

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

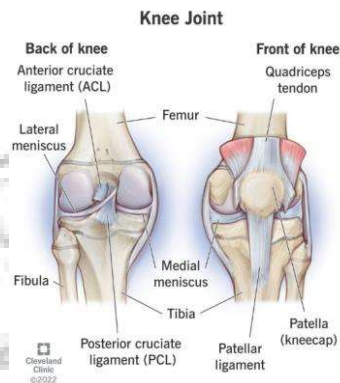
A. Osteoarthritis Lutut

Osteoarthritis (OA) merupakan gangguan sendi kronis akibat proses degeneratif tulang rawan artikular dan tulang subkondral, yang ditandai dengan nyeri, pembengkakan, kekakuan sendi, dan keterbatasan gerak. (Szponder et al., 2023) menyatakan bahwa OA terjadi melalui kombinasi proses biologis dan mekanis yang mempengaruhi seluruh struktur sendi. OA lutut merupakan jenis paling umum, dan angka prevalensinya meningkat seiring bertambahnya usia, obesitas, serta trauma sendi sebelumnya dan menjadi penyebab disabilitas tersering pada populasi lansia di seluruh dunia (Khosim & Rahmanto, 2025). OA juga merupakan penyakit degeneratif sendi yang diakibatkan oleh penurunan tulang rawan dan perubahan subkondral, prevalensi global tinggi pada lansia diperkirakan mencapai 36,5 juta kasus di Indonesia (Nirnasari & Pujiati, 2024). Patologi dari OA meliputi mekanisme inflamasi kronis, aktivasi nociceptor sendi, dan degradasi tulang rawan.

B. Anatomi Sendi Lutut

Sendi lutut merupakan salah satu sendi terbesar dan paling kompleks pada tubuh manusia yang berfungsi sebagai penopang berat badan serta memungkinkan pergerakan fleksi dan ekstensi ekstremitas bawah (Bustam et al., 2024). Secara anatomi, sendi lutut termasuk dalam kategori sendi sinovial tipe hinge joint yang memungkinkan gerakan utama fleksi–ekstensi serta sedikit rotasi pada posisi fleksi.

Sendi lutut tersusun atas tiga komponen artikular utama yaitu femorotibial medial, femorotibial lateral, dan femoropatellar joint (Li et al., 2025). Struktur ini memungkinkan distribusi beban tubuh secara optimal selama aktivitas fungsional seperti berjalan, berdiri, dan naik-turun tangga.



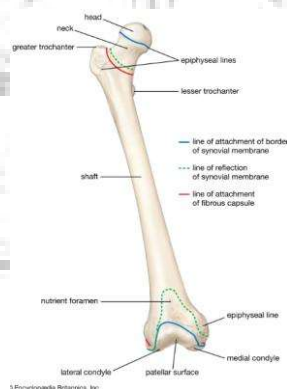
Gambar 2.1 Anatomi Sendi Lutut

(Anatomy and Physiology, 2019)

C. Komponen Tulang

Sendi lutut dibentuk oleh tiga tulang utama, yaitu:

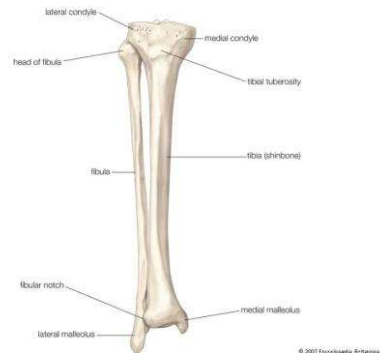
1. Femur, khususnya condylus medialis dan lateralis, yang berartikulasi dengan tibia (Li et al., 2025).



Gambar 2.2 Tulang Femur

(Femur Anatomy dan Kenhub)

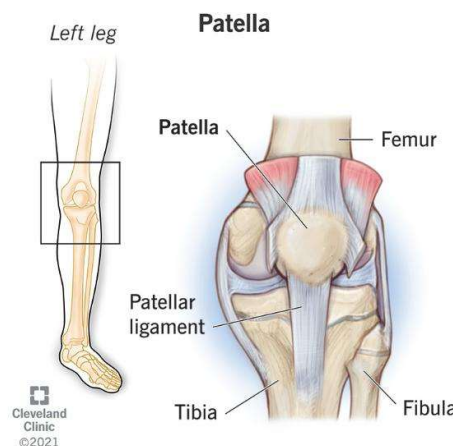
2. Tibia, yang menerima sebagian besar beban aksial tubuh.



Gambar 2.3 Tulang Tibia

(Tibia Anatomy dan Kenhub)

3. Patella, tulang sesamoid terbesar dalam tubuh yang berfungsi meningkatkan efisiensi mekanisme kerja otot quadriceps (Dewi et al., 2025). Patella berperan penting dalam meningkatkan momen gaya ekstensi lutut dengan memperpanjang lengan momen otot quadriceps femoris.



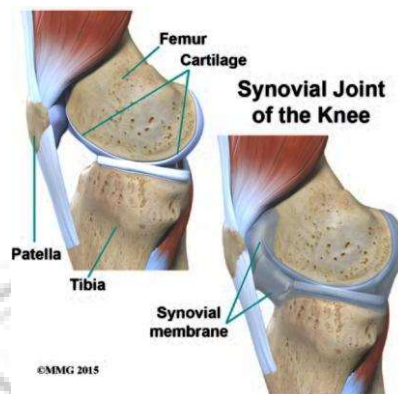
Gambar 2.4 Tulang Patella

(Patella Anatomy, 2023)

D. Tulang Rawan (Cartilage)

Permukaan artikular femur dan tibia dilapisi oleh kartilago hialin yang berfungsi

sebagai peredam kejut dan mengurangi friksi selama pergerakan. Pada kondisi osteoarthritis knee, terjadi degenerasi dan penipisan kartilago yang menyebabkan peningkatan gesekan antar tulang dan timbulnya nyeri.



Gambar 2.5 Tulang Rawan (Cartilage)

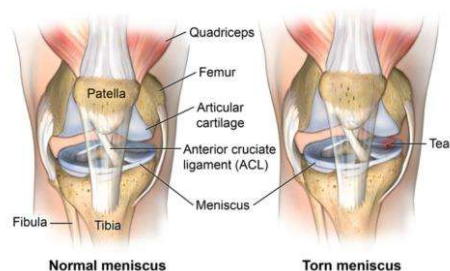
(kitchenerphysiotherapy.com)

E. Meniskus

Meniskus terdiri dari meniskus medial dan lateral yang berbentuk semilunar dan tersusun dari fibrocartilage. Struktur ini berfungsi dalam:

- Meningkatkan stabilitas sendi
- Mendistribusikan beban
- Menyerap shock
- Membantu pelumasan sendi

Kerusakan meniskus dapat meningkatkan tekanan kontak sendi hingga 2–3 kali lipat dan mempercepat progresivitas osteoarthritis.



Gambar 2.6 Tulang Meniskus

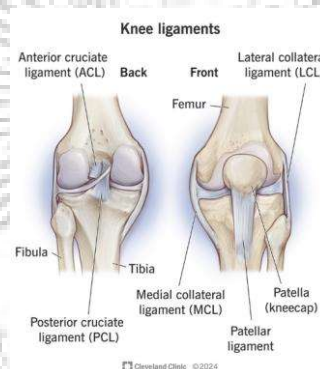
Johns Hopkins Medicine (2023)

F. Ligamen

Stabilitas sendi lutut dipertahankan oleh beberapa ligamen utama, yaitu:

- Anterior Cruciate Ligament (ACL)
- Posterior Cruciate Ligament (PCL)
- Medial Collateral Ligament (MCL)
- Lateral Collateral Ligament (LCL)

Ligamen cruciatum berfungsi mengontrol translasi anterior dan posterior tibia terhadap femur (Nurlaeli et al., 2024). Gangguan stabilitas ligamen dapat meningkatkan stres mekanik pada kompartemen lutut dan berkontribusi terhadap perkembangan osteoarthritis (Arakawa et al., 2022).



Gambar 2.7 Ligamen

Cleveland Clinic (2024)

G. Otot-otot Sekitar Lutut

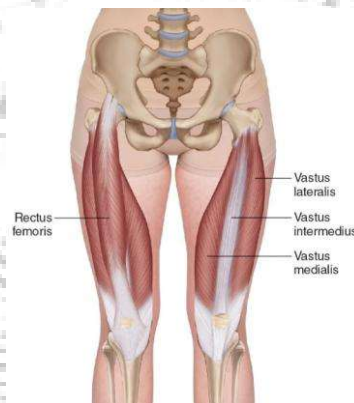
Otot utama yang berperan dalam stabilitas lutut adalah:

1. Quadriceps femoris (ekstensor utama lutut)

Otot quadriceps femoris merupakan kelompok otot pada kompartemen anterior paha yang terdiri dari rectus femoris, vastus medialis, vastus lateralis,

dan vastus intermedius yang berfungsi sebagai ekstensor utama sendi lutut (Akima et al., 2023a).

Keempat otot tersebut bergabung menjadi tendon quadriceps yang melekat di patella dan kemudian diteruskan melalui ligamentum patella menuju tuberositas tibia (Nuelle et al., 2023). Otot ini merupakan ekstensor lutut yang paling kuat dan sangat penting untuk aktivitas sehari-hari seperti berjalan, berdiri, berlari, dan melompat (Akima et al., 2023b).

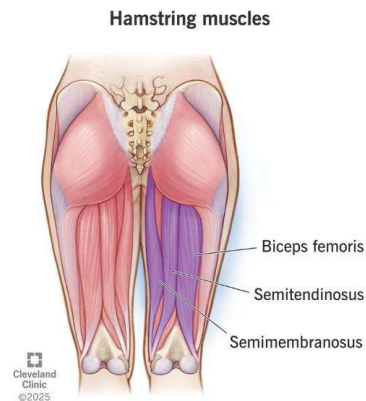


Gambar 2.8 Otot Quadriceps Femoris

Experiencept.rehab

2. Hamstring (fleksor lutut)

Hamstring merupakan kelompok otot pada kompartemen posterior paha yang terdiri dari biceps femoris, semitendinosus, dan semimembranosus yang berfungsi melakukan fleksi lutut dan ekstensi panggul, serta membantu stabilitas sendi lutut saat berjalan, berlari, dan aktivitas fungsional lainnya (Kalkhoven et al., 2023).



Gambar 2.9 Otot Hamstring

my.clevelandclinic

3. Gastrocnemius

Otot gastrocnemius adalah otot superfisial di kompartemen posterior tungkai bawah yang memiliki dua kepala (medial dan lateral). Berfungsi dalam plantar fleksi pergelangan kaki dan membantu fleksi sendi lutut (Cunnane et al., 2023).

Kelemahan otot quadriceps sering ditemukan pada pasien osteoarthritis knee dan berhubungan dengan peningkatan nyeri serta penurunan fungsi (Kim et al., 2023).



Gambar 2.10 Otot Gastrocnemius

National Library of Medicine

H. Kaitan Anatomi dengan Osteoarthritis Knee

Secara biomekanik, distribusi beban lutut dipengaruhi oleh alignment ekstremitas bawah (Valente et al., 2023). Pada deformitas varus, beban meningkat pada kompartemen medial, sedangkan pada valgus meningkat pada kompartemen lateral (Holder et al., 2023). Peningkatan tekanan mekanik yang berlangsung lama menyebabkan degenerasi kartilago progresif dan inflamasi sinovial (Song et al., 2023).

I. Tanda dan Gejala

Tanda dan gejala utama dari *osteoarthritis* (OA) umumnya berkembang secara perlahan dan semakin memburuk dari waktu ke waktu (Salman et al., 2023). Gejala bisa berbeda-beda pada tiap individu tergantung pada lokasi sendi yang terkena, tingkat keparahan, dan gaya hidup (Costa et al., 2023). Beberapa tanda dan gejala yang sering dijumpai, antara lain:

1. Nyeri Sendi (Pain)

Nyeri muncul pada saat sendi digunakan, seperti berjalan atau naik tangga. Nyeri akan membaik saat istirahat. Pada tahap lanjut, nyeri bisa terjadi bahkan saat tidak beraktivitas (Overton et al., 2022a).

2. Kekakuan (Stiffness)

Terutama dirasakan di pagi hari atau setelah periode tidak bergerak (misalnya duduk lama). Kekakuan biasanya berlangsung kurang dari 30 menit (Overton et al., 2022b).

3. Penurunan Rentang Gerak (Limited Range of Motion)

OA menyebabkan pembatasan gerakan sendi karena rasa nyeri, pembengkakan, dan perubahan struktural pada sendi (Zhou et al., 2023).

4. Krepitasi (Crepitus)

Bunyi “krek-krek” saat sendi digerakkan, akibat dari adanya permukaan tulang rawan yang tidak halus lagi (Mohout et al., 2023).

5. Pembengkakan dan Deformitas

Kadang disertai pembengkakan ringan dan bentuk sendi yang mulai berubah, terutama pada OA lutut dan tangan (Karlsson et al., 2022).

6. Kelemahan Otot Sekitar Sendi

Kelemahan nyeri dan penggunaan yang berkurang, otot disekitar sendi bisa mengalami penurunan kekuatan, terutama otot quadriceps pada OA lutut (Gong et al., 2022).

J. Pemeriksaan Osteoarthritis Knee (KOA)

Pemeriksaan Osteoarthritis Knee (KOA) bertujuan untuk menegakkan diagnosis, menentukan tingkat keparahan penyakit, serta mengevaluasi gangguan fungsional yang dialami pasien. Pemeriksaan dilakukan melalui anamnesis, pemeriksaan fisik, pemeriksaan fungsional, dan pemeriksaan penunjang (Katz et al., 2021) .

1. Anamnesis

Anamnesis merupakan langkah awal dalam pemeriksaan KOA. Keluhan utama yang sering ditemukan adalah nyeri lutut yang bertambah saat aktivitas dan berkurang saat istirahat. Pasien juga sering mengeluhkan kekakuan sendi pada pagi hari yang berlangsung kurang dari 30 menit, keterbatasan gerak, krepitasi, dan kesulitan melakukan aktivitas sehari-hari seperti berjalan, jongkok, serta naik turun tangga (Hunter & Bierma-Zeinstra, 2019).

2. Pemeriksaan Inspeksi

Pada inspeksi dapat ditemukan pembengkakan sendi, deformitas lutut seperti genu varum atau genu valgum, atrofi otot quadriceps, serta perubahan

pola berjalan (*gait abnormality*). Pada kasus lanjut dapat terlihat pembesaran sendi akibat pembentukan osteofit (Kohn et al., 2023).

3. Pemeriksaan Palpasi

Palpasi dilakukan untuk menilai adanya nyeri tekan pada garis sendi (*joint line tenderness*), peningkatan suhu lokal, efusi sendi, serta krepitasi saat sendi digerakkan. Krepitasi merupakan salah satu tanda khas osteoarthritis yang terjadi akibat permukaan kartilago yang tidak lagi halus (Rezuş et al., 2021).

4. Pemeriksaan Lingkup Gerak Sendi (LGS)

Pemeriksaan Lingkup Gerak Sendi (LGS) dilakukan menggunakan goniometer untuk mengetahui adanya keterbatasan gerak fleksi maupun ekstensi lutut. Pada pasien OA lutut sering ditemukan penurunan lingkup gerak akibat nyeri, kekakuan, dan perubahan struktur sendi (Kisner et al., 2023).

5. Pemeriksaan Kekuatan Otot

Pemeriksaan kekuatan otot dilakukan menggunakan Manual Muscle Testing (MMT) terutama pada otot quadriceps dan hamstring. Kelemahan otot quadriceps merupakan salah satu gangguan yang sering ditemukan pada pasien osteoarthritis lutut dan berhubungan dengan penurunan kemampuan fungsional (Øiestad et al., 2022).

K. Osteofit

Osteofit merupakan pertumbuhan tulang baru (bone spur) yang terbentuk di tepi sendi sebagai respon terhadap proses degeneratif pada osteoarthritis lutut (*Korelasi antara Usia dan Derajat Osteoarthritis Sen*, n.d.). Di OA knee, osteofit berkembang terutama di margin sendi tibiofemoral dan patellofemoral sebagai bagian dari remodeling tulang akibat kerusakan kartilago (Lim et al., 2026). Secara patofisiologis, osteofit bukan hanya “penumpukan tulang pasif”, tetapi merupakan hasil

dari proses biologis aktif yang melibatkan proliferasi sel, diferensiasi kondrosit, dan osifikasi endokondral (Fan et al., 2021).

L. Osteoclas

Osteoclas atau osteoklas yaitu sel multinukleus yang berfungsi pada proses resorpsi tulang, penghancuran atau pengikisan jaringan tulang lama sebagai bagian dari remodeling tulang (Sun et al., 2021). Osteoklas berasal dari diferensiasi sel hematopoietik garis monosit-makrofag pada sumsum tulang (Sun et al., 2021). Aktivitas osteoklas sangat penting untuk menjaga keseimbangan antara pembentukan dan penghancuran tulang sehingga struktur tulang tetap normal (Durdan et al., 2022).

Dalam kondisi normal, osteoklas bekerja berdampingan dengan osteoblas pada proses remodeling tulang (L. Wang et al., 2022). Osteoklas akan menghancurkan jaringan tulang yang rusak atau tua, setelah itu osteoblas membentuk jaringan tulang baru (Durdan et al., 2022). Pada ketidakseimbangan aktivitas osteoklas tersebut menyebabkan berbagai penyakit muskuloskeletal seperti osteoporosis dan osteoarthritis (L. Wang et al., 2022).

Pada osteoarthritis (OA), osteoklas memiliki peran yang sangat penting pada perubahan tulang subkondral (L. Wang et al., 2022). Peningkatan aktivitas osteoklas menyebabkan remodeling tulang abnormal yang dapat mempercepat degenerasi sendi dan kerusakan di kartilago (L. Wang et al., 2022). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa osteoklas dapat menghasilkan mediator inflamasi yang dapat memperburuk progresivitas osteoarthritis lutut (L. Wang et al., 2022).

M. Patologi

Patologi OA melibatkan proses degeneratif kronik yang progresif (Hu et al., 2021b). Proses ini diawali dengan gangguan homeostasis tulang rawan, penurunan proteoglikan dan kolagen, diikuti dengan kerusakan struktur rawan artikular, serta

terbentuknya osteofit dan fibrosis kapsul sendi (Fan et al., 2021). OA tidak hanya berdampak pada rawan sendi, tapi juga di membran sinovial, ligamen, dan otot area sendi (Thomson & Hilkens, 2021).

N. Etiologi

Etiologi pada OA dibagi menjadi dua, yaitu primer (idiopatik) dan sekunder (He et al., 2020).

1. OA primer, yaitu disebabkan oleh proses penuaan, genetika, obesitas, jenis kelamin perempuan, dan kelemahan pada otot (He et al., 2020).
2. OA sekunder, bisa disebabkan oleh trauma, infeksi, atau kelainan metabolik (He et al., 2020). Faktor resiko seperti usia, beban sendi yang berlebihan, dan aktivitas fisik berat secara terus-menerus berkontribusi terhadap timbulnya OA (Cross et al., 2014).

O. Mekanisme Nyeri pada OA

Nyeri pada OA bisa bersumber dari berbagai jaringan, termasuk membran sinovial, kapsul sendi, dan jaringan lunak yang ada di sekitar sendi. Perubahan struktur tulang, peradangan ringan kronis, dan penurunan stabilitas biomekanik juga berpengaruh dalam persepsi nyeri. Nyeri pada OA juga terjadi akibat proses inflamasi, kerusakan jaringan lunak, dan penurunan stabilitas sendi. Nyeri ini bersifat kronis dan mempengaruhi kualitas hidup penderita secara signifikan. Salah satu cara untuk mengukur intensitas nyeri yaitu menggunakan skala Visual Analog Scale (VAS) (Rohde et al., 2018).



Gambar 2.11 Mekanisme Nyeri pada OA

(Zhang & Ren, 2014)

P. Prinsip Penatalaksanaan OA Secara Non-Farmakologis

Manajemen OA mencakup pendekatan edukatif, perubahan gaya hidup, pengelolaan berat badan, dan program latihan yang terstruktur. (Bennell et al., 2022) mengungkapkan bahwa intervensi latihan fisik terbukti paling konsisten dalam menurunkan nyeri OA tanpa efek samping sistemik. Komponen latihan mencakup penguatan otot, latihan aerobik berdampak rendah, serta fleksibilitas. Penanganan OA secara non-farmakologis juga melibatkan fisioterapi, yang mencakup latihan penguatan otot, latihan isometrik, dan penggunaan modalitas seperti TENS dan hot pack. Latihan isometrik terbukti secara signifikan menurunkan nyeri dan meningkatkan fungsi pada pasien OA lutut (Gong et al., 2022). Selain itu, penelitian menunjukkan bahwa program latihan kombinasi, termasuk retro walking, memberikan perbaikan signifikan dalam skor nyeri dan fungsi berdasarkan skala WOMAC (Sharma & Kumari, 2021).

Q. Elektroterapi dalam Penanganan OA Lutut

Elektroterapi, seperti *transcutaneous electrical nerve stimulation* (TENS), digunakan secara luas untuk mengurangi nyeri OA melalui mekanisme neuromodulasi (Gohir et al., 2023). (Kocyigit et al., 2021) menunjukkan bahwa TENS secara signifikan menurunkan nyeri dan meningkatkan fungsi lutut pada pasien OA setelah 4 minggu

intervensi. Efek analgesik TENS diduga berasal dari aktivasi serabut saraf A-beta dan pelepasan endorfin endogen (Sluka & Walsh, 2020). Menurut (Ahmed et al., 2023), elektroterapi juga dapat membantu menstimulasi aliran darah lokal dan mengurangi spasme otot di sekitar sendi.

Selain TENS, modalitas elektroterapi lain yang sering digunakan dalam penanganan osteoarthritis lutut adalah ultrasound (US). Ultrasound terapi (US) bekerja dengan memanfaatkan gelombang suara frekuensi tinggi yang menghasilkan efek termal dan non-termal pada jaringan tubuh sehingga dapat membantu proses penyembuhan jaringan serta mengurangi nyeri (Kitchen & Bazin, 2017).

Secara fisiologis, gelombang ultrasound dapat meningkatkan mikrosirkulasi jaringan, meningkatkan permeabilitas membran sel, serta mempercepat metabolisme jaringan yang mengalami kerusakan akibat proses degeneratif pada sendi lutut (Watson, 2020). Peningkatan aliran darah tersebut membantu mengurangi proses inflamasi dan mempercepat proses reparasi jaringan pada penderita osteoarthritis.

Selain itu, ultrasound juga memberikan efek analgetik melalui peningkatan ambang nyeri pada nociceptor serta mengurangi spasme otot di sekitar sendi lutut (Robertson et al., 2020). Efek ini dapat membantu menurunkan keluhan nyeri yang sering dirasakan oleh pasien osteoarthritis terutama saat aktivitas seperti berjalan, berdiri lama, atau naik turun tangga.

Ultrasound memiliki dua jenis efek utama yaitu efek termal dan efek non-termal. Efek termal terjadi akibat peningkatan suhu jaringan yang dapat meningkatkan elastisitas jaringan lunak serta mengurangi kekakuan sendi (Watson, 2020). Sedangkan efek non-termal meliputi fenomena cavitation dan acoustic streaming yang berperan dalam meningkatkan proses penyembuhan jaringan dan stimulasi aktivitas sel (Kitchen & Bazin, 2017).

R. Open Kinetic Chain (OKC) dan Closed Kinetic Chain (CKC) Exercise

Latihan terapeutik merupakan salah satu intervensi yang banyak digunakan dalam rehabilitasi osteoarthritis lutut untuk meningkatkan kekuatan otot, stabilitas sendi, dan kemampuan fungsional pasien. Berdasarkan karakteristik gerakannya, latihan dapat dibedakan menjadi Open Kinetic Chain (OKC) dan Closed Kinetic Chain (CKC) exercise (Kisner et al., 2023).

1. Open Kinetic Chain (OKC) Exercise

Open Kinetic Chain (OKC) adalah bentuk latihan dimana segmen distal bergerak bebas tanpa kontak tetap dengan permukaan penopang. Pada latihan ini gerakan biasanya terjadi pada satu sendi utama sehingga memungkinkan isolasi kelompok otot tertentu, terutama otot quadriceps pada sendi lutut (Kisner et al., 2023).

Contoh latihan OKC pada osteoarthritis lutut meliputi straight leg raise, knee extension, dan seated leg extension. Latihan OKC efektif untuk meningkatkan kekuatan otot secara spesifik karena memungkinkan aktivasi otot target yang lebih besar dibandingkan latihan fungsional multisekmen (Escamilla et al., 2021).

Namun demikian, latihan OKC menghasilkan gaya geser (*shear force*) yang lebih besar pada sendi lutut sehingga dapat meningkatkan tekanan pada struktur sendi tertentu, terutama ketika dilakukan pada rentang gerak yang luas atau dengan beban yang tinggi (Mikkelsen et al., 2022).

2. Closed Kinetic Chain (CKC) Exercise

Closed Kinetic Chain (CKC) adalah latihan dimana segmen distal berada pada posisi tetap atau menumpu pada permukaan sehingga gerakan melibatkan beberapa sendi dan kelompok otot secara simultan. Pada latihan CKC terjadi

kontraksi bersama (*co-contraction*) antara otot agonis dan antagonis yang berperan dalam meningkatkan stabilitas sendi (Bennell et al., 2022).

Contoh latihan CKC meliputi mini squat, wall squat, step-up, lunge, dan sit-to-stand exercise. Latihan ini menyerupai aktivitas fungsional sehari-hari sehingga lebih aplikatif dalam rehabilitasi pasien osteoarthritis lutut (Kim et al., 2023).

CKC exercise mampu meningkatkan kekuatan otot quadriceps, proprioepsi, keseimbangan, stabilitas sendi, serta kemampuan fungsional pasien. Selain itu, CKC menghasilkan kompresi sendi yang lebih besar namun gaya geser yang lebih kecil sehingga distribusi beban pada sendi menjadi lebih merata dibandingkan latihan OKC (Escamilla et al., 2021).

3. Perbedaan OKC dan CKC Exercise

Perbedaan mendasar antara OKC dan CKC terletak pada posisi segmen distal serta pola aktivasi otot yang terjadi selama latihan. OKC lebih berfokus pada penguatan otot secara spesifik, sedangkan CKC lebih menekankan pada peningkatan fungsi, stabilitas, dan kontrol neuromuskular sendi (Kisner et al., 2023).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa CKC exercise memberikan hasil yang lebih baik dalam meningkatkan kemampuan fungsional dan menurunkan nyeri pada pasien osteoarthritis lutut dibandingkan OKC exercise karena gerakannya lebih menyerupai aktivitas sehari-hari dan melibatkan lebih banyak kelompok otot secara bersamaan (Kim et al., 2023; Bennell et al., 2022).

S. Latihan Close Kinetic Chain (CKC) pada OA lutut

Latihan *Close Kinetic Chain Exercise* (CKCE) merupakan bentuk latihan dimana distal anggota gerak tetap menempel pada permukaan (Hewett et al., 2018). CKCE

memberikan beban aksial melalui sendi dan dianggap lebih fungsional untuk rehabilitasi ekstremitas bawah (Ertan et al., 2022). (Lee et al., 2021) menunjukkan bahwa penambahan CKC exercise dalam program fisioterapi OA lutut secara signifikan mempercepat penurunan nyeri dan meningkatkan kekuatan otot kuadrisep. Latihan ini juga meningkatkan proprioepsi sendi lutut dan mengurangi risiko ketidakstabilan fungsional (Bennell et al., 2015). Menurut (Tang et al., 2019), kombinasi antara latihan resistensi termasuk CKC dan edukasi pasien mampu memberikan hasil klinis lebih baik dibandingkan edukasi saja.

Closed Kinetic Chain Exercise (CKC) mampu mengoptimalkan jaringan melalui peningkatan angiogenesis, aktivasi faktor molekuler seperti VEGF dan eNOS, serta peningkatan perfusi jaringan. Latihan fisik terbukti dapat meningkatkan ekspresi faktor angiogenik yang berperan dalam suplai oksigen dan nutrisi jaringan sehingga mendukung proses penyembuhan dan remodeling jaringan (Liang et al., 2025; Qi et al., 2022). Selain itu, exercise juga memicu aktivasi jalur molekuler seperti HIF-1 α dan VEGF yang berkontribusi terhadap adaptasi jaringan (Olamazadeh et al., 2025). Peningkatan aliran darah dan densitas kapiler akibat latihan juga berperan dalam mempercepat regenerasi jaringan (Shen et al., 2021).

T. Kombinasi Elektroterapi dan CKC Exercise

Kombinasi elektroterapi dan latihan CKC dapat saling melengkapi dalam proses penurunan nyeri dan perbaikan fungsi sendi lutut (Ahmed et al., 2023). Elektroterapi bekerja secara neuromodulatorik sedangkan CKC *exercise* memperkuat otot penyangga dan stabilitas sendi (Ahmed et al., 2023). Penelitian eksperimental oleh menemukan bahwa kelompok yang menerima kombinasi TENS, US dan CKC *exercise* mengalami penurunan VAS lebih signifikan dibanding kelompok yang hanya menerima salah satu intervensi. Sinergi ini berperan penting dalam program rehabilitasi OA lutut, terutama

untuk mengurangi ketergantungan terhadap analgesik (Delgado-Gonzalez et al., 2022).

U. Pengukuran Nyeri dengan Visual Analog Scale (VAS)

Visual Analog Scale (VAS) merupakan salah satu alat ukur yang sering digunakan untuk menilai intensitas nyeri secara subjektif pada pasien. Skala ini banyak digunakan dalam penelitian klinis maupun praktik fisioterapi karena memiliki validitas dan reliabilitas yang baik dalam mengukur tingkat nyeri (Hawker et al., 2011).

VAS biasanya berupa garis horizontal sepanjang 10 cm yang menggambarkan spektrum intensitas nyeri. Pada ujung kiri garis diberi keterangan “tidak ada nyeri (*no pain*)”, sedangkan pada ujung kanan diberi keterangan “nyeri sangat hebat (*worst pain imaginable*)”. Pasien diminta untuk menandai satu titik pada garis tersebut yang sesuai dengan tingkat nyeri yang dirasakan pada saat pemeriksaan.

Setelah pasien memberikan tanda pada garis tersebut, jarak dari titik “tidak ada nyeri” hingga tanda yang dibuat pasien kemudian diukur menggunakan penggaris dalam satuan milimeter atau sentimeter. Nilai tersebut selanjutnya digunakan sebagai skor intensitas nyeri yang dirasakan pasien. Interpretasi skor pada VAS umumnya dikategorikan sebagai berikut:

- **0** : tidak ada nyeri
- **1–3** : nyeri ringan
- **4–6** : nyeri sedang
- **7–10** : nyeri berat

Penggunaan VAS dalam penelitian fisioterapi sangat bermanfaat untuk mengevaluasi perubahan tingkat nyeri sebelum dan sesudah intervensi terapi, termasuk pada pasien osteoarthritis lutut yang menjalani intervensi seperti latihan terapeutik maupun elektroterapi. Dengan menggunakan skala ini, perubahan intensitas nyeri dapat diukur secara lebih objektif berdasarkan persepsi pasien.



Gambar 2.12 Alat Ukur VAS
(whittamprecisionrules)

