

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Knee Osteoarthritis*

1. Definisi

Knee osteoarthritis (KOA) adalah penyakit sendi kronis yang bersifat multifaktorial dan menyebabkan disabilitas, terutama pada populasi usia lanjut. KOA menyerang seluruh struktur sendi lutut dan merupakan bentuk *osteoarthritis* yang paling sering ditemukan. KOA dapat diklasifikasikan menjadi primer (tanpa penyebab jelas) dan sekunder (akibat trauma, displasia sendi, atau cedera iatrogenik). Patogenesis KOA melibatkan ketidakseimbangan antara kerusakan jaringan sendi dan proses perbaikan, sehingga terjadi perubahan aktif pada tulang subkondral, ligamen, sinovium, kapsul sendi, dan otot periartikular (Geng *et al.*, 2023).

2. Faktor Risiko

KOA memiliki etiologi multifaktorial. Hal ini dapat dianggap sebagai hasil akhir dari *crosstalk* antara faktor lokal dan sistemik:

1. Usia

Mengingat bahwa KOA paling umum terjadi pada orang lanjut usia, peningkatan usia disebut sebagai faktor risiko paling menonjol untuk perkembangannya. Seiring bertambahnya usia jaringan sendi mengalami perubahan, membuat lebih rentan terhadap perkembangan dan progresi KOA dari waktu ke waktu. Perubahan mekanis pada tulang rawan, yang dipengaruhi oleh *extracellular matrix* (ECM), *accumulation*

of advance glycation end-products (AGEs), penurunan hidrasi, dan peningkatan pemecahan kolagen, meningkatkan kerentanannya terhadap degenerasi. Sementara itu, pada kondrosit, kelainan mitokondria, stres oksidatif, dan penurunan autofagi mengubah kapasitasnya, merangsang jalur katabolik dan kematian sel (Yunus *et al.* 2020).

2. Cedera Sendi dan Trauma

Tulang rawan artikular merupakan jaringan yang kuat, mampu menahan tekanan berulang yang dihasilkan dari aktivitas fisik sehari-hari. Akan tetapi hal ini, tetap rentan terhadap trauma yang dapat merusak tulang rawan dan tulang subkondral. Kerusakan tersebut, bersama dengan fraktur intra-artikular, dapat meningkatkan risiko perkembangan KOA. Perubahan patologis sering kali terlihat dalam 10 tahun setelah cedera, dengan waktu timbulnya dipengaruhi oleh usia pasien saat cedera. Adanya peningkatan mediator inflamasi, termasuk interleukin-6 (IL-6) dan tumor *necrosis factor alpha* (TNF- α), dan degradasi kolagen dan proteoglikan setelah cedera yang melibatkan sendi memicu proses KOA (Yunus *et al.*, 2020).

3. Genetik

Studi epidemiologi dengan *twins revealed* mengungkapkan bahwa KOA yang diturunkan karena mutasi tertentu yang tidak umum pada kolagen tipe II, IX, atau XI, kolagen umum yang ditemukan pada tulang rawan artikular. Hal ini mengakibatkan KOA prematur yang dapat dimulai sejak masa remaja, sehingga menimbulkan bentuk artritis yang parah dan merusak yang memengaruhi berbagai sendi (Yunus *et al.*,

2020).

4. Faktor Anatomi

Bentuk sendi dapat mempengaruhi perkembangan KOA. Faktor anatomi yang signifikan yang diidentifikasi dengan KOA adalah keselarasan ekstremitas bawah. Selain itu, ada faktor lain yang dapat meningkatkan risiko perkembangan dan progresi KOA meliputi perbedaan panjang tungkai 1 cm, deformitas *varus* dan *valgus*, serta robekan ligamen cruciatum. Individu dengan kesejajaran *varus* (kaki busur) atau kesejajaran *valgus* memiliki risiko KOA *tibiofemoral* yang lebih tinggi. Hubungan faktor anatomi dengan KOA dijelaskan oleh perubahan mekanika sendi sebagai penyebab awal KOA. Perubahan mekanika yang memberikan beban ekstrem dan abnormal pada sel jaringan sendi memicu jalur mekanotransduksi yang mengakibatkan peningkatan sekresi mediator inflamasi dan enzim proteolitik (Yunus *et al.*, 2020).

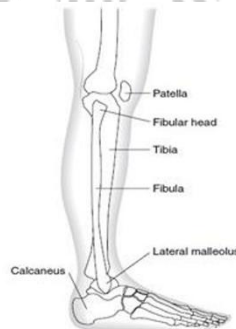
5. Demografi

Wanita memiliki risiko lebih tinggi terkena KOA. Angka kejadian KOA pada wanita berusia 65 tahun adalah 68% dibandingkan dengan 58% pada pria berusia 65 tahun. Hubungan kuat antara KOA dengan usia dapat menjelaskan mengapa KOA lebih umum terjadi pada tahun-tahun pascamenopause. Wanita pascamenopause lebih rentan terhadap artritis lutut karena kadar kalsitonin dan resorpsi tulang yang meningkat. Namun, terdapat beberapa bukti yang menunjukkan hilangnya estrogen bisa menjadi faktor penyebabnya. Hubungan antara

etnis dan KOA sudah diketahui dengan baik, hal ini disebabkan oleh perbedaan resorpsi tulang antara kelompok etnis yang berbeda. Selain itu, didukung oleh identifikasi perbedaan radiografi spesifik dalam beberapa ciri osteoarthritis. Keadaan lain seperti praktik budaya dan faktor sosial ekonomi yang dialami oleh kelompok etnis tertentu juga dianggap memengaruhi perbedaan prevalensi KOA.

3. Anatomi

Secara anatomi, sendi lutut terdiri dari tiga tulang utama, *femur* (tulang paha), *tibia* (tulang kering), dan *patella* (tempurung lutut). Ujung-ujung tulang ini ditutupi oleh kartilago artikular (*hyaline cartilage*), yaitu jaringan elastis yang memungkinkan permukaan tulang bergerak dengan mulus satu sama lain. Selain itu, diantara *tibia* dan *femur* terdapat dua meniskus berbentuk bulan sabit, pada sisi lateral dan medial, yang berfungsi mengurangi gesekan dan mendistribusikan beban tubuh pada sendi lutut (Mora et al. 2018).

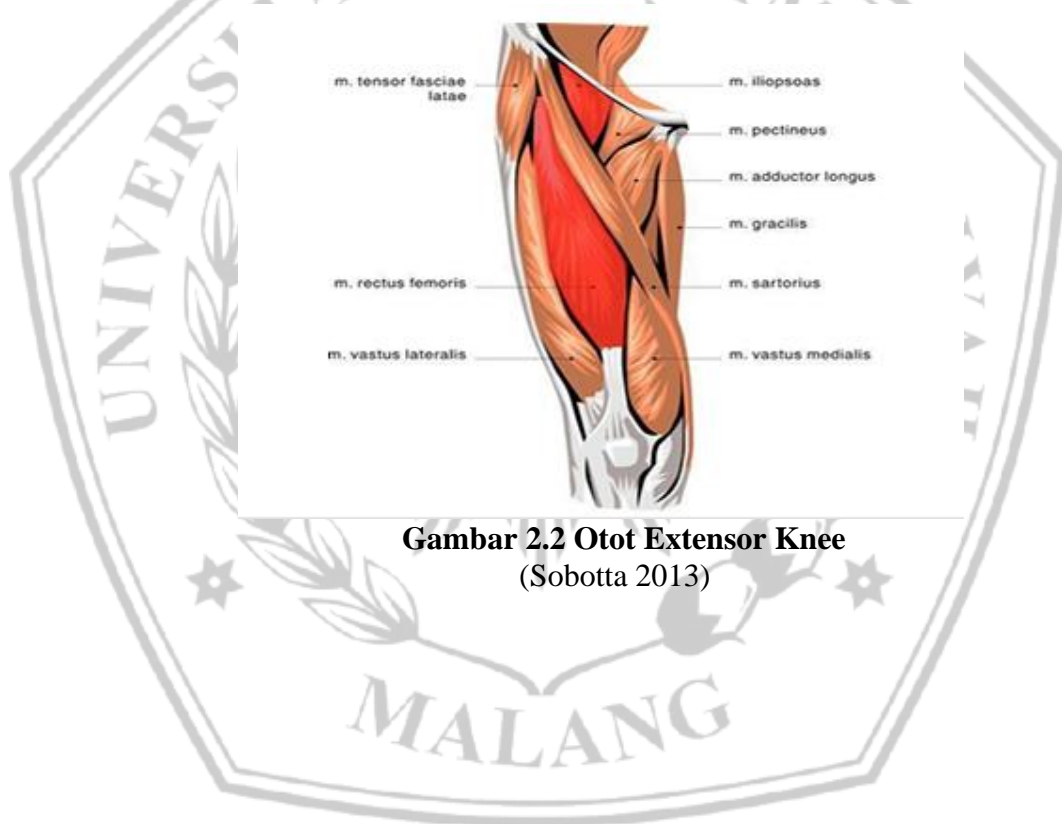


Gambar 2.1 Tulang Penyusun Knee
(Lippert 2011)

Sendi lutut diperkuat oleh kapsul sendi yang terdiri atas lapisan luar berupa jaringan ikat padat dan lapisan dalam berupa membran sinovial yang

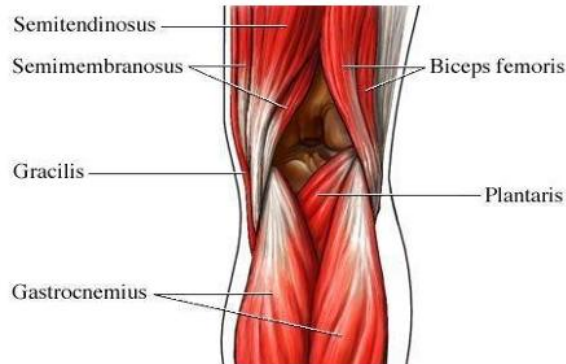
menghasilkan cairan sinovial sebagai pelumas sendi dan sumber nutrisi bagi kartilago. Kapsul sendi ini didukung oleh beberapa ligamen penting *medial collateral ligament (MCL)*, *lateral collateral ligament (LCL)*, *anterior cruciate ligament (ACL)*, dan *posterior cruciate ligament (PCL)*, yang semuanya berperan menjaga stabilitas sendi lutut (Mora et al., 2018).

Lutut digerakkan oleh kelompok otot utama, yaitu *quadriceps femoris*, yang terdiri dari *rectus femoris*, *vastus lateralis*, *vastus medialis*, dan *vastus intermedius* yang berfungsi pada gerakan ekstensi lutut.



Gambar 2.2 Otot Extensor Knee
(Sobotta 2013)

Otot *hamstring* yang meliputi *biceps femoris*, *semitendinosus*, dan *semimembranosus*, berfungsi pada gerakan fleksi lutut.



Gambar 2.3 Otot Flexor Knee
(Sobotta 2013)

Tendon quadriceps menghubungkan otot *quadriceps* ke *patella*, sedangkan *tendon patella* menghubungkan *patella* ke *tibia* (Mora et al., 2018). Inervasi sendi lutut berasal dari cabang saraf femoralis, tibialis, obturator, dan peroneal. Saraf-saraf ini tidak hanya mengatur kontraksi otot-otot sekitar lutut, tetapi juga membawa sensasi nyeri dan propriosepsi. Pada *osteoarthritis*, tulang subkondral yang melibatkan pembuluh darah dan saraf sensorik dapat meningkatkan persepsi nyeri akibat stimulasi inflamasi dan mekanik pada jaringan sendi.

Sendi lutut dipersarafi oleh cabang-cabang saraf yang juga mensarafi otot-otot di sekitarnya dan mengatur gerakan di dalam sendi lutut. Oleh karena itu, sendi lutut dipersarafi oleh saraf-saraf, yaitu saraf *femoralis*, saraf *obturator*, saraf *peroneal communis*, dan saraf *tibialis*.

Biomekanik lutut dibentuk oleh epifisis distal *femur*, *epifisis proksimal*, *tibia*, dan *patela*, serta memiliki beberapa sendi yang dibentuk oleh tulang-tulang yang terhubung, yaitu antara *femur* dan *patela*, yang

disebut sendi *tibiofemoral*, dan antara *tibia* dan *fibula* proksimal, yang disebut sendi tibioproksimal. Pada *knee* terdiri dari hubungan antara: os *femur* dan os *tibia* (tibiofemoral joint), os *femur* dan os *patella* (patellofemoral joint), os *tibia* dan os *fibula* (tibiofibular proksimal joint).

a. Tibiofemoral joint

Sendi ini dibentuk oleh kondilus femoral lateral dan medial (cembung) dan tulang tibia plateau (cekung). Permukaan artikular kondilus medial kira-kira 1-2 cm lebih lebar daripada kondilus lateral, yang membatasi gerakan fleksi dan ekstensi pada permukaan artikular lateral dibandingkan dengan permukaan medial.

b. Patellofemoral joint

Sendi ini terdiri dari tiga permukaan lateral dan satu permukaan medial. Otot vastus lateralis menarik patela ke arah proksimal, sedangkan otot vastus medialis menariknya ke arah medial, sehingga menstabilkan posisi patela..

c. Tibiofibularis proksimal joint

Hubungan antara tulang tibia dan fibula disebut syndesmosis, yang membantu meningkatkan beban pada sendi lutut sebesar 1/16 dari berat badan.

4. Patofisiologi

Tulang rawan sendi terdiri dari sel-sel tulang rawan *kondrosit* dan *matriks* tulang rawan. *Kondrosit* mensintesis *matriks* tulang rawan dan menjaga integritasnya, memastikan fungsi tulang rawan yang optimal. Komposisi matriks tulang rawan secara garis besar adalah air, *proteoglikan*

dan kolagen. Terdapat 3 fase dalam *knee osteoarthritis*, yakni sebagai berikut:

1. Fase 1

Proteolisis awalnya terjadi di matriks tulang rawan. *Proteolisis* ini adalah proses degradasi protein baik di matriks maupun sel tulang rawan (*kondrosit*), yang dipicu oleh kombinasi berbagai faktor risiko dan proses fisiologis. Inilah alasan terjadinya penipisan tulang rawan sendi. (Sudoyo *et al*, 2015).

2. Fase II

Di fase atau tahap kedua ini, pengikisan pada permukaan tulang rawan persendian mulai terjadi secara signifikan. Karena pengikisan ini, terjadilah fibrosis pada permukaan tulang rawan persendian untuk menutupi tulang rawan sendi yang terkikis. Genesis dari jaringan fibrosis ini juga disertai dengan adanya pelepasan proteoglikan dan pecahan kolagen ke dalam cairan *synovial*

Pada fase kedua ini, pengikisan terjadi secara signifikan pada permukaan tulang rawan sendi. Pengikisan ini menyebabkan pembentukan fibrosis untuk menutupi tulang rawan yang terkikis. Jaringan fibrotik ini juga disertai dengan pelepasan proteoglikan dan fragmen kolagen ke dalam cairan sinovial (Sudoyo *et al*., 2015).

3. Fase III

Penguraian produk tulang rawan memicu respons inflamasi pada membran sinovial. Makrofag sinovial meningkatkan produksi interleukin 1 (IL-1), faktor nekrosis tumor alfa (TNF- α), dan prostaglandin. Kondisi ini memberikan manifestasi awal pada persendian seperti nyeri dan secara

langsung memberikan dampak adanya destruksi pada kartilago. Molekul-molekul proinflamasi lainnya seperti *Nitric Oxide* (NO) juga ikut terlibat. Kondisi ini memberikan manifestasi perubahan arsitektur sendi dan memberikan dampak terhadap pertumbuhan tulang akibat stabilitas sendi. Perubahan arsitektur sendi dan stress inflamasi memberikan pengaruh pada permukaan artikular menjadi kondisi gangguan yang progresif. Selain itu juga jaringan sendi yang terkikis menyebabkan syaraf pada sendi terbuka sehingga syaraf pada sendi bergesekan dengan jaringan sendi yang bertemu yang juga mengakibatkan nyeri (Sudoyo *et al.*, 2015).

B. Range of Motion (ROM)

1. Definisi

Range of motion (ROM) merupakan istilah yang digunakan untuk menggambarkan derajat pergerakan maksimum yang dapat dilakukan oleh suatu sendi tanpa mengalami rasa sakit atau hambatan gerak. ROM menjadi indikator penting dalam menilai fungsi muskuloskeletal dan mobilitas sendi (Smith *et al.*, 2017). Secara fisiologis, rentang gerak sendi dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara struktur anatomis seperti kapsul sendi, ligamen, otot, tendon, serta jaringan lunak penunjang lainnya (Yoon *et al.*, 2020). Oleh karena itu, keterbatasan ROM sering kali menjadi cerminan adanya disfungsi struktural atau neuromuskular. Pengukuran ROM menjadi alat yang sangat berharga untuk menilai progres terapi, efektivitas intervensi rehabilitasi, dan prognosis jangka panjang dari berbagai kondisi klinis, termasuk *osteoarthritis*, cedera muskuloskeletal, stroke, serta kondisi neurologis kronik lainnya. Studi oleh Tavip Indrayana dan Teguh Wahyudin (2020) menunjukkan bahwa

rentang gerak fleksi lutut pada lansia berada antara $117,52^\circ$ hingga $125,88^\circ$ setelah latihan ROM aktif, dengan rata-rata awal di bawah 130° , yang berarti masih di bawah nilai normal dewasa muda. Penurunan ROM ini disebabkan oleh degenerasi jaringan ikat dan kapsul sendi pada lansia. Menurut Potter & Perry (2006) dan Chih-Yen Chiang *et al.* (2017), nilai normal ROM fleksi lutut pada orang dewasa sehat adalah 120° – 135° . Studi lain menyebutkan batas atas fleksi lutut normal hingga 135° – 150° .

2. Klasifikasi

Secara umum, ROM diklasifikasikan menjadi tiga kategori berdasarkan mekanisme penggerakannya:

1. *Active ROM*

Merupakan gerakan sendi yang dilakukan secara aktif oleh individu melalui kontraksi otot tanpa bantuan. ROM aktif mencerminkan integritas sistem neuromuskular dan kemampuan motorik individu secara keseluruhan (Lim *et al.* 2018).

2. *Passive ROM*

Range of Motion (ROM) pasif merujuk pada rentang gerak sendi yang dicapai ketika pergerakan dilakukan sepenuhnya oleh kekuatan eksternal, tanpa adanya kontraksi otot dari individu yang diperiksa. Pergerakan ini biasanya dilakukan oleh terapis atau alat bantu, dan digunakan untuk menilai integritas struktur sendi serta elastisitas jaringan lunak di sekitarnya. ROM pasif umumnya lebih besar dibandingkan ROM aktif karena tidak melibatkan resistensi otot yang berkontraksi.

3. *Active Assisted ROM* (AAROM)

Jenis latihan gerak sendi di mana pasien melakukan kontraksi otot secara aktif dengan bantuan dari luar, baik oleh terapis, alat bantu, atau anggota tubuh lain, untuk membantu menggerakkan sendi ke dalam rentang gerak yang lebih luas. Latihan ini diberikan pada pasien yang sudah mampu menggerakkan sendi secara sebagian namun belum cukup kuat atau belum mampu melakukan gerakan penuh secara mandiri.

AAROM bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas sendi, memperkuat otot, dan mencegah kekakuan atau kontraktur pada sendi, terutama pada kondisi seperti *osteoarthritis* yang menyebabkan keterbatasan gerak akibat nyeri dan degenerasi jaringan sendi. Latihan ini juga membantu memelihara mobilitasi sendi dan memperbaiki fungsi otot dengan cara yang lebih aman dan terkendali dibandingkan latihan aktif penuh tanpa bantuan.

3. Faktor yang Mempengaruhi

1. Usia

Usia merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi rentang gerak. Seiring bertambahnya usia, terjadi perubahan pada sistem muskuloskeletal, seperti penurunan massa otot, elastisitas jaringan, dan fleksibilitas sendi. Lansia umumnya mengalami hambatan dalam pergerakan akibat perubahan fisik dan degenerasi sendi, sehingga ROM cenderung menurun pada kelompok usia lanjut (Pranata *et al.* 2019).

2. Jenis Kelamin

Terdapat perbedaan rentang gerak antara pria dan wanita. Wanita umumnya memiliki rentang gerak sendi yang lebih besar daripada pria, yang disebabkan oleh ligamen yang lebih fleksibel dan massa otot yang lebih sedikit. (Pranata *et al.*, 2019).

3. Gaya Hidup dan Aktifitas Fisik

Gaya hidup aktif dan kebiasaan melakukan latihan fisik, termasuk latihan ROM, dapat membantu mempertahankan atau meningkatkan ROM. Sebaliknya, gaya hidup sedentari dan kurangnya aktivitas fisik dapat menyebabkan penurunan fleksibilitas sendi (Pranata *et al.*, 2019).

4. Riwayat Penyakit Kronis

Adanya penyakit kronis seperti stroke, arthritis, atau cedera pada sendi dapat membatasi ROM akibat nyeri, inflamasi, atau perubahan struktur sendi. Riwayat trauma atau kelainan anatomi juga dapat memengaruhi kemampuan sendi untuk bergerak secara optimal (Pranata *et al.*, 2019).

C. Frekuensi Intervensi

1. Definisi

Frekuensi intervensi didefinisikan sebagai jumlah partisipasi dalam sesi pelatihan dalam periode waktu tertentu dan umumnya diukur per minggu. Frekuensi intervensi ini mencerminkan seberapa sering individu dalam melakukan intervensi yang terstruktur. Dengan kata lain, frekuensi intervensi

adalah indikator kuantitatif dari seberapa sering stimulus latihan diterapkan dalam rentang waktu mingguan (Hajar *et al.*, 2025).

2. Dampak Frekuensi Intervensi

Frekuensi intervensi secara teratur berperan penting dalam mempertahankan dan meningkatkan elastisitas jaringan lunak di sekitar sendi lutut, seperti otot, tendon, ligamen, dan kapsul sendi. Pada penderita *knee osteoarthritis*, terjadi penurunan fleksibilitas ROM akibat fibrosis jaringan, penebalan kapsul sendi, dan kekakuan otot terutama pada otot *quadriceps* dan *hamstring*. Dengan frekuensi intervensi secara rutin, jaringan lunak tersebut mengalami adaptasi berupa peningkatan ekstensibilitas dan pengurangan kekakuan, sehingga rentang gerak sendi dapat diperluas (Nizar *et al.*, 2025)

Frekuensi intervensi yang dilakukan 3 kali per minggu dan pengulangan beberapa kali, dapat terjadi perubahan fisiologis seperti peningkatan sirkulasi darah, pengurangan inflamasi lokal, serta peningkatan suplai nutrisi ke jaringan sendi dan otot. Hal ini membantu mengurangi rasa nyeri dan kekakuan yang sering membatasi pergerakan sendi pada penderita *knee osteoarthritis* (Nizar *et al.*, 2025).

Frekuensi intervensi yang konsisten membantu mencegah penurunan lebih lanjut dari rentang gerak akibat imobilitas atau disfungsi sendi. Dengan demikian, frekuensi intervensi yang adekuat berkontribusi pada peningkatan fleksibilitas ROM melalui mekanisme peningkatan elastisitas jaringan lunak, pengurangan kekakuan, adaptasi neuromuskular, dan pengurangan nyeri, yang secara keseluruhan memperbaiki fungsi sendi lutut pada penderita *knee osteoarthritis* (Nizar *et al.*, 2025).