

BAB 1

USULAN GAGASAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Air memiliki peran yang sangat penting sebagai komponen kunci dalam sistem iklim, ekonomi global, dan sistem pendukung kehidupan [1]. Intervensi iklim dan manusia menyebabkan hilangnya sekitar 90.000 km² wilayah perairan permukaan selama tiga dekade terakhir, sementara 184.000 km² wilayah perairan permukaan baru terbentuk di tempat lain, terutama melalui pengisian waduk [2]. Sumber air yang tercemar sebagian besar diakibatkan dari aktivitas manusia yang berasal dari limbah rumah tangga, limbah industri dan, limbah pertanian [3]. Sistem air dianggap tercemar apabila terdapat keberadaan zat organik, anorganik, biologis, termal, atau radiologis di dalamnya berada pada tingkat yang cenderung menurunkan atau berdampak buruk pada kualitas air dan akibatnya mempengaruhi kegunaannya [4].

Waduk atau danau merupakan tempat penyimpanan air terbesar di dunia yaitu, sebanyak 87% kebutuhan air disuplai dari danau [5]. Danau memiliki struktur vertikal dengan adanya perbedaan suhu dan kepadatan fluidanya. Pada umumnya, danau terdapat 3 lapisan utama yaitu, epilimnion, metalimnion, dan hipolimnion. Epilimnion merupakan bagian paling hangat danau yang secara langsung terkena matahari dan angin. Metalimnion atau termoklin memiliki kecepatan penurunan suhu air yang cenderung cepat. Sedangkan hipolimnion merupakan bagian paling dalam danau dengan suhu paling rendah dan penipisan oksigen.

Dalam mencegah dan mengurangi pencemaran air yang terjadi di negara Indonesia, pemerintah memiliki peran dalam membuat peraturan dan melaksanakannya. Pemerintah mengatur baku mutu air melalui Peraturan Pemerintah (PP) No. 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air [6]. Baku mutu air ditentukan menggunakan beberapa parameter kualitas air seperti suhu, kekeruhan air, tingkat keasaman, dan kadar oksigen terlarut. Pemantauan secara rutin dapat membantu menjaga kualitas air agar tetap baik dan mengurangi pencemaran. Sebagian besar negara tidak secara rutin mengumpulkan data kualitas air, yang menempatkan lebih dari 3 miliar orang pada risiko masalah kesehatan karena mereka bergantung pada air dengan karakter kimia atau biologis yang tidak diketahui [7].

Berdasarkan wawancara dengan dosen dari Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional (ITENAS), metode penelitian yang masih umum digunakan saat ini untuk memantau kualitas air masih tergolong tradisional karena harus mengambil sampel dari sumber air atau disebut juga *traditional manual laboratory-based method* (TMLB). Dalam metode tersebut, teknisi ukur yang terlatih akan mendatangi sejumlah titik ukur di lapangan, kemudian membawanya ke laboratorium yang mungkin terletak sangat jauh untuk keperluan analisa, dan dilanjutkan *post-processing* data untuk melakukan visualisasi atau untuk pengambilan keputusan (kebijakan) oleh DLH. Proses penelitian tersebut melibatkan proses yang panjang selama beberapa jam hingga harian atau bahkan mingguan bergantung dengan lokasi pengujian dengan laboratorium. Sehingga hal tersebut memungkinkan adanya celah perbedaan saat pengujian dilakukan dengan kondisi real-time danau saat dilakukan pengujian. Danau atau waduk sendiri memiliki siklus perubahan yang cukup cepat dalam jangka waktu proses pengujian tersebut seperti, ketumpahan polutan yang mendadak, siklus siang/malam yang ekstrim, atau pertumbuhan alga yang masif.

Pengukuran pada danau akan lebih sulit karena data harus diperoleh dari kedalaman bervariasi untuk satu titik pengukuran, bukan hanya di permukaan air. Selain itu terbatasnya pengujian TMLB untuk kedalaman danau atau waduk yang bervariasi karena terkendala dalam pengambilan sampel air dari kedalaman tertentu menggunakan wadah terbuka yang mengakibatkan sampel air terkontaminasi dan beberapa parameter kualitas air tereduksi.

Pada penelitian sebelumnya, sistem dibuat menjadi 2 unit yaitu unit terapung dan unit submersibel yang berisikan sensor untuk mendeteksi kualitas air [8]. Sistem memiliki kemampuan untuk mengukur nilai pH air yang dipengaruhi oleh gas seperti CO₂ yang mampu membantu keseimbangan kimia di waduk, oksigen terlarut atau Dissolved Oxygen (DO) untuk menjaga organisme di dalamnya, kekeruhan air (turbiditas), suhu air yang dipengaruhi oleh sinar matahari [9]. Untuk mengukur kedalaman air digunakan sensor kedalaman, namun belum cukup andal dalam mengukur posisi kedalaman ketika kurang dari 100 cm sehingga pengendalian posisi kedalaman Unit Submersibel memiliki error mencapai 10 cm. Perancangan sistem Internet of Things (IoT) pada data yang dikumpulkan dari perangkat terendam dikirim dan ditampilkan dalam aplikasi mobile yang dirancang khusus untuk memantau kualitas air secara hampir *real-time* [10]. Kemampuan ketahanan air unit *submersible*-nya baru efektif hingga 2 meter. Bobot unit sebelumnya pun masih terlalu berat dengan berat total sebesar 36,8 kg.

Pada topik *Capstone Design* (CD) ini, kami akan membangun sistem pengukuran kualitas air di danau atau waduk berdasarkan kedalaman tertentu disesuaikan dengan kebutuhan menggunakan sistem kendali yang lebih efektif. Pada kedalaman tertentu, air memiliki karakteristik berbeda [11]. Pengambilan parameter tersebut dilakukan sampai kedalaman empat meter, dengan kemampuan tahan air untuk menghindari kerusakan komponen. Data yang diperoleh akan disimpan untuk diolah lebih lanjut oleh peneliti. Sehingga, sistem dirancang berfungsi untuk mengatur kedalaman. Selain itu pengembangan sistem daya dengan menambahkan algoritma hemat daya, kapasitas baterai, dan manajemen baterai agar alat dapat melakukan pemantauan jangka panjang.

1.2 Informasi Pendukung Masalah

Danau merupakan badan air yang berfungsi sebagai penyimpan air dan pengendali banjir, sebagai habitat kehidupan liar termasuk biota endemik, hingga sumber bahan baku air minum, transportasi, perikanan, pariwisata, dan budaya. Sebanyak 87% kebutuhan air tawar di dunia disuplai dari danau [5]. Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia memiliki banyak sumber daya air [12]. Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO) mencatat bahwa pada tahun 2020, sumber daya air terbarukan di Indonesia mencapai 2.018,7 km³/tahun [13].

Walaupun Indonesia memiliki potensi sumber daya air yang melimpah, negara ini juga menghadapi berbagai tantangan dalam memenuhi kebutuhan air. Tantangan tersebut meliputi musim kemarau yang berkepanjangan, tidak meratanya aksesibilitas serta distribusi air bersih dan infrastruktur untuk pengelolaan sumber daya air [13]. Menurut Hidayat, Kepala Pusat Riset Limnologi dan Sumber Daya Air BRIN, ancaman terhadap pengelolaan sumber daya air di Indonesia dapat dibagi menjadi tiga aspek: meningkatnya tekanan air, penanganan pencemaran, serta peningkatan keberlanjutan dan ketahanan terhadap bencana [14].

Indonesia berkomitmen untuk mencapai *Sustainable Development Goals* (SDGs) sebagai rencana aksi global selama 15 tahun ke depan. Salah satunya adalah dengan menjamin ketersediaan serta pengelolaah air bersih dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua [15].



Gambar 1.1 Indeks Kualitas Air (IKA) 2023 di Indonesia

Pada Gambar 1.1 disajikan data bahwa pencapaian SDGs 6 melalui indeks kualitas air yang belum mencapai target yang direncanakan pada tingkat global [16]. Kondisi degradasi kualitas air di Indonesia diungkapkan dalam Peraturan Pemerintah No. 19 Tahun 2020 mengenai RPJMN 2020-2024. Dalam peraturan tersebut, dinyatakan bahwa ketersediaan air di sebagian besar wilayah Pulau Jawa dan Bali telah mencapai tingkat kelangkaan yang kritis [17]. Permasalahan lain berasal dari media massa yang kerap menyajikan berita mengenai banyaknya dampak akibat kelalaian dari pemantauan kualitas air yang ada saat ini, seperti pada Danau Batur [18], Danau Kakaban [19], Waduk Sier [20], dan Danau Ranau [21].

Kualitas air dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti iklim, faktor geologi, faktor vegetasi, kedalaman permukaan air, dan kegiatan manusia [22]. Perancangan alat ini, pada jangka panjang agar bisa melakukan pengambilan sampling air pada beberapa titik variasi kedalaman yang berbeda. Kedalaman air tanah sangat mempengaruhi kualitas air karena juga berdampak pada reaksi biokimianya [23]. Sehingga perangkat yang dibuat ini akan fleksibel untuk menyesuaikan kebutuhan pengambilan data pada kedalaman tertentu.

Upaya untuk memperbaiki masalah masalah tersebut yaitu dengan membangun integrasi air dengan pengelolaan sumber daya, mengelola air berkelanjutan dan perlindungan ekosistem perairan, hingga meningkatkan pemantauan data terkait air. Peningkatan sistem pemantauan yang andal sesuai dengan undang undang dan kebijakan nasional dapat meningkatkan kemudahan dalam mengambil keputusan berbasis data di seluruh sektor dengan memperhatikan siklus air [24]. Sehingga mampu menerapkan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan, terpadu, dan berwawasan resiko bencana sebagai alat yang diperlukan sebagai upaya pencegahan bencana.

Selain itu dalam menentukan parameter-parameter kualitas air yang baik atau buruk, kami merujuk pada Lampiran VI Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup tentang Baku Mutu Air Danau dan Sejenisnya. Tabel berikut akan menampilkan parameter air yang baik sesuai dengan regulasi yang ada.

Tabel 1.1 Parameter Kualitas Air Berdasarkan PP RI No. 22 Tahun 2021

No.	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
1.	Suhu	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Perbedaan dengan suhu udara diatas permukaan air
2.	Padatan Tersuspensi Total (TSS)	mg/L	25	50	100	400	-
3.	Derajat Keasaman (pH)	-	-	6-9	6-9	6-9	Tidak berlaku untuk air gambut (situasional)
4.	Oksigen Terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1	Batas minimal

Dalam Tabel 1.1 Parameter Kualitas Air Berdasarkan PP RI No. 22 Tahun 2021Tabel 1.1, terdapat 4 kelas kualitas air sesuai baku mutu yg ditetapkan pemerintahan, untuk kelas 1 air dapat digunakan untuk air baku air minum dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Kelas dua merupakan air yang dapat digunakan sebagai prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Kelas tiga merupakan air yang peruntukannya pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk dapat digunakan untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut. Kelas empat merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan mengairi pertanian dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan untuk mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Lalu untuk temperatur sendiri dari tiap-tiap kelasnya memiliki nilai dev 3, di mana maksud dari dev 3 itu ialah nilai deviasi 3. Artinya air yang bisa dianggap kualitasnya baik ialah temperatur yang memiliki jarak 3 nilai dari suhu normal air di dalam area tersebut. Sebagai contoh, jika suhu air normal di area tertentu adalah 25°C, maka suhu air yang dapat digunakan sebagai parameter kualitas air yang baik ialah 22°C-28°C.

1.3 Analisis Umum

Berikut ini adalah beberapa aspek sebagai analisis umum permasalahan:

1.3.1 Aspek Ekonomi

Pemantauan kualitas air di Indonesia memiliki implikasi ekonomi yang luas. Investasi dalam pemantauan tidak hanya akan meningkatkan kesehatan masyarakat dan produktivitas ekonomi, tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan. Oleh karena itu, pendekatan terpadu yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan sangat diperlukan untuk mencapai hasil yang optimal. Kebutuhan harus memperhatikan batasan biaya pembuatan sistem pemantauan kualitas air. Penggunaan bahan dan komponen yang mudah ditemukan dan terjangkau harus menjadi pertimbangan dalam merancang sistem ini. Selain itu, proses pengambilan data juga harus efisien agar tidak banyak membutuhkan biaya perawatan.

1.3.2 Aspek Kesehatan

Dampak dari permasalahan air ini tentunya memiliki implikasi yang besar terhadap aspek kesehatan. Menurut Laporan Pembangunan Air Dunia UNESCO 2021, sekitar 829.000 orang meninggal setiap tahun akibat diare yang disebabkan oleh air minum, sanitasi, dan kebersihan tangan yang tidak aman, termasuk hampir 300.000 anak di bawah usia lima tahun, yang mewakili 5,3 persen dari semua kematian pada kelompok usia ini [25]. Dengan adanya sistem ini, pemantauan kualitas air secara konsisten dapat berkontribusi pada peningkatan standar hidup dan kesehatan masyarakat. Masyarakat yang memiliki akses terhadap air yang aman akan lebih terhindar dari penyakit menular, penurunan produktivitas akibat sakit, dan biaya perawatan kesehatan yang tinggi.

1.3.3 Aspek Manufakturabilitas

Berdasarkan aspek manufakturabilitasnya, kebutuhan pembuatan alat harus mencakup kemudahan dalam memproduksi sistem ini dengan memastikan ketersediaan, biaya, dan efektivitas alat yang digunakan. Dengan fokus pada desain yang tepat, efisiensi produksi, dan dukungan pemeliharaan, Indonesia dapat meningkatkan kemampuan pemantauan kualitas air secara berkelanjutan dan efektif. Komponen yang digunakan dalam pembuatannya harus mudah didapatkan dan tersedia di pasar lokal maupun luar negeri.

1.3.4 Aspek Keberlanjutan

Sistem ini kami rancang agar nantinya dapat dikembangkan lebih lanjut untuk bergerak ke lokasi yang ditentukan pengguna dan memungkinkan sistem untuk berkomunikasi secara

multi-point. Selain itu, sistem ini juga harus dirancang dengan fleksibilitas dan adaptabilitas yang memungkinkan pengembangan lebih lanjut sesuai dengan kebutuhan dan masalah yang berkaitan dengan kualitas air beserta mekanisme pengendalian alatnya.

1.3.5 Aspek Perawatan

Sistem ini dirancang dengan perawatan seminim mungkin dan sederhana agar memudahkan pengguna awam untuk mengoperasikannya. Perawatan yang diperlukan selama 1 bulan sekali paling lamanya. Pemilihan sensor perlu diperhatikan untuk diletakkan dalam bawah air secara jangka waktu yang panjang. Pertimbangan kapasitas baterai harus bisa memenuhi aspek perawatan ini.

1.4 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, berikut adalah kebutuhan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan permasalahan:

1. Produk dapat mengukur 4 parameter kualitas air, yaitu pH, suhu, turbiditas, dan oksigen terlarut.
2. Pengukuran dapat dilakukan dengan kedalaman yang dapat diatur oleh pengguna sesuai kebutuhan dengan kedalaman maksimum sebesar 4 meter.
3. Data kualitas air dan lokasi disimpan di basis data.
4. Sistem tahan terhadap air dan mudah untuk dibawa dengan menggunakan perahu.
5. Mekanisme naik-turun unit dengan cepat dan tepat untuk pengambilan data lebih optimal.

1.5 Solusi Solusi yang Sudah ada

Berikut ini adalah solusi-solusi alat pemantauan kualitas air yang sudah ada:

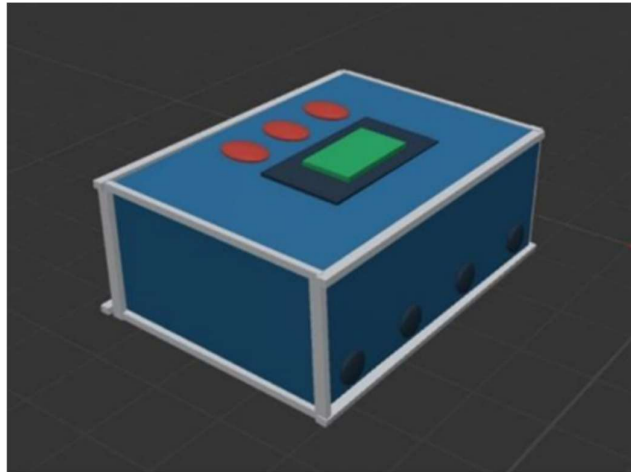
1.5.1 Pengujian secara ex-situ



Gambar 1.2 Pengambilan Sample Air di Danau Kakaban [19]

Pada Gambar 1.2 pengujian secara manual dengan menurunkan alat untuk mengambil sampel air di kedalaman tertentu. Proses tradisional yang melibatkan pengambilan sampel air di lokasi tertentu dan membawanya ke laboratorium untuk analisis. Meskipun akurat, metode ini memerlukan waktu dan tidak memberikan data yang cepat. Selain itu, kemungkinan hilangnya parameter kualitas air saat dibawa ke laboratorium membuat hasilnya kurang akurat.

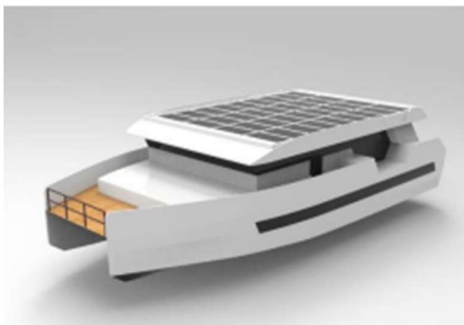
1.5.2 Sistem pemantauan kualitas air in-situ statis



Gambar 1.3 Alat Monitoring Kualitas Air Danau Perumahan Pinang Bahari [26]

Memanfaatkan sensor yang terhubung ke internet untuk mengirimkan data kualitas air secara real-time ke platform IoT. Sistem ini memungkinkan pemantauan jarak jauh dan analisis data yang lebih cepat. Namun pada penelitian ini yang ditunjukkan Gambar 1.3, sistemnya masih berada di satu tempat yang statis dan membutuhkan banyak alat untuk pengujian di beberapa tempat berbeda [27].

1.5.3 Purwarupa pembuatan alat kualitas air dengan manuver kapal

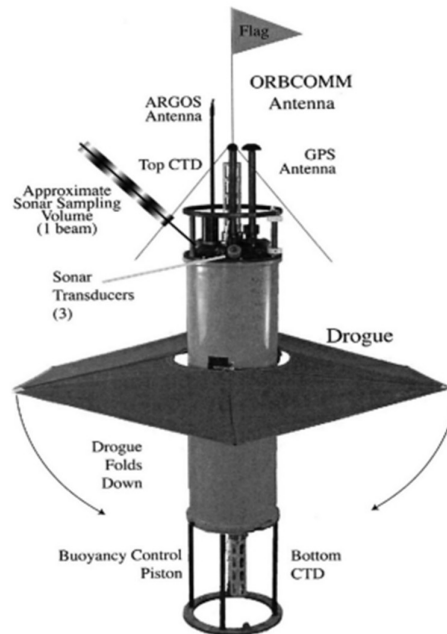


Gambar 1.4 Desain 3D Purwarupa Kapal Elektrik Penguji Kualitas Air [28]

Pada penelitian tersebut, perancangan masih purwarupa, fokus pembahasan mengenai kontrol posisi wahana secara otomatis menggunakan kontrol PID. Pengujian kualitas air tidak

banyak dibahas secara mendalam. Pembuatan wahana pengujian air ini akan bergerak secara spasial namun pengujian hanya akan berada pada permukaan air saja dengan desain alat yang ditunjukkan pada Gambar 1.4 [28].

1.5.4 Sistem Argo *Float*



Gambar 1.5 Desain Lagrangian Float [29]

Argo Float adalah alat pemantauan oseanografi yang digunakan untuk mengukur kondisi lingkungan laut dengan mengikuti pergerakan massa air di mana alat ini ditempatkan [30]. Alat ini dinamai berdasarkan konsep Lagrangian, yang dalam dinamika fluida merujuk pada pendekatan yang mengikuti pergerakan partikel fluida dalam ruang dan waktu. Keterbatasan penggunaan sistem ini adalah pergerakannya bergantung pada arus laut, sehingga tidak dapat dikendalikan secara langsung untuk mencapai lokasi tertentu dan sensitivitas alat terhadap tekanan tinggi di laut dalam dapat menjadi kendala teknis.

Argo Float memiliki berat bobot kisaran 20-30kg saat berada di darat yang sudah meliputi struktur badannya, sensor, sistem elektronika, dan mekanisme daya apung. Ketika di dalam air, berat efektif Argo Float menjadi lebih kecil karena efek gaya apung yang bekerja pada perangkat tersebut. Gaya apung ini memungkinkan Argo Float untuk melayang atau bergerak secara vertikal di kolom air.

1.6 Solusi Sistem yang Diusulkan

Berdasarkan solusi-solusi yang sudah ada, berikut ini adalah beberapa sistem yang diusulkan:

1.6.1 Karakteristik Produk A

Produk dengan sistem A yaitu membuat sistem pengukuran kualitas air dengan aktuator *thruster* untuk membantu unit submersible naik dan turun ke kedalaman tertentu. Untuk menggerakkan aktuatornya menggunakan motor *DC brushless*. Mekanisme *thruster* sendiri memiliki karakteristik yang unik karena modelnya seperti filter non-linear yang lambat, dimana kecepatan respons bergantung pada tingkatan dorongan yang dikendalikan [29]. Dinamika pendorongnya menghasilkan kendala *bandwidth* yang kuat dan siklus terbatas. Berkurangnya jumlah gaya yang dihasilkan oleh *thruster* akan mengurangi perolehan keseluruhan sistem kontrol kecuali jika efek ini secara khusus disertakan dalam desain pengontrol. Hubungan tetap antara torsi dan daya dorong hampir linier, sedangkan hubungan tetap antara kecepatan baling-baling dan daya dorong bersifat non-linier.

1.6.2 Karakteristik Produk B

Produk B dirancang untuk memproduksi sistem pengukuran kualitas air dengan sistem *Buoyancy Engine* untuk mekanisme naik dan turun unit submersible ke kedalaman tertentu. Gaya apung (*Buoyant Force*) adalah gaya ke atas netto pada benda apapun dalam fluida apapun [31]. Jika gaya apung lebih besar dari berat benda, benda akan naik ke permukaan dan mengapung. Jika gaya apung lebih kecil dari berat benda, benda akan tenggelam. Jika gaya apung sama dengan berat benda, benda dapat tetap melayang pada kedalamannya saat ini. Gaya apung selalu ada dan bekerja pada benda apa pun yang terendam sebagian atau seluruhnya dalam fluida.

1.6.3 Karakteristik Produk C

Karakteristik produk C dirancang dengan dua unit utama yaitu unit terapung dan unit *submersible*. Unit *submersibel* yang diberi katrol pada unit terapung untuk menaik-turunkan unit submersibel. Produk C akan dikendalikan menggunakan motor dengan torsi besar agar bisa berada pada ketinggian tertentu. Sensor yang akan menguji kualitas air diletakkan pada unit submersibel. Komunikasi antar unit menggunakan kabel serial. Kendali pada produk C akan lebih mudah dikarenakan terdapat unit terapung yang mampu mengendalikan unit submersible secara langsung sehingga waktu respon sistem akan lebih cepat.

1.6.4 Skenario Penggunaan Skema A

Produk A memiliki beberapa keuntungan seperti, memudahkan pengendalian posisi menggunakan aktuator *thruster*. Namun kendala yang dihadapi adalah anggaran biaya untuk percobaan hingga perawatannya cukup tinggi. Penggunaan unit terapung memerlukan penyesuaian agar dapat sinkronasikan. Kecepatan fluida yang memasuki selubung pendorong

secara efektif mengubah sudut serang baling-baling, sehingga mengubah gaya yang dihasilkan.

1.6.5 Skenario Penggunaan Skema B

Berdasarkan karakteristik dari mekanisme *Buoyancy Engine*, memiliki kekurangan dalam pengendalian posisi pada kedalaman tertentu akan memakan waktu yang cukup lama. Perawatan yang akan dilakukan untuk solusi ini yaitu dengan terus memastikan keamanan dari mekanismenya dalam keadaan tidak bocor. Dalam tahap percobaannya, penggunaan unit terapung perlu dipertimbangkan karena tali atau kabel yang dihubungkan harus diukur bebannya. Selain itu, pada percobaannya faktor arus harus dibuat konstan atau percobaannya tanpa arus. Tentunya perlu banyak percobaan agar mekanismenya mampu menenggelamkan dan mengapungkan unit *submersible* dengan baik.

1.6.6 Skenario Penggunaan Skema C

Pengembangan alat menggunakan Produk C dengan mengganti motor yang memiliki gear untuk menghasilkan torsi yang lebih besar. Desain unit submersibel sangat memengaruhi kebutuhan bobot yang sesuai, sehingga desain akan cenderung lebih kecil luas permukaan unitnya. Perbaikan lainnya adalah pada perekat unit submersibel agar tidak terjadi kebocoran yang merusak perangkat.

1.7 Kesimpulan dan Ringkasan CD-1

Pentingnya air sebagai komponen utama dalam kehidupan dan ancaman yang dihadapinya akibat aktivitas manusia seperti limbah rumah tangga, industri, dan pertanian. Pencemaran air yang tidak terkendali dapat berdampak buruk pada kualitas air, sehingga pemantauan berkala menjadi sangat penting. Namun, metode tradisional yang digunakan untuk pemantauan masih memiliki banyak keterbatasan, seperti proses yang lama, hasil yang kurang akurat, dan kemampuan terbatas dalam mengukur parameter pada kedalaman tertentu. Oleh karena itu, dirancang sistem pemantauan kualitas air berbasis kedalaman tertentu, dengan data yang dikumpulkan dan disimpan. Sistem ini dirancang untuk fleksibel, efisien, dan mendukung pemantauan kualitas air jangka panjang. Perancangan alat pemantauan ini bertujuan untuk memberikan solusi yang efektif dalam mengukur parameter kualitas air di kedalaman tertentu, dengan teknologi tahan air dan mekanisme pengumpulan data yang efisien untuk mendukung keberlanjutan lingkungan.