{ mg/L tanaman}} = 2000 \text{ tanaman}$$

Apabila tersedia unit hidroponik yang biasa dijual di pasaran dengan jumlah tanaman sebanyak 78 ditanam di pipa 2,5" dengan laju alir 1L/menit seperti pada **Gambar 4.6**, maka unit yang diperlukan: $25,6 \approx 26$ unit

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan kajian literatur yang telah dilakukan dapat disimpulkan:

1. Penerapan hidroponik sangat potensial dalam mereduksi kandungan nitrogen dan fosfor sebagai nutrisi bagi tanaman. Beberapa tanaman seperti selada, kangkung dan tomat merupakan tanaman yang baik dalam menyisihkan kandungan nitrogen dan fosfor dalam efluen ABR hingga 80% untuk N dan 77 % untuk P.
2. Hasil dari beberapa penelitian mendapatkan bahwa tanaman selada memberikan respon % penyisihan N dan P yang cukup tinggi dibandingkan tanaman lain, sehingga untuk menurunkan N dan P dipilih tanaman selada (*Lactuca sativa L.*) sehingga diperkirakan nanti bisa menurunkan kandungan pencemar di dalam efluen ABR. Penyisihan amoniak pada tanaman selada mencapai 99,7% dan fosfat mencapai 50,1% menggunakan sistem hidroponik. Parameter yang diketahui untuk tanaman ini yaitu, daya serap, waktu tinggal, waktu panen, dan jarak tanam, volume tanki dan laju alir.
3. Simulasi desain hidroponik untuk menurunkan polutan N dan P yaitu menggunakan tanaman selada dengan laju alir 1,0 L/menit, daya serap tanaman 1,5 mg/L/tanaman, masa panen 30 hari. Untuk tujuan mengolah efluen ABR dengan target penyisihan N dan P secara maksimal, maka diperlukan jumlah tanaman selada (*Lactuca sativa L.*) sebanyak 2000 tanaman dengan volume tanki 100 L. Apabila digunakan unit hidroponik dengan panjang pipa 4m, dan 78 lubang tanaman maka unit hidroponik yang dibutuhkan adalah 26 unit reaktor hidroponik.

5.2 Saran

Saran dari studi literatur ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian dan pengaplikasian lebih lanjut untuk pengolahan efluen ABR menggunakan hidroponik.
2. Alternatif pengolahan menggunakan hidroponik dapat dimodifikasi sesuai dengan karakteristik efluen ABR, nilai komersial tanaman, dan hal lain yang dibutuhkan.
3. Perlu penelitian lebih lanjut untuk spesifikasi dan instrumen yang digunakan untuk mengontrol kadar nutrisi yang tepat, pengaturan pH dan suhu agar pertumbuhan tanaman dapat tumbuh dengan baik sehingga selain pemanfaatan limbah juga menghasilkan produk yang bernilai ekonomis. Hal ini dapat menjadi peluang usaha bagi masyarakat.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Aini R. Q, Sonjaya Y, Hana M N. (2010). Penerapan Bionutrien pada Tanamam Selada Keriting (*Lactuca sativa* var. *crispa*), *Jurnal Sains dan Teknologi Kimia*, Vol 1, No. 1
- Albertus, R., Sutanto Bawole, H., & Studi Biologi, P. (2020). Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Hibrid Biofilter dan Sistem Hidroponik NFT dalam Budidaya Selada (*Lactuca Sativa* L). 4(2), 82–88.
- Amri, K., and Wesen, P. (2017). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Biofilter Anaerob Bermedia Plastik (Bioball). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 7(2), pp. 55–66.
- Astika, A. U. W., Sudarno, S., & Zaman, B. (2017). Kajian Kinerja Bak Settler, Anaerobic Baffled Reactor (Abr), Dan Anaerobic Filter (Af) Pada Tiga Tipe Ipal Di Semarang. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(1), 1–15
- Baiyin, B., Tagawa, K., Yamada, M., Wang, X., Yamada, S., Shao, Y., An, P., Yamamoto, S., Ibaraki, Y. (2021). Effect of Nutrient Solution Flow Rate on Hydroponic Plant Growth and Root Morphology. *Plants*. 10:1-11.
- Barber, S. A. dan Silberbush, M. (1984). Plant Root orphology and Nutrient Uptake. *ASA Special Publications*. 49:65–87.
- Boydena B H, Rababah A A. (1995). Recycling nutrients from municipal wastewater, *Desalination* 106 (1996) 24 1-246
- Dalastra, C., Teixeira Filho, M. C., dan Silva, M. R., Nogueira, T. A., Fernandes, G. C. (2020). Head Lettuce Production and Nutrition in Relation to Nutrient Solution Flow. *Horticultura Brasileira*. 38:21–26.
- Dalhar, A. (2018). Perbandingan sistem hidroponik deep flow technique (dft) dan nutrient film technique (nft) dalam usaha tani selada di specta farm. In *Repository.Uinjkt.Ac.Id*.
[http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/55020%0Ahttp://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/55020/1/AHMAD DALHAR-FST.pdf](http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/handle/123456789/55020%0Ahttp://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/55020/1/AHMAD%20DALHAR-FST.pdf)
- Endut, A., Jusoh, A., Ali, N., Wan Nik, W. N. S., Hassan, A. (2009). Effect of flow rate on water quality parameters and plant growth of water spinach (*Ipomoea aquatica*) in an aquaponic recirculating system. *EuroMed 2008 Desalination for Clean Water and Energy Cooperation among Mediterranean Countries of Europe and the MENA Region*. 5: 19-28.
- Foxon, KM., Pillay, S., Lalbahadur, T., Rodda, N., Holder, F., dan Buckley, C. A. 2004. The Anaerobic Baffled Reactor(ABR): An Appropriate Technology for on-site Sanitation. *Pollution Research Group*. 30(5):48-50.
- Gultom, T. (2019). Penerapan Hibrid Sistem Biofilter dan Hidroponik Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Pemukiman Low Income People. *SAINTEK: Jurnal Ilmiah Sains Dan Teknologi Industri*, 3(2), 70.
<https://doi.org/10.32524/sainstek.v3i2.599>
- Haddad, M., & Mizyed, N. (2011). Evaluation of various hydroponic techniques as decentralised wastewater treatment and reuse systems. *International Journal of*

- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Suwito, & Maury, H. K. (2018). Konsentrasi Amoniak, Nitrat Dan Fosfat Di Perairan Distrik Depapre, Kabupaten Jayapura. *EnviroScienteeae*. 14(1):8-15.
- Hastuti, E., Nuraeni, R., & Darwati, S. (2017). Pengembangan Proses Pada Sistem Anaerobic Baffled Reactor Untuk Memenuhi Baku Mutu Air Limbah Domestik. *Jurnal Pemukiman*, 12(2), 10.
- Hendriarianti E, Ratna C.D. (2018). Penurunan Nutrien Amoniak dan Ipal Komunal Tlogomas dengan Fitoremediasi. Laporan Akhir Penelitian Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Institut Teknologi Nasional Malang
- Indrayani, L., & Rahmah, N. (2018). Nilai Parameter Kadar Pencemar Sebagai Penentu Tingkat Efektivitas Tahapan Pengolahan Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(1), 41. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.35754>
- Ibrahim, R. (2018). Pengembangan Model Pengolahan *Greywater* Menggunakan *Constructed Wetland* Melalui Simbiosis Mutualisme *Hydrophyta* dengan Mikoriza, Disertasi Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Doktor, Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar
- Karva, F. P, Yulianto, A., dan Rachmawati, S. (2018). Uji Toksisitas Ipal Komunal di Dusun Mendiro terhadap *Daphnia Magna* dengan Menggunakan Metode Whole Effluent Toxicity (WET). Skripsi. Program Studi Teknik Lingkungan, FTSP, Universitas Islam Indonesia.
- Keeratiurai, P. (2013). Efficiency of wastewater treatment with hydroponics. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 8(12), 800–805.
- Khater, E. S. G. dan Ali, S. A. (2015). Effect of Flow Rate and Length of Gully on Lettuce Plants in Aquaponic and Hydroponic Systems. *Journal of Aquaculture Research and Development*. 6:1.
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2016). Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Lee, E., Rout, P.R., bae, J. (2021). The applicability of anaerobically treated domestic wastewater as a nutrient medium in hydroponic lettuce cultivation: Nitrogen toxicity and health risk assessment. *Science of the Total Environment*. 780.
- Liu, R., Tian, Q. dan Chen, J. (2010) The Developments of anaerobic baffled reactor for wastewater treatment: A review. *African Journal of Biotechnology*. 9(11):1535-1542.
- Lumunon, E. I., Riogilang, H., Supit, C. J. (2021). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Kiniar di Kota Tondano. *Tekno*. 19(77):67-76.
- Magwaza, S. T., Magwaza, L. S., Odindo, A. O., Mditshwa, A., Buckley, C. (2020). Partially treated domestic wastewater as a nutrient source for tomatoes (*Lycopersicum solanum*) grown in a hydroponic system: effect on nutrient absorption and yield. *Heliyon*. 6:e05745.
- Masduki, A. (2017). Hidroponik Sebagai Sarana Pemanfaatan Lahan Sempit di Dusun Randubelang, Bangunharjo, Sewon, Bantul. *Jurnal Pemberdayaan*. 1(2):185-191.

- Mekuto, L., Ntwampe, S.K.O., Akcil, A. (2016). An integrated approach for the treatment of cunidation wastewater. *Science of the Total Environment*. 571:711–720.
- Muhadiansyah, T. O., Adimihardja, S. A. (2016). Efektivitas Pencampuran Pupuk Organik Cair dalam Nutrisi Hidroponik pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada(*Lactuca sativa L.* *Jurnal Agronida*, 2(1), pp. 37–46.
- Mustafa, H.M., Hayder, G., Solihin, M.I., Saeed, R.A. (2021). Applications of constructed wetlands and hydroponic systems in phytoremediation of wastewater. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 708
- Norström, A., Larsdotter, K., Gumaelius, L., la Cour Jansen, J., Dalhammar, G. (2003). A small scale hydroponics wastewater treatment system under Swedish conditions. *Water Science and Technology*. 48 (11-12):161–167.
- Octavia L. L. (2019). Kajian Formula Nutrisi dan Media Tanam Terhadap Pertumbuhan, Hasil dan Serapan N Oleh Tanaman Selada (*Lactuca Sativa L.*) Secara Hidroponik Rakit Apung, Skripsi, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman
- Oyama, N. (2008). Hydroponics system for wastewater treatment and reuse in horticulture By Noraisha Oyama BEnvSc This thesis is presented for the degree of Doctor of Philosophy, Murdoch University , Western Australia October 2008. January 2008.
- Purbajanti, E. D., Slamet, W., Kusmiyati, F. (2017). Hydroponic Bertanam Tanpa Tanah. Semarang. EF Press Digimedia.
- Putra, T. K., Sulistyani., Raharjo, M., Suhartono. (2018). Efektifitas Penurunan Kadar Amoniak dan Kadar Fosfat di Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUD Sunan Kalijaga Demak. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 6(1):680-684.
- Prihandrijanti, M., & Firdayati, M. (2011). Current Situation and Considerations of Domestic Waste- water Treatment Systems for Big Cities in Indonesia (Case Study : Surabaya and Bandung). *Journal of Water Sustainability*, 1(2), 97–104.
- Ramandeeep, K. (2016). Anaerobic Baffled Reactor: A promising wastewater treatment technology in tropical countries. *International Journal on Emerging Technologies (Special Issue on RTIESTM)*, 7(1), 114–117.
- Ramayanti, D. & Amna, U. (2019). Analisis Parameter COD (Chemical Oxygen Demand) dan pH (potential Hydrogen) Limbah Cair di PT. Pupuk Iskandar Muda (PT. PIM) Lhokseumawe. *Jurnal Kimia Sains dan Terapan*. 1(1):16-21.
- Rohendi, A., Dhuha, S., Sugesti, C. S., Anas, A. A., Darnas, Y. (2021). Evaluasi Penerapan Program IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) Komunal di Kota Banda Aceh. *Lingkar Journal of Environmental Engineering*. 2(1): 18-28.
- Roidah, I. S. (2014). Pemanfaatan Lahan Dengan Menggunakan Sistem Hidroponik. *Jurnal Universitas Tulungagung Bonorowo*, 1(2), pp. 43–50.
- Roslioni, R., & Sumarni, N. (2005). Budidaya Tanaman Sayuran dengan Sistem Hidroponik. *Monografi*, 27, 1–38.
- Roslinda Ibrahim. (2018). Pengembangan Model Pengolahan *Greywater* Menggunakan *Constructed Wetland* Melalui Simbiosis Mutualisme *Hydrophyta* dengan Mikoriza,

Disertasi Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Doktor, Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar

- Saputra, A., Irfannuddin, & Swanny. (2018). Pengaruh Paparan Gas Amonia Terhadap Perubahan Kadar Serum SGOT dan SGPT pada Kelompok Berisiko. *Jurnal Biomedik Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya*. 4(1).
- Sarif, P. and Hadid, A. (2015). Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica Juncea L.*) Akibat Pemberian Berbagai dosis Pupuk Urea. e-J. Agrotekbis 3 (5): 585-591 ISSN: 2338-3011
- Shelef, O., Gross, A., Rachmilevitch, S. 2013. Role of Plants in A Constructed Wetland: Current and New Perspectives. *Water Journal*, 5:405-419.
- Sesanti, R. N. Dan Sismanto. (2016). Pertumbuhan dan Hasil Pakchoi (*Brassica rapa L.*) pada Dua Sistem Hidroponik dan Empat Jenis Nutrisi. *Inovasi dan Pembangunan Jurnal Kelitbangan*. 4(1):1-9.
- Sholihat, S.N., Kirom, M.R., & Fathonah, I.W. (2018). Pengaruh Kontrol Nutrisi Pada Pertumbuhan Kangkung Dengan Metode Hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT), e-Proceeding of Engineering : Vol.5, No.1 Page 910
- Sibanda, M., Mutanga, O., Magwaza, L.S., Dube, T., Magwaza, S.T., Odindo, A.O., Mditshwa, A., Mafongoya, P.L. (2019). Discrimination of tomato plants (*Solanum lycopersicum*) grown under anaerobic baffled reactor effluent, nitrified urine concentrates and commercial hydroponic fertilizer regimes using simulated sensor
- Siswanto, B. A. P., Purwanti, I. F., (2016). Perencanaan Anaerobic Baffled Reactor (ABR) Sebagai Instalasi Pengolahan Greywater di Kecamatan Rungkut Kota Surabaya, *Jurnal Teknik ITS* Vol. 5, No. 2.
- Su, F., Li, Z., Li, Y., Lei Xu, Li, Y, Li, S., Chen, H., Zhuang, P., and Wang, F. (2019). Removal of Total Nitrogen and Phosphorus Using Single or Combinations of Aquatic Plants., *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16, 4663; doi:10.3390/ijerph16234663
- Susanawati, L., Wirosedarmo, R., & Santoso, G. (2018). Pemanfaatan Limbah Cair Greywater untuk Hidroponik Tanaman Sawi (*Brassica juncea*). *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 3(2), 14-21. Retrieved from <https://jsal.ub.ac.id/index.php/jsal/article/view/189/272>
- Sugiharto. (1987). *Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Susanthi, D., Purwanto, M. Y. J. (2018). Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal di Kota Bogor. *Jurnal Pemukiman*. 13(1):21-30.
- Tias, O. (2013). Lahan Greywater Menggunakan Tanaman Hias *Syngonium podophyllum* dengan Sistem Vertical Garden. *Jurnal Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Trilitai, M. N., Hendrasarie, N. (2015). Design Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Abr (*Anaerobic Baffled Reactor*) Seminar Nasional Teknik Kimia Soeardjo Brotohardjono. *B.11-1*. 11–14.
- Utomo, Y., Rohmah, P., Anggara, N. S. (2020). Gerakan Busaponik Sederhana untuk Mewujudkan Kelurahan Candirenggo yang Produktif, Kreatif, dan Inovatif. *Jurnal Karinov*. 3(2):84-88.

- Vaillant, N., Monnet, F., Sallanon, H., Coudret, A., Hitmi, A. (2003). Treatment of domestic wastewater by an hydroponicNFT system. *Chemosphere*. 50:121-129.
- Vimolmangkang, Sornkanok & Sitthithaworn, Worapan & Vannavanich, Danai & Keattikunpairoj, Sunisa & Chittasupho, Chuda. (2009). Productivity and quality of volatile oil extracted from *Mentha spicata* and *M. arvensis* var. *piperascens* grown by a hydroponic system using the deep flow technique. *Journal of natural medicines*. 64. 31-5. 10.1007/s11418-009-0361-5.
- Wibowo, S. (2020). Pengaruh Aplikasi Tiga Model Hidroponik DFT Terhadap Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.). *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*. 8(3):245-252.
- Wijayaningrat, A. T. P. (2018). Evaluasi Kinerja Ipal Komunal di Kecamatan Banguntapan Bantul, Kabupaten Bantul, D.I.Yogyakarta Ditinjau dari Parameter Fisik Kimia. Skripsi. Program Studi Teknik Lingkungan, FTSP, Universitas Islam Indonesia.
- Yulistyorini, A., Camargo-Valero, M. A., Sukarni, Suryoputro, N., Mujiyono, Santoso, H., Rahayu, E. T. (2019). Performance of Anerobic Baffled Reactor for Decentralized Wastewater Treatment in Urban Malang, Indonesia. *Processes*. 7(184):1-12.
- Yustiningsihi, M., Naisumu, Y. G., & Berek, A. (2019). *Deep Flow Technique (Dft) Hidroponik Menggunakan Media Nutrisi Limbah Cair Tahu Dan Kayu Apu (Pistia Stratiotes L) Untuk Peningkatan Produktivitas Tanaman. Mangifera Edu volume 3 (2): 110-121.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran A

I. Baku Mutu Air Limbah (Lampiran I Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016)

-11-

LAMPIRAN I
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN
REPUBLIK INDONESIA
NOMOR P.68/Menlhk-Setjen/2016
TENTANG
BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK TERSENDIRI

Parameter	Satuan	Kadar maksimum*
pH	-	6 – 9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak & lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	jumlah/100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Keterangan:

*= Rumah susun, penginapan, asrama, pelayanan kesehatan, lembaga pendidikan, perkantoran, perniagaan, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, permukiman, industri, IPAL kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga pemasyarakatan.

Salinan sesuai dengan alinya
KEPALA BIRO HUKUM,

ttd.

KRISNA RYA

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN
KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

SITI NURBAYA

II. Baku Mutu Air Baku (Lampiran V PP No.22 Tahun 2022)



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

LAMPIRAN VI
PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 22 TAHUN 2021
TENTANG
PENYELENGGARAAN PERLINDUNGAN DAN
PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP

BAKU MUTU AIR NASIONAL

I. BAKU MUTU AIR SUNGAI DAN SEJENISNYA

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
1.	Temperatur	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Perbedaan dengan suhu udara di atas permukaan air
2.	Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1.000	1.000	1.000	2.000	Tidak berlaku untuk muara
3.	Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	40	50	100	400	
4.	Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	-	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
5.	Derajat keasaman (pH)		6-9	6-9	6-9	6-9	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
6.	Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2	3	6	12	

7. Kebutuhan . . .

SK No 097089 A

Lanjutan tabel:



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 2 -

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
7.	Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	10	25	40	80	
8.	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1	Batas minimal
9.	Sulfat (SO ₄ ²⁻)	mg/L	300	300	300	400	
10.	Klorida (Cl ⁻)	mg/L	300	300	300	600	
11.	Nitrat (sebagai N)	mg/L	10	10	20	20	
12.	Nitrit (sebagai N)	mg/L	0,06	0,06	0,06	-	
13.	Amoniak (sebagai N)	mg/L	0,1	0,2	0,5	-	
14.	Total Nitrogen	mg/L	15	15	25	-	
15.	Total Fosfat (sebagai P)	mg/L	0,2	0,2	1,0	-	
16.	Fluorida (F ⁻)	mg/L	1	1,5	1,5	-	
17.	Belerang sebagai H ₂ S	mg/L	0,002	0,002	0,002	-	
18.	Sianida (CN ⁻)	mg/L	0,02	0,02	0,02	-	
19.	Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	-	Bagi air baku air minum tidak dipersyaratkan
20.	Barium (Ba) terlarut	mg/L	1,0	-	-	-	
21.	Boron (B) terlarut	mg/L	1,0	1,0	1,0	1,0	
22.	Merkuri (Hg) terlarut	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
23.	Arsen (As) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10	
24.	Selenium (Se) terlarut	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
25.	Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,3	-	-	-	
26.	Kadmium (Cd) terlarut	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	

27. Kobalt . . .

SK No 065355 A

Lampiran tabel:



PRESIDEN
REPUBLIK INDONESIA

- 3 -

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
27.	Kobalt (Co) terlarut	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
28.	Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0,1	-	-	-	
29.	Nikel (Ni) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1	
30.	Seng (Zn) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	
31.	Tembaga (Cu) terlarut	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	
32.	Timbal (Pb) terlarut	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,5	
33.	Kromium heksavalen (Cr-(VI))	mg/L	0,05	0,05	0,05	1	
34.	Minyak dan lemak	mg/L	1	1	1	10	
35.	Deterjen total	mg/L	0,2	0,2	0,2	-	
36.	Fenol	mg/L	0,002	0,005	0,01	0,02	
37.	Aldrin/ Dieldrin	µg/L	17	-	-	-	
38.	BHC	µg/L	210	210	210	-	
39.	Chlordane	µg/L	3	-	-	-	
40.	DDT	µg/L	2	2	2	2	
41.	Endrin	µg/L	1	4	4	-	
42.	Heptachlor	µg/L	18	-	-	-	
43.	Lindane	µg/L	56	-	-	-	
44.	Methoxychlor	µg/L	35	-	-	-	
45.	Toxapan	µg/L	5	-	-	-	
46.	Fecal Coliform	MPN/100 mL	100	1.000	2.000	2.000	
47.	Total Coliform	MPN/100 mL	1.000	5.000	10.000	10.000	
48.	Sampah		nihil	nihil	nihil	nihil	
49.	Radioaktivitas						
	Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Gross-B	Bq/L	1	1	1	1	

II. BAKU . . .

SK No 065357 A



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Aina Salsabila
NRP : 03211840000113
Judul : Kajian Penerapan Hidroponik dalam Mengolah Efluen Anaerobic Baffle Reactor (ABR)

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	23/07/2021	Asistensi proposal awal penetapan judul dan konsep dasar	AF
2	14/08/2021	ACC proposal sebelum seminar proposal	AF
3	9/10/2021	Revisi seminar proposal. Poin-poin bab 2. Penambahan sub bab di bab2 dan membuat rancangan rinci bab 4.	AF
4	2/12/2021	ACC seminar progres	AF
5	2/01/2022	Penambahan jumlah bab 2	AF
6	21/06/2022	Hasil revisi seminar progress. Diskusi simulasi perhitungan. Memperbaiki poin-poin bab 4 yang disesuaikan dengan tujuan dan memperbaiki poin pada kesimpulan disesuaikan dengan tujuan dan bab 4.	AF
7	24/06/2022	ACC laporan untuk ujian lisan	AF
8			

Surabaya, 2021
Dosen Pembimbing

Prof. Marsimo
.....

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 12 Juli 2022

Nilai TOEFL 483

Pukul : 9.15 - 10.30

Lokasi : Departemen Teknik Lingkungan ITS

Judul : Kajian Penerapan Hidroponik dalam Mengolah Efluen *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR)

Nama : Aina Salsabila
NRP. : 03211840000113
Topik : Studi Literatur

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1	Tujuan 3 → diganti mencaung

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928367

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir



Hari, tanggal : Selasa, 12 Juli 2022
Pukul : 9.15 - 10.30
Lokasi : Departemen Teknik Lingkungan ITS
Judul : Kajian Penerapan Hidroponik dalam Mengolah Efluen Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Nama : Aina Salsabila
NRP. : 03211840000113
Topik : Studi Literatur

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1)	Tujuan no 3, penulisan nya disempurnakan
2)	Saran disempurnakan untuk implementasi dilapangan

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc.
Dosen Pembimbing Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.


()



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 12 Juli 2022
Pukul : 9.15 - 10.30
Lokasi : Departemen Teknik Lingkungan ITS
Judul : Kajian Penerapan Hidroponik dalam Mengolah Efluen Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Nama : Aina Salsabila
NRP. : 03211840000113
Topik : Studi Literatur

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1	Lihat koreksi di draft TA

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Dr. Ali Masduqi, ST. MT.

Dosen Pembimbing Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.

(Almasduqi)
(Bj)



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Selasa, 12 Juli 2022
Pukul : 9.15 - 10.30
Lokasi : Departemen Teknik Lingkungan ITS
Judul : Kajian Penerapan Hidroponik dalam Mengolah Efluen Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Nama : Aina Salsabila
NRP. : 03211840000113
Topik : Studi Literatur

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1.	Tidak ada kecoh, mluh prinsip ² dasar keilmuan di tingkat pemahaman.

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Prof. Ir. Joni Hermana, MScES, PhD

(duj)

Dosen Pembimbing Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng.

(BJ)

BIOGRAFI PENULIS



Aina Salsabila, penulis lahir di Kota Bandung, 28 Oktober 1999 dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh Pendidikan formal di SDIT Nur Al-Rahman Cimahi pada tahun 2006-2012, SMP Darul Hikam Bandung pada tahun 2012-2015, dan SMA Negeri 3 Bandung pada tahun 2015-2018. Penulis menempuh Pendidikan S1 Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya Angkatan 2018 dengan NRP 03211840000113.

Selama masa perkuliahan, penulis pernah menjadi asisten laboratorium mata kuliah Teknik Analisis Pencemar Lingkungan pada tahun 2021 dan mata kuliah Teknologi Remediasi Lingkungan pada tahun 2021. Penulis juga aktif di organisasi

kemahasiswaan yaitu sebagai staf bidang Hubungan Luar Himpunan Mahasiswa teknik Lingkungan (HMTL) ITS pada tahun 2020 dan sebagai sekretaris dan bendahara divisi Hubungan Luar HMTL ITS pada tahun 2021, beberapa kepanitiaan *event* yang diselenggarakan di luar maupun di dalam Departemen Teknik Lingkungan, dan pelatihan yang pernah penulis ikuti. Penulis juga telah mengikuti kerja praktik di PT. Kilang Pertamina Internasional Unit Cilacap pada tahun 2021 pada bidang HSE.

Apabila pembaca ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini serta memberikan kritik dan saran, penulis dapat dihubungi melalui email: ainaaslsbl@gmail.com.