

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

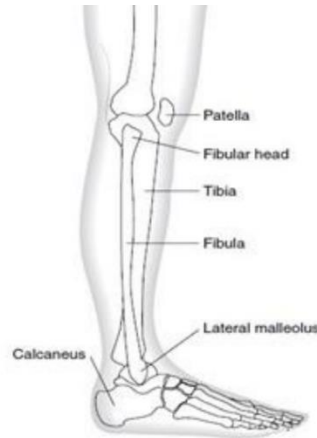
A. Anatomi *Knee*

1. Tulang Penyusun

Tulang yang membentuk sendi genu, yaitu *femur*, *tibia*, *fibula*, dan *patella*. Tulang femur merupakan tulang pipa terpanjang dan terbesar dalam tubuh, di mana bagian pangkalnya menyambung dengan *acetabulum* dan membentuk kepala sendi yang disebut sebagai *caput femoris*. Di bagian atas dan bagian bawah *columna femoris* terdapat *trochanter major* dan *trochanter minor*, sedangkan pada ujungnya terdapat sendi genu yang memiliki dua tonjolan *condylus medial* dan *condylus lateral* dengan lekukan di antara keduanya sebagai tempat letaknya tulang tempurung (*patella*) yang disebut *fossa condyles*. Tulang tibia bentuknya lebih kecil dan memiliki pangkal yang terhubung dengan os *fibula*, serta ujung yang membentuk sendi dengan tulang pangkal kaki dan memiliki tonjolan disebut os *malleolus medialis*. Tulang fibula merupakan tulang pipa yang terbesar kedua setelah *femur* yang membentuk persendian *genu* dengan os *femur* pada bagian ujungnya dan memiliki tonjolan yang disebut os *malleolus lateralis* atau mata kaki luar (Pratama, 2019).

Pada gerakan fleksi dan ekstensi, *patella* bergerak di atas tulang *femur*. Jarak antara *patella* dengan *tibia* tetap sama selama gerakan, yang berubah hanyalah jarak antara *patella* dengan *femur*. Selain berfungsi sebagai penghubung otot-otot atau tendon, *patella* juga berperan sebagai pengungkit pada sendi lutut. Ketika lutut dalam posisi fleksi 90 derajat,

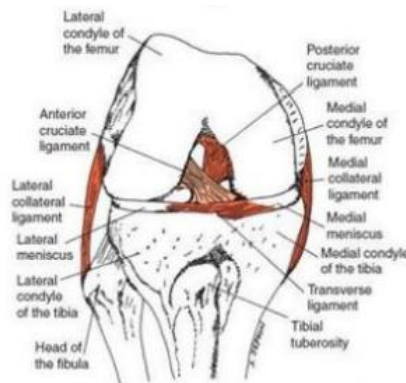
patella berada di antara kedua *condyles femur*. Sedangkan saat ekstensi, *patella* akan berada di permukaan depan *femur* (Pratama, 2019).



Gambar 2.1 Tulang Penyusun (Pratama, 2019)

2. Ligamen Knee Joint

Tulang-tulang pada sendi lutut tidak langsung dihubungkan oleh tulang lain, melainkan oleh ligamen dan otot yang menjaga kestabilan sendi. Ligamen utama yang berperan adalah *ligament collateral* dan *ligament cruciatum*. *Ligament cruciatum* terletak di dalam kapsul sendi sehingga disebut *ligament intacapsular*, dan berada di antara *condylus medial* dan *lateral* dengan posisi saling menyilang. *Anterior cruciatum ligament* melekat pada area *intercondylus anterior tibia* dan berjalan ke atas, ke belakang, serta lateral menuju bagian *posterior* permukaan *medial condylus lateral femur*. Sedangkan *posterior cruciatum ligament* melekat pada area *intercondylaris posterior tibia* dan berjalan ke arah atas, ke depan, serta *medial* menuju bagian *anterior* permukaan *lateral condylus medial femur* (Pratama, 2019).



Gambar 2.2 Ligamen (Denny Pratama, 2019)

Ligamen *medial collateral* menempel pada *condylus media femur* dan *tibia*, serat dari *meniscus medial* juga melekat pada ligament ini, yang sering menyebabkan *meniscus medial* mudah robek saat terjadi bentuk berlebihan (Pratama, 2019). Sementara itu, ligament *lateral collateral* menempel dari *condylus lateral femur* hingga ke *caput fibula*, ligament ini sangat kuat dan berfungsi melindungi sendi lutut dari tekanan atau benturan dari sisi medial (Pratama, 2019).

3. Otot Penyusun *Knee Joint*

Dalam sendi genu terdapat dua gerakan utama, yaitu fleksi dan ekstensi. Untuk dapat melakukan gerakan tersebut dibutuhkan kelompok otot sekitar sendi genu (Pratama, 2019). Berikut ini adalah kelompok otot yang membantu pergerakan fleksi dan ekstensi *knee joint*:

a. Fleksor Knee

Kelompok otot fleksor knee adalah hamstring yang terdiri dari biceps femoris, semitendinosus, dan semimembranosus. Selain itu juga

dibantu otot-otot gracilis, sartorius, gastrocnemius, popliteus dan plantaris.

1) *Biceps Femoris*

Origo: *Tuberositas ischiadicum*, membagi tendon sama besar dengan *semitendinosus* dan *semimembranosus*.

Inersio: sisi *lateral caput fibula*

Inervasi: *nervus tibial* (S1-S3).

2) *Semitendinosus*

Origo: *Tuberositas ischiadicum*, membagi tendon sama besar dengan *semitendinosus* dan *biceps femoris*

Inersio: Permukaan medial dari superior tibia melalui tendon pes anserinu

Inervasi: *nervus tibial* (L5-S2).

3) *Semimembranosus*

Origo: *Tuberositas ischiadicum*, membagi tendon sama besar dengan *semitendinosus* dan *biceps femoris*

Inersio: permukaan *posterior medial condylus tibia*

Fungsi: fleksi *knee*, rotasi hip kearah *medial* (*endorotasi*)

Inervasi: *nervus tibial* (L5-S2).

4) *Gracilis*

Origo: ½ dibawah *symphysis pubis* dan ½ atas *arcus pubis*.

Inersio: permukaan *medial* dari *superior tibia* melalui tendon *pesanserinus*

Inervasi: *nervus obturator* (L3-L4)

5) *Sartorius*

Origo: *Spina iliaca anterior superior*

Inersio: permukaan *anteromedial* atas *os tibia* tepat di *pes anserinus*.

Inervasi: *nervus femoral* (L2-L3).

6) *Gastrocnemius*

Origo: *Caput medial* dan *lateral* dari permukaan *posterior condylus femoralis*.

Inersio: permukaan *posterior calcaneus* membentuk *tendon Achilles*

Inervasi: *nervus tibial* (S1-S2).

7) *Popliteus*

Origo: *Condylus lateralis femur* (bagian *lateral*)

Inersio: permukaan *posterior tibia* bagian proksimal

Inervasi: *nervus tibial* (L4, S1).

8) *Plantaris*

Origo : *Lateral supracondylar femur* di atas *lateral head gastrocnemius*

Inersio: *tenda calcaneus*

Inervasi: *nervus Tibial*.



Gambar 2.3 Ekstensor Genu (Denny Pratama, 2019)

Ekstensor Genu Kelompok otot ekstensor genu adalah *quadriceps* yang terdiri dari *rectus femoris*, *vastus medialis*, *vastus intermedius*, dan *vastus lateralis*. Keempat otot *quadriceps* bersatu membentuk tendon dan melekat pada tulang tibia (*tuberositas tibialis*) melalui *ligament patella* (Pratama, 2019).

1) *Rectus Femoris*

Origo: *Spina iliaca anterior inferior* dan bagian superior lekukan *acetabulum*

Inserio: *tuberositas tibia*

Inervasi: *nervus femoral* (L2-L4).

2) *Vastus Medialis*

Origo: *Linea intertrochanterica* dan bagian *medial linea aspera*

Inserio: *tendon patella* dan *tuberositas tibia*

Inervasi: *nervus femoris* (L2-L4).

3) *Vastus Intermedius*

Origo: 2/3 atas bagian *anterior* dan permukaan *lateral os femur*

Inserio: *tuberositas tibialis*.

Inervasi: *nervus femoral* (L2-L4).

4) *Vastus Intermedius*

Origo: 2/3 atas bagian *anterior* dan permukaan *lateral os femur*

Inersio: *tuberositas tibialis*

Inervasi: *nervus femoral* (L2-L4).

4. Bursa *Knee Joint*

Bursa adalah suatu kantung tertutup dari jaringan areolar. Dindingnya lembek saling terpisah oleh suatu lapisan cairan licin yang menyerupai putih telur. Sebagian suatu pelumas dan untuk mengurangi gesekan antara tulang, otot, tendon serta memungkinkan gerakan bebas (Pratama, 2019).

a. Bursa Anterior

1) Bursa *supra patellaris*

Terletak di bawah *m. quadriceps femoris* dan berhubungan erat dengan rongga sendi.

2) Bursa *prepatellaris*

Terletak pada jaringan subcutan diantara kulit dan bagian depan belahan bawah patella dan bagian atas *ligamenum patella*.

3) Bursa *infrapatellaris superficialis*

Terletak pada jaringan subcutan diantara kulit dan bagian depan belahan bawah *ligamenum patella*.

4) Bursa *infrapatellaris profunda*

Terletak diantara permukaan *posterior* dari *ligamenum patella* dan permukaan *anterior tibia*. Bursa ini terpisah dari *cavum* sendi melalui jaringan lemak dan hubungan antara keduanya ini jarang terjadi.

b. Bursa Superior

1) *Recessus subpopliteu*

Ditemukan sehubungan dengan tendon *m. popliteus* dan berhubungan dengan rongga sendi



Gambar 2.4 Bursa (Denny Pratama, 2019)

2) Bursa *M. Semimembranosus*

Ditemukan sehubungan dengan insersio *m.semimembranosus* dan sering berhubungan dengan rongga sendi (Pratama, 2019).

5. Persyarafan pada sendi genu

Persyarafan pada sendi genu adalah melalui cabang-cabang dari nervus yang mensarafi otot-otot disekitar sendi dan berfungsi untuk mengatur pergerakan pada sendi genu. Sehingga sendi genu disarafi oleh:

- a. *N. Femoralis* mempersarafi *m.quadriceps* dan *m. Sartorius*
- b. *N. Obturatorius*
- c. *N. peroneus communis* mempersarafi *short head m. biceps femoris* dan kemudian mengalir melewati *fossa popliteal* dan melilit mengelilingi *proksimal caput fibula*
- d. *N. Tibialis* mempersarafi *m. hamstring* dan *m. Gsstrocnemius* (Pratama, 2019).

6. Meniscus *knee joint*

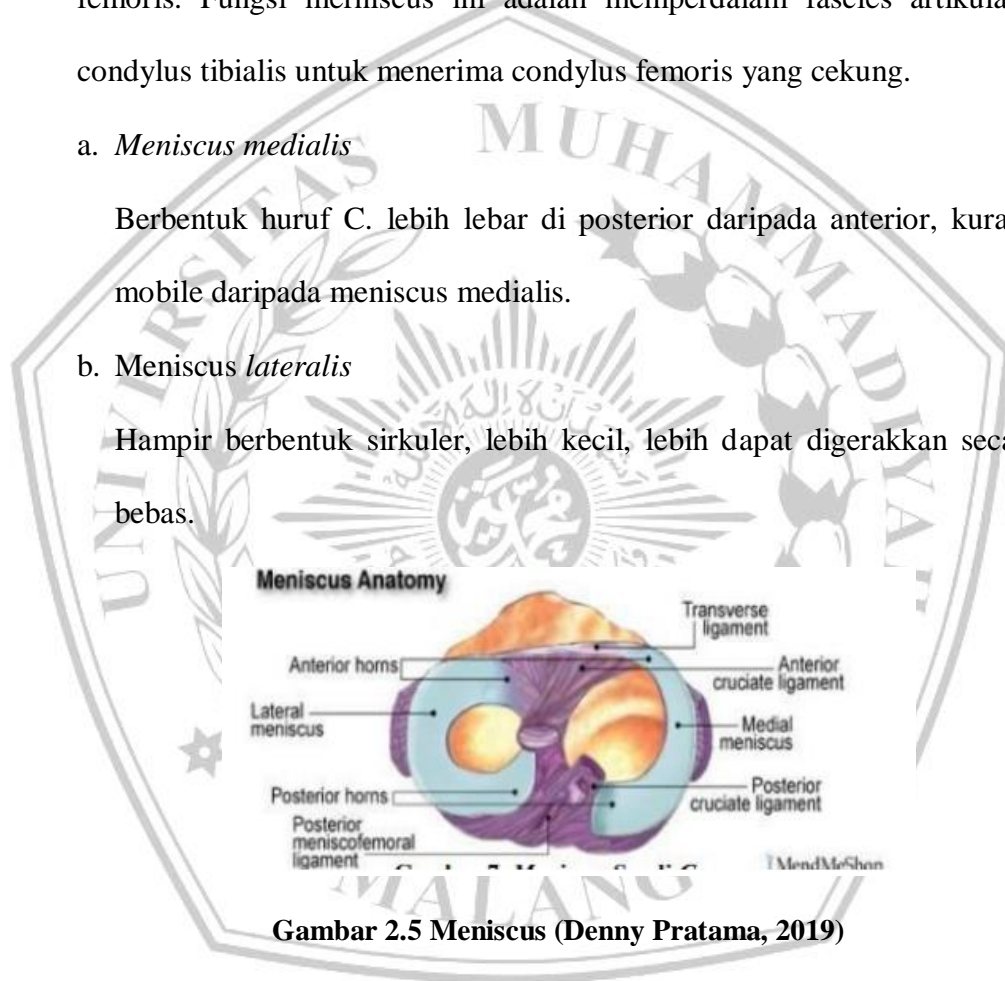
Meniscus adalah lempeng berbentuk sabit *fibrocartilago* pada permukaan artikular tibia. Batas periferinya tebal dan cembung. Melekat pada bursa. Batas dalamnya cekung dan membentuk tepian bebas. Permukaan atasnya cekung dan berhubungan langsung dengan condylus femoris. Fungsi meniscus ini adalah memperdalam fascies artikularis condylus tibialis untuk menerima condylus femoris yang cekung.

a. *Meniscus medialis*

Berbentuk huruf C. lebih lebar di posterior daripada anterior, kurang mobile daripada meniscus lateralis.

b. *Meniscus lateralis*

Hampir berbentuk sirkuler, lebih kecil, lebih dapat digerakkan secara bebas.



Gambar 2.5 Meniscus (Denny Pratama, 2019)

7. Kapsul sendi

Knee Joint Kapsul sendi merupakan pengikat kedua tulang yang bersendi agar tulang tetap berada pada tempatnya pada waktu terjadi gerakan. Tersusun atas *fibrosis* dan membran *synovial internal* yang

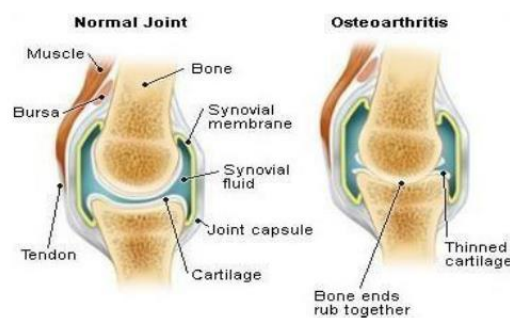
melapisi semua 18 permukaan *internal cavitas artikularis* yang tidak dilapisi kartilago artikularis. Kapsul sendi terdiri dari:

a. Lapisan luar

Disebut juga *fibrous capsul*, terdiri dari jaringan penghubung yang kuat yang tidak teratur. Dan akan berlanjut menjadi lapisan *fibrous* dari *periosteum* yang menutupi bagian tulang. Dan sebagian lagi akan menebal dan membentuk ligamentum.

b. Lapisan dalam

Disebut juga *synovial membran*, bagian dalam membatasi *cavum* sendi dan bagian luar merupakan bagian dari artikular kartilago. Membran ini menghasilkan cairan *synovial* yang terdiri dari serum darah dan cairan sekresi dari sel *synovial*. Cairan *synovial* ini merupakan campuran yang kompleks dari polisakarida protein, lemak dan sel-sel lainnya. *Polisakarida* ini mengandung *hyaluronic acid* yang merupakan penentu kualitas dari cairan *synovial* dan berfungsi sebagai pelumas dari permukaan sendi sehingga sendi mudah digerakkan (Pratama, 2019).



Gambar 2.6 Kapsul Sendi (Denny Pratama, 2019)

B. BIOMEKANIK

1. Biomekanik *knee joint*

Sendi genu dibentuk oleh *epiphysis distalis* tulang *femur*, *epiphysis proksimalis*, tulang *tibia* dan tulang *patella*, serta mempunyai beberapa 19 sendi yang terbentuk dari tulang yang berhubungan, yaitu antar tulang *femur* dan *patella* disebut *articulation tibio femoral* dan antara tulang *tibia* dengan tulang *fibula proksimal* disebut *articulation tibio proksimal*. Sendi genu 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*

Dibentuk oleh *condylus femoralis lateralis* dan *medialis* (convex/cembung) dan *tibia plateu* (concave/cekung). Permukaan sendi dari *condylus medialis* lebih lebar dibanding *condylus lateralis* kira-kira 1-2 cm, sehingga jika terjadi gerakan *fleksi* atau *ekstensi* pada permukaan sendi bagian *lateral* sudah terbatas dibanding bagian *medial*. Konsekuensinya, penekanan pada bagian *medial* relatif lebih kecil dibanding pada bagian *lateral*. Bentuk kroming kedua *condylus* pada bagian *anterior* lebih kecil dibanding pada bagian *posterior*. Pada keadaan seperti itu maka fase-fase terjadi gerak *rolling* dan *sliding* yang mengikuti arah dari permukaan sendi. Pada prinsipnya gerak *meniscus* mengikuti gerak dari *condylus femoralis*, sehingga waktu *fleksi* maka bagian *posterior* dari kedua *meniscus* tertekan yang memberikan

regangan kearah *posterior* sepanjang 6 mm untuk *meniscus medialis* dan sepanjang 12 mm untuk *meniscus lateralis* (Pratama, 2019).

b. *Patellofemoral joint*

Facet sendi ini terdiri dari tiga permukaan pada bagian lateral pada satu permukaan pada bagian medial. *M. Vastus lateralis* menarik *patella* kearah *proximal* sedangkan. *Vastus medial* menarik *patella* ke *medial*, sehingga posisi *patella* stabil (Pratama, 2019).

c. *Tibiofibularis proksimal joint*

Hubungan tulang *tibia* dan *fibula* merupakan *syndesmosis* yang ikut memperkuat beban yang diterima sendi Genu sebesar 1/16 dari berat badan (Pratama, 2019).

2. Osteokinematik sendi Genu

Osteokinematik merupakan gerakan yang terjadi diantara kedua tulang. Klasifikasi osteokinematik ditinjau dari mekanika sendi terdiri atas dua bagian yaitu *swing* dan *spin*. *Swing* adalah suatu gerak ayunan sehingga terjadi perubahan sudut diantara axis panjang tulang-tulang pembentuknya. Sedangkan *spin* adalah suatu gerakan dimana tulang bergerak tetapi *axis* mekanik sendi tidak bergerak. Gerakan yang terjadi pada sendi genu adalah: gerakan *fleksi* 10° -140°, gerakan *hyperekstensi* 0° -10°, gerakan *eksorotasi* dengan posisi genu *fleksi* 90°, gerakan *endorotasi* dengan posisi genu *fleksi* 90° (Pratama, 2019).

a. Arthrokinematik sendi Genu

Arthrokinematik sendi genu adalah pada *femur* (cembung) maka gerakan yang terjadi adalah *rolling* dan *sliding* berlawanan arah. saat

fleksi femur rolling ke arah belakang dan *sliding* ke arah depan. Untuk gerakan *ekstensi*, *rolling* kedepan dan *sliding* kebelakang. Dan jika *tibia* bergerak *fleksi* maupun *ekstensi* maka *rolling* maupun *sliding* akan searah, saat gerakan *fleksi* menuju ke *dorsal* sedang pada saat bergerak *ekstensi* menuju kedepan. Pergerakan pada sendi Genu pergerakan pada sendi genu meliputi gerakan *fleksi*, *ekstensi*, dan sedikit rotasi (Pratama, 2019).

1) *Ekstensi*

Ekstensi dilaksanakan oleh *m. quadriceps femoris* dan dibatasi mula-mula oleh *ligamenum cruciatum anterior* yang menjadi tegang. *Ekstensi* sendi genu lebih lanjut disertai rotasi medial dari *femur* dan *tibia* serta *ligamen collateral medial dan lateral* serta *ligamenum popliteus obliquum* menjadi tegang, serat-serat posterior *ligamenum cruciatum posterior* juga diertakan. Sehingga sewaktu sendi genu mengalami *ekstensi* penuh ataupun sedikit *hiperekstensi*, rotasi *medial* dari *femur* mengakibatkan pemutaran dan penguncian semua ligamen utama dari sendi, dan genu berubah menjadi struktur yang secara mekanis kaku. *Rotasi femur* sebenarnya mengembalikan *femur* pada *tibia* dan *meniscus* didapatkan mirip bantal karet di antara *condylus femoris* dan *condylus tibialis*. Genu berada dalam keadaan terkunci bila dalam keadaan *hiperekstensi* (Pratama, 2019).

2) *Fleksi*

Sebelum *fleksi* sendi genu dapat berlangsung, ligamen-ligamen utama harus dalam keadaan kendur untuk memungkinkan terjadinya

gerakan di antara permukaan sendi. Peristiwa mengurai dan terlepas dan keadaan terkunci ini dilaksanakan oleh *m. popliteus*, yang memutar *femur* ke *lateral* pada *tibia*. Sewaktu *condylus lateralis femoris* bergerak mundur, perlekatan *m. popliteus* pada *meniskus lateral* ikut tertarik ke belakang. *Meniskus* harus menyesuaikan bentuknya pada garis bentuk *condylus* yang berubah. Pada posisi genu 90° maka kemungkinan rotasi sangat luas. Rotasi *medial* dilakukan *sartorius*, *m. gracilis*, dan *m. semitendinosus*, rotasi *lateral* dilakukan *m. biceps femoris*. Pada posisi *fleksi*, dalam batas tertentu *tibia* secara *passive* dapat digerakkan ke depan dan belakang terhadap *femur*, hal dimungkinkan karena *ligamen intrakapsuler* sedang dalam keadaan kendur (Pratama, 2019).

C. Konsep *Knee Osteoarthritis*

1. Definisi

Osteoarthritis (OA) merupakan penyakit degenerasi pada sendi yang melibatkan kartilago, lapisan sendi, ligamen, dan tulang dengan karakteristik degenerasi yang progresif dari kartilago, hipertropi dan remodelling dari tulang subkondral dan inflamasi sekunder dari membrane *synovial* (Kawiyana *et al.*, 2020). *Osteoarthritis* lutut adalah jenis penyakit sendi yang paling umum dijumpai di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Kondisi ini menimbulkan rasa nyeri pada sendi lutut dan dapat menyebabkan disabilitas, sehingga menghambat aktivitas harian serta menurunkan tingkat produktivitas, baik pada individu maupun kelompok masyarakat (Akbar & Santoso, 2019).

Menurut (Hellmi *et al.*, 2021), Klasifikasi osteoarthritis yang digunakan didasarkan pada sistem *Kellgren* dan *Lawrence*. Sistem ini menilai tingkat keparahan *osteoarthritis* lutut melalui pemeriksaan radiologis (*X-ray*) yang dibagi menjadi lima grade, yaitu grade 0 yang menunjukkan kondisi normal hingga grade 4 yang menandakan *osteoarthritis* berat

Tabel 2.1 Klasifikasi OA (Hellmi *et al.*, 2021),

Derajat	Keterangan
0	Normal, tidak ada tanda-tanda OA pada radiologis.
1	Ragu-ragu, mungkin ada tanda-tanda OA ringan (osteofit kecil/penyempitan ruang sendi yang minimal).
2	Ringan, osteofit jelas terlihat dan penyempitan ruang sendi ringan.
3	Sedang, osteofit sedang, dan penyempitan ruang sendi sedang.
4	Berat, osteofit besar, penyempitan ruang sendi berat dan sclerosis tulang subkondral.

2. Etiologi

Menurut (Kawiyana *et al.*, 2020) berdasarkan etiopatogenesisnya, osteoarthritis dibagi menjadi dua jenis yaitu :

- a. OA Primer (idiopatik) adalah kondisi di mana penyebabnya tidak diketahui dan tidak berkaitan dengan penyakit sistemik, inflamasi atau perubahan lokal pada sendi.
- b. OA sekunder disebabkan oleh berbagai faktor, seperti penggunaan sendi yang berlebihan dalam aktivitas kerja, olahraga berat, cedera sebelumnya, penyakit sistemik, atau inflamasi.

3. Faktor Resiko

Terdapat beberapa faktor resiko dari knee osteoarthritis yang terdiri dari :

- a. Faktor resiko sistemik

1) Usia

Usia merupakan faktor risiko yang paling umum terjadinya *osteoarthritis*. Seiring bertambahnya usia, ketahanan sendi meningkat akibat berbagai mekanisme. Kartilago sendi pada orang lebih tua memiliki respons yang lebih rendah terhadap *stresis matriks kartilago*, yang biasanya dipicu oleh aktivitas atau beban pada sendi. Akibatnya, kartilago sendi menjadi lebih tipis. Ketipisan ini mengakibatkan adanya gaya gesekan yang lebih tinggi pada lapisan dasar yang berkontribusi pada peningkatan risiko kerusakan sendi.

Selain itu, otot-otot yang mendukung sendi cenderung menjadi lebih lemah dan kurang responsif terhadap rangsangan. Ligamen ini juga mengalami regangan, sehingga kemampuannya untuk menyerap impuls berkurang dan meningkatkan kerentanan sendi terhadap OA (Swandari *et al.*, 2022).

2) Jenis Kelamin.

Berdasarkan jenis kelamin prevalensi osteoarthritis lebih banyak wanita daripada pria khususnya pada lansia (Swandari *et al.*, 2022). Wanita diketahui lebih rentan terhadap perkembangan OA. Hal ini dikarenakan wanita memiliki tulang rawan yang lebih tipis, ketidakstabilan sendi, dan beban mekanis yang tidak merata (Peshkova *et al.*, 2022). Selain itu, terjadi pada perempuan setelah menopause (Swandari *et al.*, 2022).

Perempuan yang memasuki masa menopause akan mengalami penurunan kadar hormon, terutama estrogen serta perubahan fungsi fisiologis tubuh lainnya. Salah satu peran penting hormon estrogen adalah mendukung produksi kondrosit dalam matriks tulang. Ketika kadar estrogen menurun, sintesis sitokin seperti *IL-1*, *IL-6* dan *TNF- α* akan meningkat sehingga dapat mempercepat degradasi kolagen, menghambat sintesis proteoglikan dan pada akhirnya berdampak pada kesehatan sendi. Penurunan estrogen juga berkontribusi pada pengurangan produksi kolagen tipe II, X, dan XI pada tulang rawan, yang dapat menyebabkan degradasi tulang rawan dan beresiko memicu terjadinya *osteoarthritis* (Peshkova *et al.*, 2022).

3) Genetik

Osteoarthritis merupakan contoh klasik dari penyakit poligenik, yaitu kondisi yang muncul akibat pewarisan alel-alel risiko dari seseorang. Terdapat dua mekanisme utama bagaimana variasi genetik dapat memengaruhi fenotipe. Mekanisme pertama melibatkan perubahan langsung pada protein, misalnya ketika varian genetik menyebabkan perubahan pada urutan DNA di wilayah pengkodean gen, sehingga terjadi substitusi asam amino yang dapat memengaruhi fungsi protein. Mekanisme ini umum ditemukan pada berbagai jenis penyakit. Mekanisme kedua adalah perubahan dalam regulasi ekspresi gen, yang dapat menyebabkan peningkatan atau penurunan kadar mRNA, dan pada akhirnya memengaruhi jumlah protein yang dihasilkan oleh gen tersebut.

b. Faktor Biomekanika.

1) Obesitas

Obesitas merupakan salah satu faktor risiko utama terjadinya osteoarthritis. Sebuah meta-analisis terbaru menunjukkan bahwa individu dengan obesitas memiliki peluang 2,63 kali lebih besar untuk mengalami osteoarthritis dibandingkan dengan individu dengan berat badan normal. Kondisi obesitas meningkatkan tekanan pada sendi, khususnya sendi lutut, yang menahan sekitar setengah dari berat tubuh saat berjalan. Tekanan berlebih akibat kelebihan berat badan ini dapat mengakibatkan kerusakan pada tulang rawan, serta kegagalan fungsi ligamen dan struktur pendukung lainnya. Peningkatan berat badan membuat sendi lutut bekerja lebih keras dalam menopang tubuh, sehingga rawan sendi mengalami kerusakan. Akibatnya, sendi kehilangan kemampuan kompresinya dan terjadi perubahan biofisik seperti pecahnya jaringan kolagen serta terdegradasinya proteoglikan (Swastini *et al.*, 2022).

2) Cedera

Osteoarthritis pasca-trauma (Post-traumatic osteoarthritis /PTOA) berkembang sebagai akibat dari cedera pada sendi. Secara khusus, individu yang mengalami cedera ligamen anterior (ACL) memiliki risiko yang lebih tinggi untuk mengalami PTOA. Kondisi ini dapat muncul setelah berbagai jenis cedera sendi, seperti fraktur intra-artikular, kerusakan ligamen, atau cedera pada tulang rawan (baik artikular maupun meniskus). Beberapa jenis cedera yang

sering dikaitkan dengan perkembangan osteoarthritis antara lain cedera ACL, robekan meniskus, ketidakstabilan sendi glenohumeral, dislokasi patela, serta ketidakstabilan pada pergelangan kaki (Amalia *et al.*, 2024).

Setelah cedera ACL awal, berbagai faktor biologis dan kerusakan struktural dapat bersama-sama memicu proses degeneratif pada sendi. Aktivitas inflamasi yang terjadi, seperti infiltrasi sel sinovial dalam jumlah rendah, peningkatan produksi sitokin, dan aktivasi sel-sel peradangan di jaringan sendi, meningkatkan risiko berkembangnya osteoarthritis secara progresif. Selain itu, radikal bebas yang dilepaskan oleh kondrosit selama cedera dapat menyebabkan kerusakan jaringan dan degradasi matriks secara bertahap. Respons awal tubuh terhadap cedera juga mencakup pelepasan sitokin dalam jumlah besar, yang dampaknya bisa berlangsung dalam jangka panjang dan mengganggu keseimbangan fungsi sendi, sehingga mempercepat degenerasi. Perubahan kronis akibat cedera ini juga mengubah pola pembebanan statis dan dinamis pada sendi lutut, yang akhirnya berkontribusi pada kerusakan tulang rawan dan struktur sendi lainnya (Amalia *et al.*, 2024).

3) Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik yang berat merupakan salah satu faktor risiko paling umum yang berkontribusi terhadap perkembangan osteoarthritis. Aktivitas kerja yang melibatkan posisi seperti berlutut, jongkok, mengangkat beban, gerakan yang berulang, dan aktivitas memanjat diketahui berkaitan dengan peningkatan risiko

osteoarthritis. Pekerjaan yang menimbulkan tekanan besar pada sendi lutut, memerlukan postur tubuh yang tidak ergonomis, serta melibatkan paparan beban secara terus-menerus dapat mempercepat terjadinya kerusakan sendi (Amalia *et al.*, 2024).

Mengangkat beban seberat ≥ 20 kg lebih dari 10 kali per hari, khususnya pada pria dengan masa kerja selama 40 tahun (dengan rata-rata 220 hari kerja per tahun), berisiko menimbulkan osteoarthritis. Hubungan antara pekerjaan yang melibatkan pengangkatan beban berat dengan peningkatan risiko osteoarthritis telah terbukti. Mengangkat beban seberat 10–20 kg secara berulang selama 10–20 tahun, dengan durasi kerja lebih dari 2 jam per hari, dapat memicu timbulnya osteoarthritis. Selain itu, aktivitas menaiki tangga lebih dari 30 kali per hari juga berkontribusi terhadap meningkatnya kejadian osteoarthritis (Amalia *et al.*, 2024).

4. **Patofisiologi *knee osteoarthritis*.**

Pada sendi yang sehat, gesekan di lutut di lindungi oleh kartilago. Kartilago yang dalam kondisi baik akan tampak licin dan mampu menyerap nutrisi serta cairan dengan cara mirip spons. Namun, pada osteoarthritis, kartilago tidak mendapatkan cukup nutrisi dan cairan, sehingga seiring waktu kartilago menjadi retak dan kerin. Kondrosit, sel yang bertanggung jawab untuk membentuk proteoglikan dan kolagen pada tulang rawan sendi, mengalami gangguan, OA terjadi karena kondrosit gagal mensintesis matriks yang berkualitas, serta tidak mampu mempertahankan keseimbangan antara degradasi dan sintesis matriks

ekstraseluler. Akibatnya, terjadi perubahan pada diameter dan orientasi serat kolagen, yang memengaruhi biomekanik tulang rawan, sehingga sendi kehilangan kemampuan kompresibilitasnya (Ken Siwi, 2022).

Pada OA kronik, terjadi kontak langsung antara tulang dengan tulang akibat hilangnya kartilago. Nyeri pada OA disebabkan oleh pengelembungan kapsul synovial, yang disebabkan oleh peningkatan cairan sendi, mikrofraktur, serta kerusakan pada ligamentum dan meniscus. Hal ini menyebabkan gesekan antara tulang dan sendi, mengakibatkan pengikisan pada tulang rawan. Ruang sendi yang terdapat pada tulang rawan menjadi sempit, dan terbentuk tulang baru di lapisan sendi yang dikenal sebagai osteofit (Ken Siwi, 2022).

Menurut (Ken Siwi, 2022) osteoarthritis dapat dibagi menjadi tiga fase:

- a. Fase 1 : terdapat penguraian proteolitik pada matriks kartilago. Metabolism kondrosit terpengaruh dan produksi enzim seperti metalloproteinases meningkat, yang menyebabkan kerusakan pada matriks kartilago. Kondrosit juga menghasilkan protease yang menghambat proses proteolitik.
- b. Fase 2 : pada fase ini, permukaan tulang rawan mengalami fibrilasi dan erosi, diikuti dengan pelepasan fragmen proteoglikan dan kolagen menjadi cairan synovial.
- c. Fase 3 : proses penguraian produk kartilago memicu respons inflamasi pada synovial. Hal ini membawa perubahan pada struktur sendi dan berdampak pada pertumbuhan tulang akibat upaya stabilisasi sendi.

5. Tanda dan gejala klinis.

Gejala *osteoarthritis* seringkali ditandai dengan nyeri, keterbatasan gerak, kelemahan otot, krepitasi sendi, serta deformitas sendi. Semua ini dapat diperburuk oleh aktivitas yang berlebihan, pada pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan fungsi. Bagi pasien yang mengalami knee *osteoarthritis*, nyeri sendi dan kekakuan seringkali menghambat kegiatan sehari-hari, seperti mengubah posisi dari duduk atau berbaring, berjalan, naik dan turun tangga, serta berdiri dalam waktu lama. Dalam kasus yang lebih parah, pasien mungkin perlu menggunakan alat bantu untuk berjalan (Nikmah *et al.*, 2023).

6. Pemeriksaan Spesifik.

Pemeriksaan spesifik dalam fisioterapi merupakan serangkaian tes yang dilakukan untuk mengevaluasi kondisi fisik pasien secara lebih detail, terutama setelah dilakukan pemeriksaan umum. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengidentifikasi masalah spesifik pada otot, sendi, saraf, dan jaringan tubuh lainnya yang mungkin tidak terdeteksi pada pemeriksaan awal.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Ummah, 2020), berikut merupakan tes spesifik untuk menentukan kondisi pada OA *knee*

a. Fluctuation test

Fluctuation test merupakan salah satu jenis pemeriksaan khusus pada sendi lutut yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan cairan berlebih di dalam sendi. Cara pemeriksaannya yaitu dengan meletakkan ibu jari dan jari telunjuk dari satu tangan di sisi kiri dan kanan tempurung lutut (patella). Sementara itu, tangan yang lain digunakan untuk menekan atau mengosongkan area suprapatellar (di atas patella). Jika terdapat cairan yang berlebihan di dalam lutut, tekanan tersebut akan menyebabkan cairan berpindah, sehingga ibu jari dan jari telunjuk akan terasa terdorong. Tes ini dianggap positif jika terjadi dorongan akibat perpindahan cairan, yang menandakan adanya efusi atau penumpukan cairan dalam sendi lutu



Gambar 2.7 Fluctuation Test
(Ummah, 2020)

b. Ballotement test

Ballotement test adalah pemeriksaan khusus yang dilakukan pada sendi lutut untuk mendeteksi adanya cairan berlebih di dalam sendi. Cara melakukannya yaitu dengan menekan area resesus patellaris menggunakan satu tangan untuk mengosongkan rongga tersebut, sementara tangan lainnya menekan tempurung lutut (patella) ke arah bawah. Jika terdapat banyak cairan di dalam sendi, maka patella akan terasa mengambang atau

terangkat sebelum terdorong ke bawah, yang menunjukkan adanya efusi (penumpukan cairan) dalam lutut.

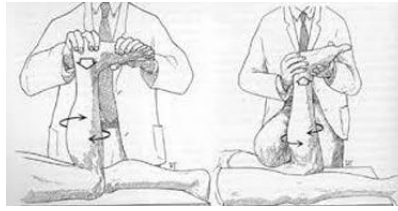


Gambar 2.8 Ballotement Test

c. Tes McMurray

Tes McMurray adalah metode pemeriksaan yang digunakan untuk mendeteksi adanya robekan pada bagian belakang meniskus, baik meniskus medialis maupun lateral. Prosedur ini dilakukan dengan menekuk lutut lebih dari 90 derajat, kemudian memutar tulang tibia di atas femur. Untuk mengevaluasi meniskus lateral, dilakukan rotasi internal penuh, sedangkan untuk meniskus medial, dilakukan rotasi eksternal penuh.

Manuver ini dilakukan secara bertahap dengan menambah derajat fleksi pada lutut agar dapat mengevaluasi lebih banyak bagian dari meniskus posterior. Selama proses pemeriksaan, area garis sendi pada sisi lateral dan medial diraba untuk mendeteksi kelainan. Tes dinyatakan positif jika terdengar atau terasa bunyi klik, yang menandakan adanya kemungkinan robekan meniskus. Bunyi klik ini bisa terdengar jelas atau hanya bisa dirasakan melalui palpasi.



Gambar 2.9 Mc Murray Test
 (Ummah, 2020)

d. Tes varus dan valgus

Tes varus dan valgus adalah metode pemeriksaan yang digunakan untuk mengevaluasi kondisi ligamen kolateral medial (MCL) dan ligamen kolateral lateral (LCL) pada sendi lutut. Tes valgus dilakukan dengan memberikan tekanan ke arah lateral (sisi luar), sedangkan tes varus memberikan tekanan ke arah medial (sisi dalam). Prosedurnya dimulai dengan posisi lutut dalam kondisi fleksi. Terapis akan memegang sisi luar lutut untuk memeriksa ligamen MCL, dan sisi dalam lutut untuk mengevaluasi ligamen LCL.

Selanjutnya, lutut ditekan ke arah luar (lateral) untuk menilai kekuatan dan stabilitas ligamen MCL, dan ke arah dalam (medial) untuk menilai ligamen LCL. Setelah melakukan tekanan, terapis akan meraba garis sendi lutut guna menilai sejauh mana terjadi pembukaan atau pergeseran sendi, yang dapat mengindikasikan adanya cedera atau kelainan pada ligamen tersebut.



Gambar 2.10 Valgus Varus Test
(Ummah, 2020)

e. Lachman Test

Tes Lachman adalah tes gerakan aksesori pasif lutut yang dilakukan untuk mengidentifikasi integritas ligament *anterior cruciatum* (ACL). Tes ini dirancang untuk menilai ketidakstabilan bidang tunggal dan sagita. Prosedur untuk melakukan tes ini dimulai dengan pasien berbaring terlentang. Tekuk lutut pasien sekitar 20-30 derajat. Hal ini dapat dilakukan dengan meletakkan handuk di bawah lutut pasien, atau dengan terapis meletakkan lututnya di tempat tidur di bawah lutut pasien. Tungkai juga harus sedikit diputar ke luar. Pemeriksa harus meletakkan satu tangan di belakang tibia dan tangan lainnya di paha pasien. Ibu jari pemeriksa harus berada di tuberositas tibia. Saat menarik tibia ke anterior, ACL yang utuh akan mencegah gerakan translasi tibia ke depan pada femur. Translasi anterior tibia yang disertai rasa ujung yang lunak atau lembek menunjukkan hasil tes positif. Translasi anterior lebih dari 2 mm dibandingkan dengan lutut yang tidak terlibat menunjukkan ACL yang robek (rasa ujung yang lunak).



Gambar 2.11 Lachman Test

(Ummah, 2020)

D. *Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS)*

TENS adalah metode terapi yang menggunakan energi listrik untuk merangsang sistem saraf melalui permukaan kulit. TENS merupakan istilah umum untuk teknik stimulasi serabut saraf aferen yang bertujuan untuk mengontrol rasa nyeri. Prosedur ini bekerja dengan mengaktifkan jalur saraf asendens dan desendens yang kompleks, serta melibatkan pelepasan zat kimia dalam sistem saraf dan aktivasi reseptor opioid maupun non-opioid, sehingga dapat menghambat penghantaran impuls nyeri dan mengurangi persepsi nyeri (Boyolali, 2025). TENS dapat mengaktifkan saraf berdiameter tebal dan saraf berdiameter kecil yang bertujuan untuk menyampaikan berbagai informasi sensoris ke saraf pusat (Milenia & Rahman, 2021).

Berdasarkan penelitian studi kasus yang dilakukan oleh (Beno et al., 2022) cara pengaplikasian TENS pada kasus *osteoarthritis* lutut yaitu :

1. Persiapan alat : cek kabel, pastikan alat dalam kondisi baik, pemanasan dan penempatan elektroda sampai pemilihan frekuensi, durasi pulse, waktu dan intensitas.
2. Persiapan pasien : posisi pasien nyaman mungkin dengan tidur terlentang lalu kedua lutut terbebas dari pakaian dan lakukan tes sensibilitas.
3. Pelaksanaan terapi : pasang elektroda pada titik nyeri atur selama 15 menit, dengan frekuensi 100 Hz, arus continue, durasi pulse 100 pps, kemudian naikkan intensitas ditambah sampai terasa kembali. Setelah selesai

turunkan intensitas dan matikan mesin, lepaskan elektroda kemudian rapihkan alat.

Menurut (Beno et al., 2022) indikasi dan kontraindikasi penggunaan TENS:

a) Indikasi

- (1) *Osteoarthritis*
- (2) *Rheumatoid arthritis*
- (3) Inflamasi otot
- (4) Nyeri akut dan kronis
- (5) Sakit kepala kronis berulang
- (6) Sindrom nyeri regional kompleks.

b) Kontraindikasi

- (1) Pada pengguna demand cardiac pacemakers atau defibrillator yang ditanam.
- (2) Ibu hamil.
- (3) Pada penderita sinus karotis, area mata yang sensitif dan pada membran mukosa.
- (4) Nyeri atau kondisi yang penyebabnya tidak diketahui.

E. *Close Kinetik Chain*

1. Definisi Latihan *Close Kinetik Chain*

Latihan *Close Kinetik Chain* (CKC) adalah jenis latihan dimana bagian ujung distal tubuh (distal segment) seperti kaki atau tangan dalam posisi tetap atau terhubung dengan permukaan tetap (rantai, dinding, atau

alat olahraga), sehingga menciptakan gaya tekan melalui sendi (Susanto & Gunardi, 2022). Latihan CKC mengaktifkan beberapa sendi dan otot secara bersamaan, meningkatkan stabilitas sendi, dan menyerupai gerakan fungsional seperti berjalan, berdiri, naik tangga, atau duduk-berdiri. CKC sering digunakan dalam program rehabilitasi karena menciptakan interaksi otot dan sendi yang alami dan lebih stabil dibandingkan dengan *Open Kinetik Chain* (OKC) (Bimantara & Ariyanto, 2024).

2. Manfaat dan Fisiologis



Latihan CKC memiliki manfaat yang luas dalam rehabilitasi musculoskeletal karena mampu meningkatkan kekuatan otot, stabilitas sendi, dan control postural secara stimulant. CKC mendorong kontraksi bersama otot agonis dan antagonis yang menghasilkan stabilitas dinamis, terutama pada sendi lutut. Aktivitas ini menimbulkan gaya kompresi (*compressive force*) yang relative lebih aman bagi sendi dibandingkan dengan gaya geser (*shear force*) yang dominan pada latihan *Open Kinetik Chain* (OKC) (Adegoke *et al.*, 2019). Dari aspek neuromuscular, latihan CKC menstimulasi proprioceptor sehingga meningkatkan kesadaran posisi sendi (*joint position sense*) dan koordinasi otot. peningkatan proprioepsi ini sangat penting untuk pasien dengan gangguan stabilitas, seperti pada *knee osteoarthritis*, yang sering mengalami kelemahan otot *quadriceps* dan penurunan control gerak. Selain itu, CKC juga menurunkan nyeri dan memperbaiki skor kemampuan fungsional karena beban tubuh didistribusikan lebih baik

melalui kerja otot yang seimbang. Latihan CKC seperti *wall-squat*, *step-up*, dan *leg press* mampu memperkuat otot-otot besar seperti *quadriceps*, *hamstring*, dan *gluteus* secara fungsional, sekaligus menstabilkan sendi lutut yang mengalami degenerasi (Fadhilah & Widodo, 2024).

3. Penatalaksanaan

Tabel 2.2 Latihan *Closed Kinetik Chain*

No	Gambar	Cara Melakukan
1.	 <p>BALL TKE – (Terminal Knee Extension)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Posisi pasien berdiri dengan punggung menempel di dinding. 2. Letakkan bola kecil (seperti <i>medicine ball</i> atau bola lainnya berukuran sedang) di belakang lutut. 3. Posisikan lutut dalam posisi sedikit menekuk. 4. Tekan bagian belakang lutut ke arah bola hingga lutut hampir lurus penuh dan rasakan kontraksi pada otot paha depan (<i>quadriceps</i>). 5. Tahan posisi tersebut selama 10 detik (semampunya) lalu lepaskan secara perlahan. <p>F : setiap hari I : 2-3 set, 5x repetisi/kaki (semampunya) T : Kondisional T : Active</p> <p>Catatan : hindari menekan terlalu keras/kencang hingga menimbulkan nyeri di lutut.</p> <p>(Jamaludin <i>et al.</i>, 2022)</p>
2.		<ol style="list-style-type: none"> 1. Posisi pasien berdiri tegak dengan satu kaki di lantai dan kaki lainnya sedikit diangkat dari lantai. 2. Pegang dinding, meja atau kursi untuk menjaga keseimbangan. 3. Perintahkan pasien untuk perlahan mengangkat tumit kaki yang menopang tubuh, hingga berdiri di atas ujung jari (<i>toe tip</i>).

	<p>Standing Heel-Raises Single Leg</p>	<p>4. Tahan posisi ini selama beberapa detik (semampunya), lalu turunkan perlahan tumit ke lantai. F : setiap hari I : 2-3 set, 5x repetisi/ kaki (semampunya) T : Kondisional T : Active</p> <p>(Jamaludin <i>et al.</i>, 2022)</p>
3.	 <p>Wall Squat (Wall Slide)</p>	<p>1. Posisi pasien berdiri dengan punggung menempel pada dinding. 2. Kaki dibuka selebar bahu, tumit 15-30 cm dari dinding. 3. Tangan rileks di samping atau menyilang di dada. 4. Turunkan tubuh dengan cara “meluncur” ke bawah/turun ke bawah. 5. Lutut fleksi $\pm 30-45^\circ$ (tidak lebih dari 60° untuk kondisi OA) 6. Pastikan posisi : - Lutut tidak melewati ujung jari kaki - Lutut tetap lurus mengikuti arah jari kaki - Punggung menempel rata pada dinding. 7. Tahan posisi tersebut selama 5-10 detik (semampunya) 8. Kemudian berdiri kembali secara perlahan ke posisi awal.</p> <p>F : setiap hari I : 2-3 set, 5x repetisi/ kaki (semampunya) T : Kondisional T : Active</p> <p>(Jamaludin <i>et al.</i>, 2022)</p>
4.		<p>1. Siapkan anak tangga, kursi datar atau box step dengan tinggi 10-15 cm. 2. Posisi pasien berdiri tegak. 3. Kaki pasien dibuka selebar pinggul. 4. Tangan di samping badan atau menopang kursi/dinding bila butuh keseimbangan.</p>

Step Up	<p>5. Naikkan kaki dominan/yang tidak terlalu sakit ke atas tangga. 6. Tekan tumit pada permukaan tangga untuk menumpu beban. 7. Luruskan lutut dan pinggul hingga berdiri tegak di atas tangga. 8. Turunkan kaki kembali secara perlahan ke lantai 9. Pastikan tetap kontrol gerakan dengan turun secara perlahan.</p> <p>F : setiap hari I : 2-3 set, 5x repetisi/ kaki (semampunya) T : Kondisional T : Active</p> <p>(Jamaludin <i>et al.</i>, 2022)</p>
----------------	--

F. Kemampuan Fungsional

Sebagian besar individu dengan *osteoarthritis* (OA) tidak mendapatkan diagnosis pada tahap awal, sehingga diperlukan alat skrining yang efisien untuk mengidentifikasi pasien dengan risiko tinggi. Salah satu alat evaluasi yang paling banyak digunakan adalah WOMAC (*Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index*), yang secara khusus dirancang untuk menilai kondisi klinis pada pasien *osteoarthritis* lutut. Instrumen ini telah banyak tervalidasi secara ilmiah dan diadopsi secara luas baik dalam penelitian maupun praktik klinis terkait OA lutut. Dibandingkan dengan instrument *Lequesne*, setiap subskala WOMAC menunjukkan konsistensi internal dan validitas yang lebih tinggi. Tingkat validitasnya berkisar antara 0,79 hingga 0,94 sedangkan reabilitasnya

berada pada rentang 0,80 hingga 0,98 terutama pada kasus *osteoarthritis* lutut (Sathiyarayanan *et al.*, 2017)

WOMAC menilai 24 indikator yang mencakup tiga aspek utama yaitu nyeri, kekakuan, dan fungsi fisik. Skor yang lebih tinggi menunjukkan derajat gangguan fungsional yang lebih besar, sementara skor yang rendah mencerminkan peningkatan kemampuan fungsional. Parameter yang dinilai mencakup :

- a. Nyeri saat berjalan, menaiki tangga, beraktivitas malam hari, saat istirahat dan ketika menumpu beban.
- b. Kekakuan di pagi hari serta kekakuan sepanjang hari.
- c. Disfungsi fisik, meliputi kesulitan menaiki tangga, berpindah dari duduk ke berdiri, berdiri lama, duduk di lantai, berjalan di permukaan datar, naik-turun kendaraan, berbelanja, mengenakan kaos kaki, berbaring di tempat tidur, serta melakukan aktivitas fisik baik ringan maupun berat (Arintika *et al.*, 2022).

Instrument ini menghasilkan skor fungsional berdasarkan jawaban pasien terhadap kuesioner yang mengukur intensitas nyeri dan tingkat disabilitas pada OA lutut. Setiap item dinilai menggunakan skala ordinal dari 0 hingga 4. Seluruh skor dari 24 item dijumlahkan, kemudian hasilnya dibagi 96 dan dikalikan 100% untuk memperoleh skor akhir. Skor total dikategorikan menjadi ringan (0-40%), sedang (41-70%), dan berat (71-100%). Makin tinggi skor yang diperoleh, maka makin parah nyeri dan disabilitas yang dialami oleh penderita *osteoarthritis* lutut (Apsari & Setiawati, 2021).