

BAB II

KERANGKA TEORI DAN HIPOTESIS

A. Deskripsi Teori

1. Stabilisasi Dinamis pada Tendinitis Patellaris

Aktivitas dalam berolahraga merupakan aktivitas yang berkaitan dengan beban lebih (*overload*). Besarnya beban yang terjadi saat olahraga tersebut dapat memperbesar resiko cedera olahraga. Tendinitis patellaris paling banyak terjadi pada olahraga *high impact* seperti olahraga bola basket dikarenakan dalam olahraga bola basket banyak melibatkan gerakan melompat dan sering kali menghasilkan gerakan yang menghentak secara tiba-tiba. Gerakan-gerakan yang biasa dilakukan dapat saja menimbulkan gangguan gerak atau cedera. Misalnya sendi lutut yang merupakan salah satu sendi pada tubuh manusia yang sering mengalami gangguan fungsi sehingga dapat menurunkan performa dalam beraktifitas.

Tendinitis patellaris merupakan patologi pada sendi lutut akibat penggunaan berlebih (*overuse*) dari sebuah tendon yang menghubungkan otot quadriceps ke tulang patella ulung tibia dikenal dengan nama tendon patella. Tendon patella menerima tekanan dan tarikan yang berulang-ulang atau secara tiba-tiba ketika seseorang meningkatkan frekuensi latihannya dan kemudian terjadi peregangan pada tendon patella sehingga menyebabkan inflamasi. Beberapa faktor yang menyebabkan tendinitis patellaris diantaranya tarikan pada patella yang terus-menerus, bentuk tungkai yang tidak normal, mal posisi patela, dan ketidakseimbangan otot (Wahyudi, 2015)

Jika berlangsung secara terus menerus maka akan menimbulkan tekanan dan tarikan yang yang memicu timbulnya robekan-robekan kecil (*microtear*) pada area tendon dimana terjadi perubahan pada struktur jaringan. Keadaan ini akan mengakibatkan jaringan kekurangan nutrisi dan oksigen serta terjadi penumpukan zat sisa-sisa metabolisme. Struktur jaringan collagen yang merupakan serabut paling banyak pada tendon menjadi tersusun acak (*abnormal crosslink*) yang kemudian menjadi

fibrous, sehingga membuat mobilitas kolagen menurun yang akan menghambat daya regang jaringan ikat sehingga akan timbul kekakuan dan penurunan kekuatan pada otot-otot di sekitar lutut, terutama pada otot quadriceps. Apabila kekuatan otot di sekitar lutut menurun, baik otot agonis dan antagonis, otot-otot tersebut akan kehilangan kontrol dari proprioseptif sehingga timbul ketidakstabilan pada sendi lutut yang menyebabkan beban di sendi lutut menjadi berlebihan. Hal ini akan memberi pengaruh yang buruk pada stabilisasi dinamis sendi lutut.

a. Tendinitis Patellaris

Tendinitis patellaris atau juga disebut *jumper's knee* merupakan cedera pada tendon patella yang secara anatomis menghubungkan otot quadriceps ke tulang patella sampai tulang tibia. Tendon patella berperan penting pada gerak dan fungsi tungkai. Gerak dan fungsi tungkai berfungsi membantu otot quadriceps untuk meluruskan tungkai bawah sehingga memungkinkan seseorang untuk dapat melakukan gerakan menendang bola, menekan pedal sepeda, dan melompat, serta gerakan-gerakan yang bersifat hentakan yang dilakukan pada aktivitas olahraga basket. Tendon patella mengalami tekanan mekanik yang lebih besar saat mendarat dibandingkan saat akan melompat karena adanya kontraksi otot-otot quadriceps secara eksentrik (Hyman et al, 2008).

Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap perkembangan tendinitis patellaris dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu faktor ekstrinsik dan faktor intrinsik. Faktor ekstrinsik yang paling umum terkait dengan pembebanan pada tendon yang berlebih. Faktor ini menjelaskan prevalensinya dalam olahraga yang melibatkan beberapa bentuk lompatan, seperti pada olahraga bola basket. Selain itu teknik olahraga yang tidak benar atau ketika seseorang meningkatkan intensitas atau frekuensi latihan secara tiba-tiba. Permukaan tempat latihan dan pertandingan berlangsung memainkan peran penting. Permukaan keras secara negatif mempengaruhi beban pada tendon patella (Biernat, 2014).

Sedangkan yang termasuk dalam faktor intrinsik meliputi gangguan biomekanik, antara lain posisi lemah ekstremitas bawah terkait fleksibilitas otot yang terbatas. Penelitian oleh Witvrouw (2001) menunjukkan kekurangan fleksibilitas m. quadriceps dan m. hamstring merupakan faktor terbesar penyebab tendinitis patellaris. Posisi tulang patella yang lebih tinggi (*patella alta*) yang letaknya lebih superior dari sendi lutut akan menyebabkan tendon patella mengalami tarikan yang lebih besar, selain itu bentuk kaki valgus atau varus lutut, perbedaan panjang kaki yang signifikan, dan ketidakseimbangan kekuatan otot-otot tungkai (*muscle imbalance*). Apabila salah satu otot tungkai lebih kuat dari yang lain maka tendon patella dapat mengalami tarikan yang tidak merata (Biernat, 2014).

Pada tendinitis patellaris, terdapat nyeri tekan di insersio tendon pada kutub bawah patela, meskipun biasanya tidak tampak benjolan (Houghton, 2007). Diagnosis tendinitis patellaris biasanya dapat ditegakkan dengan anamnesis dan pemeriksaan fisik. Pemeriksaan fisik biasanya akan menunjukkan penebalan pada palpasi tendon yang terkena (Morelli, 2013). Namun kadang-kadang perlu dilakukan pemeriksaan tambahan misalnya ultrasonografi, CT scan, atau MRI untuk menilai tingkat kerusakan tendon, gambaran histopatologi, serta untuk menyinkronkan diagnosis banding.

Pada tendinitis patellaris terjadi tekanan dan tarikan yang berulang-ulang yang memicu timbulnya robekan-robekan kecil (*microtear*) pada tendon sehingga mengakibatkan timbulnya nyeri pada bagian anterior lutut (Hong, 2014). Kerobekan pada tendon patella menyebabkan adanya inflamasi, tetapi jika berlangsung terus-menerus dapat terjadi robekan yang bertambah besar/luas (*macrotear*). Mikrotrauma yang berulang mengganggu proses reparatif tendon yang normal, sehingga menyebabkan tubuh tidak mampu memperbaikinya sehingga menyebabkan kelainan degeneratif pada tendon seperti perubahan struktur kolagen dan proliferasi neurovascular (Zwerver, 2010)

Keadaan ini akan mengakibatkan jaringan kekurangan nutrisi dan oksigen serta terjadi penumpukan zat sisa-sisa metabolisme yang selanjutnya serabut saraf bermyelin tipis yaitu, saraf tipe A δ dan saraf tipe C untuk melepaskan suatu neuro peptida, yaitu "P" substance berupa prostaglandin, bradikinin, histamine atau zat yang menyerupai histamine katekolamin serta serotonin yang merupakan noxious atau chemical stimuli, sehingga dapat menimbulkan nyeri pada area disekitar lutut. Struktur jaringan collagen yang merupakan serabut paling banyak pada tendon menjadi tersusun acak (*abnormal crosslink*) yang kemudian menjadi fibrous, sehingga membuat mobilitas kolagen menurun yang akan menghambat daya regang jaringan ikat. Hal ini menyebabkan timbulnya kekakuan dan penurunan kekuatan pada otot-otot di sekitar lutut yang selanjutnya akan mempengaruhi pada fungsi stabilisasi dinamis lutut.

b. Anatomi dan Biomekanik Sendi Lutut

Sendi lutut merupakan sendi terbesar dari sendi tubuh lainnya. Sendi ini terletak di antara sendi ankle dan sendi hip yang berperan sebagai stabilisator dan penggerak serta meredam tekanan. Sendi lutut memperoleh beban besar dan berfungsi pula sebagai pembentuk sikap tubuh, berperan dalam gerakan *weight transfer* dan pergerakan seperti berjalan, berlari, melompat dan lain-lain. Karena struktur dan fungsi yang kompleks maka sendi lutut memiliki susunan anatomis dan fungsi yang barboda, sesuai dengan struktur pembentuknya (Land 2010). Sendi ini termasuk jenis *synovial hinge joint* dengan gerakan yang terjadi fleksi dan ekstensi. Sendi lutut juga dibentuk oleh tiga persendian yaitu *tibiofemoral joint*, *patellofemoral joint*, dan *proximal tibiofibular joint* dimana pada setiap permukaan sendi dilapisi oleh *hyaline cartilage*.

Aktivitas sendi ini dipengaruhi oleh tenaga lokal sendi di atasnya (hip joint) dan sendi dibawahnya yaitu sendi kaki (ankle joint). Karena struktur dan fungsinya kompleks, maka sendi lutut memiliki susunan

anatomi dan biomekanik yang berbeda, sesuai dengan struktur pembentuknya. Untuk itu pemahaman struktur jaringan yang terkait dengan patologi dan penyebab gangguan stabilisasi dinamis akibat tendinitis patellaris berikut dibahas beberapa aspek yang penting meliputi:

1) Struktur Tulang

Sendi lutut dibentuk oleh beberapa tulang yaitu femur, tibia, patela dan fibula.

a. Tulang Femur

Merupakan tulang pipa terpanjang dan terbesar di dalam tulang kerangka pada bagian pangkal yang berhubungan dengan acetabulum membentuk kepala sendi yang disebut caput femoris. Di sebelah atas dan bawah dari columna femoris terdapat taju yang disebut trochanter mayor dan trochanter minor, di bagian ujung membentuk persendian lutut, terdapat dua buah tonjolan yang disebut condylus medialis dan condylus lateralis, di antara kedua condylus ini terdapat lekukan tempat letaknya tulang patella yang disebut dengan fosa condylus.

b. Tulang Tibia

Tulang tibia bentuknya lebih kecil, pada bagian pangkal melekat pada os fibula, pada bagian distal membentuk persendian dengan tulang pangkal kaki dan bagian proksimal tulang ini bersendi dengan condylus femur. Bagian distal terdapat taju yang disebut os. maleolus medialis yang bersendi dengan talus.

c. Tulang Fibula

Merupakan tulang pipa yang terbesar sesudah tulang paha yang membentuk persendian lutut dengan os femur pada bagian ujungnya. Terdapat tonjolan yang disebut os. maleolus lateralis.

d. Tulang Patella

Patella merupakan tulang sesamoid terbesar pada tubuh manusia. Tulang ini berbentuk segitiga yang basisnya menghadap ke proksimal dan apex/puncaknya menghadap ke

distal. Tulang ini mempunyai dua permukaan, yang pertama menghadap ke sendi (facies articularis) dengan femur dan yang kedua menghadap ke depan (facies anterior). Facies anterior dapat dibagi menjadi tiga bagian dan bergabung dengan tendon quadriceps. Pada sepertiga atas merupakan tempat pelekatan tendon quadriceps, ada sepertiga tengah merupakan tempat beradanya saluran vascular, dan pada sepertiga bawah termasuk apex merupakan tempat awal ligament patella.

Pada gerakan fleksi dan ekstensi patella akan bergerak pada tulang femur. Jarak patella dengan tibia saat terjadi gerakan adalah tetap dan yang berubah hanya jarak patella dengan femur. Fungsi patella di samping sebagai perekatan otot-otot atau tendon adalah sebagai pengungkit sendi lutut. Pada posisi flexi lutut 90° kedudukan patella di antara kedua condylus femur dan saat ekstensi maka patella terletak pada permukaan anterior femur.



Gambar 2.1: Struktur Sendi Lutut

Sumber: singaporeosteopathy.com diakses Maret 2018

2) Articulatio

Sendi lutut dibentuk oleh tiga persendian yaitu tibiofemoral joint, patellofemoral joint, dan proximal tibiofibular joint yang ditutupi oleh kapsul sendi. Berikut tiga persendian pada lutut :

a. Tibiofemoral joint

Sendi dengan jenis synovial hinge joint yang mempunyai dua derajat kebebasan gerak. Hinge joint gerak rotasi ayun dalam bidang sagital fleksi-ekstensi, rotasi spin pada posisi menekuk dalam bidang transversal rotasi internal dan eksternal. Pada ekstensi terakhir terjadi rotasi eksternal yang dikenal closed rotation. Sendi tibiofemoral dibentuk oleh condylus femoris sendi ini mempunyai permukaan yang tidak rata yang dilapisi oleh tulang rawan. ROM pasif gerak fleksi berkisar 130° - 140° . Hiperekstensi 5° - 10° masih dalam batas normal.

Arthrokinematik tibiofemoral joint adalah gerak traksi dan kompresi dengan arah caudal – cranial searah axis longitudinal tibia. Saat gerakan fleksi terjadi translasi ke dorsal dan saat ekstensi terjadi translasi ke ventral. Selain itu, saat fleksi dan ekstensi juga terjadi translasi ke medial dan lateral.

b. Patellofemoral joint

Sendi dengan jenis modified plane joint dan terletak diantara tulang femur dan patella. Pada permukaan patella tertutup cartilage tebal. Sendi ini berfungsi membantu mekanisme kerja dan mengurangi friction quadriceps. Gerak geser patella terhadap femur mengikuti pola alur gerak lurus-melengkung ke medial-lururs. Gerak geser patella ke proksimal dan ke distal saat ekstensi dan fleksi. Saat ekstensi disertai gerak geser patella ke medial hingga kembali lururs.

c. Proksimal tibiofibular joint

Sendi dengan jenis plane synovial joint yang terbentuk antara caput fibula dan tibia. Sendi ini juga berperan dalam menerima beban. Dilihat dari segi fungsional sendi ini lebih cenderung termasuk kedalam persendian ankle karena pergerakan yang terjadi dilutut merupakan pengaruh gerak ankle kearah cradial-dorsal. Arthrokinematik sendi ini terdiri atas gerak geser ke cranial dan dorsal saat ankle joint melakukan dorsi fleksi. Sendi proximal tibiofibular mempunyai fungsi

menahan beban yang diterima lutut dari beban tubuh, kemudian diteruskan ke ankle and foot.

3) Ligamen

Ligamen merupakan jaringan spesifik yang berfungsi sebagai stabilisasi pasif pada struktur tulang. Ligamen merupakan penebalan dari tunica fibrosa. Pada sendi lutut terdiri dari beberapa ligament, di antaranya :

a. Ligamen Cruciatum

Merupakan ligament tekuat pada sendi lutut da tidak menutupi capsul. Ligament tersebut saling menyilang antara satu dengan yang lainnya. Ligamen cruciatum terdiri dari ligament:

1. Ligament cruciatum anterior yang berfungsi menahan hiperekstensi dan menahan bergesernya tibia ke depan. Membentang dar area intercondylaris anterior menuju permukaan dalam condylus lateral femoris.
2. Ligament cruciatum posterior, yang berjalan dari lateral kondilus medialis femoris menuju ke fossa intercondyloidea tibia, berperan menahan bergesernya tibia ke arah belakang,

b. Ligamen Collateral

Ligamen collateral berfungsi sebagai penahan berat tubuh baik dari medial atau lateral. Ligamen collateral terdiri dari dua ligament yaitu;

1. Ligamen collateral medial terletak lebih posterior di permukaan medial sendi tibiofemoral yang melekat di epicondylus medial femur dibawah tuberculum adductor dan menju condylus medial tibia serta pada medial meniscus. Ligamen ini membentang antara epikondilus medial femur dan kondilus medial tibia, berfungsi melindungi sisi medial lutut dari tekanan yang berasal dari sisi lateral lutut (daya valgus).

2. Ligamen collateral lateral. Ligamen ini disebut juga ligamen fibula karena membentang dari epikondilus lateral femur kecaput fibula. Fungsinya adalah untuk mencegah sisi lateral lutut bengkok kearah lateral akibat dorongan dari sisi medial (daya varus).

c. Ligamen Patellaris

Ligamen patella menghubungkan bagian inferior patella dengan tuberositas tibia. Ligamen ini sangat kuat sehingga memberikan kekuatan mekanis pada keseluruhan sendi lutut. Ligamen patella sering disebut juga tendon patella karena tidak terlihat terpisah dengan tendon quadriseps femoris yang menyelubungi patella.

d. Ligament Poplitea oblique

Ligament yang lebar dan datar, ligament ini menutupi bagian belakang sendi dan melekat ada diatas upper margin fosa intercondyloid dan permukaan belakang femur dan dibawah margin posterior caput tibia. Ligament popliteal oblique berfungsi untuk mencegaah hiperektensi lutut.

e. Ligamen Transversal

Ligamen yang pendek dan tipis dan berhubungan dengan margin convex depan meniscus lateral dan ujung depan meniscus medial. Ligamen ini berjalan di sisi anterior meniscus dan menghubungkan meniscus medial dan lateral.

4) Bursa

Lutut juga mempunyai bursa yang merupakan kantong berisi cairan yang memudahkan terjadinya gesekan dan gerakan, berdinging tipis dan di batasi oleh membrane synovial. Ada tiga buah bursa yang terdapat pada lutut, yaitu bursa supra patellaris bursa pre patellaris, dan bursa infra patellaris superficialis dan profundus yang berfungsi sebagai jaringan pembungkus sendi (Putz, 2002).

5) Sistem persarafan

Sistem persarafan tungkai berasal dari plexus lumbalis dan sacralis. Pada otot-otot sekitar tungkai disarafi oleh beberapa saraf, yaitu n. femoralis yang mensarafi semua otot anterior paha, n. obturatorius yang mensarafi cabang-cabang muscular pada otot gracilis, adductor brevis, adductor longus, obturatorius eksternus, dan adductor magnus, dan n. gluteus superior dan inferior yang mensarafi otot gluteus medius, minimus serta maximus (Shier, 2007)

6) Vaskularisasi pada Tungkai

Pembuluh darah arteri tidak mempunyai katup, letaknya dalam, mengangkut darah yang kaya akan oksigen meninggalkan jantung, pembuluh arteri mempunyai cabang yang lebih kecil yaitu arteriole berfungsi mengangkut darah menuju kapiler. Arteri membawa darah dari jantung menuju saluran tubuh. Arteri selalu membawa darah berisi O^2 . Pembuluh darah arteri pada tungkai antara lain yaitu arteri femoralis, arteri profunda femoralis, arteri obturatoria dan arteri poplitea (Shier, 2007).

Pembuluh darah vena mempunyai katup yang mengangkut darah dari jaringan menuju jantung, mempunyai cabang lebih kecil yaitu venule yang mengangkut darah dari kapiler. Pembuluh darah vena pada tungkai antara lain yaitu vena femoralis, vena profunda femoralis, vena obturatoria dan vena sephena magna.

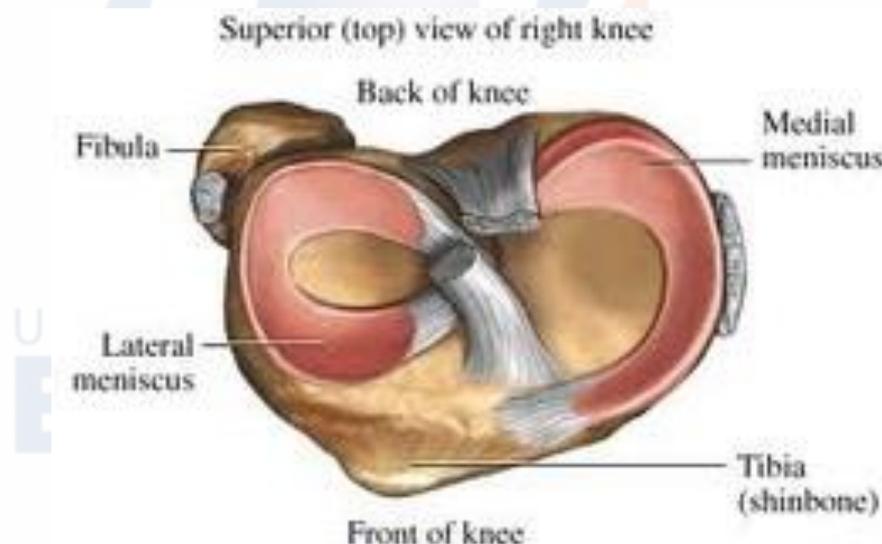
7) Meniscus

Meniscus merupakan struktur tulang rawan yang mengelilingi fibrocartilage terdapat pada permukaan articularis caput tibia. Pada bagian perifer meniscus relative lebih tebal dan pada bagian dalam relative tipis. Meniscus terdiri dari jaringan penyambung dengan bahan-bahan serabut collagen yang juga mengandung sel-sel seperti tulang rawan. Dua pertiga dalam meniscus avascular sehingga mendapat nutrisi dari sinovium dan tidak memiliki saraf afferent. Area ini disebut white zone. Sisa satu pertiga dalam meniscus

mendapat nutrisi dari darah (*vascular*) dan dibagian ujungnya terdapat saraf polymodal. Area ini disebut red zone.

Meniscus dibagi menjadi dua yaitu meniscus lateral dan meniscus medial. Meniscus lateral berbentuk seperti huruf O yang berada lebih dekat dengan facet artikularis. Meniscus medial berbentuk seperti setengah lingkaran atau seperti huruf C yang letaknya lebih luas kebelakang daripada kedepan yang berhubungan dengan fosa intercondyloid dan bersatu dengan ligament collateral medial, bagian posterior meniscus medial lebih lebar dan tebal dibandingkan bagian anterior.

Meniscus memiliki beberapa fungsi yaitu, membantu pelumasan dan menutrisi sendi. Sebagai peredam kejut (shock absorber) antara femur terhadap tibia dan membantu ligament dan capsul sendi dalam mencegah hyperekstensi lutut.



Gambar 2.2 Meniscus

Sumber: arthrodoctor.weebly.com diakses Maret 2018

8) Otot-otot Lutut

Otot pada lutut tidak berfungsi sebagai penggerak tetapi juga sebagai stabilisator. Otot merupakan sekumpulan dari serabut otot berbentuk silindris yang memiliki ketebalan 60μ dan panjang bervariasi. Pada ujung perlekatan pada tulang disebut tendon dan dibungkus oleh fascia. Otot-otot yang terdapat di sendi lutut dibagi

dalam dua grup otot, yaitu grup otot ekstensor yang terletak pada bagian anterior dan grup otot fleksor yang terletak pada bagian posterior.

1. Grup Otot Ekstensor Lutut

Otot ekstensor lutut adalah m. quadriceps femoris yang berfungsi pada gerakan ekstensi lutut. Grup otot ini terdiri dari empat otot yaitu m. rectus femoris, m vastus medialis, m. vastus intermedius dan m. vastus lateralis.

a. M. Rectus Femoris

Otot ini terletak dibagian tengah anterior femur. Otot ini berorigo dari spina iliaca anterior superior (SIAS) dan berinsertio menuju bagian proksimal patella dan melalui ligament patella kearah tuberositas tibia. Otot ini dipersarafi oleh n. femoralis akar saraf L2-L4

b. M.Vastus Medialis

Otot ini berasal dari linea aspera, supracondylus medial, intertrochanteric line dan berinsertio menuju sisi medial patella dan melalui ligament patella ke arah tuberositas tibia. Otot ini dipersarafi oleh n. femoralis akar saraf L2-L4

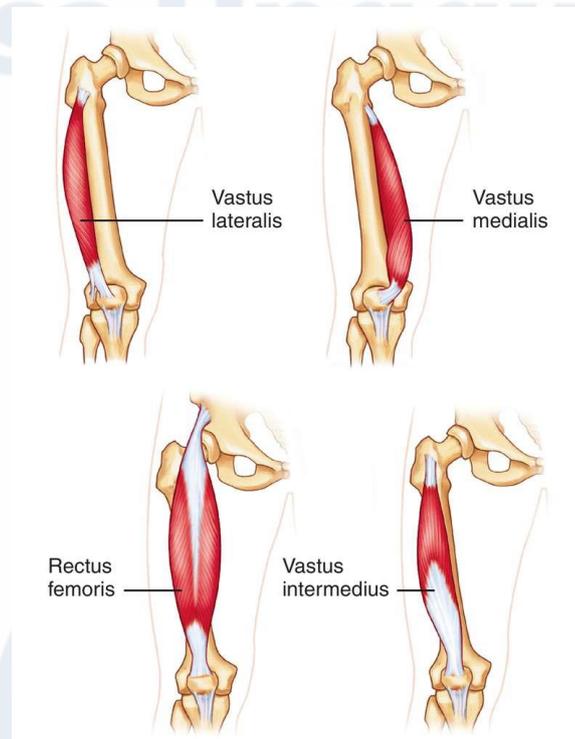
c. M.Vastus Intermedius

Otot ini berasal dari facies anterior dan lateralis corpus femoris dan insertio menuju dasar patella dan melalui ligament patella ke arah tuberositas tibia. Otot ini menutupi otot sendi lutut yang berasal dari bagian distal dan memancar ke capsular articularis sendi lutut. Otot ini dipersarafi oleh n. femoralis akar saraf L2-L4

d. M.Vastus lateralis

Otot ini berasal dari facies lateralis trochanter major, linea intertrochanterica, tuberositas glutealis dan linea aspera labium lateral. Insertio pada sisi medial patella dan melalui

ligament patella ke arah tuberositas tibia. Otot ini dipersarafi oleh n. femoralis akar saraf L2-L4



Gambar 2.3 M. Quadriceps Femoris

Sumber : winkingskull.com diakses maret 2018

2. Grup Otot Fleksor Lutut

Otot-otot fleksor lutut adalah m. hamstring yang terdiri dari m. biceps femoris m. semitendinosus, dan m. semimembranosus.

a. M. Biceps Femoris

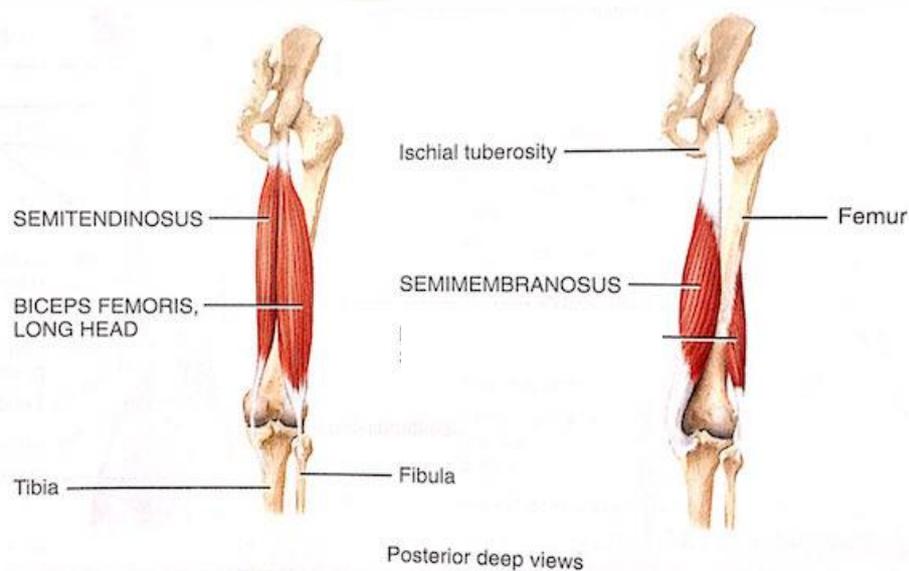
Otot ini terletak dibagian posterior dan lateral femur. Otot ini mempunyai dua caput, yaitu caput longum dan caput brevis. Caput longum, bekerja pada dua sendi berasal dari tuberischadicum bersama-sama dengan m. semitendinosus. Caput brevis melekat melekat di sepertiga tengah linea aspera labium lateral dan juga melekat di septum intermusculare. Penyatuan dua caput membentuk m. biceps femoris yang berinsersio pada sisi lateral caput fibula. Fungsi otot ini untuk fleksi sendi lutut dan lateral rotasi tungkai bawah. Otot ini dipersarafi oleh n. ischiadicus akar saraf L5-S2.

b. M. Semitendinosus

Otot ini berorigo dari tuberositas ischiadicum dan berinsertio menuju ke facies medialis tibia bersama sama dengan m. gracilis dan m. sartorius untuk bergabung dengan pes anserinus. Otot ini bekerja pada dua sendi, ekstensi pada sendi panggul dan fleksi pada sendi lutut dan rotasi medial tungkai bawah. Otot ini dipersarafi oleh n. ischiadicus akar saraf L5-S2.

c. M. Semimembranosus

Otot ini berasal dari tuberositas ischiadicum. Otot ini berhubungan erat dengan m semitendinosus. Dibawah ligamen collaterale medialis, tendonya dibagi tiga bagian: bagian pertama berjalan ke anterior terhadap condylus medialis tibia, bagian kedua masuk ke fascia poplitea dan bagian ketiga melanjutkan ke dinding posterior capsula ligamen popliteum obliquum. Otot ini bekerja pada dua sendi dan berfungsi ekstensi sendi panggul dan fleksi sendi lutut dengan rotasi medial pada sendi lutut. Otot ini dipersarafi oleh n. ischiadicus akar saraf L5-S2.



Gambar 2.4 M. Hamstring

Sumber : burquitlamphysio.com diakses Maret 2018

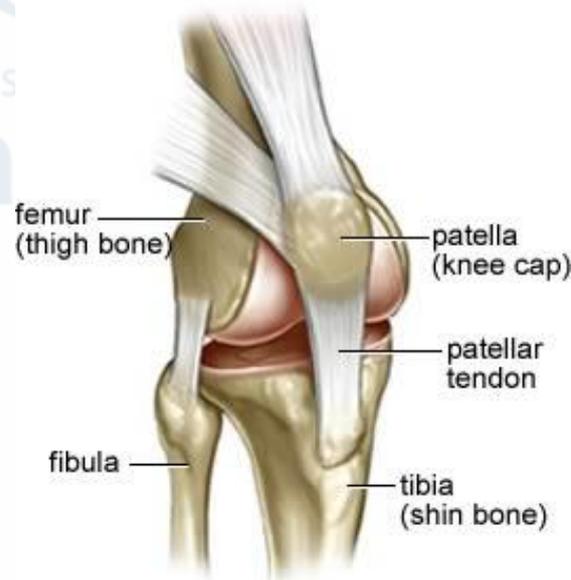
9) Tendon

Tendon merupakan jaringan fibrosa yang kuat, yang menghubungkan otot dengan tulang. Terdiri hampir seluruhnya dari kolagen, protein berserat, dan sering disebut sebagai jaringan kolagen. Tujuan dari tendon adalah untuk mentransfer kekuatan antara otot dan tulang. Dengan adanya tendon akan memudahkan gerakan bersama yang memungkinkan untuk kegiatan sehari-hari seperti berjalan akan tercapai. Jaringan ini cukup kuat untuk menahan tegangan.

Jaringan tendon sangat mirip dengan ligamen dan fascia; ketiganya terbuat dari kolagen. Tendon dan otot bekerja sama untuk menggerakkan kerangka tubuh. Tendon juga merupakan jaringan hipovaskuler sehingga dibutuhkan waktu yang lama untuk proses penyembuhan. Terutama pada usia lanjut dapat memicu terjadinya fobrotic dan pada akhirnya akan menimbulkan nyeri.

10) Tendon Patella

Tendon patella adalah ujung dari otot quadriceps femoris yang melekat pada os. patella dan tuberositas tibia. Tendon patella menghubungkan otot quadriceps dengan patella dan tuberositas tibia dan memainkan peran yang sangat penting pada fungsi gerak tungkai. Diantaranya yaitu membantu otot – otot paha (mm. quadriceps femoris) untuk meluruskan tungkai bawah sehingga memungkinkan seseorang untuk dapat melakukan gerakan menendang bola, menekan pedal sepeda, dan melompat ke udara.



Gambar 2.5 Tendon Patella

Sumber : stpetehipandknee.com

diakses maret 2018

11) Osteokinematik dan arthrokinematik sendi Lutut

Osteokinematik adalah gerak sendi yang dilihat dari gerak tulangnya saja. Pada osteokinematik gerakan yang terjadi berupa gerak rotasi ayun, rotasi putar, dan rotasi spin. Lutut termasuk dalam sendi hinge joint yang mempunyai gerak cukup luas. Osteokinematik yang memungkinkan terjadi pada lutut adalah gerak fleksi dan ekstensi dengan lingkup gerak sendi untuk fleksi sebesar 130° - 140° dengan soft end feel. Posisi ekstensi berkisar 5° - 10° dalam batas normalnya. Gerak rotasi yang terbesar terjadi pada posisi lutut fleksi 90° , dimana lateral rotasinya sebesar 45° dan medial rotasi sebesar 15° . Pada ekstensi terakhir terjadi rotasi eksternal tibia yang dikenal closed rotation phenomenon. Disamping itu juga terjadi gerak valgus.

Arthrokinematik adalah gerakan yang terjadi pada permukaan sendi. Pada arthrokinematik gerakan yang terjadi berupa gerak roll dan slide, maka disinilah berlaku hukum konkav-konveks. Hukum ini menyatakan bahwa bila permukaan sendi cembung(konveks) bergerak pada permukaan sendi cekung(konkav) maka pergerakan

roll dan slide berlawanan dan jika permukaan sendi cekung, maka gerak roll dan slide searah (Mudasir,2002). Dari kedua gerak tersebut dapat diuraikan lagi menjadi gerak traksi-kompresi, translasi, dan spin.

Asimetri dari sendi tibiofemoral dan kenyataan bahwa permukaan sendi pada femur lebih besar dari pada tibia (saat kondisi weight bearing). Condylus femoral harus melakukan gerak rolling dan sliding untuk tetap berada di atas tibia. Pada gerak fleksi dengan weight bearing, condylus femoris rolling ke arah posterior dan sliding ke arah anterior. Pada gerak ekstensi, condylus femoralis rolling ke arah anterior dan sliding ke arah posterior. Pada akhir gerak ekstensi, gerakan dihentikan pada condylus femoralis lateral, tapi sliding pada condylus medial tetap berlanjut untuk menghasilkan penguncian sendi.

Pada gerakan aktif non weight bearing, permukaan sendi pada tibia yang konkav melakukan gerak slide pada condylus femoral yang konveks dengan arah gerakan searah sumbu tulang tibia. Condylus tibia melakukan gerak slide ke arah posterior pada condylus femoral saat fleksi. Selama ekstensi dari gerak full fleksi condylus tibia bergerak ke arah anterior pada condylus femoral. Patella bergeser ke arah superior saat ekstensi, dan bergeser ke inferior saat fleksi. Beberapa gerak rotasi patella dan tilting yang terjadi berhu-bungan dengan gerak sliding saat fleksi dan ekstensi (Yantika, 2009).

c. Patofisiologi Tendinitis Patellaris

Tendon patella merupakan ujung dari otot yang menghubungkan otot quadriceps dengan tulang tibia (*shine bone*), dan patella sendiri adalah sebuah tulang sesamoid terbesar dalam susunan anatomi tubuh manusia. Tendinitis patellaris terjadi akibat penarikan yang berulang-ulang pada tendon patella sehingga menyebabkan *overuse injury*. Kondisi ini sering dikaitkan dengan overloading eksentrik selama

aktivitas olahraga misalnya melompat secara berulang seperti pada pemain bola basket terhadap beban eksentrik yang diterima lutut saat melompat diatas permukaan yang datar/keras. Kondisi ini berkembang secara bertahap, yang selanjutnya menyebabkan kerobekan kecil pada tendon, apabila tetap digunakan aktivitas olahraga akan menyebabkan tendon mengalami kerobekan besar dan mengalami inflamasi pada tendon tersebut. Tendon merupakan jaringan yang *hipovascular* jika terjadi inflamasi maka keadaan ini akan mengakibatkan jaringan kekurangan nutrisi dan oksigen serta terjadi penumpukan zat sisa-sisa metabolisme.

Struktur jaringan collagen yang merupakan serabut paling banyak pada tendon menjadi tersusun acak (*abnormal crosslink*) yang kemudian menjadi fibrous, sehingga membuat mobilitas kolagen menurun yang akan menghambat daya regang jaringan ikat sehingga akan timbul kekakuan dan penurunan kekuatan pada otot-otot di sekitar lutut. Elastisitas jaringan akan mengalami penurunan akibat penurunan kadar air dalam matriks dan *Glikoaminoglikans*(GAG) sehingga timbul kekentalan dalam matriks. Matriks yang terdiri dari GAG dan air berkurang membuat viskositas matrik jaringan bertambah sehingga dapat mempersulit terjadinya slide pada tendon quadriceps (Yantika, 2009). Hal tersebut akan menimbulkan nyeri regang yang disebabkan oleh reaksi inflamasi sehingga memicu terlepasnya zat-zat iritan yang akan merangsang serabut saraf bermyelin tipis yaitu, saraf tipe A δ dan saraf tipe C. Serabut elastin dan fibroblast yang berkurang membuat tendon tidak elastis dibawah pengaruh beban, sehingga kondisi ini menyebabkan gerak fungsional terganggu yang selanjutnya akan berpengaruh terhadap stabilisasi dinamis lutut.

d. Tanda dan Gejala Tendinitis Patellaris

Pada tendinitis patellaris dapat menimbulkan berbagai macam gangguan diantaranya :

1. Nyeri

Gejala yang biasanya terasa pada bagian depan lutut (*anterior knee pain*) yang dapat terjadi di dua tempat yaitu pada tendon osseus junction dari tendon quadriceps yang menempel pada bagian superior patella (*supra patellar tendon*) dan pada tendon osseus junction dari tendon patella yang menempel pada inferior patella (*infra patellar tendon*).

2. Inflamasi

Inflamasi atau peradangan dapat timbul selama 24-36 jam setelah cedera yang merupakan sebagai suatu reaksi setempat dari jaringan hidup terhadap trauma atau rangsangan yang hasilnya merupakan pengiriman cairan, zat-zat yang terlarut dan sel-sel dari darah yang bersirkulasi kedalam jaringan-jaringan interstisial pada daerah cedera atau ischemic. Adanya peradangan tersebut menumbukan iritasi kimiawi, terjadi perlegketan antara jaringan.

3. Tightness (Kekakuan)

Kekakuan disebabkan oleh spasme otot tonik yang ditandai dengan adanya proteksi cedera pada sekeliling otot-otot tersebut. Kekakuan terproteksi pada ruang gerak sendi yang terbatas baik gerak aktif maupun pasif. Pada ekstensi lutut secara pasif ruang gerak sendi terbatas dengan rasa nyeri yang tajam dan menyebar ke sekeliling lutut sampai ke proximal maupun distal.

e. Tingkat Cedera Tendinitis Patellaris

Cedera tendinitis patellaris dapat dikelompokkan menjadi empat derajat berdasarkan derajat kerusakannya, yaitu :

1. Derajat 1 nyeri timbul hanya setelah beraktifitas.
2. Derajat 2 nyeri timbul pada awal aktivitas, kemudian hilang saat aktivitas berlangsung, dan timbul kembali setelah aktivitas berakhir.

3. Derajat 3 nyeri timbul secara konstan sehingga menyebabkan pasien tidak bisa ber-aktifitas atau berolahraga.
4. Ruptur tendon patella. (Hong, 2014)

Tendinitis patella derajat 1 dan 2 dengan terapi konservatif memiliki prognosis yang baik. Sedangkan prognosis tendinitis patella derajat 3 untuk dapat pulih secara sempurna tidak terlalu baik. Pada tingkat diperlukan tindakan pembedahan namun biasanya kecil kemungkinan bagi atlet untuk dapat kembali bermain seperti semula (Hyman et al, 2008).

f. Proses Penyembuhan Jaringan

Proses penyembuhan terdiri dari fase inflammatory-response, fase repair-fibroplastic, fase maturation-remodelling. Fase inflammatory-response (0-4 hari). Inflamasi merupakan bagian yang terpenting pada proses penyembuhan. Tanpa perubahan fisiologi yang mempengaruhi selama proses penyembuhan, tahap selanjutnya dalam penyembuhan tidak dapat terjadi. Jika jaringan mengalami cedera, proses penyembuhan akan mulai seketika. Kerusakan jaringan menghasilkan cedera langsung pada sel di berbagai jaringan lunak. Cedera seluler menyebabkan perubahan metabolisme dan pelepasan material yang mengawali respon inflamasi (Yantika, 2009).

Fase repair-fibroplastic Selama fase fibroplastik dalam penyembuhan, terjadi aktivitas proliferasi dan rege-nerasi secara aktif dalam jaringan parut dan memperbaiki jaringan cedera diikuti oleh fenomena vaskular dan exudat pada inflamasi. Aktivitas ini dimulai dengan terbentuknya jaringan granulasi yang kemudian menjadi kolagen. Terjadi proses proliferasi dimana kolagen menjadi solid dan kuat. Periode jaringan parut yang dinamakan fibroplasia mulai dalam 1 jam pertama setelah cedera dan berlangsung selama 4 sampai 6 minggu (Yantika, 2009).

Fase maturation-remodelling Fase maturation-remodelling dalam penyembuhan merupakan proses yang lama. Fase menunjukkan realignment atau remodelling serabut kolagen yang merapikan jaringan parut mengikuti kekuatan ketegangan dimana jaringan parut menjadi subyeknya. Proses penguraian dan sintesa menjadi suatu jaringan yang kuat dan teratur. Dengan me-ningkatnya tekanan dan strain, serabut kola-gen akan kembali ke posisi efisien maksimum paralel dengan bentuk ketegangan. Jaringan bertahap mengasumsikan kelihatan dan fungsi normal, meskipun jaringan parut jarang sekuat jaringan normal yang cidera. Biasanya kira-kira akhir 3 minggu, firm, kuat, kontraksi, jaringan parut nonvascular timbal. Fase maturasi dalam penyembuhan memerlukan beberapa tahun menjadi total komplit. (Yantika, 2009).

g. Mekanisme Penurunan Stabilisasi Dinamis pada Tendinitis Patellaris

Tendinitis patellaris sering terjadi pada seseorang yang sering menerima beban eksentrik berlebihan paling banyak disebabkan karena aktivitas olahraga yang berulang yang banyak melibatkan gerakan melompat seperti pada olahraga bola basket. Mekanisme utama penyebab tendinitis patellaris adalah pembebanan kronik sendi lutut oleh fleksi tungkai yang terjadi secara eksplosif sehingga menimbulkan regangan perlekatan tendon patela dengan patella (Schmid, 2002). Beban berlebihan kronik pada beberapa cabang olahraga tertentu berupa gerakan fleksi lutut mendadak dan berulang adalah penyebab utama tendinitis patellaris (Rees, 2009). Gerakan fleksi misalnya pada saat mendarat dari lompatan yang dilakukan pada olahraga basket, fleksi lutut pada gerakan tersebut menyebabkan regangan atau tarikan pada tendo patela dan insersionya. Regangan pada awalnya menimbulkan reaksi inflamasi, tetapi akan menjadi proses degeneratif bila berlangsung lama dan tidak mendapat penanganan yang benar (Lavagnino,2008)

Beban eksentrik yang diterima otot quadriceps saat mekanisme mendarat dari gerakan melompat dapat memberi beban yang berat pada jaringan tendon sehingga akan berpengaruh terhadap sistem muskuler sehingga menyebabkan adanya ketidakseimbangan pada otot. Otot quadriceps merupakan otot penggerak utama dan stabilisator dinamis tulang patella. Pada tendinitis patellaris ditemukan penurunan kekuatan ekstensor lutut (Pappas, 2012) dan ketidakseimbangan kerja otot (*muscle imbalance*) dari quadriceps yaitu kinerja otot *vastus medial oblique* (VMO) lebih lambat dibandingkan dengan otot *vastus lateralis* (Van Tiggelen, 2009). Hal tersebut dikarenakan dalam proses peradangan menyebabkan penurunan masa otot disekitar sendi.

Ketidakseimbangan otot ini menjadi penyebab menurunnya recruitmen motor unit dan kemudian menimbulkan penurunan kekuatan otot. Keadaan ini merangsang saraf tepi nosiseptif tipe C untuk melepaskan suatu neuro peptida yaitu "P" substance berupa prostagandin, bradikinin, histamine atau zat yang menyerupai histamine katekolamin serta serotonin sehingga dapat menimbulkan nyeri. Ketidakseimbangan otot juga akan menyebabkan perubahan komposisi di otot, yaitu penurunan ukuran serabut sampai dengan hilangnya myofibril yang berdampak pada penurunan recruitment motor unit dan secara otomatis kekuatan otot juga menurun. Jika kelompok otot agonis dan antagonis tidak seimbang, otot-otot tersebut kehilangan control proprioseptif dan kinestetik sehingga timbul ketidakstabilan dinamis, karena salah satu faktor yang menjaga stabilitas sendi adalah otot, jika masa otot berkurang maka stabilitasnya akan menurun otot dan ligamen merupakan stabilisator sendi sekaligus mempunyai proprioseptif yang termasuk dalam reseptor sensormotor tubuh yaitu somatosensoris. Saat elastisitas otot menurun maka serabut dari otot akan memendek dan menyebabkan penekanan terhadap arteri, vena dan pembuluh darah limfe mengakibatkan iskemik dan timbulnya tenderness.

Dengan gangguan tersebut mengakibatkan kerja otot sebagai stabilisator aktif tidak maksimal sehingga stabilitas lutut menurun, oleh karena itu berpengaruh terhadap penurunan gerak fungsional dari lutut seperti berjalan, berlari dan melompat. Ketika otot mengalami kelemahan, maka terjadi hiposensitifitas reseptor sensoris di muscle spindel dan inaktivasi golgi tendon. Hal tersebut mengakibatkan tidak terciptanya potensial aksi di serabut-serabut afferen otot sehingga terjadi asinergis kecepatan kontraksi-rileksasi antara serabut ektrafusul dan serabut intrafusul di muscle spindel yang menyebabkan deficit sensorimotor. Deficit sensorimotor tersebut menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan fungsi dari propioseptif sendi. Selain itu, adanya hiposensitifitas tersebut, juga mengakibatkan kecepatan rangsang refleks di muscle spindel dan golgi tendon mengalami penurunan. Jika hal ini berlangsung dalam kurun waktu yang cukup lama maka akan menyebabkan terjadinya hiposensitifitas pada sistem saraf. Adanya masalah pada reseptor sensoris tubuh, mengakibatkan terjadinya penurunan keseimbangan tubuh termasuk stabilisasi dinamis sendi, maka tubuh secara otomatis membuat pola gerak baru sebagai proses adaptasi.

2. Stabilisasi Dinamis Lutut

a. Pengertian Stabilisasi Dinamis

Stabilisasi pada sendi dibutuhkan untuk memelihara proper alignment dari sendi baik secara statis maupun dinamis. Sistem dari tubuh yang mengendalikan setiap aspek ini bereaksi, beradaptasi dan mengembangkan sebagai respon terhadap tekanan (Gerwin, 2010). Secara spesifik, stabilisasi adalah kemampuan neuromuskuler untuk memerintah otot bekerja sinergis di segmen tubuh bagian proksimal atau distal dalam posisi statis atau untuk mengontrol tubuh agar tetap stabil selama bergerak (Kisner, 2012).

Stabilisasi dinamis adalah kemampuan untuk mempertahankan posisi dalam melakukan gerakan dalam keadaan bergerak dan posisi

tubuh stabil dan tidak mudah jatuh. Stabilisasi dinamis dibutuhkan untuk mengontrol gerakan dan mengendalikan posisi gerakan saat melakukan gerakan tubuh. Tujuan dari tubuh mempertahankan stabilitas adalah menyangga tubuh melawan gravitasi dan faktor eksternal lain agar manusia mampu untuk beraktivitas secara optimal untuk mempertahankan pusat massa tubuh agar stabil dengan bidang tumpu, serta menstabilkan bagian tubuh ketika bagian tubuh lain bergerak.

Batasan stabilitas adalah tempat pada suatu ruang dimana tubuh dapat menjaga posisi tanpa berubah dari dasar penyangga, Batasan ini dapat berubah sesuai dengan biomekanik secara individual dan aspek lingkungan, otot mempunyai fungsi sebagai stabilisasi pada bagian tubuh melawan gaya tertentu. Gaya tersebut bisa internal dari ketegangan otot yang lain, atau eksternal dari berat objek yang diangkat. Selain itu, otot adalah sebagai *neutralizer* yang berperan untuk mencegah aksi asesoris yang tidak diinginkan yang secara normal terjadi ketika agonis menghasilkan ketegangan konsentrik. Dalam fungsinya, otot dibantu oleh ligamen untuk meningkatkan kestabilan sendi tubuh. Stabilisasi berpengaruh terhadap sensasi tubuh terhadap gaya gesekan yang bisa memberikan efek meningkatkan fungsi proprioseptif.

Proprioseptif merupakan sensasi yang berasal dari dalam tubuh yang terdapat pada sendi, otot dan ligamen. Input proprioseptif menyampaikan informasi ke otak tentang kapan otot berkontraksi atau meregang, bagaimana dan seberapa besar sendi itu bergerak atau mendapatkan tekanan atau tarikan. Melalui informasi ini seseorang dapat mengetahui dan mengenal bagian tubuhnya dan posisi anggota tubuh dan bagaimana bagian tubuh bergerak. stabilisasi berfungsi untuk memberikan stimulasi proprioseptif pada sendi, ligamen dan otot sehingga akan merangsang ujung saraf afferent untuk memberikan informasi ke saraf pusat tentang kesadaran posisi anggota

sehingga hal ini akan memberikan kontrol tubuh dan stabilisasi pada persendian (William, 2001)

Fungsi proprioseptif pada stabilisator aktif sendi dan menstabilkan tonus antar otot meningkatkan recruitment motor unit yang akan mengaktivasi golgi tendon dan memperbaiki koordinasi serabut intrafusal dan serabut ektrafusal dengan saraf efferent yang ada di muscle spindle sehingga dapat meningkatkan fungsi dari proprioseptif maka akan meningkatkan input sensoris yang akan diproses di otak sebagai central processing. central processing selanjutnya otak akan meneruskan impuls tersebut ke effector agar tubuh mampu menciptakan stabilisasi yang baik saat bergerak. Bidang tumpu merupakan bagian dari tubuh yang berhubungan dengan permukaan tumpuan. Ketika garis gravitasi tepat berada di bidang tumpu, tubuh dalam keadaan seimbang. Stabilisasi yang baik terbentuk dari luasnya area bidang tumpu.

b. Komponen Stabilisasi Dinamis

Kemampuan tubuh untuk mempertahankan posisi tubuh dan stabilitas postur oleh aktivitas motorik tidak dapat dipisahkan dari faktor lingkungan dan sistem regulasi yang berperan dalam pembentukan stabilitas. Dalam membentuk stabilitas diperlukan koordinasi dari empat system yaitu sebagai berikut:

1. Nervous system menyediakan proses sensory untuk persepsi tubuh melalui visual, vestibular dan somatosensory system.
2. Musculoskeletal system meliputi postural alignment, fleksibilitas otot seperti range of motion, integritas sendi, dan muscle performance.
3. Vaskularisasi merupakan sumber nutrisi otot. Jika sistem peredaran darah baik maka sistem sirkulasi otot akan meningkat dan menyebabkan kadar oksigen dan nutrisi ke jaringanpun akan ikut meningkat.
4. Adaptive systems merupakan kemampuan adaptasi akan memodifikasi input sensoris dan keluaran motorik (output) ketika

tejadi perubahan tempat sesuai dengan karakteristik lingkungan. Interaksi lingkungan terbagi atas dua sistem yaitu sistem lingkungan baik terbuka atau tertutup, efek dari gravitasi, tekanan pada tubuh dan berbagai gerakan sebagai respon adaptasi terhadap lingkungan.

Namun pada dasarnya stabilisasi dinamis merupakan gabungan dari beberapa komponen seperti kekuatan otot, kecepatan, keseimbangan dan fleksibilitas. Faktor-faktor tersebut dapat menentukan tinggi atau rendahnya kemampuan stabilisasi dinamis seseorang. Maka dari itu, jika faktor ini meningkat maka akan meningkatkan kemampuan stabilisasi dinamis pula. Berikut ini akan dibahas beberapa komponen yang mempengaruhi stabilisasi dinamis yaitu :

a) Sistem Informasi Sensoris

1) Reseptor Visual

Visual memegang peranan penting dalam system sensoris, Visual System juga dikategorikan sebagai bagian propriosepsi sebab visual juga menyediakan informasi tentang orientasi dan gerakan tubuh. Penglihatan juga merupakan sumber utama informasi tentang lingkungan dan tempat kita berada, penglihatan memegang peranan penting untuk mengidentifikasi dan mengatur jarak gerak sesuai lingkungan tempat kita berada. Penglihatan muncul ketika mata menerima sinar yang berasal dari obyek sesuai dengan jarak pandang.

Dengan informasi visual, maka tubuh dapat menyesuaikan atau bereaksi terhadap perubahan bidang pada lingkungan aktivitas sehingga memberikan kerja otot yang sinergis untuk mempertahankan keseimbangan tubuh, Pada dasarnya informasi visual meliputi membedakan bentuk (acuity), membedakan pola bayangan (contrast sensitivity), melihat samping (peripheral vision), dan membedakan jarak (depth perception).

Reseptor ini memberikan informasi tentang orientasi mata dan posisi tubuh atau kepala terhadap kondisi lingkungan di sekitarnya. Lebih kurang 20% serabut saraf dari mata berinteraksi dengan organ vestibular. Otot-otot mata akan berkontraksi untuk memelihara posisi bola mata dan otot-otot leher berkontraksi dengan menegakkan kepala, sehingga akhirnya dapat dicapai keseimbangan postural. Dalam keadaan normal, tampak masukan visual mampu mengkompensasi defisit dari info sensoris lainnya seperti susunan proprioseptif yang terganggu karena berdiri di landasan yang tidak stabil. Yang tidak stabil misalnya, gangguan keseimbangan akan tampak lebih jelas lagi jika impuls afferen untuk visual ditiadakan, misalnya pada saat mata tertutup maka kelihatan ayunan tubuh (*sway*) menjadi berlebihan.

2) Sistem Somatosensoris

Sistem somatosensoris terdiri dari taktil atau proprioseptif serta persepsi kognitif. Pada susunan proprioseptif ini memberikan informasi ke sistema saraf pusat tentang posisi tubuh terhadap kondisi lingkungan di sekitarnya (eksternal) dan posisi antara segmen badan itu sendiri (internal) melalui reseptor-reseptor yang ada pada sendi, tendon, otot, ligamen dan kulit seluruh tubuh terutama yang ada pada kolumna vertebralis dan tungkai. Informasi itu dapat berupa tekanan, posisi sendi, tegangan, panjang dan kontraksi otot, Informasi proprioseptif disalurkan ke otak melalui kolumna dorsalis medula spinalis. Sebagian besar masukan (input) proprioseptif menuju serebelum, tetapi ada juga yang menuju ke korteks serebri melalui lemniskus medialis dan talamus.

Susunan somesthesia merupakan perantara untuk menyadari dan merasakan rangsang dari dunia luar. Dari susunan saraf perifer, rangsang di teruskan melalui neuron-neuron ke susunan saraf pusat yang mengolah impuls tersebut.

Sehingga dapat menghasilkan sesuatu perasaan, Impuls tersebut dinamakan impuls eferen. Ada dua macam susunan saraf yang digunakan untuk mengalirkan impuls eferen tersebut yaitu susunan eksteroseptif dan susunan proprioseptif.

Susunan proprioseptif adalah susunan saraf yang menghantarkan impuls rasa tekan, rasa getar, rasa gerak, rasa sikap, dan rasa deskriminatif. Sel neuron sistem proprioseptif mempunyai neurit dan denrit yang hampir sama penjangnya. Bagian dendrit berjalan dari reseptor sampai sel bipolar di ganglion spinalis dan bagian neuritnya mulai dari ganglion spinalis sampai nucleus kuneatus dan nukleus gracilis di medulla oblongata. Neurit-neunit tersebut menyusun funikulus kuneatus dan funikulus gracilis. Neurit dari ganglion spinalis bagian sakralis lumbalis dan torakalis berkumpul menjadi funikulus kuneatus.

Pada lintasan proprioseptif yang menuju ke cortex cerebella melewati 3 bagian diantaranya melewati serabut arcuatus externus dorsalis, tractus spino cerebralis dorsalis dan tractus spinocerebellaris ventralis, Pada bagian yang pertama melewati serabut arcuatus externus dorsalis, dimana pada neuron I terdapat sel di ganglion spinale menuju funiculus posterior, Dan Neuron II terdapat sel di nucleus cuneatus lateralis keserabut arcuatus externus dorsalis berjalan secara homolateral ke korpus restiforme dan menuju cortex cerebelli.

Pada bagian kedua melewati tractus spinocerebralis dorsalis, dimana pada neuron I terdapat sel di ganglion spinale menuju columna grisea posterior, sedangkan pada neuron II terdapat sel di nucleus dorsalis (Clarke) ke tractus spinocerebellaris dorsalis berjalan secara homolateral ke korpus restiforme dan menuju cortex cerebelli (vermis), Pada bagian ketiga melewati tractus spinocerebellaris ventralis, dimana pada neuron I terdapat sel di ganglion spinale ke columna grisea

posterior. Sedangkan pada neuron II terdapat sel di nucleus proprius ke tractus spino cerebellaris ventralis (homolateral atau kontralateral) ke brachium conjunctivum ke velum medullare anterius menuju cortex cerebella (vermis declive, pyramis, uvula).

Susunan proprioseptif menyilang setelah neurit bagian perifernya berakhir di medulla oblongata (setelah bagian perifernya bersinaps), yaitu di nukleus kuneatus dan nucleus gracilis (inti Burdach dan Goll). Neuron kedua susunan proprioseptif mengeluarkan neuritnya yang dikenal sebagai serabut arkuata. Ia menyilang garis tengah medula oblongata, kemudian serabut tersebut membelok ke rostral dan berjalan di sebelah kontralateral. Dengan demikian kemniskus medialis dibentuk sebagai neurit ganglion spinalis yang ikut menyusun funikulus kuneatus dan gracilis (funikuli dorsales) bersinaps di nukleus kuneatus lateralis. Dari inti tersebut keluarlah serabut yang menuju ke serebelum.

Macam-macam reseptor dalam sistem proprioseptif yaitu: korpus vater-pacini untuk rasa tekan, letaknya di bagian bawah kulit dan jaringan ikat, organ golgii di dalam tendon dan selaput sendi, "*muscle spindle*" ada dalam otot, berfungsi sebagai "*stretch-reseptor*", piring golgi-massoni ada dalam kulit untuk menangkap rasa tekan halus.

b) Kekuatan Otot

Kekuatan otot sangat berhubungan dengan sistem neuromuskuler yaitu seberapa besar kemampuan sistem saraf mengaktifasi otot untuk melakukan kontraksi. Sehingga semakin banyak serabut otot yang teraktifasi, maka semakin besar pula kekuatan yang dihasilkan otot tersebut. Kekuatan otot dari kaki, lutut dan pinggul harus adekuat untuk mempertahankan stabilitas dinamis saat adanya gaya dari luar. Kekuatan otot tersebut berhubungan langsung dengan kemampuan otot untuk melawan

gaya gravitasi serta beban eksternal lainnya yang secara terus menerus mempengaruhi posisi tubuh.

Motor unit adalah unit fungsional dari sistem neuromuscular yang terdiri dari anterior motor neuron (terdiri dari axon, dendrit dan cell body) dan serabut otot (terdiri dari slow twitch fiber dan fast twitch fiber). Kontraksi otot dengan tenaga kecil akan mengaktifkan sedikit motor unit, tetapi kontraksi dengan tenaga besar akan mengaktifkan banyak motor unit. Tidak semua motor unit pada serabut otot aktif pada saat yang sama. Hal itu berarti pada kontrol neural *fast twitch fiber* dan *slow twitch fiber* akan memodulasi secara selektif jenis serabut yang akan digunakan sesuai dengan karakteristiknya. Jenis latihan akan mempengaruhi motor unit yang aktif, pada resistance exercise atau latihan untuk meningkatkan kekuatan otot akan mengaktifkan *fast twitch fiber* sedangkan pada latihan untuk meningkatkan endurance akan mengaktifkan *slow twitch fiber*.

c) Konduktivitas Saraf

Propioseptor merupakan akhir suatu serabut saraf yang menerima seluruh informasi tentang sistem muskuloskeletal dan menyampaikan kepada sistem saraf pusat. Propioseptor juga disebut sebagai mechanoreseptor. sebagai mechanoreseptor yang merupakan sumber dari seluruh proprioepsi yaitu persepsi tentang gerakan dan posisi tubuh. Propioseptor dapat ditemukan diseluruh akhir serabut saraf pada sendi. *Reseptor stretch* merupakan proprioseptor pertama pada otot. *Reseptor stretch* adalah organ sensoris utama pada otot yang terdiri dari serabut kecil intrafusal yang terletak sejajar dengan serabut ektrafusal.

d) *Endurance*

Muscle endurance merupakan kemampuan otot untuk berkontraksi dalam waktu yang lama atau panjang. Latihan endurance akan membangkitkan *slow twitch fiber*. Karena *slow*

twitch fiber bekerja secara aerobik yang memiliki sifat controlpostural serta daya tahan.

e) Ligamen

Ligamen tidak hanya memberikan stabilitas pada sendi selama istirahat tetapi juga selama bergerak. Saat bergerak ligamen bekerja menjaga gerakan yaitu membatasi dan mencegah gerakan yang berlebihan.

f) Fleksibilitas

Fleksibilitas terkait dengan mobilitas otot dan kemampuan otot untuk memanjang. Jika otot mengalami imobilisasi selama periode waktu tertentu, ada kecenderungan untuk kehilangan fleksibilitas atau derajat mobilitas. Jika latihan peregangan disertakan dalam program kondisi fisik rutin, otot akan cenderung untuk mempertahankan fleksibilitas. Fleksibilitas dari ligament diperlukan dalam stabilitas lutut karena ligament merupakan struktur yang elastic yang berfungsi sebagai stabilisasi pasif. Jika fleksibilitas ligament stabil maka akan berpengaruh terhadap struktur dari sendi dan ligament tersebut yang nantinya juga akan mempengaruhi mobilitas dari sendi lutut. Ligament tidak dapat dikuatkan namun apabila terjadi penurunan fungsi ligament maka cara untuk meningkatkan stabilitas adalah dengan meningkatkan kekuatan otot nya.

Range of motion (ROM) merujuk pada jumlah gerakan yang mungkin dilakukan oleh sebuah sendi. Sebagai contoh, normal ROM untuk fleksi lutut adalah 135° . ROM dipengaruhi oleh fleksibilitas otot dan kelompok otot yang mengelilingi sendi. Jika fleksibilitas otot kurang, sendi tidak dapat melakukan ROM secara penuh. Selain itu ROM juga dipengaruhi beberapa faktor, seperti mobilitas kapsul sendi dan ligament.

g) Respon otot-otot postural

Respon otot-otot postural yang sinergis mengarah pada waktu dan jarak dari aktivitas kelompok otot yang diperlukan untuk mempertahankan keseimbangan dan kontrol postur. Beberapa kelompok otot baik pada ekstremitas atas maupun bawah berfungsi mempertahankan postur saat berdiri tegak serta mengatur keseimbangan tubuh. Keseimbangan pada tubuh dalam berbagai posisi hanya akan dimungkinkan jika respon dari otot-otot postural bekerja secara sinergi sebagai reaksi dari perubahan posisi, titik tumpu, gaya gravitasi, dan alignment tubuh. Kerja otot yang sinergi berarti bahwa adanya respon yang tepat (kecepatan dan kekuatan) suatu otot terhadap otot yang lainnya dalam melakukan fungsi gerak tertentu.

h) Koordinasi Neuromuskuler

Koordinasi neuromuscular merupakan kemampuan untuk mengintegrasikan indera (visual, auditori, dan proprioceptive untuk mengetahui jarak pada posisi tubuh) dengan fungsi motorik untuk menghasilkan akurasi dan kemampuan bergerak. Koordinasi neuromuskular berperan penting dalam kerjasama otot yang efektif, koordinasi gerakan, dan proprioseptif merupakan hal yang penting untuk memahami bagaimana otot bekerja pada waktu yang tepat dan meningkatkan penampilan kerjanya secara menyeluruh. Proprioseptif otot memberi informasi umpan balik mengenai tegangan dan panjang otot. Proprioseptif sendi memberi umpan balik mengenai akselerasi sendi, sudut dan arah gerakan.

3. Eccentric Quadriceps Exercise

a. Definisi

Eccentric quadriceps exercise merupakan latihan bentuk kerja otot dimana origo dan insersio otot saling menjauh/otot lebih memanjang. Selama otot berkontraksi, serat-serat otot memanjang tetapi tetap berkontraksi melawan peregangan, ketegangan ini menahan berat

badan. Sehingga selama kontraksi eksentrik kekuatan yang dihasilkan otot lebih tinggi bila dibandingkan dengan kontraksi isometrik dan kontraksi konsentrik. Kontraksi eksentrik terjadi saat *crossbridge* myosin dan protein aktin bergerak saling menjauh dan terjadilah pemanjangan sarcomer. Saat myofilamen dari serabut otot terstretching pada waktu kontraksi, terjadi penurunan pelepasan *crossbridge* dengan demikian akan terjadi peningkatan persentase pengikatan *crossbridge* kembali yang berperan dalam produksi kekuatan yang lebih besar pada kontraksi eccentric (Herzog, 2008).

Pada kontraksi eksentrik otot quadriceps, pembuluh darah dalam keadaan yang bebas sehingga memungkinkan nutrisi dan suplai oksigen jadi tercukupi. Pada otot cenderung memiliki sifat elastic ketika terulur dengan cepat seperti karet gelang. Artinya semakin cepat otot berkontraksi secara eksentrik, maka semakin besar pula stretch reflex yang dihasilkan.

Dalam latihan eksentrik ada tiga faktor penting yang saling berhubungan secara sirkuler yaitu gaya otot (*muscle force*), kecepatan gerakan (*speed of movement*), dan derajat penguluran muskulotendinogen (*degree of musculotendinous*) (Tomchuk, 2011). Latihan ini melibatkan kerja dari beberapa sendi dan *muscle group* secara bersamaan dan akan menghasilkan gerakan simultan dari segmen yang saling berhubungan yakni *hip, knee, ankle*, dan dapat menghasilkan ko-kontraksi dari otot-otot *quadriceps, hamstring, hip fleksor, soleus, gastrocnemius* sehingga memberikan pengaruh dalam meningkatkan stabilisasi sendi lutut.

b. Jenis latihan

Eccentric quadriceps exercise merupakan jenis latihan close kinetic chain, dimana pada jenis latihan ini melibatkan pergerakan bagian distal segmen tubuh berada dalam keadaan stabil (*fixed*) pada bagian permukaan. Pada latihan ini didapatkan kontraksi otot yang tidak bersifat individual, melainkan juga akan terjadi kontraksi oleh grup otot yang sinergis yang berkontribusi dalam gerakan substitusi selama

proses latihan ini. Selama latihan ini pasien lebih menggunakan kemampuan otot-otot untuk menstabilisasi dalam mengontrol pergerakan sendi yang dituju, serta mengontrol gerakan sendi proksimal serta distal dari sendi yang dituju.

Pada latihan ini, akan terjadi aproksimasi. Aproksimasi sendi ini berdampak pada menurunnya gaya potong (*shear*) antara kedua permukaan sendi selama terjadinya pergerakan. Aproksimasi sendi yang terjadi selama *closechain exercise* ini dapat meningkatkan kongruenitas pada sendi yang akan berkontribusi terhadap peningkatan kestabilan sendi (Kisner, 2012).

Kesadaran terhadap posisi sendi atau gerakan merupakan salah satu fondasi penting dalam proses pembelajaran motoris (*motor learning*) selama latihan pada fase awal yang berperan sebagai kontrol neuromuscular selama pergerakan fungsional. Diperkirakan bahwa *close chain* menyediakan stimulus proprioseptif dan kinestetik yang lebih besar jika dibandingkan dengan *open chain*. Secara teori, hal tersebut dikarenakan kontraksi multiple yang dihasilkan selama menumpu berat badan, menghasilkan lebih banyak reseptor sensoris pada otot, struktur intraartikular dan ekstraartikular yang terstimulasi untuk mengontrol gerakan. Karena latihan *close kinetic chain* dilakukan dalam posisi *weight-bearing* banyak penelitian yang melaporkan bahwa latihan *close kinetic chain* dapat menstimulasi mekanoreseptor pada otot dan sendi memfasilitasi ko-aktivasi daripada sekelompok otot agonis dan antagonis (ko-kontraksi) yang selanjutnya meningkatkan stabilitas dinamis.



Gambar 2.6 eccentric quadriceps exercise

Sumber : dokumen pribadi

c. Prosedur Latihan

1) Persiapan Pasien

- a) Jelaskan kepada pasien. mengenai latihan eksentrik quadriceps

2) Teknik Aplikasi

- a) Pasien berdiri pada bidang miring (slant board) 25°
- b) Kaki yang sehat diangkat dan hanya kaki yang sakit sebagai tumpuan
- c) Instruksikan pasien untuk menekuk kaki yang sakit sekitar 70° lakukan 8 kali hitungan kemudian kembali ke posisi awal secara perlahan, lakukan 15 kali repetisi.

Tabel 2.1 Dosis Latihan *Eccentric Quadriceps* (Visnes, 2007)

Minggu	Frekuensi (perminggu)	Set	Repetisi	Waktu
1	3 kali	2 set	10 rep	8 detik tiap repetisi
2	3 kali	2 set	15 rep	8 detik tiap repetisi
3	3 kali	3 set	10 rep	8 detik tiap repetisi
4	3 kali	3 set	15 rep	8 detik tiap repetisi

d. Mekanisme Peningkatan Stabilisasi Dinamis pada Eccentric Quadriceps Exercise

Gerakan pada kontraksi eksentrik quadriceps terjadi ketika aktivitas kontraktil melawan peregangan yang dilihat ketika otot quadriceps menurunkan beban. Selama gerakan ini serat-serat otot memanjang tetapi tetap berkontraksi melawan peregangan, ketegangan ini terjadi karena otot quadriceps menahan beban berat tungkai. Sehingga selama kontraksi eksentrik kekuatan otot yang dihasilkan dari otot lebih tinggi.

Adaptasi kerja otot eksentrik menghasilkan suatu lapisan optimal antar unsur- unsur aktin dan myosin, yang pada gilirannya akan meningkatkan potensi kekuatan puncak. Dalam hal ini terjadi peningkatan rekrutmen motor unit yang terdepolarisasi sehingga terjadi peningkatan diameter serabut otot dan jumlah miofibril yang terdepolarisasi, yang pada akhirnya menyebabkan terjadinya peningkatan kekuatan otot. Peran latihan ini dalam mengatur tendinitis patellaris yaitu adanya efek pendarahan dimana latihan melibatkan produksi otot sebagai permintaan yang membuat meningkatnya aliran darah, dengan demikian membantu memenuhi kebutuhan nutrisi. Perubahan ketegangan pada latihan tendon menstimulasi efek pemompaan dimana darah dan pembuluh darah longitudinal diturunkan dibawah ketegangan kedalam pembuluh darah radial kemudian otot menjadi rileks.

Variabel biomekanik yang terakhir untuk eksentrik melibatkan efisiensi dari mekanisme jembatan silang (*crossbridge mechanism*) di dalam menciptakan kekuatan selama kontraksi. Dengan kontraksi eksentrik akan terjadi stretching pada myofilamen, akibatnya akan terjadi pelepasan ikatan actin-myosin dalam ikatan *crossbridge* secara pasif. dengan demikian akan terjadi peningkatan ikatan kembali hal inilah yang berperan penting dalam menghasilkan kekuatan yang besar dalam kontraksi eksentrik. Disamping itu saat kontraksi eksentrik akan terjadi stretching yang besar pada muscle spindle, dan muscle spindle ini sangat responsif terhadap stretching. Kenaikan stretching pada

muscle spindle akan mengaktifkan peningkatan kerja saraf motorik dalam otot dan berpotensi meningkatkan kekuatan otot.

Disamping faktor di atas pada latihan dengan metode eksentrik akan terjadi daya regang pada jaringan tendon dan ligamen, berdasar evidence hal ini akan menyebabkan peningkatan kekuatan jaringan tersebut. Tendon dan ligamen yang kuat akan dapat meningkatkan stabilisasi suatu sendi. Pada saat kontraksi *eccentric closed chain* position akan terjadi stimulasi pada mechanoreceptor yang berada dalam sendi musculoreceptor yang berada dalam otot, dan exteroceptor yang berada di jaringan kulit. Gerakan closed-chain juga memfasi co-activation agonis dan antagonis (*co-contraction*). Hal ini juga akan meningkatkan sistem kerja neuromuskular. Sistem kerja neuromuskular yang baik akan dapat memberikan koordinasi yang baik sehingga dapat membantu otot dalam memberikan stabilisasinya terhadap sendi.

Konsep kontrol neuromuskular utama pada latihan eksentrik quadriceps yang mempengaruhi peningkatan stabilisasi dinamis yaitu perubahan aktivitas mekanoreseptor (reflekstendon), perubahan pada myoelektrik dan neural aktivitas dan perekrutan otot, perubahan respons viskoelastik. Pada kontrol neuromuskular, kecepatan mungkin dapat diubah oleh perubahan level ambang rangsang golgi tendon organ (GTO). Kekakuan viskoelastik diartikan sebagai level yang dihasilkan dari ketegangan otot per unit beban stretch yang meningkat selama respon eksentrik otot. Formasi *crossbridge* akan meningkatkan kekakuan otot. Sementara elongasi akan cenderung meningkatkan tegangan dari sebuah otot yang teraktifasi dengan kuat. Latihan yang dilakukan dalam posisi weight-bearing dapat menstimulasi mekanoreseptor pada otot dan sendi, memfasilitasi ko-aktivasi daripada sekelompok otot agonis dan antagonis (ko-kontraksi).

4. Knee Extension Resistance Band Exercise

a. Definisi

Knee extension resistance band exercise adalah salah satu *strengthening exercise* yang dilakukan dengan awalan duduk dengan posisi tungkai 90° dengan rileks di tempat duduk, kedua tangan berada di samping badan. Posisi ini juga merupakan posisi dimana keadaan otot quadriceps dalam keadaan eksentrik. Kemudian melakukan ekstensi lutut secara aktif. Selanjutnya secara perlahan lutut diturunkan membentuk posisi awal 90°. Pada perubahan posisi ini terdapat perubahan otot penggerakannya yaitu otot quadriceps. Pada latihan ini otot mengalami kontraksi isotonik, dimana pada kontraksi ini bertujuan untuk meningkatkan stabilitas dan kekuatan otot. Pada latihan ini dilakukan untuk memicu kontraksi besar yang dilakukan otot quadriceps dan meminimalisir kerja otot lain. Latihan ini lebih ditujukan untuk kekuatan dan kecepatan.

Elastic resistance band merupakan alat berupa karet berwarna mempunyai fleksibilitas tinggi yang dapat digunakan untuk proses latihan isotonic sebagai tahanan untuk melatih kekuatan otot (Welc, 2012). Latihan menggunakan *elastic resistance band* memberikan efek peningkatan kekuatan dinamik pada otot dan akhirnya akan meningkatkan power otot. Apabila power otot bertambah, maka daya tahan, stabilitas, dan fleksibilitas bertambah pula. Selain itu terjadi peningkatan pada tekanan intramuskuler sehingga menyebabkan aliran darah juga meningkat.

Knee extension resistance band exercise menjadi metode yang layak dan sederhana, tanpa memandang usia dan jenis kelamin, untuk mencapai aktivitas otot yang tinggi berpotensi merangsang otot hipertrofi dan kekuatan pada otot quadriceps (Jakobsen, 2012). Pada latihan ini otot mengalami kontraksi isotonic. Kontraksi ini merupakan kontraksi otot dengan beban konstan dan terjadi perubahan panjang otot. Latihan penguatan dinamik dengan beban konstan dimana otot berkontraksi memanjang (eksentrik) atau memendek (konsentrik) di

sepanjang luas gerak sendinya. Untuk meningkatkan kontraksi dan tegangan pada otot maka diberikan resistance atau tahanan sehingga meningkatkan level tegangan yang akan berkembang akibat recruitment motor unit meningkat.

Elastic resistance band dibuat dengan bermacam-macam warna dengan level resistance yang berbeda. Warna pada elastic resistance band menggambarkan peningkatan ketebalan, yang akhirnya meningkatkan kekuatan.

Tabel 2.2 *Level Elastic Resistance Band*

Color	Level
Yellow	Thin
Red	Medium
Green	Heavy
Blue	Extra heavy
Black	Special heavy
Silver	Super Heavy
Gold	Max

Sumber : www.thera-band.com

Dari tabel di atas menjelaskan level yang terdapat pada *elastic resistance band* sesuai dengan warna. Yellow memiliki level thin, red memiliki level medium, green memiliki level heavy, blue memiliki level extra heavy dan gold memiliki level max. hal ini akan mempermudah klien dalam memilih elastic resistance band sesuai dengan kebutuhan. Semakin tinggi level semakin berat beban yang diangkat.

Tabel 2.3 *Force Production of Elastic Band*

Percent elongation	Resistance in Kilogram						
	Yellow	Red	Green	Blue	Black	Silver	Gold
25%	0,5	0,7	0,9	1,3	1,6	2,3	3,6
50%	0,8	1,2	1,5	2,1	2,9	3,9	6,3

75%	1,1	1,5	1,9	2,7	3,7	5,0	8,2
100%	1,3	1,8	2,3	3,2	4,4	6,0	9,8
125%	1,5	2,0	2,6	3,7	5,0	6,9	11,2
150%	1,8	2,2	3,0	4,1	5,6	7,8	12,5
175%	2,0	2,5	3,3	4,6	6,1	8,6	13,8
200%	2,2	2,7	3,6	5,0	6,7	9,5	15,2
225%	2,4	2,9	4,0	5,5	7,4	10,5	16,6
250%	2,6	3,2	4,4	6,0	8,0	11,5	18,2

Sumber: www.thera-band.com

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat tolak ukur yang dapat digunakan sebagai pemilihan *resistance band* yang tepat untuk latihan sesuai dengan warna yang terbagi berdasarkan berat dalam kilogram dan kekuatan panjang otot dalam satuan persen.

b. Jenis Latihan

Knee extension resistance band exercise merupakan jenis latihan open kinetic chain. Bagian distal dari segmen yang akan dilatih dapat bebas bergerak. Open kinetic chain pada umumnya dilakukan pada posisi non-weight bearing (tidak menumpu berat badan). Dalam *open kinetic chain*, pembebanan yang diberikan diaplikasikan pada bagian distal dari segmen yang bergerak (Kisner, 2012).

Open kinetic chain lebih efektif digunakan untuk meningkatkan kemampuan otot secara individual. Individual diartikan sebagai kontraksi pada salah satu otot saja atau satu kelompok otot saja. Selama open kinetic chain, akan dihasilkan kontrol gerakan yang lebih baik karena hanya terjadi pergerakan sendi tunggal saja.

Selama *open kinetic chain* ekstensi lutut, otot quadriceps bekerja lebih besar terhadap gerakan, sedangkan otot hamstring diaktifkan untuk mengontrol gerakan tanpa kontribusi yang signifikan. Selama tungkai bergerak dalam terminal ekstensi pada open kinetic chain, kerja otot meningkat saat mengangkat tungkai karena meningkatnya gaya tahanan (gravitasi).



Gambar 2.7 Knee Extension Resistance Band Exercise

Sumber :Dokumen Pribadi

c. Prosedur Latihan

1) Teknik Aplikasi

- a) Peneliti menyiapkan sebuah kursi dan *elastic resistance band* yang diikatkan kursi kemudian ujung yang lain dari *elastic resistance band* diikat pada *ankle* pasien. Latihan ini dilakukan pada kaki yang sakit.
- b) Latihan dilakukan dengan awalan duduk dengan posisi lutut 90° dengan rileks di tempat duduk, kedua tangan berada di samping badan.
- c) Kemudian melakukan ekstensi lutut secara aktif
- d) Selanjutnya secara perlahan lutut diturunkan membentuk posisi awal 90° .

2) Dosis Latihan

Menurut Seyedeh Ameneh 2014, latihan *resistance* dilakukan dengan peningkatan secara *progressive*.

1) Frekuensi latihan

Pada minggu pertama latihan dilakukan adalah dua kali dalam seminggu. Kemudian pada minggu kedua sampai keempat latihan yang diberikan tiga kali dalam seminggu.

2) Intensitas Beban

Latihan menggunakan beban eksternal yaitu menggunakan *resistance band*. Penggunaan *resistance band* pada minggu pertama menggunakan warna hijau (*heavy*), minggu kedua

menggunakan warna biru (*special heavy*), sedangkan minggu ketiga dan keempat menggunakan warna hitam (*extra heavy*)

3) Waktu

Saat kontraksi konsentrik tahan selama 2 detik, saat kontraksi eksentrik tahan selama 4 detik

4) Repetisi dan Set Latihan

Latihan dilakukan sebanyak 10 kali repetisi dan dilakukan sebanyak 2 set pada minggu pertama sampai kedua. Pada minggu ketiga dan keempat latihan dilakukan sebanyak 3 set dan fase istirahat setiap set selama 1 menit.

Tabel 2.4 Dosis Knee Extension Resistance Band Exercise

Minggu	Frekuensi (perminggu)	Set	Repetisi	Intensitas Beban	Waktu
1	3 kali	2 set	10 rep	Resistance Band warna hijau (<i>heavy</i>)	konsentrik 2 detik, eksentrik 4 detik
2	3 kali	2 set	10 rep	Resistance Band warna biru (<i>special heavy</i>),	konsentrik 2 detik, eksentrik 4 detik
3	3 kali	3 set	10 rep	Resistance Band warna hitam (<i>extra heavy</i>)	konsentrik 2 detik, eksentrik 4 detik
4	3 kali	3 set	10 rep	Resistance Band warna hitam (<i>extra heavy</i>)	konsentrik 2 detik, eksentrik 4 detik

d. Mekanisme Knee Extension Resistance Band Exercise Terhadap Stabilisasi Dinamis Lutut

Knee extension resistance band exercise ini lebih ditujukan terhadap peningkatan otot tertentu secara spesifik yaitu otot quadriceps. Latihan ini bersifat overload, progresif dan spesifik. Dengan menggunakan beban resistance band lebih mendekati maksimal. Sehingga meningkatkan kapasitas otot yang mengakibatkan meningkatnya tegangan atau tenaga yang dihasilkan sehingga kekuatan otot meningkat. Kekuatan otot meningkat melalui aktivasi motor unit.

Pada *elastic resistance band* memiliki prinsip attraction, yaitu pada saat *elastic resistance band* ditarik maka akan timbul efek menarik yang disebabkan oleh sifat berbahan karet. Pada *kneeextension resistanceband exercise* ini ketika kita tarik ke arah ekstensi (kontraksi konsentrik) maka *elastic resistance band* akan menimbulkan efek menarik ke arah fleksi (kontraksi eksentrik). *Knee extension resistance band exercise* dilakukan pada sudut tertentu agar dapat memicu kontraksi maksimal dari otot quadriceps dan meminimalisir gerakan yang mempergunakan kerja otot lain, maka akan meningkatkan kekuatan maksimal dari otot quadriceps, daya tahan otot serta terjadi juga peningkatan stabilitas sendi dan ligamen yang bertugas memfasilitasi dan membatasi gerakan yang dilakukan ketika melakukan latihan ini. Latihan ini dapat meningkatkan kekuatan otot dan koordinasi neuromuskular satu grup otot atau individual otot dan kontrol gerak serta stabilisasi sehingga akan memperbaiki gangguan yang terjadi pada tendinitis patellaris terkait penurunan kekuatan otot quadriceps. Selain itu pada latihan *knee extension resistance band exercise* menghasilkan kontraksi eksentrik-konsentrik yang bekerja secara berpasangan sebagai perangsang proprioseptif untuk memfasilitasi peningkatan *muscle recruitment* dan tekanan intramuskuler sehingga menyebabkan aliran darah juga meningkat pada waktu yang minimum atau pada waktu yang singkat. Dengan meningkatkan fungsi dari proprioseptif maka hal tersebut juga akan

meningkatkan input sensoris yang akan di proses di otak untuk menjaga stabilisasi sendi.

5. Bosu Ball exercise

a. Definisi

Bosu ball atau *both side up* merupakan peralatan latihan fisik yang berbentuk unik, satu bagian keras dan rata sedangkan bagian lain terbuat dari karet berbentuk setengah bola/kubah (Ruiz, 2005). Kedua bagian tersebut bisa digunakan untuk latihan sesuai dengan kebutuhan. Latihan menggunakan bosu bisa dimodifikasi dengan berbagai macam gaya, misalnya dengan berdiri diatas bosu menggunakan satu kaki. Latihan apapun dapat dilakukan di atas bosu ball untuk melatih keseimbangan. Baik pada sisi datar maupun sisi oval yang akan tergantung pada kekuatan keseimbangan. Kekuatan keseimbangan berhubungan dengan otot-otot kaki yang sangat berpengaruh besar dalam menjaga stabilitas tubuh agar tetap dalam posisi seimbang. latihan ini berusaha untuk merangsang kontrol neuromuskular untuk mengkoordinasikan sendi pergelangan kaki, lutut dan pinggul untuk menggeser *center of gravity* (COG) untuk melawan ketidakstabilan yang terdeteksi (Gouwanda,2016)



Gambar 2.8 Bosu ball

Sumber : treenikauppa.fi/bosu-home-65cm-sininen.html

b. Prinsip Latihan

Bosu ball exercise termasuk dalam latihan untuk meningkatkan keseimbangan, kekuatan otot ekstremitas bawah, dan proprioceptif. Prinsip dari latihan bosu ball adalah meningkatkan fungsi sistem informasi sensorik dan effektor untuk bisa beradaptasi dengan perubahan lingkungan, mengaktifkan joint sense yang akan meningkatkan fungsi proprioceptif pada stabilisator aktif sendi dan menyeimbangkan tonus antar otot akibat imbalance muscle. Selama latihan berlangsung rangsangan yang diterima serabut intrafusal dan ektrafusal memperkaya inpus sensoris yang akan dikirim dan diolah di otak untuk diproses sehingga dapat menentukan seberapa besar co-contraksi otot yang dapat diberikan. Sebagian respon yang dikirim kembali ke ektrafusal akan mengaktifasi golgi tendon organ kemudian akan terjadi perbaikan koordinasi serabut intrafusal dan serabut ektrafusal dengan saraf afferent yang ada di muscle spindle sehingga terbentuk proprioceptive yang baik.

Disamping itu, latihan ini secara rutin akan menghasilkan respon adaptive system yaitu kemampuan tubuh menyesuaikan diri dengan lingkungan sehingga perubahan area secara cepat dapat diantisipasi oleh otot yang bekerja secara sinergis akibat telah diterimanya cukup informasi proprioceptive selama latihan di permukaan yang tidak stabil. Adaptive system dapat terbentuk dengan baik jika latihan dilakukan secara berulang-ulang untuk meningkatkan koordinasi antara sistem musculoskeletal dengan reseptor agar dapat menerima impuls dari lingkungan semakin baik. Hal ini dilakukan oleh karena pengulangan yang dilakukan terus – menerus meningkatkan kemampuan otak untuk merekam perubahan-perubahan yang ada sehingga tercipta respon sensomotorik yang lebih efisien untuk dikirim ke efektor, sehingga terciptalah ko kontraksi yang seimbang antara otot agonis dan antagonis serta tumbuhnya respon motorik yang semakin halus.

c. Prosedur Latihan

1) One Leg Balance Exercise

Latihan stabilisasi dengan menggunakan bosu ball dengan berdiri satu kaki (kaki yang sakit) di atas bosu ball, posisi lutut semi fleksi dan kedua tangan direntangkan. Kemudian pasien diberi penjelasan untuk mempertahankan posisi tubuh agar tetap seimbang dengan kaki tidak jatuh menyentuh lantai. Pasien diminta untuk mempertahankan posisi stabil tanpa gerakan tambahan. Pertahankan agar tulang belakang tetap lurus, panggul dan bahu harus tetap sejajar dengan lantai.



2.9 Single leg balance

Sumber: Dokumen Pribadi

Tabel 2.5 Dosis latihan One Leg Balance Exercise (Ruiz et al, 2005)

Minggu	Frekuensi (perminggu)	Set	Repetisi
1	3 kali	2 set	30 detik
2	3 kali	3 set	30 detik
3	3 kali	2 set	1 menit
4	3 kali	3 set	1 menit

2) Walking Marching

Latihan ini umumnya merupakan bagian dari aktivitas sehari-hari yaitu berjalan. Keseimbangan dan stabilisasi secara langsung mempengaruhi kemampuan seseorang untuk mengontrol tubuhnya agar tetap stabil. Latihan dilakukan dengan melakukan gerakan jalan ditempat diikuti ayunan tangan.

Tabel 2.6 Dosis latihan Walking marching (Ruiz et al, 2005)

Minggu	Frekuensi (perminggu)	Set	Waktu
1	3 kali	2 set	1 menit
2	3 kali	2 set	1 menit
3	3 kali	3 set	1 menit
4	3 kali	3 set	1 menit



Gambar 2.10 Walking marching

Sumber: Dokumen Pribadi

3) Squat twist

Latihan stabilisasi dengan melakukan squat diatas bosu ball dengan menambahkan gerakan memutar (*twist*) menyentuh ankle.

Saat tubuh merendah, angkat lengan di depan tubuh untuk mengimbangi gerakan. Dilakukan secara bergantian dengan menyentuh ankle kanan dan kiri. Dengan demikian akan menstimulasi kontraksi otot-otot postural dan menambah stabilitas sendi, keseimbangan, koordinasi, dan latihan fungsional tubuh dengan menumpu berat badan.

Tabel 2.7 Dosis Latihan Squat Twist (Ruiz et al, 2005)

Minggu	Frekuensi (perminggu)	Set	Repetisi
1	3 kali	2 set	10 rep kanan dan kiri
2	3 kali	2 set	10 rep kanan dan kiri
3	3 kali	3 set	10 rep kanan dan kiri
4	3 kali	3 set	10 rep kanan dan kiri



Gambar 2.11 squat twist

Sumber: Dokumen Pribadi

d. Mekanisme Peningkatan Stabilisasi Dinamis pada Bosu Ball Exercise

Latihan dengan bosu ball memberikan efek meningkatkan fungsi propioseptif pada stabilisator aktif sendi dan menyeimbangkan tonus antara otot akibat imbalance muscle. Latihan boss ball meningkatkan recruitment motor unit yang akan mengaktifkan golgi

tendon dan memperbaiki koordinasi serabut intrafusal dan serabut ektrafusal dengan saraf afferent yang ada di dalam muscle spindle sehingga dapat meningkatkan fungsi propioseptif. Dengan meningkatkan fungsi dari propioseptif maka hal tersebut juga akan meningkatkan input sensoris yang akan diproses di otak sebagai central processing.

Central processing berfungsi untuk menentukan titik tumpu tubuh dan alignment gravitasi pada tubuh, membentuk control postural yang baik, dan mengorganisasikan respon sensorimotor yang diperlukan tubuh. Selanjutnya, otak akan meneruskan implus tersebut ke efektor agar tubuh mampu menciptakan keseimbangan yang baik ketika bergerak ataupun dalam keadaan diam.

Beberapa kelompok otot baik pada ekstremitas atas maupun bawah berfungsi mempertahankan postur saat berdiri tegak serta mengatur keseimbangan tubuh. Keseimbangan pada tubuh dalam berbagai posisi hanya akan dimungkinkan jika respon dari otot-otot postural dan otot-otot core bekerja secara sinergi sebagai reaksi dari perubahan posisi, titik tumpu, gaya gravitasi, dan alignment tubuh.

Latihan ini perlu dilakukan berulang kali untuk meningkatkan koordinasi antara system muskuloskeletal dengan reseptor agar dapat menerima implus dari lingkungan semakin baik. Hal tersebut juga akan meningkatkan kemampuan otak untuk merekam perubahan-perubahan yang ada sehingga tercipta respon sensorimotor yang lebih efisien untuk dikirim ke effektor sehingga gerak sinergis dari otot-otot penggerak lutut bekerja secara maksimal dan stabilisasi dinamis lutut lebih baik.

6. Pengukuran Stabilisasi Dinamis

Pengukuran stabilisasi pada lutut dapat diukur dengan menggunakan *single leg six meter hop test*. *Single leg six meter hop test* merupakan suatu tes dengan menggunakan teknik lompatan satu kaki secara berkesinambungan dan diukur berdasarkan waktu yang dapat dicapai. Pada *single leg six meter hop test* lompatan diawali dengan satu

kaki. Dimana *counter movement* diawali dalam menyeimbangkan tubuh untuk tetap pada alignment dan tetap stabil. Dalam melakukan tes ini sendi lutut berperan sangat penting dalam menjaga kestabilan pada saat melompat. Fleksibilitas jaringan merupakan salah satu komponen penting dalam melakukan lompatan, semakin baik kelenturannya maka semakin baik lompatan yang dihasilkan. Selain fleksibilitas jaringan peran proprioceptif juga berpengaruh dalam melakukan lompatan. Apabila terdapat ketidakstabilan pada lutut maka akan menghasilkan lompatan yang kurang baik karena terjadi penurunan proprioceptif sehingga lompatan yang dilakukan tidak optimal.

Tes ini membutuhkan kinerja fungsional pada ekstremitas bawah, kekuatan otot, koordinasi neuromuskuler, dan stabilitas sendi dan berguna dalam menilai tingkat stabilisasi dinamis (Hamilton et al, 2008).

a) Prosedur pengukuran

Prosedur pengukuran Pada penelitian ini instrument yang digunakan adalah dengan mengukur berapa waktu yang dapat di tempuh sampel dalam lompat satu kaki dengan jarak 6 meter.

Pada penelitian ini instrument yang digunakan adalah dengan mengukur berapa waktu yang dapat di tempuh sampel saat lompat satu kaki dengan jarak 6 meter.

- 1) Peneliti menyiapkan stopwatch dan midline
- 2) Berikan tanda lintasan lurus sejauh 6 meter sebagai garis awal dan garis akhir.
- 3) Posisikan kaki pasien berdiri satu kaki di belakang garis awal.
- 4) Instruksikan pasien untuk melakukan lompatan ke depan secara terus-menerus sehingga mencapai garis akhir.
- 5) Waktu pencapaian dapat diterima jika kaki sudah melewati garis akhir tanpa terjatuh.
- 6) Prosedur berikut ini dilakukan pada awal penelitian sebagai data awal dan setelah selesai penelitian latihan sebagai data akhir.

B. Kerangka Berpikir

Tendinitis patelais merupakan suatu patologi yang terjadi pada tendon patella yang disebabkan karena beberapa faktor, diantaranya cedera berulang, mal alignment tungkai, mal posis patela, dan *muscle imbalance*. Tendinitis patelaris biasa terjadi pada cabang olahraga yang sering melakukan lompatan yang terjadi secara berulang-ulang, karena dalam gerakan tersebut banyak sekali hentakan, seperti pada olahraga basket. Faktor-faktor tersebut diatas, dapat menimbulkan beberapa masalah diantaranya tendon yang menerima tarikan yang berulang-ulang, dan beban eksentrik yang berlebihan, sehingga menyebabkan kerusakan jaringan berupa kerobekan tipis (*microtear*) pada tendon. Kerobekan tersebut masih dapat direspon oleh tubuh dan tubuh dan menyembuhkan kerusakan ini. Tetapi jika dipaksa untuk tetap beraktifitas olahraga dapat memprovokasi kerobekan tersebut akan menjadi besar (*macrotear*), maka tubuh pun tidak mampu lagi untuk memperbaikinya. Keadaan ini kemudian akan menyebabkan inflamasi pada tendon sehingga dapat menimbulkan *abnormal crosslink* yang akan mengakibatkan kelenturan jaringan (tendon patella) menurun dan timbul nyeri.

Tendinitis patellaris juga akan berpengaruh terhadap sistem muskuler. dimana otot ekstensor yaitu otot quadriceps juga menerima beban eksentrik yang berlebihan sehingga menyebabkan adanya ketidakseimbangan pada otot. Ketidakseimbangan otot ini menjadi penyebab menurunnya recruitmen motor unit dan kemudian menimbulkan penurunan kekuatan otot. Keadaan ini merangsang saraf tepi nosiseptif tipe C untuk melepaskan suatu neuro peptida yaitu "P" substance berupa prostagandin, bradikinin, histamine atau zat yang menyerupai histamine katekolamin serta serotonin sehingga dapat menimbulkan nyeri. Sistem sirkulasi juga akan terpengaruh yaitu akan mengakibatkan hipovaskuler sehingga menyebabkan terjadi mikrosirkulasi yang akan menyebabkan berkurangnya suplai nutrisi dan oksigen yang dibutuhkan jaringan serta terjadi penumpukan zat sisa-sisa metabolisme yang kemudian menyebabkan iskemik pada pembuluh darah. Keadaan ini merangsang peningkatan zat-zat iritan sehingga menimbulkan nyeri.

Ketidakseimbangan otot juga akan menyebabkan perubahan komposisi di otot, yaitu penurunan ukuran serabut sampai dengan hilangnya myofibril yang berdampak pada penurunan recruitment motor unit dan secara otomatis kekuatan otot juga menurun. Apabila otot di sekitar lutut tidak seimbang, baik otot agonis dan antagonis maka otot-otot tersebut akan kehilangan kontrol dari proprioseptif sehingga timbul ketidakstabilan pada sendi lutut. Hal ini akan memberi pengaruh yang buruk pada stabilisasi sendi lutut. Ketidakstabilan suatu sendi akan mengakibatkan struktur sekitarnya mudah cedera apalagi bila elastisitas dan kekuatan jaringan penopang dan penggerak sendi tidak memadai. Penderita pun akan kesulitan melakukan lompatan.

Stabilitas dinamis dipengaruhi oleh sistem neuromuscular, sistem musculoskeletal, sistem vaskularisasi dan sistem adaptasi. Sistem neuromuskuler terdiri dari sistem informasi sensoris dan konduktivitas saraf. Dalam sistem informasi sensoris terdapat reseptor visual dan sensomotor yang terdiri dari taktil dan proprioseptif. Visual memegang peranan penting dalam sistem sensoris, visual menyediakan informasi tentang orientasi dan gerakan tubuh serta merupakan sumber utama informasi tentang lingkungan dan tempat kita berada, Sedangkan proprioseptif memberikan informasi ke sistem saraf pusat tentang posisi tubuh terhadap kondisi lingkungan di sekitarnya (eksternal) dan posisi antara segmen badan itu sendiri (internal) melalui reseptor-reseptor yang ada pada sendi, tendon, otot, ligamen dan kulit seluruh tubuh terutama yang ada pada kolumna vertebralis dan tungkai. Informasi itu dapat berupa tekanan, posisi sendi, tegangan, panjang dan kontraksi otot. Konduktivitas saraf berpengaruh terhadap imput sistem sensorik yang dapat meningkatkan recruitment motor unit yang dibutuhkan dalam peningkatan kekuatan otot.

Sistem muskuloskeletal terdiri dari aktif yang meliputi otot dan pasif yang meliputi ligamen dan memiscus. Fleksibilitas terkait dengan mobilitas otot dan kemampuan otot untuk memanjang. Jika otot mengalami imobilisasi selama periode waktu tertentu, ada kecenderungan untuk kehilangan fleksibilitas atau derajat mobilitas. Jika latihan peregangan disertakan dalam

program kondisi fisik rutin, otot akan cenderung untuk mempertahankan fleksibilitas. Fleksibilitas dari ligament diperlukan dalam stabilitas lutut karena ligament merupakan struktur yang elastic yang berfungsi sebagai stabilisasi pasif. Jika fleksibilitas ligament stabil maka akan berpengaruh terhadap struktur dari sendi dan ligament tersebut yang nantinya juga akan mempengaruhi mobilitas dari sendi lutut.

Otot dan tendon merupakan komponen pembentuk stabilisasi aktif, otot sangat erat kaitannya dengan sistem neuromuscular, yaitu seberapa besar kemampuan sistem saraf untuk mengaktivasi dari recruitment motor unit pada otot, apabila terjadi aktivasi recruitment motor unit pada otot maka ukuran cross sectional otot juga akan ikut meningkat sehingga dapat meningkatkan fungsi proprioceptif. Pada saraf terdapat sistem proprioceptif yang mempengaruhi reflek gerak sendi lutut, jika sistem proprioceptif meningkat maka reflek gerak sendi lutut akan menjadi baik, menyebabkan konduktifitas saraf menjadi baik, koordinasi intermuskular menjadi baik, efektifitas dan efisiensi gerakan menjadi baik sehingga keseimbanganpun akan menjadi baik.

Vaskularisasi sangat penting bagi otot, karena sumber nutrisi otot satu-satunya berasal dari vaskularisasi. Jika sistem peredaran darah baik maka sistem sirkulasi otot akan meningkat dan menyebabkan kadar oksigen dan nutrisi ke jaringanpun akan ikut meningkat. Untuk memiliki stabilisasi dinamis lutut yang bagus maka komponen komponen pembentuk stabilisasi dinamis lutut harus dalam keadaan baik dan bekerja secara maksimal.

Penanganan fisioterapi yang dapat diberikan untuk meningkatkan stabilisasi dinamis lutut akibat tendinitis patellais antara lain adalah pemberian latihan eksentrik quadriceps, latihan knee extension resistance band dan latihan bosu ball.

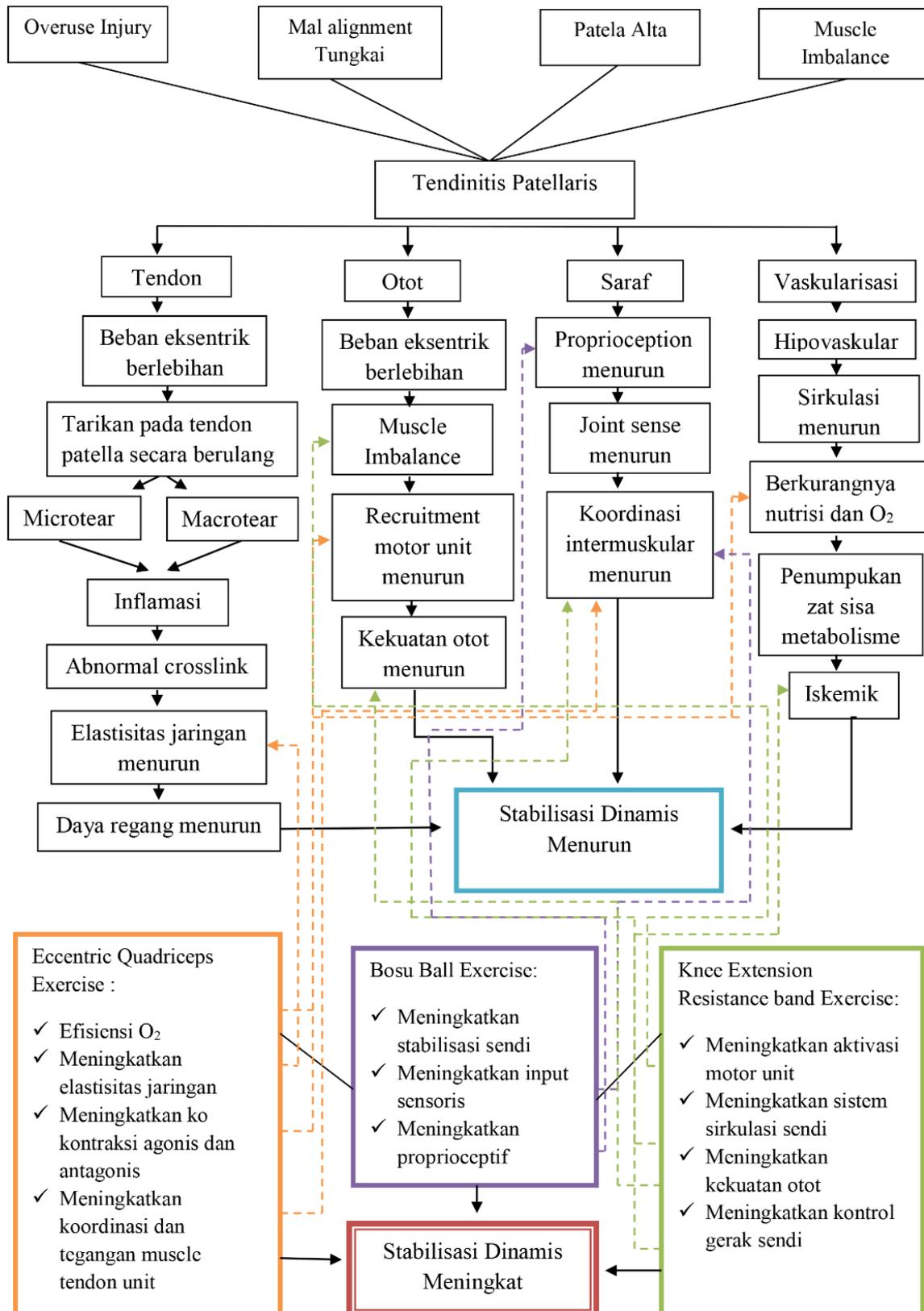
Eccentric quadriceps exercise merupakan latihan bentuk kerja otot dimana origo dan insersio otot saling menjauh/otot lebih memanjang. Selama otot berkontraksi, serat-serat otot memanjang tetapi tetap berkontraksi melawan peregangan, ketegangan ini menahan berat badan. Sehingga selama kontraksi eksentrik kekuatan yang dihasilkan otot lebih tinggi bila dibandingkan dengan kontraksi isometrik dan kontraksi konsentrik. Pada

kontraksi eksentrik otot quadriceps, pembuluh darah dalam keadaan yang bebas sehingga memungkinkan nutrisi dan suplai oksigen jadi tercukupi. Pada otot cenderung memiliki sifat elastic ketika terulur dengan cepat seperti karet gelang. Artinya semakin cepat otot berkontraksi secara eksentrik, maka semakin besar pula stretch reflex yang dihasilkan.

Knee extension resistance band exercise merupakan latihan yang dapat memicu kontraksi maksimal dari otot quadriceps dan meminimalisir gerakan yang mempergunakan kerja otot lain, maka akan meningkatkan kekuatan maksimal dari otot quadriceps, daya tahan otot serta terjadi juga peningkatan stabilitas dinamis sendi dan ligamen yang bertugas memfasilitasi dan membatasi gerakan yang dilakukan ketika melakukan latihan ini.

Pemberian latihan dengan bosu ball akan mengaktivasi recruitment motor unit dan memperbaiki koordinasi serabut intrafusul dan serabut ektrafusul dengan saraf afferen yang ada di muscle spindel sehingga dapat meningkatkan fungsi proprioseptif. Dengan meningkatnya fungsi dari proprioseptif maka hal tersebut juga akan meningkatkan input sensoris yang akan diproses di otak sebagai *central processing*. Prinsip dari latihan bosu ball ialah meningkatkan fungsi sistem informasi sensorik dan effektor untuk bisa beradaptasi dengan perubahan lingkungan serta meningkatkan proprioseptif. Latihan ini perlu dilakukan berulang kali untuk meningkatkan koordinasi antara system muskuloskeletal dengan reseptor agar dapat menerima implus dari lingkungan semakin baik. Hal tersebut juga akan meningkatkan kemampuan otak untuk merekam perubahan-perubahan yang ada sehingga tercipta respon sensorimotor yang lebih efisien untuk dikirim ke effektor sehingga gerak sinergis dari otot-otot penggerak lutut bekerja secara maksimal dan stabilisasi lutut lebih baik ditandai dengan peningkatan kemampuan gerak fungsional dilihat dari kemampuan *single leg six meter hop test* meningkat dan membaik.

Skema 2.1 Kerangka Berpikir



C. Kerangka Konsep

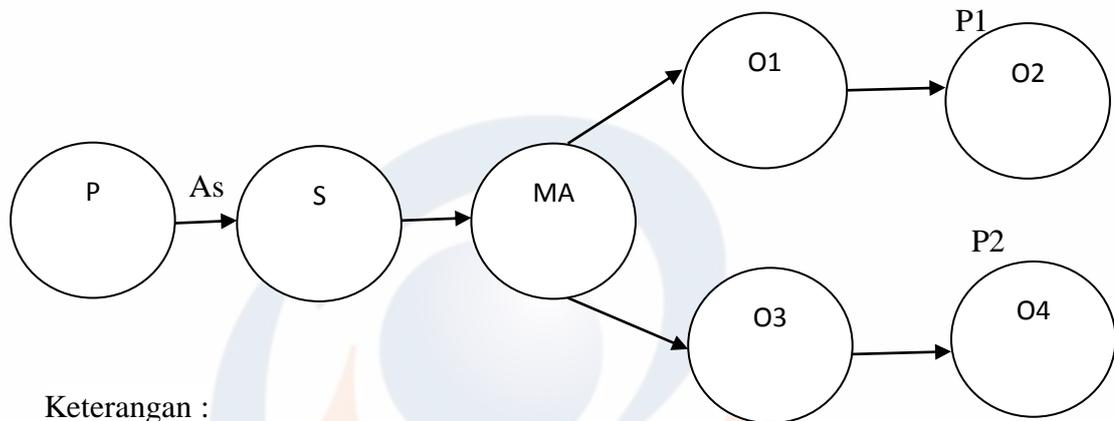
Variabel Terikat

Peningkatan Stabilisasi dinamis lutut pada kasus tendinitis patellaris.

Variabel Bebas

1. Eccentric quadriceps exercise dan bosu ball exercise
2. Knee extension resistance band exercise dan bosu ball exercise

Skema 2.2 Skema Penelitian



Keterangan :

P : Populasi

As : Assesment

S : Sampel

MA : Matching Alocation

O1 : Kelompok perlakuan I sebelum intervensi

O2 : Kelompok perlakuan I sesudah intervensi

O3 : Kelompok perlakuan II sebelum intervensi

O4 : Kelompok perlakuan II sesudah intervensi

P1 : Eccentric quadriceps exercise dan bosu ball exercise

P2 : Knee extension resistance band exercise dan bosu ball exercise

D. Hipotesis

1. Pengaruh *eccentric quadriceps exercise* pada *bosu ball exercise* dapat meningkatkan stabilisasi dinamis pada kasus tendinitis patelsaris
2. Pengaruh *knee extension resistance band exercise* pada *bosu ball exercise* dapat meningkatkan stabilisasi dinamis pada kasus tendinitis patelaris

3. Perbedaan pengaruh *eccentric quadriceps exercise* dan *knee extension resistance band exercise* pada *bosu ball exercise* terhadap peningkatan stabilisasi dinamis pada kasus tendinitis patelaris