

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kota Makassar sebagai pusat perkembangan ekonomi dan sosial di Indonesia Timur mengalami peningkatan minat masyarakat terhadap pemeliharaan ikan hias. Industri ikan hias di Indonesia menunjukkan pertumbuhan yang signifikan dengan nilai ekspor mencapai USD 35,2 juta pada tahun 2022, menandakan tingginya permintaan pasar domestik maupun internasional (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2023). Pertumbuhan hobi ini menimbulkan kebutuhan mendesak akan layanan kesehatan hewan akuatik yang profesional dan berkualitas. Namun, ketersediaan fasilitas medis veteriner yang memadai untuk menangani berbagai penyakit ikan hias masih sangat terbatas di wilayah ini (Noga dan Camus, 2022).

JUMNIVET hadir sebagai salah satu penyedia layanan pemeriksaan kesehatan dan kebutuhan hewan peliharaan di kota Makassar. Didirikan pada tahun 2021 dan berlokasi di Jl. HM. Yasin Limpo No. 9 Samata, Gowa, Sulawesi Selatan, petshop ini berjarak sekitar 12 km dari Universitas Hasanuddin dengan waktu tempuh 45 menit. Meskipun telah melayani berbagai jenis hewan peliharaan, JUMNIVET menghadapi tantangan besar dalam penanganan medis ikan hias akibat keterbatasan peralatan dan teknologi yang dimiliki.



Gambar 1.1 Wawancara terhadap mitra (JUMNIVET)

Permasalahan utama yang dihadapi adalah kesenjangan antara tingginya jumlah pasien ikan hias yang memerlukan penanganan medis dengan minimnya alat dan teknologi yang tersedia untuk menangani penyakit satwa akuatik. Berdasarkan hasil diskusi dengan pemilik JUMNIVET, diketahui bahwa banyak kasus penyakit ikan memerlukan tindakan pembedahan, namun penanganannya belum optimal. Data selama tiga bulan terakhir mencatat 15 kasus pembedahan ikan hias, dengan penyakit *dropsy* mendominasi sebanyak 7 kasus, menjadikannya salah satu penyakit yang sangat rentan menyerang ikan hias di wilayah ini. *Dropsy* merupakan kondisi patologis yang ditandai dengan akumulasi cairan dalam rongga tubuh ikan (Declercq et al., 2013). Penyakit ini sering kali disebabkan oleh infeksi bakteri, parasit, atau gangguan osmotik yang dapat mengancam kehidupan ikan jika tidak ditangani dengan tepat (Fiorito et al., 2016).

Tingkat keberhasilan pengobatan melalui pembedahan yang dilakukan

sangat rendah, hanya mencapai 20% dari total kasus yang ditangani. Rendahnya efektivitas ini diperparah oleh waktu operasi yang sangat tidak efisien, dimana rerata waktu pembedahan memakan waktu 60 menit. Penyebab utama inefisiensi ini adalah metode anestesi konvensional yang masih menggunakan es batu sebagai bahan anestesi. Metode ini membutuhkan waktu sangat lama untuk membuat ikan tidak merasakan sakit selama operasi, serta menimbulkan risiko kesehatan yang serius bagi hewan yang ditangani (Pramod et al., 2010).

Rendahnya efektivitas pengobatan yang dikombinasikan dengan waktu operasi yang tidak efisien membuktikan bahwa meskipun upaya pembedahan telah dilakukan, tingkat keberhasilan operasi pada ikan hias masih sangat memprihatinkan (Sneddon, 2015). Lebih jauh lagi, metode dan alat yang digunakan dalam pelaksanaan operasi tidak sesuai dengan prinsip kesejahteraan hewan. Kesejahteraan hewan dalam praktik veteriner mensyaratkan minimalisasi stres, nyeri, dan penderitaan selama prosedur medis (Browman et al., 2019). Kondisi ini disebabkan oleh minimnya ketersediaan alat dan teknologi yang mendukung pelaksanaan operasi ikan hias di kota Makassar secara umum.

Keterbatasan alat dan teknologi yang memadai memberikan dampak ekonomi yang signifikan bagi JUMNIVET. Tingginya angka kegagalan operasi mengakibatkan penurunan pendapatan yang sangat berarti dari layanan pembedahan. Kegagalan operasi yang disebabkan oleh penggunaan anestesi es batu dengan suhu yang terlalu rendah menjadi permasalahan berkelanjutan hingga saat ini. Metode ini dapat menyebabkan pembekuan darah dan mencegah oksigen masuk ke otak ikan yang ditangani, sehingga meningkatkan risiko kematian pada ikan (Rozik et al., 2025). Penelitian menunjukkan bahwa hipotermia berlebihan dapat menyebabkan disfungsi kardiovaskular, gangguan metabolisme, dan kegagalan respirasi pada ikan, yang berujung pada kematian (Zahl et al., 2012).

Metode anestesi menggunakan es batu terbukti memiliki risiko tinggi terhadap keselamatan ikan akibat efek hipotermia yang ditimbulkan (Rozik et al., 2025). Sebagai alternatif, penelitian menunjukkan bahwa metode anestesi menggunakan bahan alami seperti *eugenol* atau ekstrak minyak cengkeh dapat menjadi solusi yang lebih efektif dan aman (Park, 2019). *Eugenol* telah terbukti mampu memberikan efek anestesi yang cepat dan stabil tanpa menimbulkan efek samping berbahaya seperti yang ditimbulkan oleh metode es batu (Readman et al., 2017). Priborsky & Velisek (2018) melaporkan bahwa *eugenol* dapat menginduksi anestesi pada berbagai spesies ikan dalam waktu 3-5 menit dengan konsentrasi 30-60 ppm, jauh lebih cepat dibandingkan metode pendinginan. Selain itu, *eugenol* bersifat *biodegradable* dan memiliki residual *time* yang pendek, menjadikannya aman untuk aplikasi klinis (Park, 2019).

Sistem resirkulasi anestesi telah terbukti efektif dalam mempertahankan konsentrasi anestesi yang stabil selama prosedur pembedahan pada ikan (Öğretmen dan Gökçek, 2015). Metode ini memungkinkan aliran kontinu larutan anestesi melalui insang ikan, memastikan pemeliharaan stadium anestesi yang optimal tanpa risiko overdosis atau pemulihan prematur (Kwan et al., 2016). Penggunaan meja operasi khusus yang dirancang untuk ikan juga terbukti meningkatkan efisiensi prosedur dan

kesejahteraan hewan dengan menyediakan posisi yang stabil dan akses mudah ke area pembedahan (Flint et al., 2015; Fost dan Ferreri, 2015).

Beberapa penelitian terkini menunjukkan keunggulan sistem anestesi resirkulasi dibandingkan metode konvensional. Smith et al. (2018) melaporkan bahwa sistem resirkulasi *eugenol* dapat mempertahankan stadium anestesi yang stabil selama 120 menit tanpa perubahan signifikan pada parameter fisiologis ikan. Sementara itu, Silva et al. (2015) menemukan bahwa penggunaan *eugenol* dengan sistem resirkulasi mengurangi tingkat mortalitas pasca operasi hingga 65% dibandingkan dengan metode *immersion* statis. Purbosari et al. (2019) dalam *review* komprehensif mereka menegaskan bahwa kombinasi anestesi berbasis *eugenol* dengan sistem *delivery* yang tepat merupakan *best practice* dalam anestesi ikan modern.

Mengacu pada permasalahan yang dihadapi oleh mitra dan didukung oleh berbagai literatur ilmiah yang telah dikumpulkan, maka diperlukan sebuah inovasi teknologi yang dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi prosedur pembedahan ikan hias. Inovasi tersebut perlu dirancang dengan mempertimbangkan prinsip kesejahteraan hewan, efisiensi waktu operasi, serta peningkatan tingkat keberhasilan pengoperasian. Untuk menjawab kebutuhan ini, dikembangkan sebuah alat yang dapat mengalirkan cairan anestesi secara resirkulasi langsung ke dalam mulut ikan dan dilengkapi dengan meja operasi yang ergonomis, yang diberi nama *Fish Anaesthesia Liquid System* (FALS). Sistem ini dirancang untuk menggantikan metode anestesi konvensional dengan metode yang lebih aman, efektif, dan sesuai dengan standar kesejahteraan hewan.

1.2 Teori

1.2.1 Ikan Hias

Ikan hias merupakan kelompok ikan yang dipelihara dan diperdagangkan terutama karena nilai ornamental yang mencakup warna, pola tubuh, bentuk morfologi, dan perilaku, baik yang berasal dari perairan tawar maupun laut. Secara biologis, ikan hias tidak membentuk satu kelompok taksonomi tersendiri, melainkan berasal dari berbagai ordo dan famili dalam kelas ikan. Klasifikasi ikan hias dibedakan berdasarkan habitat asalnya menjadi ikan hias air tawar dan air laut. Ikan hias air tawar mendominasi dengan 90-96% dari total volume berasal dari fasilitas akuakultur komersial (Biondo dan Burki, 2020).

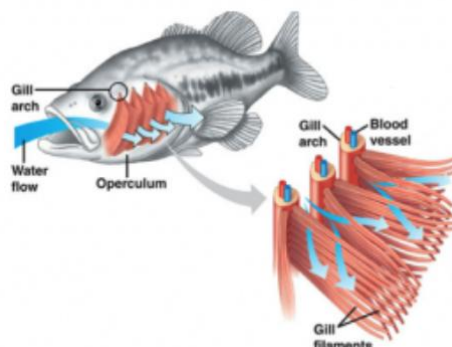
Spesies air tawar yang populer meliputi goldfish (*Carassius auratus*), koi (*Cyprinus carpio*), guppy (*Poecilia reticulata*), dan ikan cupang (*Betta splendens*). Sebaliknya, sebagian besar ikan hias laut (lebih dari 90%) masih ditangkap dari alam liar karena kompleksitas siklus reproduksinya. Secara taksonomi, ikan hias mencakup keragaman yang sangat luas dari berbagai ordo dan famili. Ikan air tawar yang umum dibudidayakan berasal dari delapan famili utama yaitu *Callichthyidae*, *Characidae*, *Cichlidae*, *Cobitidae*, *Cyprinodontidae*, *Cyprinidae*, *Poeciliidae*, dan *Osphronemidae* (Peh dan Azra, 2025).

Pasar ikan hias global menunjukkan pertumbuhan pesat dengan nilai

mencapai USD 5,4 miliar pada tahun 2021 dan diproyeksikan meningkat hingga USD 11,30 miliar pada tahun 2030, dengan negara-negara Asia termasuk Indonesia sebagai eksportir utama (Biondo dan Burki, 2020). Secara regional, Kota Makassar dan Kabupaten Gowa memiliki potensi ekonomi yang tinggi dengan produksi ikan hias mencapai lebih dari dua juta ekor pada tahun 2022 (Pemerintah Kota Makassar, 2023). Nilai ekonomi ikan hias ditentukan terutama oleh kualitas estetika seperti warna, simetri tubuh, dan keunikan morfologi, seiring dengan dominasi ikan hias air tawar tropis dalam perdagangan global (Hoseinifar et al., 2023).

1.2.2 Sistem Pernapasan Ikan

Sistem pernapasan ikan berlangsung melalui insang yang berfungsi sebagai organ utama pertukaran gas. Insang tersusun atas filamen insang dan lamela sekunder yang memiliki luas permukaan besar serta dinding epitel yang tipis, memungkinkan difusi oksigen secara efisien dari air ke dalam darah serta ekskresi karbon dioksida ke lingkungan perairan (Evans et al., 2016).



Gambar 1.2 Sistem Pernapasan Ikan (Evans et al., 2016)

Selain berperan dalam respirasi, insang juga menjadi jalur utama masuknya zat anestesi cair ke dalam tubuh ikan. Proses absorpsi anestesi terjadi secara pasif melalui difusi pada permukaan lamela insang, sehingga laju ventilasi insang sangat memengaruhi kecepatan induksi dan kedalaman anestesi. Gangguan ventilasi insang selama anestesi dapat menyebabkan hipoksia dan asidosis respiratorik yang berpotensi meningkatkan mortalitas ikan (Ross dan Ross, 2019).

1.2.3 Anestesi pada Ikan

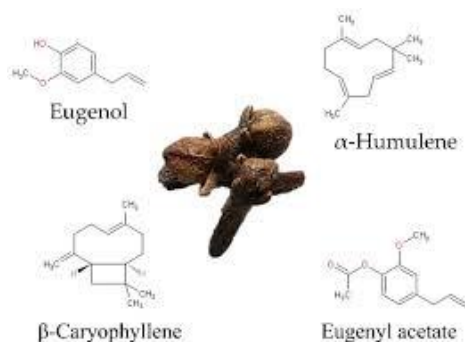
Anestesi pada ikan merupakan kondisi penurunan sementara aktivitas sistem saraf pusat yang ditandai dengan berkurangnya kesadaran, respons terhadap rangsangan, dan aktivitas motorik akibat paparan agen anestesi (Ross dan Ross, 2019). Penerapan anestesi bertujuan untuk memfasilitasi penanganan dan tindakan medis secara aman serta meminimalkan nyeri dan stres pada ikan selama prosedur berlangsung. Selain digunakan pada pembedahan, anestesi juga berperan penting dalam pemeriksaan klinis, pengambilan sampel, dan manajemen kesehatan, karena mampu menekan respons stres fisiologis dan mengurangi risiko cedera akibat

pergerakan ikan yang berlebihan (Sneddon et al., 2014).

Anestesi pada ikan berlangsung melalui beberapa tahapan yang ditandai oleh perubahan perilaku dan respons fisiologis mulai dari sedasi ringan hingga anestesi dalam dan diakhiri dengan fase pemulihan (Ross dan Ross, 2019). Peningkatan kedalaman anestesi ditandai dengan penurunan respons terhadap rangsangan, hilangnya keseimbangan tubuh, serta perlambatan ventilasi insang, sedangkan kondisi anestesi dalam diperlukan untuk mendukung pelaksanaan tindakan bedah. Keberhasilan fase pemulihan ditunjukkan oleh kembalinya ventilasi insang yang normal, keseimbangan tubuh, dan respons terhadap rangsangan setelah ikan dipindahkan ke media tanpa anestesi (Schroeder et al., 2021).

1.2.4 Bahan Anestesi *Liquid* untuk Ikan (*Eugenol*)

Eugenol merupakan senyawa aktif yang terkandung dalam minyak cengkeh (*Syzygium aromaticum*) dan umum dimanfaatkan sebagai agen pembiusan maupun anestesi pada ikan, khususnya dalam penelitian fisiologis. Senyawa ini memiliki aktivitas antioksidan yang berperan dalam menstabilkan radikal bebas sehingga mampu menghambat terjadinya proses oksidasi (Oliveira et al., 2019). Minyak cengkeh telah digunakan sebagai anestesi alternatif pada berbagai spesies ikan, dengan mekanisme kerja berupa efek halusinasi serta penurunan laju metabolisme tubuh ikan, sehingga efektif dimanfaatkan sebagai bahan anestesi (Midihatama et al., 2018).



Gambar 1.3 *Eugenol* (Oliveira et al., 2019)

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *eugenol* efektif dalam menghasilkan induksi anestesi yang cepat dan pemulihan yang relatif baik pada berbagai spesies ikan hias. Namun, variasi kemurnian dan formulasi minyak cengkeh dapat menyebabkan ketidakkonsistenan efek anestesi, serta potensi toksisitas bila digunakan tanpa pengenceran yang tepat (Nuanmanee et al., 2024).

Keamanan penggunaan anestesi cair pada ikan dipengaruhi oleh dosis, durasi paparan, kondisi lingkungan, dan status fisiologis ikan, karena ketidaktepatan penggunaan dapat menyebabkan gangguan respirasi, kardiovaskular, hingga kematian serta memperlambat pemulihan pascaanestesi akibat iritasi insang (Schroeder et al., 2021). Selain berdampak pada ikan, aspek toksisitas anestesi juga berpotensi memengaruhi kualitas air dan organisme non-target. Oleh karena itu,

penerapan anestesi cair harus dilakukan secara hati-hati melalui penyesuaian konsentrasi dan pemantauan respons ikan selama fase induksi, pemeliharaan anestesi, dan pemulihan guna menjamin keselamatan ikan dan keberhasilan tindakan medis atau pembedahan (Yanong dan Lewbart, 2024).

1.2.5 Metode Pemberian Anestesi pada Ikan

Metode perendaman merupakan teknik anestesi yang paling umum digunakan pada ikan, khususnya dalam praktik klinis dan penelitian. Pada metode ini, ikan ditempatkan ke dalam wadah berisi air yang telah dicampur dengan bahan anestesi pada konsentrasi tertentu. Anestesi kemudian diserap melalui insang seiring dengan proses respirasi normal ikan (Ross dan Ross, 2019). Metode perendaman relatif mudah diaplikasikan dan memungkinkan induksi anestesi yang cepat. Namun, tingkat kedalaman anestesi sangat dipengaruhi oleh konsentrasi anestesi, suhu air, ukuran ikan, serta kualitas air. Jika tidak dikontrol dengan baik, metode ini berisiko menyebabkan overdosis anestesi atau hipoksia akibat penurunan ventilasi insang (Nuanmanee et al., 2024).

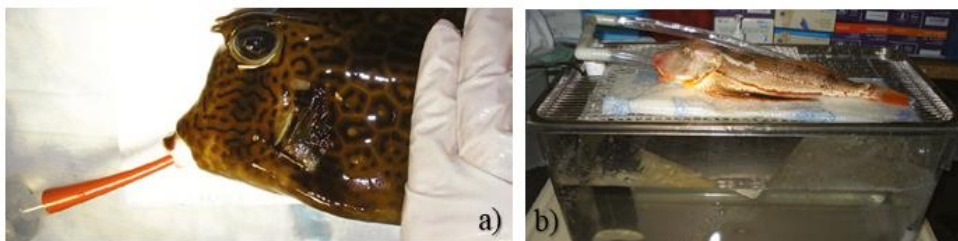


Gambar 1.4 Pemberian Anestesi (*Immersion Anesthesia*) (Fernandez-Parra et al., 2017)

Metode irigasi anestesi pada insang umumnya digunakan selama tindakan operasi atau prosedur yang membutuhkan anestesi dalam waktu relatif lama. Pada metode ini, ikan dikeluarkan dari media perendaman dan larutan anestesi dialirkan secara kontinu ke insang menggunakan selang atau pompa kecil untuk mempertahankan kedalaman anestesi (Yanong dan Lewbart, 2024). Metode anestesi konvensional pada ikan, seperti perendaman statis dan irigasi manual, memiliki kelebihan berupa kemudahan aplikasi dan biaya yang relatif rendah. Metode ini juga tidak memerlukan peralatan kompleks sehingga banyak digunakan dalam praktik lapangan dan klinik skala kecil (Ross dan Ross, 2019). Namun demikian, metode konvensional memiliki keterbatasan dalam hal kontrol konsentrasi anestesi dan kestabilan kondisi fisiologis ikan. Variasi konsentrasi anestesi di dalam air serta perubahan ventilasi insang dapat menyebabkan anestesi yang terlalu dangkal atau terlalu dalam, yang berpotensi menurunkan tingkat keberhasilan prosedur medis dan meningkatkan risiko mortalitas (Nuanmanee et al., 2024; Yanong dan Lewbart, 2024).

1.2.6 Fish Anesthesia Delivery System (FADS)

Fish Anesthesia Delivery System (FADS) adalah suatu perangkat atau rangkaian alat yang berfungsi untuk mengalirkan air yang mengandung anestesi secara kontinu melalui insang ikan selama prosedur medis berlangsung. Konsep dasar FADS adalah mempertahankan perfusi insang dengan air teroksigenasi yang telah dicampur anestesi pada konsentrasi tertentu, sehingga ikan tetap mendapatkan oksigen sekaligus agen anestesi secara seimbang. Dengan pendekatan ini, tingkat anestesi dapat dipertahankan pada fase yang diinginkan tanpa memperdalam anestesi secara berlebihan (Lewbart dan Harms, 1999).



Gambar 1.5 Pembiusan ikan dengan jarum suntik dan kateter karet merah (a); dengan sistem pompa resirkulasi (b) (Hadfield dan Clayton, 2021)

Prinsip kerja FADS didasarkan pada sirkulasi air anestesi yang kontinu dan terkontrol menuju insang ikan. Air yang telah dicampur anestesi dipompa dari wadah *reservoir* menuju mulut ikan melalui selang atau kanula, kemudian dialirkan melewati rongga mulut dan insang sebelum keluar kembali ke lingkungan atau wadah penampung. Aliran ini meniru mekanisme ventilasi normal ikan, sehingga pertukaran gas tetap berlangsung meskipun ikan berada dalam kondisi imobilisasi. Kecepatan aliran air, konsentrasi anestesi, dan kadar oksigen terlarut menjadi faktor penting dalam menjaga kestabilan fisiologis ikan. Dengan pengaturan yang tepat, sistem ini mampu mempertahankan tahap anestesi bedah tanpa menekan fungsi pernapasan dan sirkulasi secara berlebihan, serta memungkinkan penyesuaian anestesi secara cepat bila diperlukan (Hadfield dan Clayton, 2021; Lewbart dan Harms, 1999).

1.2.7 Efisiensi Tindakan Operasi pada Ikan Hias

Efisiensi operasi pada ikan hias dapat diukur menggunakan beberapa parameter kuantitatif yang umum digunakan dalam praktik kedokteran hewan akuatik. Parameter utama meliputi waktu tindakan operasi, penggunaan bahan anestesi, serta tingkat kelangsungan hidup ikan pascaoperasi. Parameter-parameter ini memberikan gambaran objektif mengenai seberapa efektif suatu metode anestesi dan prosedur bedah diterapkan (Summerfelt dan Penne, 2018).

Secara matematis, efisiensi waktu operasi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi waktu operasi (\%)} = \frac{T_k - T_f}{T_k} \times 100\%$$

Keterangan:

T_k = waktu rata-rata operasi metode konvensional

T_f = waktu rata-rata operasi menggunakan alat FALS

1.2.8 Efektivitas Tindakan Operasi pada Ikan Hias

Efektivitas operasi dalam konteks medis didefinisikan sebagai tingkat pencapaian tujuan klinis yang telah ditetapkan dengan mempertimbangkan hasil akhir terhadap pasien. Pada ikan hias, efektivitas operasi mencakup tercapainya tujuan tindakan bedah, seperti pengangkatan jaringan patologis, perbaikan luka, atau implantasi, tanpa menimbulkan gangguan fisiologis yang signifikan. Operasi dikatakan efektif apabila ikan mampu bertahan hidup, pulih dengan cepat, dan menunjukkan perilaku normal pascaoperasi (Sladky dan Clarke, 2016).

Efektivitas induksi anestesi dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Efektivitas induksi (\%)} = \frac{\text{Waktu standar}}{\text{Waktu aktual}} \times 100\%$$

Rumus tingkat kelangsungan hidup pascaoperasi (*Survival Rate*, SR):

$$SR(\%) = \frac{\text{Jumlah ikan hidup pascaoperasi}}{\text{Jumlah ikan yang dioperasi}} \times 100\%$$

Dalam praktik anestesi ikan, efektivitas operasi juga dipengaruhi oleh kesesuaian jenis dan dosis anestesi, durasi prosedur, serta kemampuan operator dalam meminimalkan manipulasi fisik. Anestesi yang stabil memungkinkan pelaksanaan operasi secara optimal, mengurangi risiko komplikasi, dan meningkatkan tingkat keberhasilan klinis secara keseluruhan (Summerfelt dan Penne, 2018).

1.3 Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat, dan mengimplementasikan alat *Fish Anesthesia Liquid System* (FALS) sebagai sarana pendukung tindakan operasi pada ikan hias di JUMNIVET. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan alat *Fish Anesthesia Liquid System* (FALS) terhadap efisiensi dan efektivitas keberhasilan operasi ikan hias dibandingkan dengan metode konvensional yang selama ini digunakan.

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat praktis bagi khalayak umum, khususnya praktisi dan pelaku usaha di bidang ikan hias, dengan menyediakan alternatif alat anestesi yang lebih efisien, aman, dan mampu meningkatkan tingkat keberhasilan operasi serta kesejahteraan ikan. Dari sisi akademis, penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dalam kedokteran hewan, khususnya di bidang satwa akuatik, serta menjadi referensi bagi mahasiswa dan peneliti dalam pengembangan teknologi dan inovasi alat penunjang tindakan medis pada ikan hias.

BAB II METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Tempat dan Waktu

Pelaksanaan kegiatan ini dilakukan selama 4 bulan yang dimulai pada bulan April-Juli 2024 di beberapa lokasi yang berbeda. Proses desain dan pembuatan alat dilakukan di Laboratorium Proses Manufaktur Teknik Industri Universitas Hasanuddin dan Rumah Sakit Hewan Pendidikan Universitas Hasanuddin. Adapun selanjutnya implementasi alat dan evaluasi hasil kegiatan di JUMNIVET selaku mitra.

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Cut-off Saw* dan Mesin Las Besi digunakan untuk memotong dan menyambungkan plat *stainless steel* dan batang sudut baja dalam pembuatan meja operasi, meja tambahan, dan landasan. Kuas cat digunakan untuk mengecat bagian landasan. Mesin *Drill* digunakan untuk memasang roda, rel *double track*, dan lubang aliran di meja operasi. Gunting dan *cutter* digunakan untuk memotong kasur busa sebagai penopang/penyangga ikan saat di operasi. *Submersible water pump* yang dilengkapi dengan selang untuk membantu dalam resirkulasi anestesi pada saat operasi. Kolam *fiber* sebagai wadah tempat anestesi. Roda digunakan sebagai alat bantu mobilisasi alat. Selanjutnya, keran saluran pembuangan digunakan untuk membantu dalam pembuangan sisa air anestesi setelah operasi.

Bahan penelitian terdiri dari komponen utama *Fish Anesthesia Liquid System* (FALS) yang meliputi kolam fiber berkapasitas 85 liter, pompa *submersible* 18 watt/1200 A, selang *inlet* dan *outlet*, katup (*valve*), *Y-connector*, plat *stainless steel* sebagai meja operasi, rel laci *double track*, roda *caster*, kasur busa sebagai penyangga ikan, keran saluran pembuangan, sekrup baja sebagai pengikat komponen, air bersih sebagai media pelarut serta penghantar anestesi, *eugenol* sebagai anestesi dan cat untuk melapisi permukaan pada landasan alat.

2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan komparatif yang dikombinasikan dengan penelitian eksperimental terapan dan pendekatan rancang bangun (*research and development/R&D*) (Rahayu, 2025). Pendekatan kuantitatif deskriptif digunakan untuk membandingkan kondisi penanganan dan pembedahan ikan hias sebelum dan setelah implementasi *Fish Anesthesia Liquid System* (FALS) berdasarkan data numerik berupa jumlah kasus, proporsi keberhasilan operasi, dan rerata waktu operasi yang dianalisis secara deskriptif tanpa uji statistik inferensial, sedangkan pendekatan eksperimental terapan dan rancang bangun digunakan dalam proses perancangan, pembuatan, serta implementasi alat FALS. Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Hewan Universitas Hasanuddin (No. 00005/UN4.1.30.1.1.4/DI.05.01/2026). Seluruh tindakan pembedahan dilaksanakan

sesuai dengan prinsip kesejahteraan hewan (*animal welfare*) serta mengikuti standar operasional prosedur yang berlaku.

2.4 Pelaksanaan Penelitian

2.4.1 Persiapan dan Perancangan Desain Alat

Tahap awal penelitian diawali dengan persiapan dan perancangan desain alat *Fish Anesthesia Liquid System* (FALS). Kegiatan ini meliputi studi literatur terkait fisiologi ikan, metode anestesi ikan, serta sistem penghantaran anestesi berbasis cairan yang aman dan efisien. Perancangan desain dilakukan dengan mempertimbangkan aspek ergonomi, stabilitas posisi ikan, kemudahan pengoperasian oleh dokter hewan, serta keselamatan ikan selama proses anestesi dan tindakan operasi. Desain alat dirancang untuk memungkinkan aliran anestesi cair secara kontinu ke insang atau mulut ikan dengan laju yang terkontrol, sehingga kedalaman anestesi dapat dipertahankan secara stabil selama prosedur berlangsung (Yanong dan Lewbart, 2024). Spesifikasi teknis alat dirancang dengan dimensi 100 cm × 50 cm × 25 cm, kapasitas volume 85 liter, menggunakan pompa *submersible* 18 watt/1200 A, dan material tahan korosi seperti *stainless steel* dan kolam fiber.

2.4.2 Pembuatan Alat *Fish Anesthesia Liquid System* (FALS)

Pembuatan alat dilakukan berdasarkan desain yang telah ditetapkan dengan mengikuti standar peralatan medis veteriner SNI 9184:2023 yang mensyaratkan penggunaan material tahan korosi, mudah disterilkan, dan memenuhi prinsip keselamatan kerja (Badan Standar Nasional, 2023). Tahap pembuatan alat dilakukan berdasarkan desain yang telah ditetapkan. Proses ini mencakup perakitan kolam fiber, pemasangan pompa *submersible*, selang penghantar anestesi, meja operasi berbahan *stainless steel*, rel laci *double track*, roda *caster*, serta kasur busa sebagai penyangga tubuh ikan. Setiap komponen dirangkai secara sistematis untuk memastikan kestabilan aliran cairan anestesi dan posisi ikan selama tindakan. Setelah perakitan selesai, dilakukan uji fungsi awal untuk memastikan pompa bekerja optimal, tidak terjadi kebocoran, serta aliran cairan anestesi dapat diarahkan secara presisi ke area insang atau mulut ikan.

2.4.3 Implementasi Alat & Penyuluhan Alat pada Mitra

Implementasi alat dilakukan pada mitra penelitian JUMNIVET dengan menggunakan ikan hias yang menjalani tindakan pembedahan sebagai objek uji. *Fish Anesthesia Liquid System* (FALS) diaplikasikan secara langsung dalam proses anestesi dan pembedahan menggunakan anestesi cair berbasis *eugenol* dengan konsentrasi yang disesuaikan terhadap respons fisiologis ikan (Ross dan Ross, 2019). Penerapan alat dan pemantauan kedalaman anestesi dilakukan berdasarkan prinsip anestesi ikan yang aman dan terkontrol melalui pengamatan ventilasi operkulum dan respons terhadap rangsangan (Schroeder et al., 2021).

2.4.4 Monitoring dan Evaluasi Program

2.4.4.1 Kondisi *Riil (Existing)* Mitra Sebelum dan Setelah Implementasi Alat

Pengamatan kondisi *riil* mitra sebelum implementasi alat dilakukan melalui pengumpulan data secara deskriptif kuantitatif dengan pendekatan komparatif terhadap tindakan pembedahan ikan hias yang tercatat pada mitra dalam kurun waktu tiga bulan sebelum penerapan *Fish Anesthesia Liquid System* (FALS). Data yang dikumpulkan meliputi jumlah kasus pembedahan, proporsi keberhasilan tindakan, serta durasi waktu operasi yang dibutuhkan pada setiap kasus. Pendekatan ini sejalan dengan metode evaluasi deskriptif pada praktik klinis ikan yang menekankan pencatatan operasional sebagai dasar penilaian kinerja tindakan medis (Sladky dan Clarke, 2016).

Pengamatan kondisi mitra setelah implementasi alat dilakukan secara prospektif selama enam minggu, terhitung sejak 4 Juni hingga 15 Juli 2024, dengan penerapan FALS pada setiap tindakan pembedahan ikan hias. Selama periode tersebut, dilakukan pencatatan sistematis terhadap jumlah kasus yang ditangani, proporsi keberhasilan operasi, serta rerata waktu operasi yang dibutuhkan. Analisis dilakukan secara deskriptif melalui perbandingan proporsi dan perubahan rerata, sebagaimana direkomendasikan dalam evaluasi efektivitas dan efisiensi sistem anestesi ikan pada praktik klinik (Schroeder et al., 2021).

Rerata waktu operasi dianalisis menggunakan nilai *mean* dan simpangan baku (SD) pada data sebelum dan sesudah implementasi alat (Summerfelt dan Penne, 2018).

Rumus rerata waktu operasi (*mean*):

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = rerata (*mean*) waktu operasi

x_i = nilai waktu operasi ke-*i* (menit)

$\sum x_i$ = jumlah seluruh data waktu operasi

n = jumlah pasien

2.4.4.2 Analisis Efektivitas Alat *Fish Anesthesia Liquid System* (FALS)

Efektivitas alat diukur berdasarkan keberhasilan alat dalam mencapai tujuan anestesi, yaitu menghasilkan tingkat anestesi yang stabil dan aman selama tindakan operasi. Efektivitas dapat dihitung berdasarkan SR (*Survival Rate*).

Tingkat kelangsungan hidup pascaoperasi (*Survival Rate*, SR):

$$SR(\%) = \frac{\text{Jumlah ikan hidup pascaoperasi}}{\text{Jumlah ikan yang dioperasi}} \times 100\%$$

Hal ini merupakan indikator utama efektivitas tindakan anestesi dan operasi pada ikan (Summerfelt dan Penne, 2018).

2.4.4.3 Analisis Efisiensi Alat *Fish Anesthesia Liquid System* (FALS)

Efisiensi alat dievaluasi berdasarkan kemampuan alat dalam menghemat waktu,

tenaga, dan penggunaan anestesi dibandingkan metode konvensional.

Efisiensi waktu tindakan operasi:

Secara matematis, efisiensi waktu operasi dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi Waktu Operasi (\%)} = \frac{T_k - T_f}{T_k} \times 100\%$$

Keterangan:

T_k = waktu rata-rata operasi metode konvensional

T_f = waktu rata-rata operasi menggunakan alat FALS

Semakin tinggi nilai persentase, semakin efisien tindakan tersebut (Summerfelt dan Penne, 2018).

2.5 Pengumpulan Data dan Analisis Data

2.5.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan secara eksperimental dan observasional. Data primer diperoleh melalui pengamatan langsung selama proses pemberian anestesi dan tindakan operasi pada ikan hias menggunakan *Fish Anesthesia Liquid System* (FALS). Parameter utama yang diamati meliputi waktu induksi anestesi, kestabilan anestesi selama operasi, waktu pemulihan ikan, tingkat keberhasilan operasi, serta respons fisiologis dan perilaku ikan selama dan setelah tindakan (Summerfelt dan Penne, 2018). Pengukuran waktu dilakukan menggunakan alat ukur waktu, sedangkan respons ikan diamati berdasarkan perubahan gerakan operkulum, keseimbangan tubuh, dan refleks terhadap rangsangan.

Selain data primer, data sekunder diperoleh dari studi pustaka yang mencakup jurnal ilmiah, buku teks kedokteran ikan, serta pedoman anestesi dan kesejahteraan ikan yang relevan. Data sekunder digunakan sebagai dasar penentuan parameter penelitian, perbandingan hasil, dan penguatan analisis hasil penelitian.

2.5.2 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk menilai efisiensi dan efektivitas penggunaan *Fish Anesthesia Liquid System* (FALS). Efisiensi anestesi dianalisis berdasarkan perbandingan waktu induksi, durasi operasi, dan waktu pemulihan ikan sebelum dan sesudah penggunaan alat. Analisis dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata dan persentase perubahan dari setiap parameter yang diamati. Pendekatan ini digunakan untuk menilai apakah penggunaan FALS mampu mempercepat proses anestesi dan operasi secara signifikan dibandingkan metode konvensional.

Efektivitas alat dianalisis berdasarkan tingkat keberhasilan operasi yang diukur melalui persentase ikan yang bertahan hidup pascaoperasi dan menunjukkan pemulihan normal tanpa komplikasi. Hubungan antara kestabilan anestesi dan keberhasilan operasi dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan kondisi anestesi yang stabil dan tidak stabil selama tindakan. Hasil analisis kemudian

disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah interpretasi data dan penarikan kesimpulan.