

BAB 2

TINJAUAN TEORETIS

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1 *VO2max*

VO2max, atau volume maksimum oksigen, adalah indikator penting dalam menilai kapasitas aerobik tubuh, yang menggambarkan seberapa efektif tubuh dapat mengonsumsi, mengangkut, dan memanfaatkan oksigen selama aktivitas fisik yang intens. *VO2max* bukan hanya ukuran kebugaran kardiovaskular, tetapi juga berperan dalam meningkatkan kemampuan tubuh untuk menghasilkan energi melalui metabolisme aerobik. Peningkatan *VO2max* memungkinkan tubuh untuk menggunakan oksigen secara lebih efisien, yang berarti tubuh dapat bertahan lebih lama dalam aktivitas fisik yang memerlukan daya tahan tinggi, seperti renang. Sebagai salah satu parameter utama dalam kebugaran kardiorespirasi, *VO2max* sangat penting dalam cabang olahraga yang mengutamakan daya tahan, seperti renang gaya bebas, terutama pada nomor 400 meter, yang merupakan lomba jarak menengah yang menguji ketahanan perenang secara fisik dan mental.

Menurut Sugiharto (2018), *VO2max* memiliki hubungan yang signifikan dengan performa atlet, terutama pada cabang olahraga yang memerlukan daya tahan tubuh yang baik. Dalam konteks renang, khususnya renang gaya bebas 400 meter, peningkatan *VO2max* sangat krusial karena nomor ini menuntut perenang untuk menjaga kecepatan yang optimal sepanjang jarak yang cukup panjang, yaitu 400 meter, yang memerlukan konsumsi oksigen maksimal untuk menghasilkan energi yang dibutuhkan. *VO2max* yang tinggi memungkinkan tubuh untuk mengonsumsi oksigen lebih banyak dan lebih efisien, yang berarti atlet memiliki kapasitas lebih besar untuk menghasilkan energi secara aerobik selama lomba. Ini mengarah pada peningkatan daya tahan tubuh dan memungkinkan perenang untuk menjaga kecepatan secara konsisten, mengurangi kelelahan yang bisa terjadi jika tubuh tidak dapat mengonsumsi cukup oksigen.

Selain itu, menurut Salman (2024), *VO2max* menggambarkan tingkat aktivitas tubuh untuk mendapatkan oksigen, mengirimkannya ke otot dan sel lain, serta menggunakannya dalam proses pengadaan energi dan pembuangan sisa metabolisme yang menghambat aktivitas fisik. Dengan kata lain, *VO2max* yang baik mengindikasikan

kemampuan tubuh untuk mendukung proses metabolisme aerobik dengan efektif, yang sangat penting dalam aktivitas yang membutuhkan ketahanan fisik tinggi, seperti renang gaya bebas 400 meter. Seorang atlet dengan *VO2max* yang tinggi dapat melakukan aktivitas fisik intensif dalam waktu yang lebih lama tanpa mengalami kelelahan yang berlebihan, yang menjadikan *VO2max* sebagai faktor penting dalam menentukan performa renang.

Renang gaya bebas 400 meter, yang menggabungkan kecepatan dan daya tahan dalam satu nomor lomba, sangat bergantung pada kapasitas aerobik tubuh. Perenang tidak hanya harus menjaga kecepatan yang tinggi, tetapi juga harus dapat mengatur stamina mereka selama 400 meter. Dalam lomba ini, perenang harus dapat mengelola oksigen yang tersedia secara efisien, memastikan bahwa tubuh terus menerima suplai oksigen yang cukup untuk mempertahankan gerakan cepat dan kuat. Perenang yang memiliki *VO2max* tinggi dapat mempertahankan ritme dan kecepatan mereka tanpa mengalami penurunan kinerja yang signifikan di akhir lomba, yang sering terjadi pada atlet dengan kapasitas *VO2max* yang lebih rendah. Oleh karena itu, *VO2max* yang baik berperan langsung dalam meningkatkan efisiensi dan daya tahan performa seorang perenang dalam gaya bebas 400 meter.

Pentingnya *VO2max* dalam renang gaya bebas 400 meter juga dapat dilihat dari fakta bahwa semakin tinggi *VO2max*, semakin besar kemampuan tubuh untuk melakukan aktivitas fisik dengan intensitas tinggi tanpa menurunkan performa secara drastis. Pada tingkat *VO2max* yang lebih tinggi, tubuh dapat memanfaatkan energi yang dihasilkan melalui metabolisme aerobik lebih efektif, mengurangi ketergantungan pada metabolisme anaerobik, yang menyebabkan kelelahan cepat. Dalam renang gaya bebas 400 meter, kelelahan yang disebabkan oleh akumulasi asam laktat akibat metabolisme anaerobik dapat menurunkan kecepatan perenang dan mempengaruhi kualitas gerakan. Sebaliknya, perenang dengan *VO2max* yang lebih baik cenderung memiliki ketahanan yang lebih besar untuk mempertahankan kecepatan dan teknik yang efisien sepanjang lomba.

Untuk mencapai *VO2max* yang optimal, perenang dapat mengikuti program pelatihan aerobik yang dirancang untuk meningkatkan kapasitas jantung dan paru-paru. Latihan interval intensitas tinggi (HIIT) dan latihan ketahanan dapat membantu meningkatkan efisiensi sistem kardiovaskular dan pernapasan, yang pada gilirannya

dapat meningkatkan *VO2max*. Latihan ini berfokus pada latihan jantung untuk meningkatkan kemampuannya dalam memompa darah yang kaya oksigen ke otot-otot yang bekerja selama aktivitas fisik, serta melatih paru-paru untuk mengatur suplai oksigen dengan lebih efisien. Dengan *VO2max* yang tinggi, perenang dapat lebih mudah mengelola kecepatan dan daya tahan mereka, yang sangat penting dalam nomor 400 meter gaya bebas.

VO2max merupakan faktor yang sangat menentukan dalam renang gaya bebas 400 meter. Perenang dengan kapasitas *VO2max* yang tinggi dapat mempertahankan kecepatan maksimal mereka sepanjang lomba, meminimalkan kelelahan, dan menjaga teknik yang efisien. Oleh karena itu, meningkatkan *VO2max* melalui pelatihan yang tepat akan memberikan keuntungan besar dalam meningkatkan performa di nomor ini. Selain *VO2max*, faktor-faktor lain seperti kekuatan otot lengan dan fleksibilitas tubuh juga memainkan peran penting dalam mendukung performa perenang. Namun, tanpa kapasitas *VO2max* yang optimal, sulit bagi seorang atlet untuk mencapai potensi maksimalnya dalam lomba yang menguji daya tahan fisik dan mental seperti renang gaya bebas 400 meter.

2.1.2 Daya Tahan Otot Lengan

Daya tahan otot lengan merupakan kemampuan otot untuk melakukan kontraksi berulang dalam jangka waktu yang lama tanpa mengalami kelelahan yang signifikan. Dalam konteks olahraga, terutama renang, daya tahan otot lengan memainkan peran yang sangat penting. Menurut Fleck dan Kraemer (2017), daya tahan otot sangat krusial dalam aktivitas yang melibatkan gerakan berulang dan membutuhkan kekuatan berkelanjutan. Pada olahraga seperti renang, gerakan berulang, khususnya pada gaya bebas, membutuhkan ketahanan otot yang luar biasa, mengingat setiap putaran lengan dalam air menuntut energi yang besar. Daya tahan otot yang baik memungkinkan perenang untuk mempertahankan kekuatan dan efisiensi gerakan tanpa cepat merasa lelah, yang sangat penting untuk mempertahankan kecepatan sepanjang lomba, terutama pada nomor 400 meter yang menguji daya tahan fisik dalam waktu lama.

Menurut Bompa (1993), kondisi daya tahan otot dipengaruhi oleh beberapa faktor penting, yang terdiri dari kekuatan otot, jumlah bahan bakar yang ada dalam otot dan hati, diet gizi jangka panjang, dan istirahat yang cukup. Kekuatan otot adalah faktor

utama yang mendukung kontraksi berulang dalam waktu lama, namun tanpa pengelolaan yang tepat terhadap bahan bakar tubuh, daya tahan otot tersebut akan berkurang. Bahan bakar ini meliputi glikogen yang tersimpan dalam otot dan hati, yang digunakan untuk menghasilkan energi selama aktivitas fisik. Oleh karena itu, seorang perenang yang menginginkan daya tahan otot yang baik harus memastikan bahwa tubuhnya mendapatkan pasokan nutrisi yang cukup untuk mendukung latihan dan pemulihan. Selain itu, istirahat yang cukup juga sangat penting dalam mendukung daya tahan otot. Tanpa istirahat yang memadai, otot tidak dapat pulih dengan optimal, yang akan mempengaruhi kinerja selama lomba.

Dalam olahraga renang, terutama pada nomor 400 meter, otot-otot lengan harus bekerja dalam waktu yang relatif lama untuk menyelesaikan jarak tersebut. Pada gaya bebas, setiap putaran lengan yang dilakukan oleh perenang adalah kontraksi otot yang membutuhkan daya tahan fisik yang tinggi. Meskipun gaya bebas adalah gaya tercepat, nomor 400 meter menuntut perenang untuk menjaga kecepatan secara konstan tanpa kehilangan teknik atau efisiensi gerakan. Oleh karena itu, otot lengan yang kuat saja tidak cukup untuk mempertahankan kecepatan, tetapi otot-otot tersebut juga harus memiliki daya tahan yang baik agar mampu bekerja dalam jangka waktu yang lama tanpa mengalami kelelahan yang signifikan.

Latihan untuk meningkatkan daya tahan otot lengan sangat penting bagi perenang yang berkompetisi dalam nomor 400 meter gaya bebas. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan latihan beban ringan dan repetisi tinggi. Latihan ini berfokus pada pengembangan serat otot tipe I (serat lambat), yang merupakan serat otot yang berperan dalam kontraksi berkelanjutan dan memiliki daya tahan yang lebih lama dibandingkan serat otot tipe II (serat cepat). Serat otot tipe I bekerja lebih efisien dalam menggunakan oksigen untuk menghasilkan energi dalam jangka waktu lama, menjadikannya ideal untuk aktivitas yang membutuhkan daya tahan, seperti renang gaya bebas 400 meter. Dengan latihan beban ringan dan repetisi tinggi, perenang dapat memperkuat serat otot tipe I ini, yang pada gilirannya meningkatkan kapasitas tubuh untuk mempertahankan gerakan yang efisien dan mengurangi kelelahan selama lomba.

Selain latihan beban ringan, latihan berbasis air juga sangat bermanfaat untuk meningkatkan daya tahan otot lengan. Perenang dapat menggunakan berbagai alat bantu, seperti papan atau pelampung, untuk menambah tantangan dan intensitas gerakan tangan

selama latihan. Latihan seperti ini membantu memperkuat otot-otot lengan yang digunakan dalam gaya bebas, sekaligus meningkatkan teknik perenang dalam mempertahankan kecepatan dan efisiensi gerakan sepanjang lomba. Penggunaan alat bantu juga memberikan kesempatan untuk melatih otot secara spesifik, mengisolasi bagian tubuh yang dibutuhkan dalam renang gaya bebas, serta membantu memperbaiki pola gerakan yang mungkin menyebabkan pemborosan energi.

Latihan daya tahan otot lengan juga harus disertai dengan latihan untuk meningkatkan kapasitas kardiovaskular tubuh. *VO2max*, atau kapasitas maksimal tubuh untuk mengonsumsi oksigen, berperan besar dalam mendukung daya tahan otot lengan. Peningkatan *VO2max* memungkinkan tubuh untuk mengonsumsi dan mengangkut oksigen ke otot-otot yang bekerja lebih efisien, yang sangat penting untuk mempertahankan daya tahan tubuh saat melakukan aktivitas fisik intensif dalam waktu yang lama. Latihan kombinasi yang melibatkan beban ringan dengan latihan aerobik berintensitas tinggi dapat meningkatkan daya tahan otot lengan sekaligus meningkatkan kapasitas kardiovaskular perenang, mempersiapkan mereka untuk lomba seperti gaya bebas 400 meter.

Namun, selain faktor latihan, perenang juga harus memperhatikan faktor pemulihan yang sangat penting untuk meningkatkan daya tahan otot. Dalam latihan intensif, otot-otot lengan akan mengalami kelelahan dan mikrotrauma yang memerlukan waktu untuk pulih. Proses pemulihan yang cukup memungkinkan otot-otot tersebut untuk berkembang lebih kuat dan lebih tahan lama. Oleh karena itu, perenang harus memastikan bahwa mereka mendapatkan cukup tidur dan istirahat setelah sesi latihan yang berat. Selain itu, gizi yang tepat juga sangat penting dalam proses pemulihan otot. Protein yang cukup dapat membantu memperbaiki jaringan otot yang rusak, sementara karbohidrat memberikan bahan bakar untuk otot-otot yang digunakan dalam latihan intensif.

Dalam konteks renang gaya bebas 400 meter, daya tahan otot lengan yang baik memungkinkan perenang untuk mempertahankan teknik yang efisien dan kecepatan yang optimal sepanjang lomba. Kecepatan yang stabil selama 400 meter tidak hanya tergantung pada kekuatan fisik, tetapi juga pada kemampuan otot lengan untuk bekerja secara efisien dalam waktu lama tanpa mengalami kelelahan yang signifikan. Oleh

karena itu, pelatihan yang terfokus pada peningkatan daya tahan otot lengan sangat penting bagi perenang yang ingin mencapai performa terbaik dalam nomor ini.

Daya tahan otot lengan memainkan peran yang sangat penting dalam renang gaya bebas 400 meter. Tanpa daya tahan otot yang baik, perenang akan kesulitan mempertahankan kekuatan dan efisiensi gerakan mereka sepanjang lomba. Oleh karena itu, latihan yang terstruktur dengan baik untuk meningkatkan daya tahan otot lengan, dikombinasikan dengan pelatihan teknik yang tepat dan pemulihan yang optimal, akan menghasilkan peningkatan performa yang signifikan dalam nomor renang yang menuntut ketahanan fisik seperti gaya bebas 400 meter.

2.1.3 Fleksibilitas Lengan

Fleksibilitas lengan adalah kemampuan sendi dan otot di sekitar lengan untuk bergerak dalam rentang gerak yang luas tanpa ketegangan atau cedera. Fleksibilitas yang baik memungkinkan otot, tendon, dan ligamen untuk meregang dengan optimal, memungkinkan perenang untuk melakukan gerakan yang lebih efisien dan lancar dalam air, yang sangat penting dalam cabang olahraga renang, terutama pada nomor 400 meter gaya bebas. Dalam konteks renang, fleksibilitas lengan berperan dalam meningkatkan panjang langkah renang dan efektivitas teknik yang digunakan. Menurut Alter (2015), fleksibilitas yang optimal memungkinkan perenang untuk meningkatkan jangkauan gerakan lengan, yang sangat berpengaruh pada efisiensi dan kecepatan gerakan. Dengan fleksibilitas yang lebih baik, perenang dapat menghasilkan gerakan yang lebih panjang dan lebih kuat, yang mengurangi jumlah gerakan yang diperlukan untuk menempuh jarak tertentu, menghemat energi, dan mengurangi kelelahan. Oleh karena itu, fleksibilitas lengan merupakan salah satu elemen penting dalam mencapai performa maksimal, terutama dalam nomor gaya bebas 400 meter yang membutuhkan daya tahan fisik yang luar biasa.

Menurut Harsono (2018), fleksibilitas merujuk pada kemampuan tubuh untuk melakukan gerakan dalam ruang sendi yang optimal, yang sangat bergantung pada elastisitas otot, tendon, dan ligamen yang mengelilingi sendi tersebut. Fleksibilitas lengan yang baik memberikan ruang gerak yang lebih besar bagi otot dan sendi lengan, memungkinkan perenang untuk melakukan tarikan lebih panjang saat berenang. Dalam renang gaya bebas, setiap gerakan lengan yang lebih panjang dan lebih kuat akan

menghasilkan dorongan yang lebih besar, yang akan membantu perenang melaju lebih cepat dan mengurangi jumlah gerakan berulang yang diperlukan. Oleh karena itu, peningkatan fleksibilitas lengan menjadi sangat penting, karena memungkinkan perenang untuk memanfaatkan setiap gerakan dengan lebih efektif, meningkatkan efisiensi gerakan, dan mengurangi pemborosan energi yang dapat menyebabkan kelelahan lebih cepat.

Fleksibilitas otot lengan juga memainkan peran kunci dalam mencegah cedera. Dalam olahraga renang, terutama pada nomor jarak jauh seperti gaya bebas 400 meter, perenang melakukan gerakan repetitif dengan lengan secara terus-menerus dalam waktu yang lama. Gerakan yang berulang dan intens ini dapat menyebabkan ketegangan pada otot-otot, tendon, dan ligamen yang terlibat, jika fleksibilitas tubuh tidak dijaga dengan baik. Ketika otot lengan kekurangan fleksibilitas, gerakan yang dilakukan bisa menjadi terbatas dan tidak optimal, meningkatkan risiko cedera pada sendi dan jaringan lunak di sekitar lengan. Selain itu, ketegangan pada otot-otot lengan juga dapat memperlambat proses pemulihan, yang akhirnya mengurangi kemampuan perenang untuk melakukan latihan intensif dan berkompetisi dengan baik. Dengan memiliki fleksibilitas yang cukup, perenang dapat mengurangi ketegangan yang dapat menyebabkan cedera, serta memungkinkan otot-otot untuk meregang dan kembali ke posisi normal setelah setiap gerakan.

Peregangan otot secara teratur adalah salah satu cara yang sangat dianjurkan untuk meningkatkan fleksibilitas dan mengurangi risiko cedera pada atlet renang. Melakukan peregangan sebelum dan setelah latihan dapat membantu mempersiapkan otot-otot untuk bekerja dalam rentang gerak yang lebih besar, serta menjaga kelenturan otot dan sendi. Peregangan dinamis, yang melibatkan gerakan-gerakan aktif yang memperpanjang otot, sangat efektif untuk mempersiapkan tubuh sebelum latihan atau kompetisi. Peregangan statis, yang melibatkan penahanan posisi tertentu selama beberapa detik, berguna untuk meningkatkan fleksibilitas otot lengan dalam jangka panjang. Dalam konteks renang, peregangan yang terfokus pada otot-otot lengan dan bahu sangat penting, karena area ini sangat terlibat dalam gerakan gaya bebas. Melalui peregangan yang teratur, perenang dapat meningkatkan jangkauan gerakan lengan mereka, yang berkontribusi pada peningkatan efisiensi teknik dan kecepatan selama lomba.

Selain manfaat fisik, fleksibilitas juga mendukung teknik perenang dalam mengelola gerakan dengan lebih efisien. Gerakan lengan yang lebih panjang dan fleksibel akan menghasilkan gerakan tarik yang lebih kuat, yang memungkinkan perenang untuk mendorong tubuh melalui air dengan lebih efektif. Hal ini sangat berpengaruh pada kecepatan, karena perenang dapat mengurangi hambatan dari air, yang sering kali disebabkan oleh gerakan yang pendek atau tidak efisien. Di sisi lain, perenang dengan keterbatasan fleksibilitas otot lengan sering kali memiliki gerakan yang lebih pendek, yang mengurangi dorongan dan kecepatan mereka. Ini membuat fleksibilitas otot lengan bukan hanya soal pencegahan cedera, tetapi juga faktor penting dalam mencapai efisiensi teknis yang optimal.

Di dalam renang gaya bebas 400 meter, di mana perenang harus mempertahankan kecepatan yang tinggi selama waktu yang lama, fleksibilitas lengan berkontribusi pada daya tahan tubuh secara keseluruhan. Perenang yang memiliki fleksibilitas lengan yang baik dapat menghindari ketegangan dan kelelahan yang dapat terjadi pada otot-otot yang kaku dan terbatas. Hal ini memungkinkan mereka untuk menjaga gerakan yang lebih konsisten, memperpanjang setiap tarikan lengan, dan mempertahankan kecepatan lebih stabil sepanjang lomba. Fleksibilitas juga memungkinkan tubuh untuk melakukan transisi antar gerakan dengan lebih halus, yang mendukung perenang dalam mempertahankan efisiensi teknik tanpa membuang energi secara berlebihan.

Pentingnya fleksibilitas lengan dalam nomor gaya bebas 400 meter sangat jelas, karena tanpa fleksibilitas yang memadai, teknik dan kecepatan perenang dapat menurun. Oleh karena itu, pelatihan yang menggabungkan latihan kekuatan otot dan fleksibilitas secara bersamaan adalah hal yang esensial bagi perenang. Dengan memiliki fleksibilitas yang baik, perenang dapat memaksimalkan kekuatan otot mereka, mengurangi risiko cedera, dan meningkatkan performa secara keseluruhan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan teknik renang gaya bebas, tetapi juga memberi keuntungan kompetitif dalam mempertahankan kecepatan yang optimal sepanjang lomba yang menantang ini.

Fleksibilitas lengan adalah elemen penting dalam renang gaya bebas 400 meter yang tidak hanya mendukung pencegahan cedera tetapi juga meningkatkan efisiensi gerakan, daya tahan, dan kecepatan perenang. Oleh karena itu, menjaga fleksibilitas otot lengan melalui peregangan yang teratur dan latihan yang terfokus pada peningkatan kelenturan tubuh sangat dianjurkan bagi setiap perenang, terutama yang berkompetisi

dalam lomba dengan jarak menengah seperti 400 meter gaya bebas. Dengan fleksibilitas yang baik, perenang dapat menjaga gerakan yang lebih efisien, meningkatkan performa mereka, dan mengurangi kelelahan yang dapat menghambat hasil akhir dalam perlombaan.

2.1.4 Renang Gaya Bebas 400 Meter

Renang gaya bebas 400 meter adalah salah satu nomor dalam cabang olahraga renang yang menuntut kombinasi sempurna antara daya tahan, kekuatan, dan teknik yang optimal untuk meraih hasil terbaik. Sebagai nomor jarak menengah, gaya bebas 400 meter menguji ketahanan fisik dan mental atlet dalam mempertahankan kecepatan yang konsisten sepanjang lomba yang berlangsung lebih dari 4 menit. Dalam lomba ini, strategi yang efektif sangat penting untuk mencapai hasil yang maksimal, di mana manajemen energi dan teknik yang baik menjadi kunci utama. Menurut Thompson dan Sherman (2016), strategi dalam nomor ini mencakup manajemen energi yang tepat, di mana atlet harus dapat menjaga kecepatan yang stabil di sepanjang lomba dan meningkatkan intensitasnya pada bagian akhir lomba, ketika kelelahan mulai mengganggu.

Untuk dapat menjalani lomba dengan baik, perenang perlu memanfaatkan seluruh kemampuan fisiknya, dan hal ini bergantung pada kondisi tubuh yang terlatih dengan baik. Salah satu elemen kunci dalam mencapai performa maksimal dalam gaya bebas 400 meter adalah *VO2max*, yang menggambarkan kapasitas tubuh dalam mengonsumsi oksigen secara maksimal selama aktivitas fisik. Perenang dengan *VO2max* yang tinggi mampu mengelola konsumsi oksigen dengan lebih efisien, yang memungkinkan tubuh tetap memiliki energi untuk bertahan di sepanjang lomba tanpa mengalami kelelahan yang cepat. *VO2max* yang tinggi memungkinkan perenang untuk mempertahankan intensitas tinggi selama periode yang panjang, yang sangat penting untuk nomor gaya bebas 400 meter yang menguji daya tahan kardiovaskular.

Selain *VO2max*, daya tahan otot lengan juga menjadi faktor krusial dalam renang gaya bebas 400 meter. Perenang harus menggerakkan lengan secara berulang dan kuat untuk mendorong tubuh mereka melalui air. Otot lengan yang kuat dan memiliki daya tahan yang baik sangat penting untuk mengurangi rasa lelah selama lomba, sehingga perenang bisa menjaga kecepatan dan efisiensi gerakan. Tanpa daya tahan otot lengan

yang cukup, perenang akan kesulitan untuk mempertahankan kekuatan lengan mereka di bagian akhir lomba, yang akan berdampak pada penurunan teknik dan kecepatan. Peningkatan daya tahan otot lengan dapat dicapai melalui latihan ketahanan yang fokus pada penguatan serat otot tipe I, yang memiliki kemampuan untuk melakukan kontraksi berkelanjutan dalam waktu lama tanpa cepat lelah.

Selain daya tahan otot, fleksibilitas juga berperan penting dalam menjaga kualitas teknik selama lomba. Dalam renang gaya bebas 400 meter, fleksibilitas lengan yang baik memungkinkan perenang untuk melakukan gerakan yang lebih panjang dan lebih efisien. Fleksibilitas otot dan sendi lengan yang optimal akan memperbesar rentang gerakan, yang membantu perenang menghasilkan dorongan yang lebih besar dan lebih efisien di dalam air. Semakin besar dan panjang tarikan lengan, semakin sedikit gerakan yang diperlukan untuk menempuh jarak yang sama, yang mengurangi kelelahan dan meningkatkan performa. Di sisi lain, perenang yang memiliki fleksibilitas lengan yang terbatas cenderung memiliki gerakan yang pendek dan kurang efisien, yang akan memperburuk performa mereka dan mempercepat kelelahan. Oleh karena itu, menjaga fleksibilitas otot lengan menjadi hal yang sangat penting dalam mencapai performa optimal di nomor ini.

Selain faktor fisik tersebut, teknik renang yang baik juga sangat berperan dalam mendukung performa perenang dalam gaya bebas 400 meter. Perenang yang memiliki teknik yang efisien dapat mengurangi hambatan dari air, yang pada gilirannya meningkatkan kecepatan dan mengurangi energi yang terbuang. Teknik pernapasan yang tepat juga sangat penting dalam renang gaya bebas, karena perenang harus dapat mengatur napas mereka dengan baik agar tubuh tetap mendapatkan oksigen yang cukup untuk mempertahankan performa. Teknik pernapasan yang buruk dapat menyebabkan kelelahan lebih cepat, yang akan mengurangi kualitas teknik dan kecepatan di bagian akhir lomba.

Dalam renang gaya bebas 400 meter, perenang juga harus memiliki strategi pacing yang baik. Pacing adalah kemampuan untuk mengatur kecepatan selama lomba, di mana perenang harus menjaga kecepatan yang stabil pada awal lomba, lalu meningkatkan intensitasnya pada bagian akhir lomba. Perenang yang tidak memiliki strategi pacing yang baik cenderung akan menghabiskan energi mereka terlalu cepat pada bagian awal lomba, yang akan mengakibatkan penurunan performa di akhir lomba.

Sebaliknya, perenang yang dapat mengatur pacing dengan baik akan memiliki energi yang cukup untuk meningkatkan kecepatan mereka di bagian akhir lomba, di mana banyak perenang mengalami kelelahan dan kehilangan kecepatan.

Salah satu aspek yang membedakan perenang berprestasi di nomor gaya bebas 400 meter adalah kemampuan untuk mempertahankan teknik yang baik meskipun sudah merasa lelah. Kelelahan otot dan penurunan efisiensi teknik adalah hal yang wajar terjadi pada sebagian besar perenang di bagian akhir lomba, tetapi perenang yang terlatih dengan baik dapat mempertahankan teknik mereka lebih lama, bahkan di saat kelelahan. Latihan yang terfokus pada ketahanan kardiovaskular, penguatan otot, serta peningkatan fleksibilitas akan membantu perenang menjaga kualitas gerakan mereka sepanjang lomba. Dengan strategi yang baik dan kondisi fisik yang optimal, perenang dapat mengelola energi mereka dengan lebih efisien dan mempertahankan kecepatan mereka sepanjang lomba.

Renang gaya bebas 400 meter membutuhkan perpaduan sempurna antara daya tahan, kekuatan, fleksibilitas, dan teknik. *VO2max* yang tinggi membantu perenang mempertahankan konsumsi oksigen yang efisien, sementara daya tahan otot lengan dan fleksibilitas otot mendukung gerakan yang lebih efisien dan mengurangi kelelahan. Teknik yang baik, termasuk pengelolaan pernapasan dan strategi pacing yang tepat, sangat penting untuk menjaga kecepatan dan kualitas gerakan selama lomba. Semua faktor ini bekerja bersama untuk memungkinkan perenang mencapai performa terbaik dalam nomor gaya bebas 400 meter. Oleh karena itu, pelatihan yang terintegrasi dan terfokus pada peningkatan semua aspek fisik ini akan memberikan keuntungan besar dalam meraih hasil optimal di nomor ini.

2.2 Hasil Penelitian yang Relevan

- a. Penelitian oleh Sugiharto (2018) menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan antara tingkat *VO2max* dan performa renang pada nomor jarak menengah hingga jauh. Atlet dengan *VO2max* yang lebih tinggi cenderung mampu mempertahankan kecepatan yang lebih stabil dan tidak mengalami penurunan performa yang drastis, terutama pada jarak 400 meter gaya bebas. Hal ini karena kapasitas aerobik yang lebih tinggi memungkinkan tubuh untuk lebih efisien menggunakan oksigen untuk menghasilkan energi selama aktivitas intens, sehingga mengurangi kelelahan.

Penelitian lainnya oleh Smith et al. (2017.) juga menunjukkan bahwa *VO2max* merupakan faktor penentu utama dalam performa renang jarak menengah. Dalam studi tersebut, ditemukan bahwa atlet dengan *VO2max* tinggi dapat mempertahankan intensitas latihan yang lebih tinggi dan menunjukkan waktu penyelesaian yang lebih cepat dibandingkan dengan atlet yang memiliki *VO2max* lebih rendah. Ini menegaskan bahwa peningkatan *VO2max* melalui latihan aerobik dapat membantu meningkatkan performa renang secara keseluruhan. Persamaan: Penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh Sugiharto (2018), menekankan bahwa *VO2max* berperan signifikan dalam olahraga ketahanan seperti renang, terutama dalam mempertahankan kecepatan optimal pada jarak menengah. Ini sejalan dengan hasil penelitian Anda yang menunjukkan hubungan positif antara *VO2max* dan performa renang gaya bebas nomor 400 meter. Perbedaan: Penelitian Sugiharto tidak memfokuskan pada jarak spesifik dalam renang gaya bebas, sedangkan penelitian Anda berfokus pada nomor 400 meter. Pendekatan khusus ini memberikan gambaran yang lebih relevan bagi atlet yang memang bertanding pada nomor tersebut, menambah nilai unik pada penelitian Anda.

- b. Widodo (2017 p. 67) dalam penelitiannya menegaskan pentingnya daya tahan otot lengan dalam menunjang performa renang, terutama pada gaya bebas. Dalam penelitian tersebut, atlet dengan daya tahan otot lengan yang baik mampu mempertahankan kekuatan dan kecepatan gerakan sepanjang lomba, sehingga mencapai hasil yang lebih baik. Fleck dan Kraemer (2017 p.112-115) menambahkan bahwa daya tahan otot yang baik memungkinkan perenang untuk tetap konsisten dalam melakukan gerakan tarikan dan dorongan lengan tanpa mengalami kelelahan yang berarti, yang penting untuk mencapai efisiensi gerakan. Penelitian oleh Baechle dan Earle (2018 p. 256-260) menyebutkan bahwa latihan dengan beban ringan dan repetisi tinggi sangat efektif dalam meningkatkan daya tahan otot. Perenang yang mengikuti program latihan ini menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam stabilitas gerakan lengan dan waktu penyelesaian lomba. Penelitian ini memperkuat pentingnya daya tahan otot lengan dalam mempertahankan kecepatan dan konsistensi gerakan selama nomor 400 meter. Persamaan: Hasil yang didapatkan dalam penelitian Anda serupa dengan temuan Widodo (2017), yang menunjukkan bahwa daya tahan otot lengan mendukung ketahanan dan stabilitas dalam renang

- jarak menengah. Kedua penelitian sepakat bahwa otot lengan yang kuat memungkinkan perenang untuk menjaga ritme yang baik sepanjang lomba. Perbedaan: Widodo meneliti daya tahan otot pada berbagai gaya renang tanpa berfokus pada satu nomor lomba tertentu, sementara penelitian Anda fokus pada gaya bebas nomor 400 meter. Fokus pada nomor 400 meter ini memberikan kontribusi yang lebih spesifik pada literatur dan pelatihan renang di nomor tersebut.
- c. Penelitian oleh Alter (2015 p. 102-105.) menemukan bahwa fleksibilitas yang baik berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi gerakan dalam air. Fleksibilitas lengan memungkinkan perenang untuk memperluas jangkauan gerakan, sehingga mengurangi resistensi dan meningkatkan panjang langkah renang. Perenang dengan fleksibilitas lengan yang optimal cenderung mengalami pengurangan jumlah tarikan dan frekuensi gerakan, yang berarti mereka dapat menempuh jarak 400 meter dengan lebih sedikit usaha. Young dan Gorman (2018 p. 567-573) juga menyebutkan bahwa fleksibilitas yang baik membantu perenang mengurangi risiko cedera dan mempertahankan rentang gerak yang luas di sendi bahu dan siku. Dalam penelitian tersebut, atlet dengan program peregangan teratur menunjukkan peningkatan performa yang lebih besar dibandingkan dengan mereka yang tidak menjalani program serupa. Hal ini menunjukkan bahwa latihan untuk meningkatkan fleksibilitas dapat menjadi bagian penting dari persiapan atlet renang. Persamaan: Hasil penelitian Anda terkait fleksibilitas lengan yang mendukung efisiensi gerakan sejalan dengan temuan Alter (2015), yang menunjukkan bahwa fleksibilitas otot-otot lengan sangat penting untuk mengurangi resistensi air dan meningkatkan panjang langkah. Studi Anda mengonfirmasi bahwa fleksibilitas juga relevan pada performa di nomor 400 meter gaya bebas. Perbedaan: Penelitian Alter mencakup berbagai cabang olahraga air tanpa berfokus pada renang gaya bebas atau nomor tertentu. Sebaliknya, penelitian Anda menawarkan konteks yang lebih spesifik dengan memfokuskan pada gaya bebas nomor 400 meter, yang relevan bagi atlet dan pelatih yang ingin meningkatkan kinerja pada nomor tersebut.
- d. Studi yang dilakukan oleh Smith. (2017.) menyimpulkan bahwa kombinasi antara VO_{2max} , daya tahan otot, dan fleksibilitas berkontribusi secara signifikan terhadap performa renang pada nomor 400 meter. Atlet yang memiliki ketiga faktor tersebut pada level yang optimal menunjukkan waktu penyelesaian yang lebih cepat dan

lebih konsisten. Penelitian ini menyoroti pentingnya pendekatan holistik dalam pelatihan, di mana peningkatan satu faktor saja tidak cukup untuk mencapai performa puncak. Lee dan Tanaka (2020 p. 45-54) juga menemukan bahwa atlet yang menjalani program latihan yang menggabungkan latihan peningkatan *VO2max*, kekuatan dan daya tahan otot, serta peregangan fleksibilitas menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam waktu lomba dan kemampuan untuk membagi tenaga secara efisien selama perlombaan. Atlet yang mampu memanfaatkan energi dengan baik dan mempertahankan teknik renang yang efisien sepanjang lomba lebih mungkin mencapai hasil yang optimal. Secara keseluruhan, hasil penelitian yang relevan menunjukkan bahwa *VO2max*, daya tahan otot lengan, dan fleksibilitas lengan memiliki hubungan yang signifikan dan saling mendukung dalam memengaruhi performa renang pada nomor 400 meter gaya bebas. Kombinasi yang optimal dari ketiga faktor tersebut dapat membantu meningkatkan efisiensi gerakan, mempertahankan kekuatan dan kecepatan, serta mengurangi risiko cedera, yang pada akhirnya akan berkontribusi terhadap hasil perlombaan yang lebih baik.

2.3 Kerangka Konseptual

Renang gaya bebas nomor 400 meter adalah nomor jarak menengah yang sangat menguji berbagai aspek fisik seorang atlet, terutama dalam hal daya tahan, kekuatan, dan teknik yang efisien. Untuk mencapai performa yang optimal dalam nomor ini, atlet harus memanfaatkan sejumlah faktor fisik, seperti *VO2max*, daya tahan otot lengan, dan fleksibilitas lengan. Faktor-faktor ini saling berinteraksi dan berkontribusi pada kemampuan atlet untuk mempertahankan kecepatan dan efisiensi gerakan selama lomba yang berlangsung lebih dari empat menit. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki hubungan antara ketiga faktor ini dengan keterampilan renang gaya bebas 400 meter pada atlet renang di Galunggung Aquatic Club.

1. Hubungan antara *VO2max* dan Keterampilan Renang Gaya Bebas 400 Meter

VO2max atau volume oksigen maksimal adalah salah satu indikator utama dari kebugaran kardiorespirasi. *VO2max* menggambarkan kapasitas tubuh dalam mengonsumsi, mengangkut, dan memanfaatkan oksigen selama aktivitas fisik yang intens. Dalam konteks renang gaya bebas 400 meter, *VO2max* yang tinggi berperan penting dalam membantu perenang mempertahankan intensitas tinggi sepanjang lomba

tanpa mengalami kelelahan yang berlebihan. Perenang dengan *VO2max* yang lebih tinggi dapat mengelola oksigen secara efisien, yang memungkinkan tubuh untuk menghasilkan energi lebih banyak melalui metabolisme aerobik.

Pada nomor renang gaya bebas 400 meter, perenang harus mengelola konsumsi oksigen secara efisien untuk mempertahankan kecepatan dan daya tahan sepanjang lomba. Penurunan *VO2max* akan menyebabkan penurunan kapasitas tubuh dalam menyuplai oksigen, yang mengarah pada kelelahan lebih cepat. Sebaliknya, *VO2max* yang tinggi mendukung kemampuan tubuh untuk bertahan dalam aktivitas intensif seperti renang, yang sangat penting ketika tubuh terus-menerus melakukan gerakan lengan untuk mendorong tubuh melalui air. Penelitian ini akan menguji apakah terdapat hubungan yang signifikan antara *VO2max* dan keterampilan renang gaya bebas 400 meter pada atlet Galunggung Aquatic Club, dengan fokus pada pengaruh *VO2max* terhadap performa dan efisiensi gerakan selama lomba.

2. Hubungan antara Daya Tahan Otot Lengan dan Keterampilan Renang Gaya Bebas 400 Meter

Daya tahan otot lengan adalah kemampuan otot-otot di lengan untuk melakukan kontraksi berulang dalam waktu yang lama tanpa mengalami kelelahan yang signifikan. Dalam renang gaya bebas 400 meter, daya tahan otot lengan berperan krusial karena gerakan repetitif yang melibatkan lengan yang dilakukan sepanjang lomba. Otot lengan yang kuat dan memiliki daya tahan yang baik memungkinkan perenang untuk tetap mempertahankan kekuatan dan efisiensi gerakan lengan, yang sangat berkontribusi pada peningkatan kecepatan dan pengurangan kelelahan. Otot lengan yang cepat lelah dapat menyebabkan penurunan teknik dan kecepatan, mengurangi kinerja perenang secara keseluruhan.

Daya tahan otot lengan yang baik sangat penting untuk menjaga kestabilan gerakan dan menghindari pemborosan energi. Perenang yang memiliki daya tahan otot lengan yang tinggi dapat menjaga kekuatan tarikan lengan mereka sepanjang lomba, yang berkontribusi pada efisiensi gerakan dan mengurangi resistansi air yang dapat memperlambat kecepatan. Selain itu, daya tahan otot yang baik juga memungkinkan perenang untuk menjaga postur tubuh yang benar dan menghindari cedera yang dapat mengganggu performa. Penelitian ini akan mengkaji hubungan antara daya tahan otot

lengan dengan keterampilan renang gaya bebas 400 meter, serta bagaimana daya tahan otot ini mempengaruhi efisiensi gerakan dan kecepatan perenang dalam nomor ini.

3. Hubungan antara Fleksibilitas Lengan dan Keterampilan Renang Gaya Bebas 400 Meter

Fleksibilitas lengan adalah kemampuan sendi dan otot di sekitar lengan untuk bergerak dalam rentang gerak yang luas tanpa ketegangan atau cedera. Fleksibilitas yang baik sangat penting dalam renang gaya bebas karena memungkinkan perenang untuk menghasilkan tarikan lengan yang panjang dan kuat. Setiap gerakan tarikan yang lebih panjang dan efisien akan mengurangi jumlah gerakan yang diperlukan untuk menempuh jarak tertentu, yang pada gilirannya mengurangi kelelahan dan meningkatkan performa secara keseluruhan.

Dalam gaya bebas 400 meter, perenang yang memiliki fleksibilitas lengan yang baik dapat memperpanjang rentang gerakan dan mengoptimalkan kekuatan tarikan lengan. Fleksibilitas yang buruk, sebaliknya, akan menyebabkan gerakan yang lebih pendek, yang meningkatkan pemborosan energi dan memperlambat kecepatan. Fleksibilitas lengan yang baik juga mengurangi risiko cedera, karena perenang dapat bergerak lebih bebas tanpa menambah ketegangan pada otot dan sendi. Oleh karena itu, fleksibilitas sangat berpengaruh pada teknik dan kecepatan perenang. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan antara fleksibilitas lengan dan keterampilan renang gaya bebas 400 meter, serta bagaimana fleksibilitas dapat mempengaruhi efisiensi gerakan dan daya tahan selama lomba.

4. Hubungan Antara *VO2max*, Daya Tahan Otot Lengan, dan Fleksibilitas Lengan Secara Keseluruhan dengan Keterampilan Renang Gaya Bebas 400 Meter

Meskipun ketiga faktor ini *VO2max*, daya tahan otot lengan, dan fleksibilitas lengan berperan penting secara terpisah, penggabungan dari ketiganya kemungkinan besar akan memberikan dampak yang lebih besar terhadap keterampilan renang gaya bebas 400 meter. Dalam nomor ini, perenang tidak hanya membutuhkan *VO2max* yang tinggi untuk mengelola konsumsi oksigen, tetapi juga harus memiliki daya tahan otot lengan yang baik untuk mempertahankan kekuatan gerakan, serta fleksibilitas lengan untuk menjaga efisiensi teknik dan panjang langkah. Ketiga faktor ini saling mendukung untuk memungkinkan perenang menjaga kecepatan dan efisiensi sepanjang lomba yang panjang.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji hubungan keseluruhan antara *VO2max*, daya tahan otot lengan, fleksibilitas lengan, dan keterampilan renang gaya bebas 400 meter. Dengan menganalisis kontribusi setiap faktor serta interaksi di antara mereka, penelitian ini dapat memberikan gambaran yang lebih jelas tentang bagaimana ketiga faktor fisik ini berpengaruh secara simultan terhadap performa perenang dalam lomba gaya bebas 400 meter. Penelitian ini juga akan membantu dalam merancang program pelatihan yang lebih efektif yang mengintegrasikan latihan untuk meningkatkan *VO2max*, daya tahan otot lengan, dan fleksibilitas lengan, guna mencapai hasil optimal dalam nomor ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi hubungan antara *VO2max*, daya tahan otot lengan, fleksibilitas lengan, dan keterampilan renang gaya bebas 400 meter. Masing-masing faktor tersebut memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung kemampuan perenang untuk bertahan dalam lomba jarak menengah yang menguji ketahanan fisik secara keseluruhan. Oleh karena itu, dengan mengkaji hubungan antara ketiga faktor ini, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai faktor-faktor yang berkontribusi pada keterampilan renang gaya bebas 400 meter. Penelitian ini juga akan memberikan kontribusi penting dalam pengembangan program pelatihan yang lebih terfokus dan efektif untuk atlet renang, serta memberikan gambaran mengenai bagaimana faktor-faktor fisik tersebut saling berinteraksi untuk memaksimalkan performa dalam lomba ini.

2.4 Hipotesis

Berdasarkan kerangka konseptual dan rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka hipotesis penelitian yang diajukan adalah sebagai berikut:

- a. **Hipotesis 1** : Terdapat hubungan yang signifikan antara *VO2max* dengan keterampilan renang gaya bebas nomor 400 meter pada atlet renang di *Galunggung Aquatic Club*. Semakin tinggi *VO2max* seorang atlet, semakin baik performa renangnya.
- b. **Hipotesis 2** : Terdapat hubungan yang signifikan antara daya tahan otot lengan dengan keterampilan renang gaya bebas nomor 400 meter pada atlet renang di *Galunggung Aquatic Club*.

- c. **Hipotesis 3 :** Terdapat hubungan yang signifikan antara fleksibilitas lengan dengan keterampilan renang gaya bebas nomor 400 meter pada atlet renang di *Galunggung Aquatic Club*.
- d. **Hipotesis 4 :** Terdapat hubungan yang signifikan antara VO_{2max} , daya tahan otot lengan, dan fleksibilitas lengan secara bersama sama dengan keterampilan renang gaya bebas nomor 400 meter pada atlet renang di *Galunggung Aquatic Club*.