

BAB I

PENDAHULUAN UMUM

A. LATAR BELAKANG

Olahraga sudah menjadi suatu kebiasaan dan kebutuhan bagi setiap individu karena aktivitas fisik yang dilakukan dengan benar dan memadai secara terus menerus dapat meningkatkan kebugaran jasmani seseorang. Olahraga pada umumnya bermanfaat bagi tubuh untuk menjaga dan meningkatkan kemandirian dalam hidup manusia, namun juga dapat berdampak buruk bagi tubuh dan menimbulkan cedera (Graham et al., 2023). Olahraga dengan peningkatan insiden cedera kerusakan otot tertinggi salah satunya yaitu permainan futsal. Futsal merupakan varian sepak bola yang dimainkan didalam ruangan dengan lapangan yang lebih kecil. Futsal olahraga tim yang resmi disahkan oleh FIFA dan menjadi semakin populer di seluruh dunia. Hal ini ditandai dengan olahraga intermiten intensitas tinggi yang memaksakan tuntutan fisik, teknis, taktis, dan psikologis yang tinggi pada pemain (Spyrou et al., 2020). Futsal merupakan olahraga aktif dan dinamis yang mengharuskan pemainnya melakukan berbagai Gerakan seperti akselerasi dan perlambatan dengan cepat. Ini juga melibatkan banyak Gerakan meluncur dan menendang. Dibandingkan dengan olahraga atletik lain yang dimainkan di seluruh dunia, Futsal adalah olahraga yang cukup berat dengan peningkatan insiden cedera kerusakan otot (Ravichandran et al., 2017).

Kerusakan Otot Merupakan cedera pada serat otot yang dapat terjadi akibat aktivitas fisik intensif, Trauma, atau kondisi medis tertentu, secara umum kerusakan terbagi atas dua kategori yaitu kerusakan otot akibat Latihan fisik dan cedera akut. Gejala Kerusakan otot dapat disebabkan oleh latihan yang menggunakan aksi otot eksentrik berkekuatan tinggi, seperti latihan ketahanan, plyometrics, dan downhill running, yang membutuhkan waktu pemulihan paling lama dan berdampak pada munculnya gejala kerusakan otot (Purwanto, 2014), Kombinasi dari gerakan-gerakan berintensitas tinggi yang berulang-ulang yang dilakukan selama latihan dan match play bersamaan dengan jadwal latihan dan kompetisi yang padat saat ini serta paparan terhadap kontak mungkin menempatkan pemain futsal pada risiko cedera yang tinggi (Ruiz-Pérez et al., 2019). Kerusakan otot sering terjadi setelah Latihan intensif, terutama latihan yang melibatkan gerakan eksentrik. Kerusakan otot dapat dipulihkan dengan kombinasi antara strategi Teknik fisik dan penambahan nutrisi suplemen,.

Pemulihan kerusakan otot dapat dilakukan dengan berbagai strategi yaitu dengan Teknik Fisik dan Penambahan Suplemen. Pemulihan dengan Teknik fisik dapat dilakukan dengan pemberian teknik cold water immersion (CWI) dan teknik active recovery yang dapat mengurangi nyeri otot, peradangan, melancarkan sirkulasi darah dan sebagai pemulihan kerusakan otot. Menurut studi dari penelitian Crowther et al (2017) yang berpendapat bahwa pemulihan dengan teknik cold water immersion (CWI) dan teknik active recovery setelah latihan intensif dapat mengurangi nyeri otot,

peradangan dan pemulihan kerusakan otot, juga dapat meningkatkan sirkulasi darah, mengurangi kekakuan otot dan mempercepat pembuangan produk sisa metabolic dari otot sehingga mempercepat pemulihan.

Pemulihan kerusakan otot juga dapat dipulihkan dengan pemberian tambahan suplemen seperti pemberian suplemen antioksidan vitamin C dan E yang dapat mengurangi stress oksidatif dan peradangan setelah Latihan intensif. Menurut (Drobnic et al., 2022) yang mengemukakan hasil studi bahwa mengkonsumsi suplemen antioksidan seperti vitamin C dan E dapat mengurangi stress oksidatif dan peradangan yang disebabkan oleh Latihan intensif. Pemulihan kerusakan otot juga dapat dipulihkan dengan pemberian suplemen Omega-3 fatty acids yang dapat mengurangi peradangan dan nyeri otot sehingga dapat memulihkan kerusakan otot. Menurut (Mielgo-ayuso & Fern, 2021) yang menyatakan hasil studi bahwa mengkonsumsi omega-3 fatty acids dapat mengurangi peradangan dan nyeri otot serta mendukung pemulihan kerusakan otot setelah Latihan berat. Pemberian tambahan suplemen yang sering digunakan para olahragawan yaitu suplemen protein. Suplemen protein memperbaiki dan membangun serat otot yang rusak karena terdapat asam amino essensial yang di perlukan untuk sintesis protein di otot. Menurut studi penelitian oleh Mielgo-ayuso & Fern (2021) yang mengemukakan hasil studi penelitian bahwa suplemen protein dapat memperbaiki dan membangun kembali serat otot yang rusak akibat Latihan intensif. Suplemen protein ini menyediakan

asam amino esensial yang diperlukan untuk sintesis protein di otot.

Mengonsumsi suplemen protein sebagai pemulihan otot dirancang untuk menyediakan protein tambahan yang mudah dikonsumsi dan dicerna oleh tubuh. Asupan Protein berperan dalam pemulihan kerusakan otot yang dipicu oleh Latihan kekuatan. Pemulihan kerusakan otot dapat terjadi dikarenakan suplemen protein mengandung asam amino esensial branched-chain amino acids (BCAA) seperti Isoleusin, leusin dan valin, yang berfungsi untuk stimulasi sintesis protein otot dan perbaikan jaringan juga terdapat Asam Amino non esensial seperti arginin, glutamin alanin dan serin yang berfungsi memberikan kontribusi penting dalam pemulihan otot dan penyesuaian metabolic, dan casein yang terdapat pada protein dari susu whey protein yang berkontribusi lebih mudah diserap dan mempercepat pemulihan. (Li et al., 2015). Suplemen Protein bila dikonsumsi bersamaan atau dekat dengan Latihan resistensi, mendorong aktivasi (fosforilasi) mTor yang lebih tinggi (Protein pemberi sinyal utama yang ditemukan di miosit yang terkait dengan sintesis protein otot) dan protein pemberi sinyal translasi mRNA yaitu p70s6 kinase (Enzim yang berperan dalam jalur sinyal seluler yang mengatur pertumbuhan, proliferasi dan metabolisme sel) dan Eif4bp (Eukaryotic translation initiation factor 4E-binding protein) yang berperan sebagai regulator negatif dalam proses inisiasi translasi protein yang menghubungkan mRNA ke ribosom yang selanjutnya menunjukkan bahwa konsumsi protein dapat memulihkan kerusakan otot.

Beberapa studi penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa pemberian suplemen protein dapat memulihkan kerusakan otot, seperti penelitian dari Nieman et al (2020) berpendapat bahwa Efek suplemen protein whey protein, protein kacang polong dan air terhadap kerusakan otot, setelah Latihan eksentrik intensif, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa suplemen protein dapat mengurangi biomarker kerusakan otot dalam plasma darah kretin kinase. Penelitian yang sama juga diungkapkan oleh Cintineo et al (2018) mengatakan pentingnya asupan protein yang memadai dalam pemulihan otot menunjukan protein whey meningkatkan pemulihan dan kinerja otot setelah Latihan eksentrik sehingga menurunkan kadar kreatin kinase. Studi lain juga berpendapat mengenai nutrisi dan manfaat terhadap suplemen protein yang dapat mengurangi kerusakan otot. menurut Harty et al (2019) peneliti meninjau berbagai nutrisi dan menyoroti manfaat signifikan dari suplemen protein dapat menurunkan kreatin kinase dalam mengurangi kerusakan otot dan pemulihan setelah Latihan eksentrik, studi penelitian yang sependapat juga mengatakan suplemen protein dapat mengurangi kerusakan otot setelah latihan menurut Cheah & Cheah (2023) pada scoping review yang mengatakan manfaat signifikan dari suplemen protein dalam mengurangi kerusakan otot dan peningkatan pemulihan setelah latihan beberapa penelitian mengukur CHOL, TG, HDL, CRP, dan IL-6 pada plasma darah. Juga studi penelitian lain yang membandingkan suplemen protein whey dan minuman karbohidrat yang menunjukkan suplemen protein whey dapat memberikan pemulihan kerusakan otot dibandingkan dengan minuman

karbohidrat menurut Jäger et al (2017), mereka membandingkan suplemen protein whey dengan minuman karbohidrat dalam Latihan ketahanan efek menguntungkan pada kelompok yang mengkonsumsi suplemen protein menunjukkan terjadi peningkatan terhadap pemulihan kerusakan otot dibandingkan yang mengkonsumsi minuman berkarbohidrat pengukuran menggunakan biomarker kreatin kinase.

Namun tidak semua studi atau penelitian setuju bahwa pemulihan kerusakan otot dapat dipulihkan dengan penambahan suplemen protein, beberapa penelitian menunjukkan bahwa penambahan suplemen protein tidak bermanfaat atau tidak memperbaiki kerusakan otot. Seperti salah satu studi penelitian Morton et al (2018) yang menyajikan meta analisis menunjukan bahwa suplemen protein tidak memberikan peningkatan pada massa otot, kekuatan, dan pemulihan setelah latihan resistensi. Begitupun Penelitian yang sependapat yang mengatakan suplementasi protein dengan asam amino rantai cabang tidak mengurangi Tingkat LDH dalam plasma darah penyebab kerusakan otot. menurut Salem et al (2024) yang berpendapat bahwa suplementasi dengan asam amino rantai cabang (BCAA) Tidak mengurangi tingkat laktat dehydrogenase (LDH) setelah Latihan yang menyebabkan kerusakan otot akibat Latihan eksentrik. Studi lain juga mengatakan bahwa konsumsi suplemen protein whey tidak dapat mengurangi biomarker creatin kinase setelah Latihan eksentrik. menurut Pearson (2022) dalam meta analisis mengatakan bahwa suplementasi protein tidak berpengaruh

terhadap nyeri otot dibandingkan dengan Kontrol. Pernyataan serupa juga di kemukakan oleh studi lain yang mengatakan pemberian suplemen protein bersamaan dengan pemberian karbohidrat tidak mengurangi kerusakan otot dan peradangan otot menurut J. Betts et al (2009) yang menyatakan Penambahan isolat protein whey ke dalam suplemen karbohidrat yang dikonsumsi selama empat jam setelah olahraga berat tidak mengurangi indeks kerusakan atau peradangan otot dengan pengukuran myoglobin dan kreatin kinase dan laktat dehidrogenase (LDH) secara sistemik, juga tidak mengembalikan fungsi otot lebih cepat dibandingkan ketika fraksi karbohidrat dikonsumsi.

Dari penjelasan diatas dapat diketahui bahwa beberapa studi penelitian menunjukkan terjadi pemulihan kerusakan otot namun masih ada beberapa studi penelitian juga tidak setuju bahwa tidak terjadi perbaikan pemulihan kerusakan otot. Sehingga terlihat bahwa apakah Suplemen protein ini dapat bermanfaat dalam pemulihan kerusakan otot atau tidak itu masih kontroversial.

Selain penelitian yang kontroversial juga terdapat beberapa studi penelitian yang kebanyakan menyajikan penelitian dengan pemberian suplemen protein dengan waktu yang singkat kurang dari 1 minggu untuk melihat efek terhadap pemulihan kerusakan otot, menurut penelitian Jäger et al (2017) yang mengatakan sangat sedikit penelitian yang menyelidiki efek manipulasi protein makanan dalam jangka waktu yang lama (Satu minggu) terhadap kinerja daya tahan, dan penambahan protein tampaknya tidak meningkatkan kinerja

daya tahan bila diberikan selama beberapa hari, minggu atau sebelum setelah dan selama Latihan daya tahan. Studi penelitian lain juga terlihat pada penelitian J. Betts et al (2009) dalam penelitian ini durasi pemberian suplemen bertahap 4,24,48 dan 168 jam atau kurang dari satu minggu, penelitian serupa juga terlihat dari penelitian Nieman et al (2020) dalam penelitiannya terlihat pemberian suplemen protein terjadi setiap hari selama 5 hari. Studi penelitian menurut Pearson (2022) yang terlihat dalam meta analisis pada enam belas literatur review yang memberikan perlakuan durasi pemberian suplemen protein <24, 24, 48, 72 dan 96 jam (empat hari). Penelitian serupa juga dilakukan oleh (reno siska Sari, 2014) dalam penelitiannya terlihat pemberian suplemen protein setelah aktivitas eksentrik setiap 24 dan 48 jam (2 Hari).

Sehingga dari beberapa studi penelitian diatas masih kontroversial dan kurangnya studi penelitian yang memberikan durasi pemberian suplemen protein lebih dari satu minggu untuk mengetahui pemulihan kerusakan otot dengan pemberian suplemen protein sehingga peneliti tertarik untuk meneliti **“Pengaruh pemberian suplemen protein selama empat minggu terhadap pemulihan otot setelah olahraga yang menginduksi kerusakan otot”**.

B. PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu **“Bagaimana pengaruh pemberian suplemen protein selama empat minggu terhadap**

pemulihan otot setelah olahraga yang menginduksi kerusakan otot?”

C. TUJUAN DAN MANFAAT

Tujuan Umum

Menganalisis dampak pemberian suplemen protein selama empat minggu terhadap pemulihan otot setelah Pemberian olahraga yang menginduksi kerusakan .

Tujuan Khusus

1. Menganalisis perubahan kadar *Creatine kinase (Ck-Nac)* sebelum dan sesudah pemberian suplemen protein selama empat minggu pada kelompok intervensi dan kelompok kontrol.
2. Menganalisis perubahan keluhan otot berdasarkan skor *Nordic musculoskeletal questionnaire (NMQ)* sebelum dan sesudah pemberian suplemen protein selama empat minggu pada kelompok intervensi dan kelompok kontrol.

D. MANFAAT PENELITIAN

1. Bidang Pendidikan

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan informasi akademis mengenai pengaruh pemberian suplemen protein selama empat minggu terhadap pemulihan otot setelah olahraga yang menginduksi kerusakan.

2. Bidang Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat menambah data dan informasi untuk penelitian lebih lanjut untuk pengembangan dalam bidang kedokteran dan olahraga mengenai intervensi

berupa pemberian suplemen protein selama empat minggu terhadap pemulihan otot setelah olahraga yang menginduksi kerusakan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. TINJAUAN TENTANG FUTSAL

1. Definisi

Olahraga merupakan suatu bentuk aktivitas fisik yang ditandai dengan gerakan tubuh yang berulang-ulang, terutama untuk meningkatkan kebugaran jasmani seseorang. Olahraga sudah menjadi suatu kebiasaan dan kebutuhan bagi setiap individu karena aktivitas fisik yang dilakukan dengan benar dan memadai secara terus menerus dapat meningkatkan kebugaran jasmani seseorang. Olahraga yang teratur merupakan upaya pemeliharaan yang paling efektif dan merupakan salah satu komponen upaya pencegahan langsung dari faktor kesehatan seseorang. Selain itu, olahraga berfungsi untuk mencapai kesehatan fisik dan mendorong prestasi. Olahraga pada umumnya bermanfaat bagi tubuh untuk menjaga dan meningkatkan kemandirian dalam hidup manusia, namun juga dapat berdampak buruk bagi tubuh dan menimbulkan cedera (Graha et al., 2023).

Olahraga merupakan stimulus paling ampuh yang memicu adaptasi otot rangka selama pelatihan ketahanan dan ketahanan kronis. Adaptasi ini berkisar dari peningkatan daya tahan akibat biogenesis dan angiogenesis mitokondria, hingga peningkatan kekuatan akibat hipertrofi pada otot rangka. Diketahui juga bahwa adaptasi bergantung pada intensitas olahraga, yaitu ketika olahraga dilakukan hingga

kelelahan, sehingga mengakibatkan kelelahan, hal ini menciptakan dorongan metabolik yang mengawali aktivasi hilir gen yang bertanggung jawab untuk remodeling otot rangka yang lebih kuat dibandingkan olahraga ringan.(Burd et al., 2012). Meskipun olahraga diperlukan untuk memicu dan menstimulasi adaptasi otot, periode pemulihan pascalatihan juga sama pentingnya dalam menyediakan waktu yang cukup untuk terjadinya adaptasi metabolik dan struktural dalam otot rangka (Cheng et al., 2020)

Futsal adalah olahraga tim yang resmi disahkan oleh FIFA dan menjadi semakin populer di seluruh dunia. Hal ini ditandai dengan olahraga intermiten intensitas tinggi yang memaksakan tuntutan fisik, teknis, taktis, dan psikologis yang tinggi pada pemain (Spyrou et al., 2020). Permainan ini dimainkan lima lawan satu (yaitu, empat pemain di lapangan dan satu penjaga gawang), di lapangan berukuran 40×20 m, dengan tiang gawang 3×2 m dan jumlah pergantian pemain yang tidak terbatas. Jumlah maksimal pemain dalam satu skuad untuk satu pertandingan adalah 14 (maksimal 9 pemain pengganti per tim), Pertandingan futsal terdiri dari dua babak yang masing-masing berdurasi 20 menit dan diselingi dengan istirahat 10 menit. kombinasi dari gerakan-gerakan berintensitas tinggi yang berulang-ulang yang dilakukan selama latihan dan match play bersamaan dengan jadwal latihan dan kompetisi yang padat saat ini serta paparan terhadap kontak mungkin menempatkan pemain futsal pada risiko cedera yang tinggi. Namun, sebelum menerapkan program pencegahan cedera ke dalam rutinitas

latihan futsal sehari-hari, penting untuk menentukan sejauh mana masalah dalam kaitannya dengan kejadian dan karakteristik cedera.(Ruiz-Pérez et al., 2019), Olahraga ini ditandai dengan tindakan intensitas tinggi yang terputus-putus dengan peluang istirahat yang bervariasi, mulai dari pemulihan penuh hingga pemulihan sebagian. Sprint pendek, perubahan ritme dan arah, penguasaan bola, dan interaksi dengan lawan merupakan aksi utama yang dilakukan dalam futsal, Semua ciri spesifik ini, ditambah dengan periode kelebihan beban akibat latihan dan kompetisi, menjadikan futsal sebagai olahraga dengan prevalensi cedera yang tinggi (Gene-Morales et al., 2021).

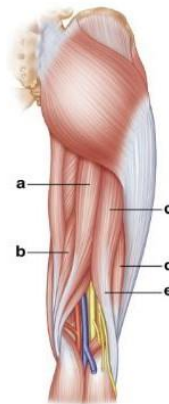
2. Fisiologi dan Anatomi

Menurut Hermans dan Engler (dalam Amiko, 2019) beberapa Teknik dasar futsal yang harus dikuasai seorang pemain adalah ball reception (Penerimaan bola), dribbling and ball kontrol(Mengiring dan mengontrol bola, passing (Mnegoper bola), shooting, feints and trik (trik dan gerak tipuan), selain itu federasi sepak bola dan futsal FIFA 2012 juga mengemukakan bahwa Teknik futsal meliputi passing, kontrol, running with the ball, dribbling past opponets dan shooting. Saat bermain futsal Otot-otot yang terlibat secara garis besar dan lebih mudah mengalami cedera meliputi Muscle Hamstring, Muscle Quadriceps, Muscle Gastrocnemius dan Muscle Soleus.

a. Muscle Hamstring

Kompleks otot hamstring terdiri dari tiga otot-yang berbeda bisep femoris, semimembranosus, dan

semitendinosus yang terlibat dalam lutut flexion dan ekstensi hip (Gambar. 2.1). Untuk fungsi seperti otot hamstring kompleks baik pinggul dan sendi lutut. Semua otot dipersarafi oleh divisi tibialis dari saraf sciatic, dengan pengecualian dari kepala pendek dari otot biceps femoris, yang dipersarafi oleh cabang peroneal saraf sciatic. Kompleks otot hamstring menerima suplai darah dari arteri femoral yang mendalam. Cabang-cabang arteri femoralis yang mendalam off dari arteri femoral utama segera setelah asal-usul dan berjalan di sisi posterior longus adduktor sebelum memberikan off cabang yang mencakup lateral femoral sirkum flex, medial femoral sirkum flex, dan perforasi arteri ke otot-otot hamstring . (Christopher C. Kaeding, 2014)



Gambar 2.1 Muscle Hamstring

Sumber : (Christopher C. Kaeding, 2014)

Pada Grup Muscle Hamstring terbagi Atas 3

1. Bisep Femoris

Otot bisep femoris terletak pada aspek posterolateral paha. Itu berasal dari dua lokasi, dengan berasal long head originating dari segi medial *tuberositas ischia* dan short head arising yang timbul dari punggung *supracondylar lateral femur* dan ketiga tengah aspera linea. Short head dari bisep femoris berikut jalan distal dan lateral pada 30 ° sudut terhadap bidang koronal tulang paha dan sudut 45 ° terhadap bidang sagital femur ketika lutut yaitu flexed ke 90 °. Short head biseps femoris pada tulang paha sering digunakan sebagai tengara untuk mengklasifikasikan cedera hamstring sebagai proksimal atau distal. Short head dari otot bisep femoris dipersarafi oleh divisi peroneal umum dari saraf sciatic, sedangkan long head dipersarafi oleh divisi tibialis dari saraf siatik (baik L5 dan S1 akar saraf). (Christopher C. Kaeding, 2014)

Pemahaman tentang poin penyisipan tendon long head dan short dari bisep femoris sangat penting untuk menghargai biomekanik dari sudut *posterolateral* dari lutut. cedera akut bisep femoris otot dan selanjutnya poin penyisipan dapat menyebabkan ketidakstabilan lutut akut. Komponen penyisipan tendon long head biseps femoris mulai bentuk proksimal lutut dan kemudian membagi menjadi dua komponen tendinous (langsung dan anterior lengan) dan tiga komponen fascia (yang

tercermin lengan, aponeurosis lateral dan *aponeurosis anterior*) di lutut . Terry dkk. telah menunjukkan bahwa sisipan langsung di tepi *posterolateral* kepala *fibular* pada titik lateral styloid fibular, sedangkan sisipan anterior di tepi lateral head fibular. (Christopher C. Kaeding, 2014)

Komponen berasal fascia dari tendon hanya proksimal ke fibular dan menyisipkan ke tepi posterior saluran iliotibial. Lateral atase ekspansi aponeurotic ke anterior tendinous dan mencakup fibular ligamen kolateral, sementara ekspansi aponeurotic anterior meliputi kompartemen anterior kaki. Short head bisep femoris memiliki anterior kaki . Short head bisep femoris memiliki keterikatan otot pada sisi anterior dan medial distal tendon Long head. Ada juga lampiran tendon ke kapsul sendi posterolateral pada tingkat tanduk posterior meniscus lateral (a capsular arm), kepala fibular (direct arm), dan lateral tibia tuberositas 1 cm posterior ke tuberkulum gerdy ini (anterior arm) . Penyisipan signifikan lain dari Short head adalah lampiran dari lapisan capsuloosseous ke saluran iliotibial bahwa bentuk-bentuk bisep-capsuloosseous saluran iliotibial kompleks. (Christopher C. Kaeding, 2014).

2. Muscle Semitendinosus

Otot semitendinosus menerima komponen tendonous besar untuk ukuran keseluruhan unit musculotendinous. Ini berasal otot dari sisi

inferomedial dari tuberositas iskia sebagai bagian dari tendon conjoint yang juga mencakup long head biceps. The conjoint tendon yaitu oval dan langkah-langkah 2,7 cm superoinferiorly dan 1,8 cm melintang rata-rata. Otot semitendinosus memiliki persimpangan tendon kompleks yang memisahkan otot ke daerah inferior dan superior yang dipersarafi oleh cabang terpisah dari saraf tibialis. Telah mendalilkan bahwa wilayah superior mungkin speci fungsi fi Cally dalam mendorong gerakan pada pinggul sementara wilayah rendah mungkin speci fungsi fi Cally dalam mendorong gerakan pada lutut. (Christopher C. Kaeding, 2014).

Pada aspek yang lebih distal dari semitendinosus itu, bentuk- bentuk otot tendon panjang putaran pada titik tengah paha yang berjalan di sepanjang medial sisi dari fossa poplitea. tendon mengikuti jalan di sekitar medial tibia kondilus dan kemudian melewati ligamen kolateral medial, dan sisipan pada permukaan superomedial tibia. The semitendinosus, gracilis, dan otot sartorius semua berkontribusi terhadap pes anserinus pada permukaan anteromedial dari tibia proksimal, dan sesuai bursae mereka dapat menjadi sumber rasa sakit akibat pes anserinus bursitis . Tendon semitendinosus sering dipanen untuk rekonstruksi, dan meskipun telah ditunjukkan untuk regenerasi untuk tingkat tertentu, aspek distal tampaknya masukkan kembali pada

fascia gastrocnemius daripada tibia. Hal ini kadang-kadang dapat menyebabkan pembentukan bekas luka tidak efektif dan pada gilirannya, melumpuhkan kelemahan dan cedera berulang dalam atlet tingkat tinggi. (Christopher C. Kaeding, 2014).

3. Muscle semimembranosus

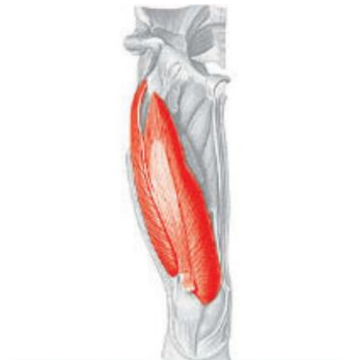
Otot semimembranosus dari tuberositas iskia pada titik yang lebih unggul dan lateral bisep femoris dan otot semitendinosus. Asal usul tendon semimembranosus adalah berbentuk bulan sabit dan meluas superoinferiorly lebih dari 3 cm dan melintang di atas 1 cm. Proksimal tendon mengikuti kursus yang bergerak medial dan anterior ke otot-otot lain dari kompleks hamstring . Proksimal tendon adalah struktur memanjang dengan koneksi brous dengan asal bisep femoris dan tendon adduktor magnus . Asal tendinous dari semimembranosus adalah terpanjang dari tendon proksimal hamstring, rata-rata 31,9 cm tengkorak-ekor, dan menjadi segera aponeurotic setelah asalnya. Distal otot terdiri dari banyak unipennate pendek dan multipennate fibers, yang memaksimalkan jumlah brils otot fi per satuan luas. Otot perut semimembranosus adalah yang terbesar dari otot hamstring averaging kompleks 15,7 cm² di midsubstance. area yang luas ini memungkinkan untuk otot untuk menghasilkan kekuatan terbesar tapi pada kecepatan yang paling lambat dari semua otot hamstring Distal, sisipan otot

terutama pada aspek medial posterior medial tibia kondilus, dengan beberapa slip tendon yang memperluas di seluruh aspek medial lutut dan melampirkan ke berbagai struktur dukungan jaringan lunak lutut. Beberapa titik penyisipan semimembranosus merupakan kontributor penting untuk stabilitas sudut posteromedial lutut . Ada perbedaan untuk berapa banyak poin penyisipan atau “lengan” terbentuk dari tendon distal dari semimembranosus. La Prade et al Telah berusaha untuk membuat terminologi umum dan deskripsi anatomi poin penyisipan tersebut. Umumnya ada kesepakatan pada tiga arm direct arm, arm anterior, dan ekspansi di ligamen popliteal miring . direct arm penyisipan mengikuti kursus anterior dalam untuk lengan anterior dan menyisipkan pada aspek medial posterior tibia. Lengan anterior atau tibialis anterior meluas di bawah ligamentum miring posterior dan menyisipkan pada tibia proksimal kalah dengan ligamen kolateral tibialis . Ligamentum poplitea miring adalah luas, kelanjutan lateral yang tipis tendon semimembranosus yang menjadi bagian dari kapsul medial posterior. (Christopher C. Kaeding, 2014)

La Prade et al Juga telah dijelaskan beberapa sisipan tambahan: lengan tibialis distal (juga disebut sebagai aponeurosis poplitea), komponen dari ligamen posterior miring, lengan meniscal, dan proksimal posterior lengan kapsul. Lengan tibia distal

merupakan perluasan dari semimembranosus bahwa bentuk-bentuk lapisan wajah selama otot perut popliteus . Fi selubung fibrosa dari tendon semimembranosus meluas anterior dan memberikan kontribusi pada ligamentum miring posterior dan diduga bertindak sebagai stabilizer sekunder untuk posterior terjemahan tibialis . Lengan meniscal digambarkan sebagai sebuah band seperti singkat hubungan antara tendon dan band meniscotibial di tanduk posterior meniskus medial, dan diperkirakan untuk mencegah pelampiasan dari meniskus posteromedial selama flexi. Proksimal posterior lengan kapsul telah terbukti tentu saja sepanjang aspek superior dari ligamentum poplitea miring dan berakhir dengan beberapa lampiran ke kapsul posterior . sisipan ini semua bekerja sama untuk menstabilkan sudut medial posterior lutut dan harus diperhitungkan ketika mengevaluasi pasien dengan ketidakstabilan lutut posteromedial. (Christopher C. Kaeding, 2014).

b. Muscle Quadriceps



Gambar. 2.2 Muscle Quadriceps

Sumber : (Sobotta et al., 2013)

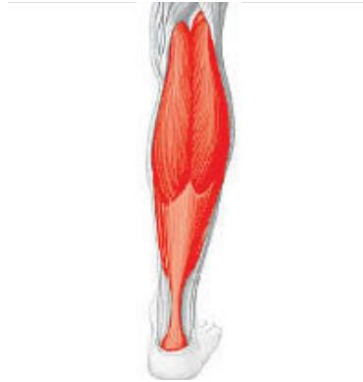
(Bruno Bordoni et al, 2023) Quadriceps femoris adalah otot paling besar di tubuh manusia, Tindakan otot paha depan femoris berdampak pada sendi lutut dan pinggul. Rektus femoris dapat melenturkan pinggul, sementara aksi sinergisnya dengan broadus lateralis, broadus medialis, dan broadus intermedius memperluas lutut Keseimbangan mioelektrik paha depan sangat penting untuk pergerakan patela yang benar. Aferen proprioseptif otot berkontribusi untuk mempertahankan postur tubuh yang memadai. Studi terbaru menunjukkan bahwa aktivasi aferen ini memungkinkan otot paha depan kontralateral meningkatkan koordinasinya, meningkatkan keseimbangan postural Berikut fungsi otot paha depan Ekstensi lutut, Fleksi pinggul, Pemeliharaan postur, ahapan siklus langkah/berjalan yang benar, Pemeliharaan stabilitas patella.

Otot paha depan femoris merupakan bagian dari otot anterior paha, bersama dengan otot sartorius. Ini terdiri dari 4 Otot.

1. Terdiri dari rectus femoris (RS) yang berasal dari tulang belakang iliaka anterior inferior dengan tendon langsung dan tepi atas acetabulum dengan tendon tidak langsung. Dengan tendon ketiga dan kecil (tendon refleksi), ia melekat pada kapsul sendi panggul di bagian anterior. 2 tendon RS pertama berlanjut ke bawah dengan dua lamina aponeurotik, hingga dua pertiga dari rektus femoris. Tendon lurus akan menjadi lamina superfisial, sedangkan tendon tidak langsung berlanjut sebagai lamina sagital sentral.
2. Vastus lateralis (VL) berasal dari permukaan lateral trokanter mayor, tuberositas gluteal, dan bibir lateral linea aspera.
3. Vastus medialis (VM) berjalan dari leher anatomi tulang paha dan bibir medial linea aspera. Vastus medialis dimasukkan ke dalam aponeurosis dari broadus intermedius, sedangkan tensor dari broadus intermedius dimasukkan ke dalam aponeurosis yang sama, lebih dangkal.
4. Vastus intermedius (VI) berasal dari tiga perempat proksimal permukaan anterior dan lateral badan femoralis dan bibir lateral linea aspera. Beberapa kumpulan otot broadus intermedius dimasukkan ke

dalam relung atas bursae supra-patela, membentuk otot artikular lutut.

c. Muscle Gastrocnemius



Gambar. 2.3 Muscle Gastrocnemius

Sumber : (Sobotta et al., 2013)

(Bruno Bordoni et al, 2023) Otot gastrocnemius adalah otot kompleks yang pada dasarnya terlibat dalam berjalan dan postur. Ini mempengaruhi seluruh anggota tubuh bagian bawah dan pergerakan pinggul dan daerah pinggang. Ini adalah distrik otot yang dirancang untuk bekerja selama aktivitas sehari-hari dan olahraga serta mempertahankan ortostatisme. Muscle Gastrocnemius terbagi atas dua yaitu:

1. Caput medial gastrocnemius berasal dari epikondilus dan permukaan posterior kondilus medial tulang paha. Kita dapat mengidentifikasi asal lateral dan asal medial. Yang terakhir ini melibatkan tendon yang rata, kuat, dan tebal, yang berkontak dengan area atas kondilus medial, di bawah insersi tendon otot adduktor magnus, dan puncak

supracondylar medial. Asal lateral mempunyai tendon pendek yang bercampur dengan serat otot yang menghubungkan kapsul sendi lutut dan di daerah poplitea kondilus femoralis medial. Ia mengetahui zona penyisipan ini sebagai tuberkulum suprakondilar medial. Kepala medial umumnya lebih tebal dan lebar dibandingkan kepala lateral. Pada kondilus medial tulang paha/asal kepala medial, terdapat bursa serosa, yang memungkinkan badan otot proksimal kepala otot lateral meluncur. Bursa ini bersentuhan dengan bursa otot semimembranosus, menciptakan hubungan kontinuitas fungsional. Bursa yang melibatkan kepala medial mungkin merupakan lokasi kista Baker.

2. Caput lateral gastrocnemius berasal dari permukaan lateral epikondilus, di fossa posterior dan lateral, proksimal tendon otot poplitea, menempel pada puncak supracondylar lateral. Tendon dan serat otot berasal dari kapsul sendi lutut dan, dalam persentase yang lebih rendah dibandingkan area medial, dari tuberkulum suprakondilar lateral. Pada 10% hingga 30% populasi, terdapat tulang sesamoid kecil (Fabella), yang terserap di pangkal kepala lateral gastrocnemius. Fabella ditutupi oleh tulang rawan hialin dan diartikulasikan dengan kondilus femoralis lateral. Jarang berhubungan dengan kepala medial.

Ini bisa berperan dalam menstabilkan lutut. Ada bursae yang mirip dengan yang ditemukan pada caput medial (tidak serumit yang sebelumnya dan tidak selalu) setinggi caput lateral.

3. Muscle Soleus

(Bruno Bordoni et al, 2023) Muscle soleus mempunyai asal fibrosa dari kepala dan permukaan posterior fibula, dari garis otot soleus pada permukaan posterior tulang tibialis, dan lengkungan fibrosa antara kepala fibula dan garis otot soleus—lebar, pipih. perut terbentuk dari asal-usul ini, yang berlanjut dalam aponeurosis besar yang mengarah ke bawah. Pada tingkat sepertiga bagian bawah tungkai, ia bergabung dengan fascia dalam aponeurosis otot gastrocnemius, membentuk ligamen kalkanealis. Yang terakhir mencapai kaki dan masuk ke dalam tuberositas tumit; bursa mukosa memisahkan tulang kalkanealis dan bagian dalam tendon; bursa kedua yang lebih dangkal terletak di antara kulit dan tendon (bursa kalkanealis subkutan). Otot soleus bersifat mono-artikular dan ditutupi oleh kembaran gastrocnemius.

3. Mekanisme Kontraksi Otot

Menurut (Sutanta, 2019) Kontraksi otot terjadi berdasarkan adanya dua set filamen di dalam sel otot kontraktil yang berupa filamen aktin dan myosin. Ketika otot berkontraksi, aktin dan myosin bertautan dan saling

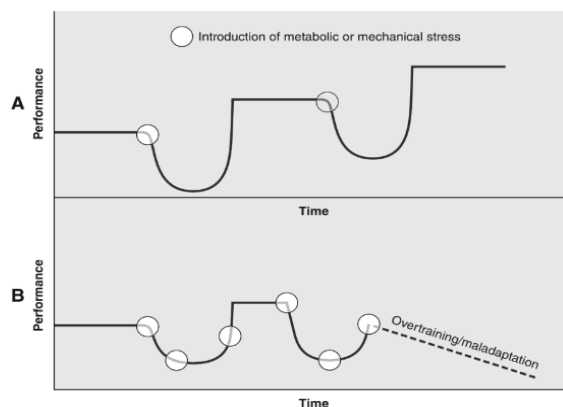
mengelincir satu sama lain, sehingga sarkomerpun juga memendek. Dalam otot terdapat zat yang sangat peka terhadap rangsang disebut asetilkolin. Otot yang terangsang menyebabkan asetilkolin terurai membentuk miogen yang merangsang pembentukan aktomiosin. Hal ini menyebabkan otot berkontraksi sehingga otot yang melekat pada tulang bergerak. Saat berkontraksi, otot membutuhkan energy dan oksigen. Oksigen diberikan oleh darah, sedangkan energy diperoleh dari penguraian ATP (adenosine trifosfat) dan kreatinfosfat. ATP terurai menjadi ADP (adenosine disfosfat) + Energi. Selanjutnya, ADP terurai menjadi AMP (adenosine monofosfat) + Energi. Kreatinfosfat terurai menjadi keratin + fosfat + energy. Energi-energi ini semua digunakan untuk kontraksi otot.

4. Futsal Kompetitif

Futsal Kompetitif merupakan permainan futsal yang melibatkan oermain yang berpartisipasi dalam turnamen dan liga dengan tujuan memenangkan pertandingan dan kejuaraan. Para pemainfutsal kompetitif sering kali terlibat dalam program Latihan intensif yang terstruktur dan dipandu oleh pelatih professional. Mereka biasanya bermain dengan tim yang terorganisir secara formal dan mengikuti jadwal kompetisi yang ketat. Futsal kompetitif menuntut keterampilan teknis tinggi, taktik yang baik dan fisik yang prima karena intensitas permainanya yang tinggi dan lingkungan kompetitif yang ketat (Lima, 2022).

5. Mekanisme Adaptasi Resisten Training

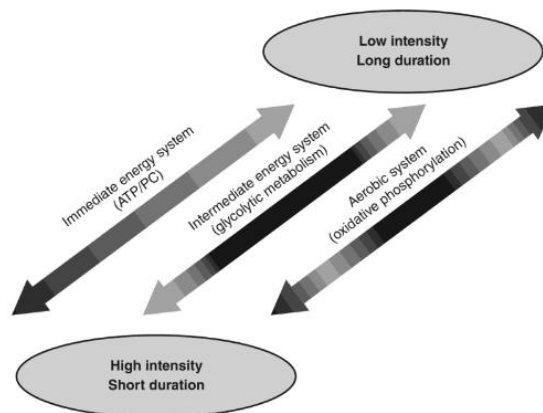
Latihan ketahanan berdampak positif pada berbagai aspek Kesehatan dan performa latihan dengan beban dan bentuk ketahanan yang meningkatkan kekuatan, tenaga, hipertropi otot, dan daya tahan otot serta meningkatkan kemampuan biomotor terkait mobilitas, akselerasi, kecepatan dan ketangkasan, Pada dasarnya pelatihan ketahanan meningkatkan tekanan pada jaringan neuromuscular dan tulang, Ketika atlet diberikan pemulihan yang cukup, tekanan ini menghasilkan remodeling dan adaptasi jaringan. Teori ini didasarkan pada penelitian hans selye, teorinya memberikan dua prinsip inti yang mendasari teoru pelatihan, agar adaptasi terjadi, suatu system harus diberikan tekanan melebihi kemampuannya, dan pemulihan sangat penting untuk mencegah maladaptasi atau dalam kasus pelatihan, overreaching atau overtraining



Gambar 2.4 Respon pemulihan terhadap Stres Metabolik atau Fisik

Sumber : (Clemente et al., 2022)

Stres metabolic dan adaptasi membutuhkan energi sebagai kehidupan dan memenuhi kebutuhan sepak bola yang sangat melelahkan. Dalam sel, adenosin trifosfat (ATP) merupakan sumber energi metabolic yang dibutuhkan pada tubuh, ATP dapat diperoleh dari metabolisme melalui salah satu dari tiga bagian yaitu creatinine fosfat yang disimpan dalam rangka otot, Glukosa darah dari makanan atau gluconeogenesis atau glikogen yang disimpan didalam hati atau otot rangka yaitu metabolisme glikolitik, atau melalui fosforilasi oksidatif yaitu metabolisme aerobik. Latihan ketahanan dapat memberikan tekanan pada masing masing system ini dengan mengubah intensitas yaitu beban atau usaha dan durasi yaitu pengulangan atau waktu dari satu set Latihan ketahanan serta istirahat disetiap set.



Gambar 2.5 Kontribusi system energi yang dominan bersifat dependen, Intensitas dan durasi aktivitas

Sumber : (Clemente et al., 2022)

6. Pengukuran Indeks Massa Tubuh (IMT)

Body Mass Index (BMI) atau Indeks massa tubuh (IMT) merupakan salah satu indeks pengukuran status gizi yang biasa digunakan untuk mengukur status gizi usia remaja dan dewasa. Penilaian status gizi dengan BMI atau IMT adalah nilai dari perhitungan antara berat badan (BB) dan tinggi badan (TB) seseorang. BMI atau IMT dipercaya dapat menjadi indikator atau menggambarkan kadar adipositas dalam tubuh seseorang. BMI atau IMT tidak mengukur lemak tubuh secara langsung, tetapi penelitian menunjukkan bahwa IMT berkorelasi dengan pengukuran secara langsung lemak tubuh seperti underwater weighing dan dual energy x-ray absorptiometry 9. BMI atau IMT merupakan alternatif untuk tindakan pengukuran lemak tubuh karena murah serta metode skrining kategori berat badan yang mudah dilakukan. BMI terdapat kekurangan dan kelebihan dalam sebagai indikator pengukuran lemak tubuh. Kelebihan BMI adalah: (a) Biaya tidak mahal; (b) Nilai pengukuran, hanya perlu data berat badan dan tinggi badan seseorang; (c) Mudah dikerjakan dan hasil bacaan adalah sesuai nilai standar yang telah dinyatakan pada table BMI. Kekurangan BMI adalah: (a) Olahragawan: tidak akurat (terutama atlet bina) yang cenderung kategori obesitas, disebabkan mempunyai massa otot yang berlebihan walaupun presentase lemak tubuh dalam kadar yang rendah; (b) Pada anak-anak tidak akurat, karena jumlah lemak tubuh akan berubah seiring

pertumbuhan dan perkembangan tubuh seseorang, sehingga pada anak-anak dianjurkan untuk mengukur berat badan berdasarkan atas jenis kelamin dan usia; (c) Pada kelompok bangsa tertentu tidak akurat, karena harus dimodifikasi mengikut kelompok bangsa tertentu, terutama dalam kategori BMI (10). Untuk mengetahui nilai BMI ini, dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$BMI = \frac{\text{berat badan (kg)}}{\text{Tinggi badan (m)}^2}$$

Hasil perhitungan tersebut, kemudian dikategorikan untuk menentukan status gizi sebagai berikut: Underweight dengan BMI <18,5; Normal dengan BMI 18,5 – 22,9; Overweight dengan BMI 23,0 – 24,9; Obese dengan BMI e” 25 (Matin & Veria, 2013)

B. TINJAUAN TENTANG KERUSAKAN OTOT

Latihan dapat menyebabkan kerusakan otot dapat dipicu oleh pengaruh sintesis protein dan latihan eksentrik yang berhubungan dengan hipertropi otot. Meskipun hipertropi otot tidak menimbulkan adanya kerusakan otot namun peningkatan reaktif oksigen spesies (ROS) akibat olahraga dan respon inflamasi lebih sering dikaitkan dengan hipertropi otot, Adaptasi otot memerlukan produksi ROS yang diinduksi saat latihan rendah hingga sedang, jika melebihi batas tertentu tidak hanya manfaat fisiologis yang berkurang tetapi juga kerusakan otot memburuk, meskipun stress oksidatif dan peradangan pasca Latihan penting untuk pemulihan dan adaptasi tetapi konsumsi nutrisi yang seimbang mampu membantu membantu

menghasilkan perbaikan yang diharapkan untuk adaptasi otot agar terjadinya pemulihan kerusakan otot, (Xu et al., 2022).

Kerusakan otot yang disebabkan oleh olahraga adalah suatu kondisi yang ditandai dengan misalnya hilangnya kekuatan otot, pembengkakan, nyeri otot yang tertunda (DOMS), gangguan miofibrilar ultrastruktural, penghabisan enzim dan protein mioseluler secara sistemik (misalnya CK), atau kombinasi dari hal-hal tersebut. Telah diketahui . dengan baik bahwa kerusakan otot terjadi setelah kontraksi eksentrik yang berulang (yaitu pemanjangan) (Peake et al., 2017). Misalnya, lari menuruni bukit dan perlambatan anggota badan (drop jump) adalah dua gerakan umum kontraksi otot eksentrik berulang yang akan menyebabkan kerusakan otot, yang menyebabkan depresi kekuatan maksimal dan submaksimal (yaitu PLFFD). Selain itu, nampaknya terdapat hubungan temporal antara tingkat hilangnya kekuatan otot setelah latihan, dan waktu yang diperlukan untuk mengembalikan kekuatan otot kembali normal, yaitu semakin banyak kekuatan otot yang menurun segera setelah latihan, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk pulih tetapi jika latihan berikutnya dilakukan sebelum pemulihan penuh, hal ini dapat berkontribusi pada spiral kinerja negatif yang dapat menyebabkan melampaui batas.(Cheng et al., 2020), Selain itu, kerusakan otot terjadi akibat ketidakseimbangan antara paparan stres dan respons stress. Gejala Kerusakan otot dapat disebabkan oleh latihan yang menggunakan aksi otot eksentrik berkekuatan tinggi, seperti latihan ketahanan, plyometrics, dan downhill running, yang membutuhkan waktu pemulihan paling lama dan

berdampak pada munculnya gejala kerusakan otot, Kerusakan otot rangka ditemukan mengiringi aktivitas eksentrik dalam olahraga. Kerusakan mengganggu performa fisik dan memperpanjang waktu pemulihan, sehingga perlu untuk dicegah. Pencegahan kerusakan otot didekati melalui strategi menghambat dampak negatif dan memperkuat respons positif otot dari aktivitas eksentrik. (Purwanto, 2014).

1. Creatin Kinase sebagai biomarker penanda kerusakan Otot

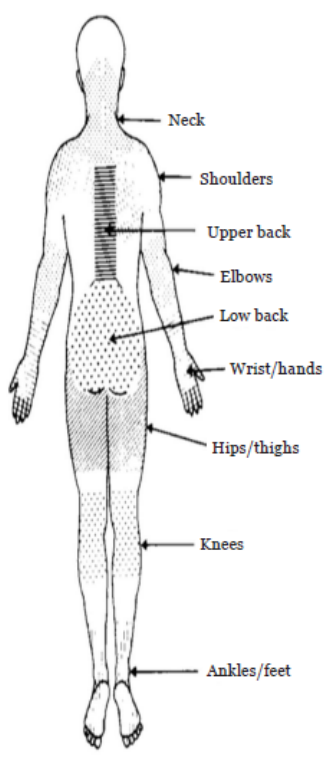
Creatin kinase (CK) merupakan enzim yang sangat sensitif dan spesifik untuk mendeteksi kerusakan otot. Tingginya level CK dalam darah sering kali menandakan adanya kerusakan otot atau degradasi otot, baik itu otot rangka, jantung maupun otot lainnya. *Creatine kinase* (CK) biasanya mulai meningkat 3-12 jam setelah kerusakan otot. Puncaknya 24 jam dan kembali normal setelah 48-72 jam (Chalik et al., 2014). Creatin kinase merupakan suatu enzim yang berfungsi dalam pembentukan creatinin fosfat yang merupakan tempat penyimpanan energi dalam otot. (Kozik & Wikerd, 2023). Aktivitas serum *creatine kinase* (CK) secara rutin digunakan untuk memantau kadar kerusakan otot. (Siracusa et al., 2016) Peningkatan level CK dalam darah sering digunakan sebagai indikator kerusakan atau stres pada jaringan otot. Salah satu kondisi yang sering dikaitkan dengan peningkatan Ck adalah rhabdomyolysis, yaitu kerusakan otot parah yang dapat menyebabkan pelepasan isi sel otot ke dalam aliran darah, termasuk CK, Myoglobin dan elektrolit lainnya. (Kozik & Wikerd, 2023).

Enzim kreatin kinase atau kreatin fosfokinase (CPK) merupakan enzim yang berfungsi untuk mengkatalis fosforilasi kreatin. Enzim CK merupakan suatu molekul dimerik yang terdiri dari sepasang monomer berbeda yang disebut M (Muscle = Berkaitan dengan otot), dan B (Cerebrum = Berkaitan dengan otak). Kombinasi kedua sub unit menghasilkan tiga isoenzim kreatin kinase yang berbeda yaitu CK1 (CK-BB), CK2 (CK-MB), dan CK3 (CK-MM). Transfosforilasi antara ATP dan fosfokreatin bersifat reversibel melalui Enzim CK. Ada dua jenis mitokondria oktamerik, yaitu sMtCK (sarkomerik) dan uMtCK (ubiquitous) (Kozik & Wikerd, 2023), menurut (Marsuki et al., 2023) Kreatin kinase adalah salah satu dari beberapa (LDH, mioglobin, troponin, dll.) sebagai penanda, dikenal sebagai kerusakan otot akibat olahraga. Gejala berikut dapat dikaitkan dengan aktivasi serum Creatin Kinase (CK) yaitu nyeri otot, kekuatan, rentang gerak, dan lain-lain .

Menurut (R. S. Sari, 2019) Deteksi kadar kerusakan otot setelah latihan eksentrik dapat dilakukan dengan metode langsung (direct method) dan tak langsung (indirect method). Pengukuran secara langsung dengan menggunakan biopsi otot, serta magnetic resonance imaging techniques (MRI). Pemeriksaan kerusakan otot secara tidak langsung dapat dilakukan dengan pemeriksaan serum creatin kinase dalam darah, analisis protein otot, DOMS, kemampuan fisik (motor performance), kekuatan otot, aktivitas electromyographic (EMG), range of motion (ROM).

2. *Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ)* sebagai pengukuran subjektif penanda kerusakan otot

Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ) alat survei yang digunakan untuk menilai prevalensi dan intensitas keluhan muskuloskeletal, termaksud kerusakan otot. Kuisioner ini umumnya digunakan untuk menilai nyeri, ketegangan, atau ketidaknyamanan diberbagai bagian tubuh seperti leher, bahu, punggung bawah, lengan, tangan dan kaki, penilaian ini membantu mengidentifikasi masalah otot dan sendi serta mengukur dampaknya terhadap kualitas hidup dan kemampuan bekerja seseorang. *Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ)* terdiri dari beberapa pertanyaan terkait Lokasi nyeri, Tingkat keparahan, frekuensi keluhan serta pengaruh terhadap aktivitas sehari-hari dan pekerjaan. NMQ memiliki beberapa keunggulan dibandingkan instrumen pengukuran lainnya. Beberapa di antaranya adalah pertanyaan yang terstandarisasi, pengakuan di seluruh dunia, gratis, memberikan evaluasi mandiri, dan identifikasi gejala yang relatif cepat. (Ramdan et al., 2019)

	Trouble with the locomotive organs		
	Have you at any time during the last 12 months had trouble (ache, pain, discomfort) in:	To be answered only by those who have had trouble	
		Have you at any time during the last 12 months been prevented from doing your normal work (at home or away from home) because of the trouble?	Have you any trouble at any time during the last 7 days?
Neck	1. No 2. Yes	1. No 2. Yes	1. No 2. Yes
Shoulders	1. No 2. Yes, in the right shoulder 3. Yes, in the left shoulder 4. Yes, in both shoulders	1. No 2. Yes	1. No 2. Yes
Elbows	1. No 2. Yes, in the right elbow 3. Yes, in the left elbow 4. Yes, in both elbows	1. No 2. Yes	1. No 2. Yes
Wrist/hands	1. No 2. Yes, in the right wrist/hands 3. Yes, in the left wrist/hands 4. Yes, in both wrist/hands	1. No 2. Yes	1. No 2. Yes
Upper back	1. No 2. Yes	1. No 2. Yes	1. No 2. Yes
Low back (small of the back)	1. No 2. Yes	1. No 2. Yes	1. No 2. Yes
One or both hips/thighs	1. No 2. Yes	1. No 2. Yes	1. No 2. Yes
One or both knees	1. No 2. Yes	1. No 2. Yes	1. No 2. Yes
One or both ankles/feet	1. No 2. Yes	1. No 2. Yes	1. No 2. Yes

Gambar 2.6 Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ)

Sumber : (Ramdan et al., 2019)

C. TINJAUAN TENTANG SUPLEMEN PROTEIN

1. Suplemen Protein Terhadap Kerusakan Otot

Suplemen Protein adalah produk nutrisi yang dirancang untuk menyediakan protein tambahan yang mudah dikonsumsi dan dicerna. Asupan protein berperan dalam pemulihan kerusakan otot yang dipicu karena latihan kekuatan, pemulihan dari kerusakan otot akan mendapatkan manfaat dari kenaikan ketersediaan asam amino, seperti arginin, glutamin dan BCAA (isoleusin, leusin dan valin). (Li et al., 2015), literatur ilmiah secara

konsisten melaporkan bahwa penambahan protein ke minuman/gel selama latihan dapat menekan penanda kerusakan otot (Kreatin kinase) 12 hingga 24 jam pasca Latihan.(Jäger et al., 2017)

Penelitian terbaru telah mengklarifikasi bahwa protein whey memberikan keunggulan yang berbeda dibandingkan sumber protein lain termaksud kedelai (dianggap sebagai protein lain yang cepat menyerap) dan kasein (Sumber protein yang bekerja lebih lambat) pada stimulasi akut MPS. (Jäger et al., 2017)

Whey protein termasuk minuman olahraga alfa-laktalbumin murni yang fungsinya untuk menambah massa otot karena mengandung asam amino berantai bercabang hingga 26 %. Whey diperlukan untuk membangun blok dan menghasilkan asam amino yang digunakan jaringan tubuh untuk membangun jaringan otot, diserap dengan cepat menuju aliran darah setelah mengalami latihan yang berlebihan (Li et al., 2015).

Whey memiliki konsentrasi tinggi rantai asam amino bercabang asam (BCAA) –leusin, isoleusin, dan valin. Leusin merupakan factor penting dalam pertumbuhan dan perbaikan jaringan, asam amino sulfur yang mengandung sistein dan metionin, terkandung di protein whey dengan konsentrasi tinggi asam amino fungsi kekebalan dapat ditingkatkan melalui konversi intraseluler menjadi glutathione. Leusin, valin, dan isoleusin merupakan asam amino BCAA yang memiliki peran penting karena bertugas dalam metabolisme energi dalam kerja otot.

Kerusakan pada otot yang terjadi setelah latihan dapat dipercepat proses pemulihannya dengan bantuan BCAA. Suplementasi BCAA yang dilakukan pada penelitian sebelumnya memberikan efek berupa penurunan serangan nyeri otot dan kerusakan pada otot yang terjadi pasca latihan. Bahan makanan yang mengandung BCAA dengan kadar yang tinggi adalah susu, whey protein, tempe, dan kacang-kacangan, Whey Protein yang dikonsumsi baik sebelum maupun sesudah latihan dapat meningkatkan Follistatin-Related Gene (FLRG) protein dimana berfungsi untuk mencegah sekresi miostatin sehingga otot dapat berkembang. (Mardiana et al., 2022),

Whey protein banyak mengandung asam amino triptofan, yang nantinya akan digunakan oleh otak untuk menghasilkan serotonin. Kadar triptofan yang meningkat dapat berpengaruh pada menurunkannya produksi serotonin sehingga tubuh tidak akan merasa mudah lelah saat berolahraga. Whey protein mempunyai kualitas yang lebih bagus dibandingkan dengan kasein. Berdasarkan pengukuran PER (Protein Efficiency Ratio), whey protein memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan kasein. Semakin tinggi nilai PER, maka protein tersebut tergolong baik. (Mardiana et al., 2022).

BahanDasar	Konsentrat	Pertukaran-Ion	Mikrofiltrasi Cross-Flow
	Protein Whey (80%)	Isolat Protein Whey	Isolat Protein Whey
Alanine	4,82	5,60	5,60
Arginine*	3,18	3,00	1,70
Asam Aspartat	12,26	12,30	12,70
Cystine	2,28	1,90	2,50
Asam Glutamat	15,41	17,70	19,70
Glycine	2,00	1,90	2,00
Histidine*	2,41	2,00	1,80
Isoleucine **	6,41	5,40	6,80
Leucine ***	11,60	13,50	10,90
Lysine*	9,83	10,90	9,50
Methionine*	2,35	3,50	3,10
Phenylalanine*	3,56	3,40	2,50
Proline	6,28	4,80	6,30
Serine	6,24	4,50	5,30
Threonine*	8,44	5,30	8,30
Tryptophan*	1,80	1,50	2,00
Tyrosine	3,26	3,90	3,10
Valine ***	6,09	5,40	6,40
Total BCAA **	24,10	24,30	24,10
Total EAA*	55,67	53,90	53,00

Gambar 2.7 Ragam Tipe Protein pada komposisi Whey

Sumber : (Mardiana et al., 2022)

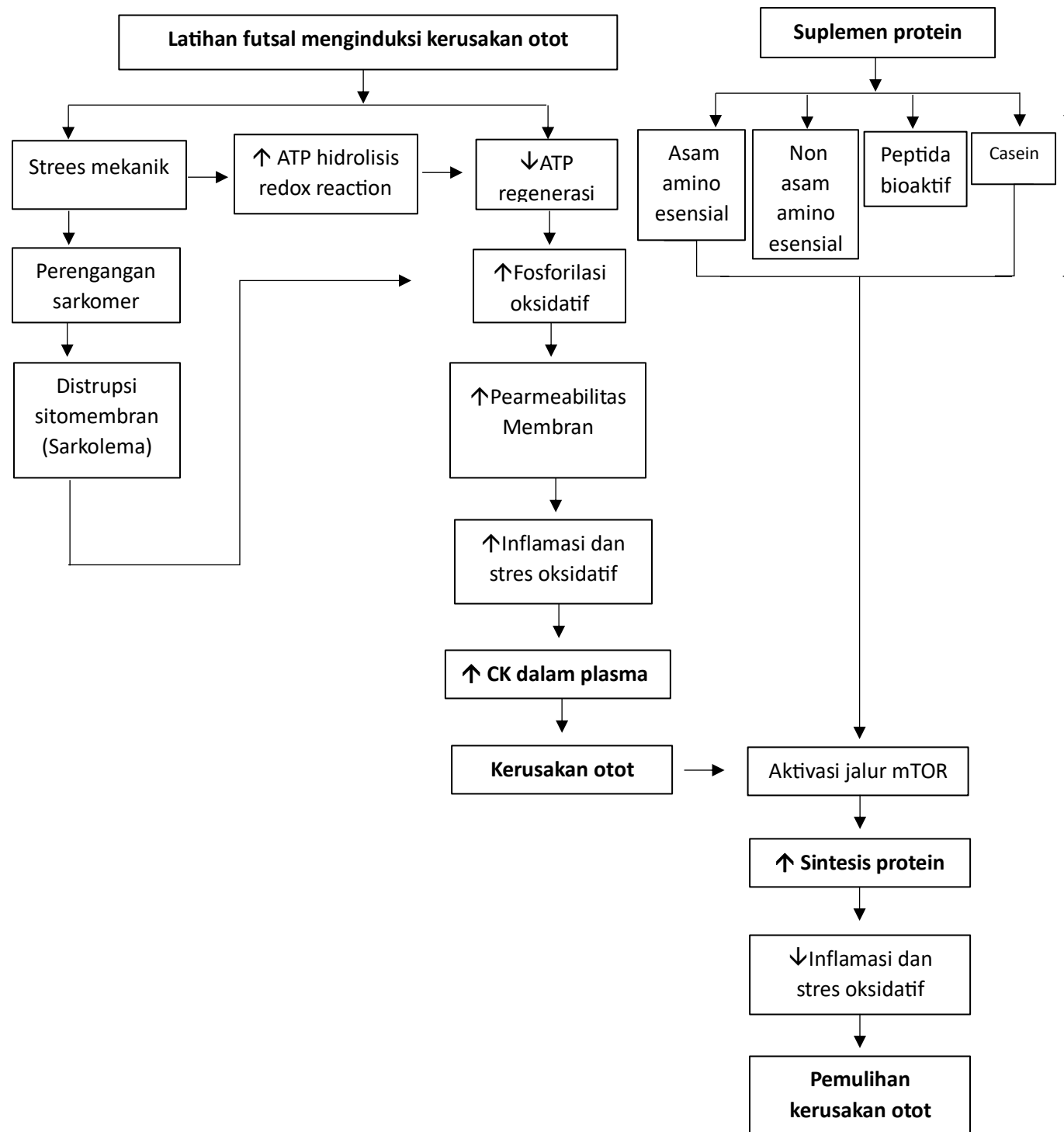
2. Manfaat Suplemen Protein terhadap memulihkan kerusakan otot

Menurut (Mardiana et al., 2022) Berikut manfaat dari whey protein bagi tubuh antara lain:

1. Membantu pembentukan otot Dengan cara mengkonsumsi whey protein yang terdapat kandungan asam amino dimana mempunyai peran untuk menjaga massa otot.
2. Menghambat pemecahan protein dalam tubuh Serbuk whey mengandung BCAA yang dapat meningkatkan pembentukan protein dan menghambat pemecahannya. Selain hal tersebut BCAA juga mampu untuk menjaga massa otot, mengurangi rasa nyeri yang disebabkan oleh aktivitas olahraga, serta mencegah kerusakan otot.

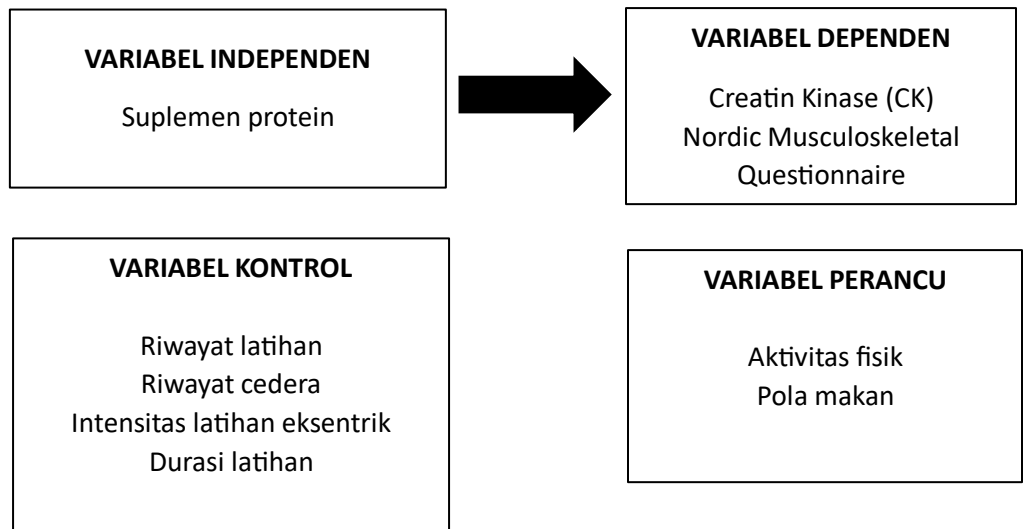
3. Mengurangi peradangan Sebuah penelitian menyatakan bahwa dengan mengkonsumsi suplemen whey protein mampu meminimalkan protein C-reaktif (CRP). Dengan menurunnya kadar CRP berbanding lurus dengan berkurangnya peradangan pada tubuh.

D. KERANGKA TEORI



Gambar 2.8 Kerangka Teori

E. KERANGKA KONSEP



F. HIPOTESIS PENELITIAN

- H0 : Tidak terdapat pengaruh pemberian suplemen protein selama empat minggu terhadap pemulihan otot setelah olahraga yang menginduksi kerusakan
- H1 : Terdapat pengaruh pemberian suplemen protein selama empat minggu terhadap pemulihan otot setelah olahraga yang menginduksi kerusakan