

TESIS

**PERBEDAAN EFEKTIVITAS ANTARA *SQUARE STEPPING EXERCISE*
DENGAN *OTAGO EXERCISE* TERHADAP PENINGKATAN KEKUATAN
OTOT, PANJANG LANGKAH DAN KESEIMBANGAN DINAMIS PADA
PENDERITA *OSTEOARTHRITIS KNEE***

*DIFFERENCES IN EFFECTIVENESS BETWEEN SQUARE STEPPING
EXERCISE AND OTAGO EXERCISE TO INCREASING MUSCLE
STRENGTH, STEP LENGTH AND DYNAMIC BALANCE IN KNEE
OSTEOARTHRITIS PATIENTS*

ROSMIN

P062211034



**ILMU BIOMEDIK
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

HALAMAN PENGANTAR

**PERBEDAAN EFEKTIVITAS ANTARA *SQUARE STEPPING EXERCISE*
DENGAN *OTAGO EXERCISE* TERHADAP PENINGKATAN KEKUATAN
OTOT, PANJANG LANGKAH DAN KESEIMBANGAN DINAMIS PADA
PENDERITA *OSTEOARTHRITIS KNEE***

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Ilmu Biomedik Konsentrasi Fisiologi

Disusun dan diajukan oleh

ROSMIN

P062211034

Kepada

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR 2023

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

PERBEDAAN PENGARUH ANTARA SQUARE STEPPING EXERCISE DENGAN OTAGO EXERCISE TERHADAP PENINGKATAN KEKUATAN OTOT, PANJANG LANGKAH DAN KESEIMBANGAN DINAMIS PADA PENDERITA OSTEOARTHRITIS KNEE

Disusun dan diajukan oleh

ROSMIN

Nomor Pokok : P062211034

Telah dipertahankan di hadapan panitia ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Program Studi Magister Ilmu Biomedik Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 02 Agustus 2023 dan Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Djohan Aras, S.Ft., Physio, M.Kes
NIP. 19 5507051976011009

Pembimbing Pendamping



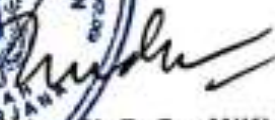
dr. Andi Ariyandy, Ph.D
NIP. 1984060420101211007

**Ketua Program Studi
Magister Ilmu Biomedik**



Dr. Rahmawati, Ph.D., Sp. PD-KHOM., FINASIM
NIP.19680218199932002

**Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin**



Prof. Dr. Budhi, Ph.D., Sp. M(K) M.med
NIP:19661231 1995 03 1 006

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : ROSMIN
NIM : P062211034
Jurusan/Program Studi : Fisiologi/ Ilmu Biomedik

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa tesis yang berjudul Perbedaan Efektivitas antara *Square Stepping Exercise* dengan *Otago Exercise* Terhadap Peningkatan Kekuatan Otot, Panjang Langkah dan Keseimbangan Dinamis Pada Penderita *Osteoarthritis Knee* di RSU Hati Mulia" adalah karya ilmiah saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya di dalam naskah tesis ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan/ditulis/diterbitkan sebelumnya, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar Pustaka.

Apabila dikemudian hari ternyata di dalam naskah tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 9 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan



ROSMIN

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim, Assalamualaikum wr. wb.

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, kesehatan, dan kemudahan bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perbedaan Efektivitas *Square Stepping Exercise* Dengan *Otago Exercise* Terhadap Peningkatan Kekuatan Otot, Panjang Langkah dan Keseimbangan Dinamis Pada Penderita *Osteoarthritis Knee*”.

Penyusunan Tesis ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan magister Ilmu Biomedik Konsentrasi Fisiologi Pascasarjana Universitas Hasanuddin. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang turut memberikan motivasi dan semangat untuk menyelesaikan tesis ini. Penulis ingin menyampaikan rasa syukur dan terima kasih kepada kedua orang tua hebat Bapak tercinta La Ngkaimi dan Ibunda tercinta Wa Maali terima kasih telah melahirkan, membesarkan, mendidik, dan memberikan dukungan, serta tetap tegar dan kuat hingga saat ini dengan lahir dan batin mereka kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tesis ini tepat pada waktunya. Kemudian teruntuk adik saya tercinta Bripda. Akbar dan kakak saya Daiman S.Com yang telah memberikan segala dukungan baik materi, nasehat dan semangat.

Penulis menyadari banyak kekurangan dalam penyusunan tesis ini, mohon maaf atas kekurangan dan kesalahan tersebut. Penulis mengharapkan kritik dan saran terkait penyusunan tesis ini untuk hasil yang lebih baik. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih, semoga tesis ini dapat bermanfaat dan turut menjadi bahan pembelajaran untuk penelitian selanjutnya atau untuk masyarakat umum.

Penulis tidak lupa menyampaikan terima kasih atas dukungan dari berbagai pihak baik membimbing, mengoreksi, dan memotivasi. Maka izinkan penulis untuk mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. H. Djohan Aras., S.Ft.Physio., M.Kes selaku pembimbing I dan dr. Andi Ariyandy., Ph.D selaku pembimbing II atas bimbingan, ilmu, motivasi, serta waktu yang diluangkan untuk berdiskusi dengan penulis.
2. Dr. dr. Irfan Idris, M.Kes; Dr. Nukhrwi Nawir., M.Kes., AIFO; Dr. Meutiah Mutmainah Abdullah, S.Ft.Physio, M.Kes, selaku penguji tesis dan memberi masukan untuk penulis dalam menyusun tesis ini.

3. Para dosen dan staf Program Studi Biomedik Pascasarjana Universitas Hasanuddin.
4. Direktur RSUD. Hati Mulia beserta staf, serta fisioterapis yang telah banyak membantu saat berlangsungnya penelitian.
5. Sahabat-sahabat tersayang Achy, Saleha, Sinta yang selalu memberikan semangat dan dukungannya tempat berkeluh kesah walaupun jarak kita semua yang saling berjauhan.
6. Teman-teman Biomedik Fisiologi 2021 terima kasih atas banyaknya pelajaran, cerita indah, lucu, bahkan menegangkan yang dilalui bersama.
7. Tidak lupa, terima kasih kepada para sampel yang bersedia berkontribusi dalam jalannya penelitian ini. Semoga keikutsertaan para sampel bernilai amal jariyah, bahagia terus, dan lekas kembali aktif.

Untuk semua pihak yang turut membantu namun tidak sempat disebutkan namanya, Penulis mengucapkan terima kasih atas doa dan keikhlasannya. Semoga Allah membalasnya.

Makassar, 2023

ROSMIN



ABSTRAK

ROSMIN. *Perbedaan Efektivitas Antara Square Stepping Exercise dengan Otago Exercise Terhadap Peningkatan Kekuatan Otot, Panjang Langkah dan Keseimbangan Dinamis pada Penderita Osteoarthritis Knee* (dibimbing oleh **Djohan Aras** dan **Andi Ariyandy**)

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan antara efektivitas *Square stepping exercise* dengan *Otago exercise* terhadap peningkatan kekuatan otot, panjang langkah dan keseimbangan dinamis pada penderita *osteoarthritis knee* dengan desain quasi-eksperimental *pretest-posttest* dua-kelompok-berpasangan. 36 orang pasien menderita *osteoarthritis knee* dibagi menjadi dua kelompok terdiri dari 18 orang. Kelompok pertama diberikan *Square stepping exercise* dan kelompok kedua diberikan *Otago exercise*. *Paired t-test* digunakan untuk mengetahui perubahan sebelum dan sesudah pemberian latihan dan *Independent t-test* untuk mengetahui perbandingan antar kedua kelompok perlakuan. Sebelum diberikan perlakuan pada minggu pertama dilakukan *pretest* untuk menilai kekuatan otot tungkai menggunakan *30 second chair stand test (30SCT)*, panjang langkah (PL) menggunakan *spatio-temporal* dan pengukuran keseimbangan dinamis menggunakan *time up and go (TUG)*. Kemudian minggu ke lima dilakukan *posttest* setelah 15 kali pemberian perlakuan. Hasil penelitian terdapat peningkatan nilai 30SCT, nilai *spatio-temporal* dan nilai TUG, pada kedua kelompok perlakuan dengan nilai $p=0,000$. Namun uji perbandingan kedua kelompok menunjukkan nilai 30SCT pada kelompok *Square stepping exercise* 5.44 ± 1.14 lebih tinggi dibandingkan kelompok *Otago exercise* 4.94 ± 1.166 dengan nilai $p=0.492$, nilai PL pada kelompok *Otago exercise* 0.10 ± 0.03 lebih rendah dibandingkan kelompok *Square stepping exercise* 0.11 ± 0.3 dengan nilai $p=0.263$ dan nilai TUG pada kelompok *Square stepping exercise* 6.34 ± 1.49 lebih tinggi dibandingkan kelompok *Otago exercise* 4.59 ± 1.13 dengan nilai $p=0.000$. Kesimpulan, *Square stepping exercise* lebih efektif dibandingkan *Otago exercise* dalam peningkatan keseimbangan dinamis pada penderita *osteoarthritis knee*.

Kata kunci: *Square stepping exercise*, *Otago exercise*, kekuatan otot tungkai, panjang langkah, keseimbangan dinamis, *osteoarthritis knee*.

vii


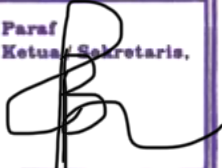
 GUGUS PENJAMINAN MUTU (GPM) SEKOLAH PASCASARJANA UNHAS	
Abstrak ini telah diperiksa. Tanggal : _____	Paraf Ketua / Sekretaris, 

ABSTRACT

ROSMIN. *Differences in Effectiveness Between Square Stepping Exercise and Otago Exercise on Increasing Muscle Strength, Step Length, and Dynamic Balance in Knee Osteoarthritis Sufferers* (supervised by **Djohan Aras** and **Andi Ariyandy**)

This study aims to compare the effectiveness of Square stepping exercise with Otago exercise on increasing muscle strength, stride length, and dynamic balance in patients with knee osteoarthritis with a pretest-posttest quasi-experimental two-group- design. 36 patients suffering from knee osteoarthritis were divided into two groups, each consisting of 18 people. First group was given Square stepping exercise and second group was given Otago exercise. Paired t-test was used to determine changes before and after giving training and an independent t-test to determine comparisons between treatment groups. Before being given treatment in the first week, a pretest was carried out to assess leg muscle strength using 30-second-chair-stand- test(30SCT), stride length(PL) using spatiotemporal and dynamic balance measurement using time up and go(TUG). Then in the fifth week, a posttest was carried out after 15-treatments. The results showed that there was an increase in the value of 30SCT, the spatiotemporal score and the TUG value, in both treatment groups $p=0.000$. However, a comparison test of the two groups showed that the value of 30SCT in the Square stepping exercise group was 5.44 ± 1.14 higher than the Otago exercise group 4.94 ± 1.166 with $p=0.492$, the PL value in the Square stepping exercise group was 0.10 ± 0.03 lower than the Otago exercise group group was 0.11 ± 0.38 with a value of $p=0.263$ and the TUG value in the Square stepping exercise group was 6.34 ± 1.49 higher the exercise group 4.59 ± 1.13 with a value of $p=0.000$. In conclusion, Square stepping exercise is more effective than the Otago exercise in improving dynamic balance in patients with knee osteoarthritis.

Keywords: *Square stepping exercise, Otago exercise, leg muscle strength, stride length, dynamic balance, knee osteoarthritis.*

 GUGUS PENJAMINAN MUTU (GPM) SEKOLAH PASCASARJANA UNHAS	
Abstrak ini telah diperiksa. Tanggal : _____	Paraf Ketua/ Sekretaris. 

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGAJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASILAN PENELITIAN	iv
PRAKATA.....	v
ABTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tinjauan Tentang Osteoarthritis Knee.....	7
2.2 Tinjauan Tentang Keseimbangan Dinamis.....	14
2.3 Zona Latihan pada Lansia.....	19
2.4 Tinjauan Tentang (TUG)	20
2.6 Tinjauan Tentang Kekuatan Otot.....	21
2.5 Tinjauan Tentang Panjang Langkah.....	22
2.6 Tinjauan Tentang Square Stepping Exercise	24

2.7	Tinjauan Tentang Otago Exercise	26
2.8	Hubungan <i>Square Stepping Exercise</i> Terhadap Peningkatan Kekuatan Otot, Panjang Langkah Dan Keseimbang Dinamis Pada Penderita <i>Osteoarthritis Kne</i> .	29
2.9	Hubungan <i>Otago Exercise</i> Terhadap Peningkatan Kekuatan Otot, Panjang Langkah Dan Keseimbang Dinamis Pada Penderita <i>Osteoarthritis Knee</i>	31
2.10	Kerangka Teoari	34
2.11	Kerangka Konsep.....	35
2.12	Hipotesis	35
BAB III.	METODE PENELITIAN.....	36
3.1	Rancangan Penelitian	36
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	37
3.3	Populasi dan Sampel	43
3.4	Variabel Penelitian dan Populasi.....	39
3.5	Prosedur Penelitian	41
3.6	Pengumpulan Data dan Pengolahan Data	44
3.7	Analisis Data	47
3.8	Izin Penelitian dan Kelayakan Etik	48
BAB IV.	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	49
4.1	Hasil.....	49
4.2	Pembahasan.....	60
BAB V.	PENUTUP	73
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran	73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Interpertasi <i>Time Up and Go</i>	21
Tabel 2.2 Parameter 30 second chair stand test.....	22
Tabel 2.3. Parameter Panjang Langkah Perempuan	24
Tabel 2.4. Parameter Panjang Langkah Laki-laki.....	24
Tabel 2.5 Definisi Operasional Perbedaan Pengaruh <i>Square-Stepping Exercise</i> Dengan <i>Balance Exercise</i> Berbasis <i>Otago Exercise</i> Terhadap Peningkatan Panjang Langkah dan Keseimbangan Dinamis	40
Tabel 4.1 Karakteristik responden berdasarkan usia, jenis kelamin dan lama menderita osteoarthritis knee di RSUD. Hati Mulia Kendari	50
Tabel 4.2. Efektivitas Sebelum dan Sesudah Pemberian Latihan Terhadap Kekuatan Otot, Panjang Langkah, dan Keseimbangan Dinamis Pada Kelompok Perlakuan	52
Tabel 4.3 Efektivitas Sebelum Dan Sesudah Pemberian Latihan Square Stepping Exercise Terhadap Kekuatan Otot, Panjang Langkah, dan Keseimbangan Dinamis Pada Kelompok Perlakuan Berdasarkan Karakteristik Sampel	53
Tabel 4.4. Efektivitas Sebelum dan Sesudah Pemberian Latihan Otago Exercise Terhadap Panjang Langkah, Keseimbangan Dinamis dan Kekuatan Otot Pada Kelompok Perlakuan Berdasarkan Karakteristik Sampel	54
Tabel 4.5. Uji Homogenitas terhadap kekuatan otot, panjang langkah, dan keseimbangan dinamis Pada Kelompok Perlakuan.....	57
Tabel 4.6 Uji perbandingan pemberian latihan antara kelompok terhadap kekuatan otot, panjang langkah, dan keseimbangan dinamis	58

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sendi lutut normal dan <i>osteoarthritis knee</i>	7
Gambar 2.2 Klasifikasi Osteoarthritis Knee.....	9
Gambar 2.3 <i>Center of garavity dan Line of gravity</i>	17
Gambar 2.4 <i>Base of Support</i> batas stabilitas	18
Gamabr 2.5 <i>Time Up and Go</i>	21
Gambar 2.6 Spatial parameter of gait	23
Gambar 2.7 Square Stepping Exercise.....	25
Gambar 2.8 <i>Knee Bends – No Support</i>	27
Gambar 2.9 <i>Backwards Walking</i>	27
Gambar 2.10 <i>Walking and Turning Around</i>	28
Gambar 2.11 <i>Sideways Walking</i>	28
Gambar 2.12 <i>Heel Walking – No Support</i>	29
Gambar 3.1 Desain penelitian.....	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Osteoarthritis knee adalah kondisi *arthritis* sendi *knee joint* yang ditandai dengan kerusakan tulang rawan dan jaringan sekitar sendi secara progresif (Cueva *et al.*, 2022). *Osteoarthritis knee* adalah penyakit *degeneratif kronis* yang melibatkan peradangan dan perubahan struktural sendi, mengakibatkan nyeri sendi dan keterbatasan fungsional fisik (Pereira *et al.* 2022).

Prevalensi global *osteoarthritis knee* terdapat, 22,9% pada orang berusia 40 tahun ke atas, dan pada tahun 2020, ada sekitar 654 juta orang berusia 40 tahun ke atas dengan *osteoarthritis knee* (Hinman *et al.* 2022). Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (*WHO*), pada tahun 2050, sekitar 20% populasi dunia berusia di atas 60 tahun dari 15% akan memiliki gejala *osteoarthritis*, dan sepertiganya akan mengalami kelumpuhan parah (Cueva *et al.*, 2022).

Osteoarthritis di Indonesia mencapai angka 8,1% dari total seluruh penduduk. Prevalensi *osteoarthritis knee* lebih tinggi dibandingkan dengan *osteoarthritis* sendi lainnya (Fiskaningrum and Yani 2022). Provinsi Sulawesi Tenggara pada tahun 2018 melalui Dinas Kesehatan menyebutkan bahwa penyakit *osteoarthritis knee* menempati urutan ke-4 dari 10 penyakit terbanyak yang dilaporkan dari keseluruhan Puskesmas sebanyak 15,10% dari keseluruhan kejadian di Indonesia (Syamsuddin and Zulkifli 2021). Angka kunjungan penderita *osteoarthritis knee* pada poli rehabilitasi medik RSUD Hati Mulia Kendari selama 3 bulan terakhir sebanyak 193 orang berdasarkan dari diagnosa dokter, dimana sebagian besar dari penderita mengalami kesulitan berpindah serta pemendekan panjang langkah.

Osteoarthritis knee merupakan penyakit degeneratif yang sering dialami lansia dengan menunjukkan gejala seperti adanya nyeri kronis, krepitasi, edema, morning stiffness, atrofi, penurunan kekuatan otot, penurunan panjang langkah, gangguan keseimbangan dinamis dalam melakukan aktivitas fungsional yang pada akhirnya akan menurunkan kapasitas fisik penderitanya (Kalo *et al.*, 2022). Kesulitan dalam mengontrol postur oleh penderita *osteoarthritis* dapat menimbulkan kurangnya ketidakstabilan karena adanya ketidakseimbangan titik gravitasi pusat tubuh. Keseimbangan mempengaruhi koordinasi tubuh dalam mempertahankan kontrol postural. Gangguan pada keseimbangan dapat berakibat ketidakseimbangan otot sekitar sendi. Mengganggu pola berjalan, sehingga mengurangi panjang langkah karena adanya kelemahan otot *quadriceps* merupakan otot yang berperan dalam memelihara sendi lutut dan paling cepat terjadi *atrofi*, jika otot tersebut mengalami kelemahan dapat mengakibatkan semakin parah pada sendi lutut dan dapat meningkatkan resiko jatuh pada penderita *osteoarthritis knee* (chen *et al.* 2021).

Beberapa latihan yang efektif dalam mengurangi gejala dan penurunan fungsional pada penderita *osteoarthritis knee* antara lain aerobic, resistance, *balance exercise* seperti *square-stepping exercise* dan *otago exercise* dimana latihan ini melibatkan kekuatan otot-otot dari tungkai bawah. Program latihan ini terdiri dari beberapa komponen yang dapat meningkatkan panjang langkah diikuti dengan latihan fleksibilitas dan latihan koordinasi. Untuk meningkatkan keseimbangan dinamis postural maka perlu penanganan yang tepat untuk mempertahankan tubuh yang berpusat di equilibrium saat melakukan perpindahan (Abdullah and Nur'amalia 2022).

Square stepping exercise dapat meningkatkan kontrol dinamik yang berkaitan dengan gait and locomotion. Latihan ini menstimulasi keseimbangan dinamis melalui *sistem proprioseptif* yang ada pada sendi

dan sistem sensori visual dalam mempertahankan keseimbangan. Perubahan ini dapat meningkatkan sistem muskuloskeletal (kekuatan otot sekitar sendi tungkai), sehingga meningkatkan panjang langkah memperbaiki pola berjalan (Murtiani and Suidah 2019). Sebuah hasil penelitian dengan latihan Square stepping menunjukkan peningkatan yang signifikan pada kekuatan otot ekstremitas bawah dan kepercayaan diri. Disimpulkan bahwa *square stepping exercise* berpengaruh dalam meningkatkan kekuatan otot ekstremitas bawah dan kepercayaan diri, serta menurunkan risiko jatuh pada populasi geriatri wanita usia muda dengan kondisi *osteoarthritis knee* (Thachil and Thomas 2022).

Penelitian Mat *et al* (2018), menyatakan adanya hubungan panjang langkah yang dikaitkan dengan gangguan keseimbangan dinamis penderita *osteoarthritis knee* terhadap efektivitas *otago exercise*. Penerapan *otago exercise* dapat memperbaiki pola berjalan dengan peningkatan kekuatan otot tungkai bawah, sehingga menambah panjang langkah dan membuat keseimbangan menjadi lebih baik. Kehilangan proprioepsi pada orang lanjut usia menciptakan resiko tinggi jatuh dan masalah utama dalam domain kesehatan masyarakat. Perubahan fisiologis sebagai respon penuaan yang menyebabkan kerusakan kolateral pada tulang sekitar, jaringan lunak dan ligamen berkontribusi terhadap kejadian jatuh. Proprioception dan kekuatan tungkai bawah berbanding lurus dengan keseimbangan, baik secara statis selama berdiri dan duduk maupun dinamis selama transfer dan berjalan, *Otago exercise* adalah salah satu pelatihan proprioception berulang yang dapat meningkatkan proprioception dan kekuatan otot memiliki peran penting dalam rehabilitasi individu lanjut usia (Joshi and Phansopkar 2022).

Dari uraian diatas peneliti terkait meneliti “perbedaan efektivitas antara *square stepping exercise* dengan *otago exercise* terhadap peningkatan kekuatan otot, panjang langkah dan keseimbangan dinamis pada penderita *osteoarthritis knee*”, dimana penelitian ini masih sangat terbatas dan belum populer.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas maka dapat dirumuskan masalah penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana distribusi peningkatan kekuatan otot sebelum dan sesudah diberikan *square stepping exercise* pada penderita *osteoarthritis knee* ?
2. Bagaimana distribusi peningkatan panjang langkah sebelum dan sesudah diberikan *square stepping exercise* pada penderita *osteoarthritis knee* ?
3. Bagaimana distribusi peningkatan keseimbangan dinamis sebelum dan sesudah diberikan *square stepping exercise* pada penderita *osteoarthritis knee* ?
4. Bagaimana distribusi peningkatan kekuatan otot sebelum dan sesudah diberikan *otago exercise* pada penderita *osteoarthritis knee*?
5. Bagaimana distribusi peningkatan panjang langkah sebelum dan sesudah diberikan *otago exercise* pada penderita *osteoarthritis knee*?
6. Bagaimana distribusi peningkatan keseimbangan dinamis sebelum dan sesudah diberikan *otago exercise* pada penderita *osteoarthritis knee* ?
7. Bagaimana distribusi perbedaan pengaruh antara *square stepping exercise* dengan *otago exercise* terhadap peningkatan kekuatan otot, panjang langkah dan keseimbangan dinamis pada penderita *osteoarthritis knee* ?

1.3. Tujuan penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui perbedaan pengaruh antara *square stepping exercise* dengan *otago exercise* terhadap peningkatan kekuatan otot, panjang langkah dan keseimbangan dinamis pada penderita *osteoarthritis knee*.

1.3.2. Tujuan Khusus

1. Diketuainya distribusi peningkatan kekuatan otot sebelum dan sesudah diberikan *square stepping exercise* pada penderita *osteoarthritis knee*.
2. Diketuainya distribusi peningkatan keseimbangan dinamis sebelum dan sesudah diberikan *square stepping exercise* pada penderita *osteoarthritis knee*.
3. Diketuainya distribusi peningkatan kekuatan otot sebelum dan sesudah diberikan *otago exercise* pada penderita *osteoarthritis knee*.
4. Diketuainya distribusi peningkatan panjang langkah sebelum dan sesudah diberikan *otago exercise* pada penderita *osteoarthritis knee*.
5. Diketuainya distribusi peningkatan keseimbangan dinamis sebelum dan sesudah diberikan *otago exercise* pada penderita *osteoarthritis knee*.
6. Diketuainya distribusi peningkatan kekuatan otot sebelum dan sesudah diberikan *otago exercise* pada penderita *osteoarthritis knee*.
7. Diketuainya distribusi perbedaan efektivitas antara *square stepping exercise* dengan *otago exercise* terhadap peningkatan kekuatan otot, panjang langkah dan keseimbangan dinamis pada penderita *osteoarthritis knee*.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Ilmiah

Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan menjadi bacaan tentang perbedaan efektivitas antara *square stepping exercise* dengan *otago exercise* terhadap peningkatan kekuatan otot, panjang langkah dan keseimbangan dinamis pada penderita *osteoarthritis knee*.

1.4.2. Manfaat Praktis

Diharapkan dapat memberikan informasi bagi tenaga kesehatan di rumah sakit atau di lahan praktek tentang pemberian *square stepping exercise* dengan *otago exercise* terhadap peningkatan kekuatan otot, panjang langkah dan keseimbangan dinamis pada penderita *osteoarthritis knee*.

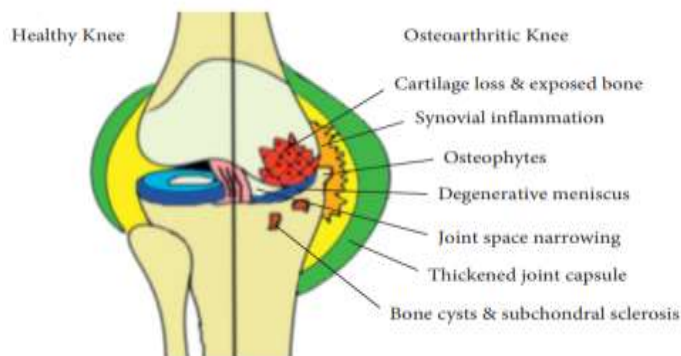
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Tentang *Osteoarthritis Knee*

2.1.1 Definisi

Osteoarthritis adalah penyakit *degeneratif* progresif yang melibatkan seluruh struktur sendi mengalami peradangan jaringan kapsul-bursa, cairan *sinovial*, kerusakan dan erosi tulang rawan, kerusakan peradangan *osteochondral* yang menyebabkan erosi dan distorsi tulang (Di Nicola 2020). *Osteoarthritis* dianggap sebagai keausan progresif tulang rawan *artikular*. Menunjukkan bahwa ini juga penyakit inflamasi pada seluruh sendi *sinovial*, tidak hanya terdiri dari degenerasi mekanis tulang rawan artikular tetapi juga perubahan struktural dan fungsional bersamaan dari seluruh sendi, termasuk *sinovium*, *meniscus*, *periartikular*, *ligamen*, dan tulang *subkondral* (Kan et al. 2019).



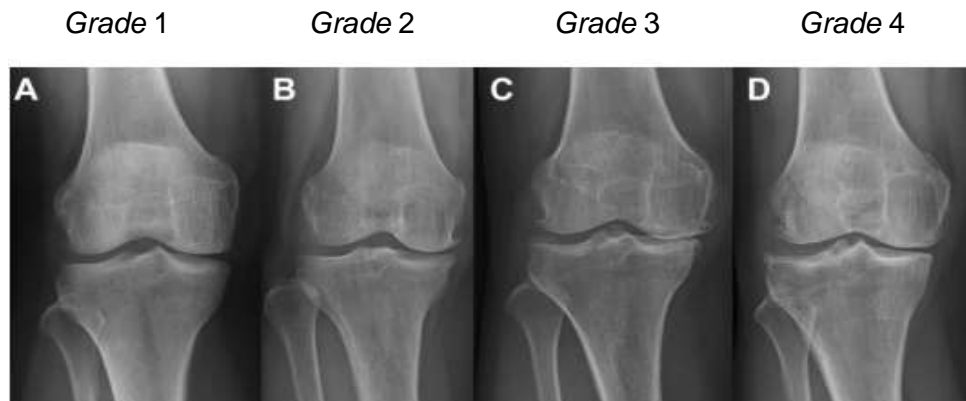
Gambar 2.1 Sendi lutut normal dan *osteoarthritis knee*
(Teoh et al. 2022).

Osteoarthritis knee adalah penyakit sendi *degeneratif* kronis yang ditandai dengan kerusakan tulang rawan artikular dengan perubahan tulang para-artikular yang dihasilkan. Ketidak seimbangan antara sintesis dan *degradasi* matriks kartilago menjadi lambat hingga akhirnya terjadi kehilangan kartilago artikular disertai dengan *remodeling tulang subkondral*, pembentukan *osteofit*, dan peradangan pada membran *sinovial* (Webb and Naidoo 2018).

2.1.2 Klasifikasi Osteoarthritis Knee

Klasifikasi yang dilakukan oleh Kellgren dan Lawrence dalam penelitiannya. Dilakukan dengan melakukan penelitian berdasarkan hasil radiologi lutut tampak AP (Simunec, Salari, and Meyer 2020). Menurut *Kellgren* dan *Lawrence*, secara *radiologis osteoarthritis knee* diklasifikasikan menjadi:

1. *Grade 0* (tidak ada): Tidak ada perubahan sendi pada x-ray
2. *Grade 1* (diragukan): Tampak terdapat penyempitan pada celah sendi dan kemungkinan adanya *osteofit* pada ujung-ujung permukaan sendi.
3. *Grade 2* (minimal): Pasti adanya *osteofit* pada ujung permukaan sendi dan kemungkinan terdapat penyempitan ruang sendi.
4. *Grade 3* (sedang): Terdapat *osteofit multipel* sedang, penyempitan ruang sendi yang pasti dan beberapa *sklerosis* serta kemungkinan adanya kelainan bentuk ujung tulang.
5. *Grade 4* (parah): Terdapat *osteofit* yang cukup banyak, penyempitan ruang sendi yang nyata, *sklerosis* parah, dan kelainan bentuk ujung tulang yang pasti (Kohn, Sassoon, and Fernando 2016).



Gambar 2.2. *Klasifikasi Osteoarthritis Knee (Kim et al. 2020).*

2.1.1 Faktor Resiko

Faktor risiko *osteoarthritis* dapat dibagi menjadi faktor sistemik (peningkatan usia, obesitas, jenis kelamin wanita, biomekanik sendi, faktor genetik) dan faktor yang mengubah stabilitas biomekanik sendi (cedera, penggunaan sendi berulang melalui pekerjaan atau waktu luang, dan *malalignment* sendi (Coaccioli et al. 2022).

a Faktor sistemik

Salah satu risiko *osteoarthritis knee* yang dapat meningkatkan kerentanan sendi terhadap cedera melalui kerusakan langsung pada jaringan sendi atau merusak proses perbaikan pada jaringan sendi yang mengalami kerusakan :

1) Usia

Peningkatan terkait usia dalam prevalensi dan kejadian *osteoarthritis* terutama terlihat pada sendi, seperti lutut, pinggul dan tangan. Hubungan antara usia dan risiko *osteoarthritis* terjadi oleh peningkatan terkait berbagai faktor risiko sistemik dan biomekanik (Arden et al., 2018). Kerusakan sendi berkaitan dengan usia secara multifaktorial berupa kerusakan *oksidatif*, penipisan tulang rawan, pelemahan otot, dan penurunan *proprioception* (Nguyen & Poiraudau, 2018).

2) Jenis Kelamin

Berdasarkan jenis kelamin wanita lebih banyak mengalami *osteoarthritis knee* dibandingkan angka kejadian pria, dan insidensinya meningkat menjelang *menopause*. Perbedaan antara pria dan wanita dapat dijelaskan oleh faktor lain berupa adanya penurunan volume tulang rawan, pengeroposan tulang atau kurangnya kekuatan otot (Nguyen & Poiraudau, 2018).

3) Ras dan Etnik

Osteoarthritis lebih sering terjadi pada orang kulit putih. Misalnya eropa daripada orang kulit hitam Jamaika dan orang kulit hitam afrika dengan cina (Putu Swastini *et al.* 2022).

b Faktor ekstrinsik

1) *Obesitas*

Obesitas dapat mempercepat perkembangan *osteoarthritis knee*. Mekanisme utama dampak *obesitas* pada *osteoarthritis* lutut kemungkinan adalah kelebihan berat badan pada beban sendi yang berlebihan selama aktivitas menahan beban, yang menyebabkan kerusakan tulang rawan, kerusakan ligamen dan struktur pendukung lainnya. Faktor-faktor *metabolik*, seperti *adipositokin* yang bersirkulasi, *glukosa* terkait *adipositas*, kelainan *lipid* dan peradangan *kronis*, juga dapat berperan dalam *patogenesis osteoarthritis* (Arden *et al.*, 2018).

2) Faktor mekanik, pekerjaan dan trauma

Cedera akut pada lutut, termasuk robekan ligamen meniscus dan cruciate di lutut, patah tulang dan *dislokasi*, secara substansial meningkatkan risiko *osteoarthritis* berikutnya, serta penyakit yang lebih buruk. Selain itu, risiko osteoarthritis meningkat dengan partisipasi olahraga mingguan

selama satu dekade atau lebih. Secara khusus, beban sendi yang berulang dan berlebihan karena aktivitas fisik tertentu meningkatkan risiko berkembangnya *osteoarthritis* pada sendi yang tertekan (Arden *et al.*, 2018).

- 3) Adanya Penyakit bawaan dan perkembangan suatu penyakit
Risiko berkembangnya *osteoarthritis* secara substansial meningkat sebagai akibat dari kelainan kongenital yang menghasilkan distribusi beban abnormal pada sendi. Karena tidak adanya penyelarasan mekanis lutut, seperti yang terjadi saat sudut pinggul/lutut/pergelangan kaki meningkat, menentukan distribusi beban lutut selama ambulasi, dimana malalignment varus dan valgus yang cukup besar dapat mengakibatkan *osteoarthritis* baik pada sisi medial atau lateral. *Osteoarthritis knee* dengan malalignment varus memiliki risiko tiga hingga empat kali lipat dari penyempitan ruang sendi lebih lanjut di kompartemen sisi medial, serta peningkatan penyempitan ruang sendi kompartemen lateral.

Penemuan tentang patofisiologi suatu penyakit dapat mengakibatkan terjadinya *osteoarthritis* yang mengarah pada pembagian potensial penyakit menjadi fenotip yang berbeda-beda. Berkaitan dengan target pengobatan yang berlangsung pada struktur sendi, misalnya tulang rawan, tulang atau jaringan sinovial (Arden *et al.*, 2018).

2.1.2 Patofisiologi

Osteoarthritis disebabkan oleh perubahan *multifaktorial* dalam biomekanik tulang rawan dan biokimia, termasuk usia, tekanan mekanis atau penggunaan sendi yang berlebihan, pengaruh anatomi, obesitas, genetika, faktor humoral dan budaya, dengan ketidakseimbangan antara *degenerasi* dan *sintesis* tulang rawan.

Ketidakeimbangan ini menghasilkan pelepasan enzim *degradatif* dan penipisan kolagen, yang menyebabkan kerusakan kartilago artikular dan sinovium akibat perubahan matriks dan struktur (sinovitis sekunder). Selain itu, juga membentuk osteofit sebagai proses perbaikan untuk memperbaiki sendi, sehingga dianggap sebagai kegagalan sendi yang progresif (Krishnasamy, Hall, and Robbins 2018).

Secara histologis, proses kerusakan struktur tulang rawan pada *osteoarthritis* disebabkan oleh trauma mekanik yang menyebabkan kerusakan pada kondrosit. Kondrosit merespons dengan melepaskan enzim proteolitik seperti protease, cathepsin, kolagenase, dan metalloprotease. Enzim ini mengubah matriks kartilago untuk membentuk struktur yang lebih kecil dan mengurangi viskositas matriks, sehingga mengurangi kapasitas biomekanik kartilago. Tingkat pelepasan enzim dan katabolisme matriks pada *osteoarthritis* jauh melebihi yang terjadi pada sendi normal (Krishnasamy *et al.* 2018).

Pada *osteoarthritis*, cairan sinovial banyak mediator inflamasi termasuk protein plasma (protein c-reaktif, diusulkan sebagai penanda perkembangan *osteoarthritis* pada sendi), prostaglandin (*PGE2*), leukotriene (*LKB4*), sitokin (*TNF*, *IL1 β* , *IL6*, *IL15*, *IL17*, *IL18*, *IL21*), faktor pertumbuhan (*TGF β* , *FGFs*, *VEGF*, *NGF*), oksida nitrat, dan komponen lain. *Metaloproteinase* dan enzim *hidrolitik* lainnya (termasuk *siklooksigenase* dua dan *prostaglandin* mengakibatkan kerusakan kartilago sekunder akibat destruksi *proteoglikan* dan *kolagen* (Krishnasamy *et al.* 2018).

Mediator ini bertindak sebagai faktor *parakrin*, memulai lingkaran kerusakan tulang rawan, yang mencapai cairan *sinovial*, saluran vaskuler memiliki terminasi saraf sensorik, dan persarafan

tulang rawan *artikular* yang terkait dapat menyebabkan nyeri tibiofemoral pada *osteoarthritis* di berbagai tingkat keparahan structural dari sendi (Jang and Lee 2021).

2.1.3 Manifestasi Klinik

Adapun tanda dan gejala klinis dari penyakit *osteoarthritis* ini yaitu sebagai berikut:

- a Persendian terasa kaku dan nyeri apabila digerakkan. Pada mulanya hanya terjadi pagi hari, tetapi apabila dibiarkan akan bertambah buruk dan menimbulkan rasa sakit setiap melakukan gerakan tertentu, terutama pada waktu menopang berat badan, namun bisa membaik bila diistirahatkan. Pada beberapa pasien, nyeri sendi dapat timbul setelah istirahat lama, misalnya duduk di kursi atau di jok mobil dalam perjalanan jauh. Kaku sendi pada *osteoarthritis* tidak lebih dari 15-30 menit dan timbul istirahat beberapa saat misalnya setelah bangun tidur.
- b Adanya pembengkakan/peradangan pada persendiaan. Pembengkakan bisa pada salah satu tulang sendi atau lebih. Hal ini disebabkan karena reaksi radang yang menyebabkan pengumpulan cairan dalam ruang sendi, biasanya teraba panas tanpa ada kemerahan.
- c Nyeri sendi terus-menerus atau hilang timbul, terutama apabila bergerak atau menanggung beban.
- d Persendian yang sakit berwarna kemerah-merahan.
- e Kelelahan yang menyertai rasa sakit pada persendiaan
- f Kesulitan menggunakan persendiaan
- g Bunyi pada setiap persendian (krepitus). Gejala ini tidak menimbulkan rasa nyeri, hanya rasa tidak nyaman pada setiap persendiaan (umumnya tulang lutut)

- h Perubahan bentuk tulang. Ini akibat jaringan tulang rawan yang semakin rusak, tulang mulai berubah bentuk dan meradang, menimbulkan rasa sakit yang amat sangat.
- i Perubahan gaya berjalan
Hal yang paling meresahkan pasien adalah perubahan gaya berjalan, hampir semua pasien *osteoarthritis* pada pergelangan kaki, lutut dan panggul mengalami perubahan gaya berjalan (pincang). Keadaan ini selalu berhubungan dengan nyeri (Qiudandra and Akram 2022).

2.2 Tinjauan tentang keseimbangan dinamis

2.2.1 Definisi Keseimbangan dinamis

Keseimbangan dicapai dan dipertahankan oleh seperangkat kompleks sistem kontrol *sensorimotor* yang mencakup masukan sensorik dari penglihatan (penglihatan), *proprioception* (sentuhan), dan sistem vestibular (gerak, keseimbangan, orientasi dan spasial); integrasi dari input sensorik dan keluaran motorik ke mata dan otot tubuh (Filar-mierzwa, Długosz-boś, and Marchewka 2021).

Keseimbangan dinamis adalah kemampuan dalam mempertahankan tubuh pada pusat massa tubuh (*centre of mass*) relatif terhadap bidang penopang (*base of support*) melawan gaya gravitasi (*center of gravity*), dipengaruhi oleh proses sensorik atau saraf, motorik atau sistem *muskuloskeletal*, dan pengaruh eksternal (Murid *et al.*, 2019).

2.2.2 Fisiologi keseimbangan dinamis

Tubuh memerlukan integrasi system *visual*, *vestibular*, *proprioceptive* yang memberi informasi ke sistem saraf pusat untuk mempertahankan keseimbangan postural. Sistem-sistem ini berperan sebagai proses, kemudian sistem neuromuskular sebagai efektor yang mengadaptasi secara cepat perubahan posisi dan

postur. Fungsi keseimbangan atau kontrol postural yang normal bergantung pada empat sistem yang berbeda dan tidak saling tergantung. Sistem ini dibentuk oleh *input vestibular*, *input proprioceptive* atau *somatosensorik*, *input visual*, dan yang diintegrasikan oleh pusat sensorik.

Proprioceptive dihasilkan melalui respon secara simultan melalui sistem *visual*, *vestibular*, dan *sensorimotor*, yang masing-masing memainkan peran penting dalam menjaga stabilitas postural. Fungsi dari sistem *sensorimotor* merupakan hal yang paling diperhatikan dalam meningkatkan *proprioceptive*. Meliputi integrasi sensorik, motorik, dan komponen pengolahan yang terlibat dalam mempertahankan *homeostasis* bersama selama tubuh bergerak, sistem *sensorimotor* mencakup informasi yang diterima melalui reseptor saraf yang terletak di ligamen, kapsul sendi, tulang rawan, dan *geometri* tulang yang terlibat dalam struktur setiap sendi. Hal yang bertanggung jawab untuk *proprioceptive* umumnya terletak di sendi, tendon, ligamen, dan kapsul sendi. Sementara tekanan reseptor sensitif terletak di fascia dan kulit.

Sistem *vestibular* berperan penting dalam keseimbangan, gerakan kepala dan gerak bola mata. Sistem ini meliputi organ-organ di dalam telinga bagian dalam. Sistem *vestibular* berhubungan dengan sistem visual untuk merasakan arah dan kecepatan gerakan kepala. Pada telinga bagian dalam terdapat cairan yang disebut *endolymph*. Cairan tersebut mengalir melalui tiga kanal telinga bagian dalam sebagai reseptor saat kepala bergerak miring dan bergeser. Melalui refleks *vestibulo ocular*, mereka mengontrol gerak mata, terutama ketika melihat objek yang bergerak. kemudian pesan diteruskan melalui saraf kranialis VIII ke *nukleus vestibular* yang berlokasi di batang otak (*brainstem*). *Nukleus vestibular* menerima masukan (input) dari reseptor *labyrinth*, formasi (gabungan *retikuler*), dan *cerebellum*. Hasil dari

nukleus vestibular menuju ke motor neuron melalui *medula spinalis*, terutama ke motor *neuron* yang menginervasi otot-otot *proksimal*, otot pada leher dan otot-otot punggung (otot-otot postural).

Sistem *vestibular* bereaksi sangat cepat sehingga membantu mempertahankan keseimbangan postural dengan mengontrol otot-otot postural. Sistem *visual* yaitu mata memiliki tugas penting yaitu memberi informasi kepada otak tentang posisi tubuh terhadap lingkungan berdasarkan sudut dan jarak dengan objek sekitarnya. Dengan input visual maka tubuh dapat beradaptasi terhadap perubahan yang terjadi di lingkungan sehingga sistem *visual* langsung memberikan informasi ke otak. Kemudian otak memberikan informasi agar sistem *muskuloskeletal* (otot dan tulang) agar dapat bekerja secara sinergis untuk mempertahankan keseimbangan postural.

Sistem somatosensori (*tactile* and *proprioceptive*) mempunyai beberapa neuron yang panjang dan saling berhubungan satu sama lainnya. Sistem *somatosensori* adalah sistem sensorik yang beragam yang terdiri dari reseptor dan pusat pengolahan untuk menghasilkan modalitas sensorik seperti sentuhan, temperatur, *proprioceptive* (posisi tubuh), dan *nociceptive* (nyeri).

Reseptor sensorik terdapat pada kulit, *epitel*, *muskuloskeletal*, sendi, organ, dan sistem *kardiovaskular*. Informasi *proprioepsi* disalurkan ke otak melalui kolumna dorsalis *medula spinalis*. Sebagian besar masukan (input) *proprioceptive* menuju serebelum, tetapi ada pula yang menuju ke *cortex cerebri* melalui *lemniscus medialis* dan *thalamus*.

Kesadaran akan posisi berbagai bagian tubuh dalam ruang sebagian bergantung pada impuls yang datang dari alat indra dalam dan sekitar sendi. Alat indra tersebut adalah ujung-ujung saraf yang beradaptasi lambat di *sinovial* dan *ligamen*. Impuls dari alat indra ini

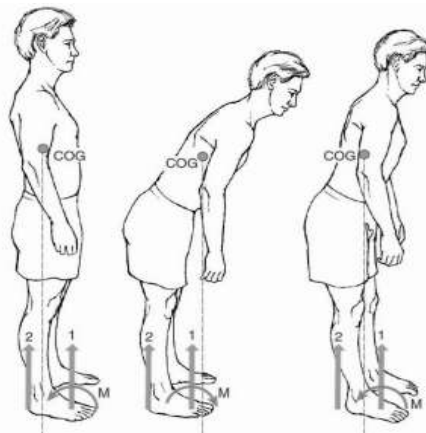
dari reseptor raba di kulit dan jaringan lain, serta otot di proses di korteks menjadi kesadaran akan posisi tubuh dalam ruang(Fitria, Berawi, and Lampung 2019).

2.2.3 Faktor yang mempengaruhi keseimbangan

Ada beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi keseimbangan pada lansia antara sebagai berikut :

a *Center of Gravity (COG)*

Center of Gravity tubuh manusia dalam posisi anatomi kira-kira setinggi vertebra sakral kedua. Lokasi ini berubah saat bentuk tubuh diubah. Ketika seseorang membungkuk ke depan, pusat gravitasinya bergeser ke depan dan ke bawah. Letak pusat gravitasi juga dipengaruhi oleh perubahan distribusi massa tubuh. Misalnya, jika seseorang mengembangkan lebih banyak massa otot kaki, maka pusat massa akan bergeser ke bawah (Baritz, Mosoi, and Cotoros 2019).



Gambar 2.3. *Center of gravity dan Line of gravity* (Baritz et al. 2019)

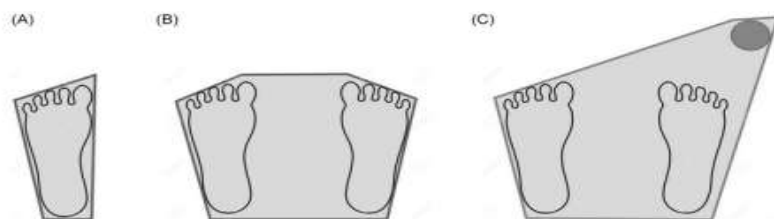
b *Line of Gravity (LOG)*

Line of Gravity atau garis gravitasi adalah garis imajiner yang berada vertikal melalui pusat gravitasi. Derajat stabilitas tubuh

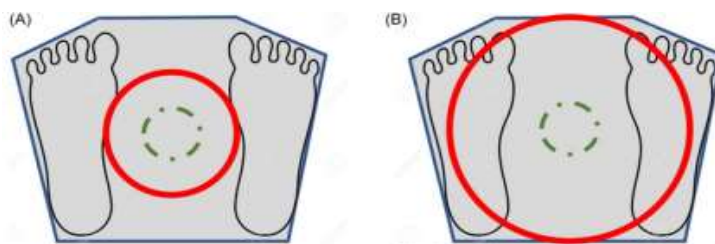
ditentukan oleh hubungan antara garis gravitasi, pusat gravitasi dengan *Base of Support* atau bidang tumpu.

c *Base of Support (BOS)*

Base of support atau bidang tumpu merupakan bagian dari tubuh yang berhubungan dengan permukaan tumpuan. Ketika garis gravitasi tepat berada di bidang tumpu, tubuh dalam keadaan seimbang. Stabilitas yang baik terbentuk dari luasnya area bidang tumpu. Semakin besar bidang tumpu, semakin tinggi stabilitas. Misalnya, berdiri dengan kedua kaki akan lebih stabil dibanding berdiri dengan satu kaki. Semakin dekat bidang tumpu dengan pusat gravitasi, maka stabilitas tubuh makin tinggi (Phu, Kirk, and Duque 2019).



(A) berdiri dengan satu kaki (B) berdiri dengan kedua kaki di tanah dan (C) menggunakan tongkat untuk meningkatkan basis penopang.



Gambar 2.4 *Base of Support* batas stabilitas (lingkaran merah) dan pusat tekanan (lingkaran bertitik hijau). (A) *Base of Support* meningkatkan risiko jatuh. (B) *Base of Support* meningkatkan stabilitas(Phu *et al.* 2019).

d *Muscle Strength*

Muscle strength menghasilkan tegangan dan tenaga selama usaha maksimal baik secara dinamis maupun secara statis. Kekuatan otot dihasilkan oleh kontraksi otot yang maksimal. Otot yang kuat merupakan otot yang dapat berkontraksi dan relaksasi dengan baik, jika otot kuat maka keseimbangan dan aktivitas sehari-hari dapat berjalan dengan baik seperti berjalan, lari, bekerja, dan lain sebagainya (Septianingtyas 2018).

2.3 Zona Latihan pada Lansia

Zona latihan memberikan batasan latihan minimal dan maksimal yang diberikan pada lansia agar tidak melewati ambang batas kemampuannya. Hal tersebut untuk menghindari latihan serta kelelahan yang berlebih pada lansia agar dapat melakukan latihan dengan aman dan nyaman. Untuk itu diperlukan pengukuran zona latihan yang merupakan batas bawah atau batas atas denyut jantung yang direkomendasikan untuk berkontraksi (Aras, 2017) dengan rumus

$$\begin{aligned} \mathbf{DL} &= \mathbf{DI + (30-40\%) (DM - DI)} \\ &= \mathbf{DI + (30\% - 40\%) (220 - usia - DI)} \end{aligned}$$

Keterangan:

DL: Denyut nadi latihan

DI: Denyut nadi istirahat

DM: Denyut nadi maksimal(220-usia)

30%: Batas bawah/minimal

40%: Batas atas/optimal.

2.4 Tinjauan Tentang *Timed Up and Go (TUG)*

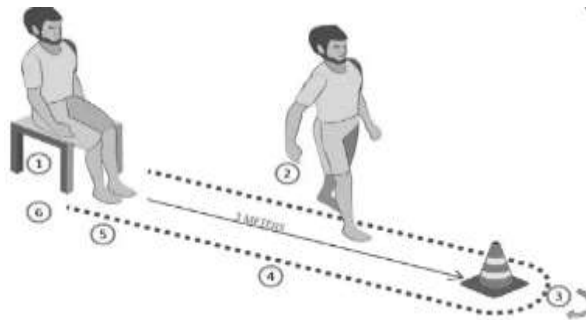
2.4.1 Defenisi

Time Up and Go (TUG) memeriksa kecepatan berjalan, panjang langkah, dan keseimbangan dalam bergerak. Dengan demikian, *Time Up and Go* dapat digunakan untuk memeriksa keseimbangan dinamis. Keseimbangan proaktif melibatkan penyesuaian postural selama gerakan yang dimulai sendiri (Chiu *et al.* 2021).

Tujuan dari tes ini adalah untuk menilai mobilitas orang dewasa yang lebih tua. Peralatan yang dibutuhkan antara lain stopwatch, kursi berlengan standar, dan tandai garis di lantai dengan jarak 3 meter atau 10 kaki dari tepi depan kursi. Pasien dapat menggunakan alat bantu jalan biasa dan mendorong dengan tangan di lengan kursi untuk berdiri (Campbel 2021). Variabel yang diukur adalah total waktu yang dibutuhkan oleh tes dan kemudian skor yang diberikan dalam hitungan detik diamati, yang berkorelasi dengan risiko jatuh.(Ortega-Bastidas *et al.* 2019)

2.4.2 Prosedur Pelaksanaan

- a Peneliti menyiapkan kursi dengan sandaran dan lintasan sepanjang 3 meter, stopwatch dan menjelaskan prosedur pengukuran.
- b Pasien diarahkan duduk pada kursi yang telah disiapkan
- c Peneliti memberikan aba-aba untuk memulai dan peneliti mulai menghitung waktu.
- d Pasien berdiri dari posisi duduknya
- e Pasien berjalan 3 meter, putar balik dan berjalan kembali 3 meter mengikuti lintasan.
- f Pasien duduk kembali pada kursi dan pengukuran waktu dihentikan..



Gambar. 2.5 *Time Up and Go* (Steinmetzer *et al.* 2019).

2.4.3 Interpretasi

Tabel 2.1. Interpretasi *Time Up and Go* (Steinmetzer *et al.* 2019).

Skor	Penafsiran
< 10 dtk	Sepenuhnya mandiri Dengan atau tanpa bantuan berjalan untuk ambulasi dan transfer
< 20 detik	Independen untuk transfer Dengan atau tanpa alat bantu berjalan, tidak tergantung saat menaiki sebagian besar anak tangga dan pergi ke luar sendirian
>30 detik	Membutuhkan bantuan Bergantung pada sebagian besar kegiatan

2.5 Tinjauan Tentang 30 Second Chair Stand Test

2.5.1 Definisi

30 second chair stand test adalah alat penilaian kinerja fisik khususnya, dengan mengukur kekuatan tungkai bawah. Dilakukan dengan mengukur kemampuan pasien yang lebih tua untuk berulang kali berdiri dari kursi, dengan secara khusus menghitung berapa kali mereka berdiri selama tiga puluh detik (Mc Allister and Palombaro 2020).

2.5.2 Prosedur Pelaksanaan

Peralatan: Kursi dengan punggung lurus tanpa sandaran tangan (tinggi kursi 17”), dan stopwatch.

1. Instruksikan pasien:
 - a. Duduk di tengah kursi.
 - b. Letakkan tangan di bahu yang berlawanan, seperti menyolang
 - c. Kaki tetap rata di lantai.
 - d. Punggung tetap lurus, dan pertahankan lengan di dada.
 - e. Saat "mulai", naik ke posisi berdiri penuh, lalu duduk kembali.
 - f. Ulangi ini selama 30 detik.
2. Pada kata "mulai"
3. Hitung berapa kali pasien mencapai posisi berdiri penuh selama 30 detik.
4. Catat berapa kali pasien berdiri dalam 30 detik.

2.5.3 Interpretasi

Tabel 2.2. Interpretasi *30 Second Chair Stand*(Cobo et al. 2020).

Umur	Laki-laki	Perempuan
60-64	< 14	< 12
65-69	< 12	< 11
70-74	< 12	< 10
75-79	< 11	< 10
80-84	< 10	< 9
85-89	< 8	< 8
90-94	< 7	< 4

2.6 Tinjauan Tentang Panjang Langkah

2.6.1 Definisi Panjang Langkah (*Stride Length*)

Panjang langkah adalah jarak yang diukur dari midline tumit kaki yang sama pada saat melangkah pertama kali. Kekuatan dari otot pada tungkai bawah mempengaruhi panjang atau pendeknya langkah dihasilkan. Semakin baik kekuatan otot tungkai maka

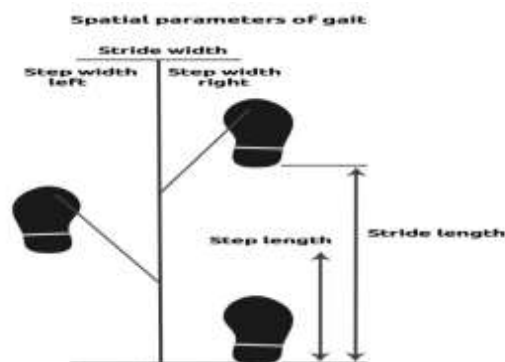
semakin panjang langkah, sebaliknya menurun kekuatan otot pada ekstremitas bawah dapat menyebabkan inersia gerak dan langkah memendek yang menyebabkan kaki tidak dapat menginjak dengan kuat sehingga lebih mudah untuk goyah, sulit atau terlambat mengantisipasi gangguan seperti terpeleset dan tersandung (Kim *et al.* 2018).

Panjang langkah dapat ditentukan dengan dua cara yaitu dengan pengukuran langsung atau secara tidak langsung dari kecepatan dan waktu siklus berjalan (Apriliani, 2021).

2.6.2 Prosedur Pelaksanaan

Panjang langkah diukur dengan cara subyek diminta menapakkan kaki pada wadah yang sudah diisi tinta lalu dimintanya untuk berjalan diatas karton dengan kecepatan yang disukai dan nyaman atau dengan kecepatan yang biasa dilakukan. Saat akan dilakukan penilaian panjang langkah subyek tidak dikonfirmasi terlebih dahulu, untuk menghindari agar objek tidak memperbaiki langkahnya saat berjalan, setelah subyek selesai berjalan. Jarak diukur dengan menggunakan meteran, sehingga didapatkan jarak panjang langkah. Disediakan keset basah untuk membersihkan kaki subyek (apriliani, 2021). Panjang langkah diukur dengan menggunakan rumus:

$$\text{Stride length (m)} = \text{Speed (m/s)} \times \text{Cycle time (s)}$$



Gambar. 2.6 Spatial parameter of gait (Bytyçi and Henein 2021).

2.6.3 Interpretasi

a. Perempuan

Tabel 2.2 Parameter Pola berjalan Perempuan (Apriliani, 2021).

Umur (tahun)	Cadence (step/min)	Stride length (m)	Speed (m/s)
13-14	103 - 150	0,99 - 1,55	0,90 - 1,62
15-17	100 - 144	1,03 - 1,57	0,92 - 1,64
18-49	98 - 138	1,06 - 1,158	0,94 - 1,66
50-64	97 - 136	1,04 - 1,56	0,91 - 1,63
65-80	96 - 136	0,94 - 1,46	0,80 - 1,52

b. Laki-laki

Tabel 2.3 Parameter Pola berjalan Laki-laki (Apriliani, 2021).

Umur (tahun)	Cadence (step/min)	Stride length (m)	Speed (m/s)
13-14	100 - 149	1,06 - 1,64	0,95 - 1,67
15-17	96 - 142	1,15 - 1,75	1,03 - 1,75
18-49	91 - 135	1,25 - 1,85	1,10 - 1,82
50-64	82 - 126	1,22 - 1,82	0,96 - 1,68
65-80	81 - 125	1,11 - 1,71	0,81 - 1,61

2.7 Tinjauan Tentang *Square Stepping Exercise*

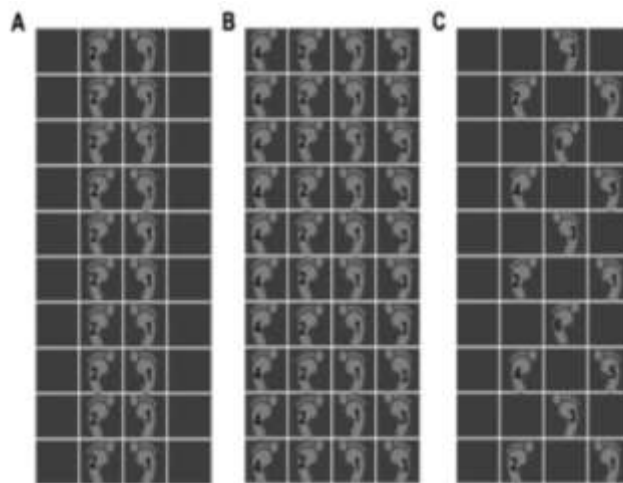
2.7.1 Definisi

Square stepping exercise adalah sebuah latihan dengan menggunakan matras tipis (100 cm x 250 cm) yang disekat menjadi 40 kotak masing-masing 25 cm (Kawabata *et al.* 2021). Square stepping exercise ini selain dapat meningkatkan keseimbangan juga dapat meningkatkan kognitif lansia, karena lansia diharuskan mengerti pola dan melakukan langkah sesuai pola yang ditentukan (Pramita and Susanto 2018).

2.7.2 Prosedur pelaksanaan

Sebelum pasien melakukan latihan terlebih dahulu dilakukan sosialisasi tata cara melakukan latihan *square stepping exercise* :

- a. Pertama dilakukan pemeriksaan vital sign berupa tekanan darah.
- b. Semua perlengkapan latihan dipersiapkan.
- c. Peserta dianjurkan melakukan pemanasan selama 5 menit.
- d. Petugas memberikan contoh latihan *square stepping exercise* dengan tiga level latihan.
- e. Peserta dipersilahkan untuk mengikuti latihan yang telah dicontohkan diatas matras yang telah disediakan.
- f. Setiap peserta akan diberikan kesempatan melakukan latihan *square stepping exercise* sebanyak 8 kali pengulangan pada setiap pola.



Gambar. 2.7 *Square Stepping Exercise Level A Beginner, Level B Intermediate, dan Level C Advanced* (Kawabata *et al.* 2021).

2.7.3 Indikasi

Square stepping exercise dimanfaatkan dalam fungsionalitas, keseimbangan, kekuatan tungkai bawah, fleksibilitas dan kelincahan, konsentrasi, memori, ketajaman mental dan memori visual pada orang dewasa yang lebih tua (Domínguez-Muñoz *et al.* 2021).

2.8 Tinjauan Tentang *Otago Exercise*

2.8.1 Defenisi

Otago exercise merupakan latihan multi-komponen yang berfokus pada fleksibilitas, kekuatan, keseimbangan, dan daya tahan dapat secara efektif meningkatkan keseimbangan, mobilitas, dan kinerja fisik serta mengurangi kejadian jatuh dan cedera terkait jatuh pada orang dewasa yang tinggal di komunitas berusia >65 tahun. *Otago exercise* terdiri dari serangkaian latihan untuk penguatan otot kaki dan latihan keseimbangan dan dirancang untuk mencegah jatuh, terutama untuk individu berusia >80 tahun yang pernah jatuh (Chiu *et al.* 2021).

2.8.2 Prosedur pelaksanaan

a Latihan keseimbangan terdiri dari *knee bends backwards walking, walking and turning around, sideways walking* dan *heel walking – no support*. Latihan penguatan dan keseimbangan dilakukan 3 kali seminggu di bawah pengawasan terapis. Latihan berlangsung selama 30 menit diawali dengan 5 menit pemanasan dan diakhiri 5 menit pendinginan, latihan relaksasi hingga selesai (Leem, Kim, and Lee 2019).

b Latihan dilakukan dengan cara sebagai berikut (Campbel 2021):

1. *Knee Bends – No Support*

Berdiri tegak di dekat meja dan lihat ke depan. Tempatkan kaki selebar bahu. setengah Jongkok, tekuk lutut. Lutut melewati jari kaki. Saat merasa tumit mulai terangkat, luruskan. Ulangi



Gambar 2.8. *Knee Bends – No Support*

2. Backwards Walking – No Support

Berdiri tegak di dekat meja dan lihat ke depan. Berjalan mundur sebanyak 10 langkah. Berbalik. Berjalan mundur 10 langkah ke awal. Ulangi



Gambar 2.9 *Backwards Walking – No Support*

3. Walking and Turning Around

Berdiri di dekat meja. Berjalan dengan kecepatan biasa. Putar searah jarum jam. Berjalan kembali ke posisi awal. Putar berlawanan arah jarum jam. Latihan adalah gerakan angka delapan. Ulangi



Gambar 2.8 *Walking and Turning Around*

4. *Sideways Walking*

Berdiri tegak di dekat meja dan letakkan tangan di pinggul. ambil 10 langkah ke kanan. Ambil 10 langkah ke kiri. Ulangi



Gambar 2.10 *Sideways Walking*

5. *Heel Walking – No Support*

Berdiri tegak di samping meja. Tahan dan lihat ke depan. Angkat bagian depan kaki Anda dari lantai. Berjalan 10 langkah di atas tumit. Turunkan kaki ke tanah dan berbalik. Berjalan 10 langkah di atas tumit. Ulangi



Gambar 2.11 *Heel Walking – No Support*

2.9 Hubungan *square stepping exercise* terhadap peningkatan kekuatan otot, panjang langkah dan keseimbangan dinamis pada penderita *osteoarthritis knee*

Square stepping exercise merupakan jenis latihan dengan berjalan dan mengikuti beberapa pola melangkah. Melakukan gerakan melangkah dan menghafal pola gerakan akan menyebabkan kontraksi otot-otot *ekstremitas* bawah sehingga terjadi peningkatan kekuatan otot serta peningkatan dalam proses mengolah informasi dimana dengan melakukan gerakan melangkah akan mengaktifasi otot-otot agonis dan antagonis secara bersamaan pada ekstremitas bawah untuk berkontraksi sehingga peningkatan kekuatan otot dapat meningkatkan keseimbangan. Gerakan melangkah dengan menghafal pola tertentu akan meningkatkan kecepatan memproses informasi pada otak yang akan menunjukkan kecepatan dalam melangkah (Fisseha *et al.* 2017).

Ketika melakukan kontraksi otot, akan terjadi pemendekan pada serabut otot yang didukung oleh energi atau *adenosin trifosfat* (ATP), ion kalsium serta protein lainnya sehingga otot dapat memendek dan relaksasi yang memungkinkan kita dapat bergerak. Aktivitas otot untuk kontraksi dan

relaksasi juga dikontrol oleh saraf serta memerlukan suplai oksigen dan nutrisi secara terus menerus. Kontraksi otot yang dilakukan terus menerus akan meningkatkan kekuatan otot, hal ini dapat terjadi karena adanya adaptasi neurological yang menyebabkan perubahan berupa peningkatan kinerja ujung saraf pada otot (*neuromuscular junction*), peningkatan aktivitas motor unit dan penghambatan dari mekanisme refleks dari *Golgi Tendon organ* (GTO). Refleks GTO yang merupakan batasan kontraksi otot dicegah oleh inhibitor pada saraf motorik untuk mengurangi batasan kontraksi maksimal sehingga terjadinya peningkatan kekuatan otot (Thachil and Thomas 2022).

Gerakan melangkah juga dapat meningkatkan sistem sensorik pada tubuh, seperti sistem visual, vestibular dan somatosensorik hal ini dapat terjadi karena, terdapat unsur melihat batasan garis pada landasan *square stepping exercise*, pergerakan atau perubahan posisi kepala yang dapat melatih vestibular serta perubahan dari posisi sendi dan adanya kontraksi otot yang dapat meningkatkan fungsi dari somatosensorik. Gerakan melangkah dengan menghafal pola pergerakan juga dapat meningkatkan kemampuan kecepatan proses informasi pada otak sehingga menunjukkan kecepatan dalam melangkah sehingga dapat membantu menjaga keseimbangan dinamis ketika terpeleset atau memiliki resiko jatuh (Rahman *et al.* 2022).

Secara fisiologi melakukan *square stepping exercise* membutuhkan konsentrasi yang akan melatih daya ingat dan perencanaan untuk dapat menyelesaikan latihan dengan benar. Selain itu, *square stepping exercise* juga meningkatkan *sintesis neurotransmitter asetilkolin* yang berperan sebagai sinyal penghantar informasi sehingga meningkatkan kecepatan mengolah informasi pada otak serta *brain derived neurotrophic factors* (BDNF) yang berperan sebagai protein untuk menghambat

neurodegeneratif yang terdapat pada otak dan saraf perifer(Sena *et al.* 2019).

Square stepping exercise meningkatkan aktivitas otot antagonis dan agonis dari ekstremitas bawah . Oleh karena itu, adanya penerapan square stepping exercise secara konsekuen meningkatkan banyak aspek fungsional ekstremitas bawah. Peningkatan kekuatan ekstremitas bawah ini meningkatkan panjang langkah dan keseimbangan dinamis lansia. Kelemahan *muscle quadriceps*, yang mempengaruhi ketidakaktifan lansia. Oleh karena, penurunan tingkat kemampuan fungsional menyebabkan kelemahan *ekstensor knee* dan *plantar fleksi ankle* merupakan faktor penting terjadinya jatuh. *Osteoarthritis* suatu kondisi dengan penurunan *ekstensor* lutut. Berkurangnya kekuatan *ekstensor* lutut dapat menyebabkan kontrol gerakan kaki, panjang langkah dan kecepatan langkah melambat. Saat melakukan langkah bergantian pada *square stepping exercise*, kaki harus mengerahkan kekuatan pada ekstensi *knee* untuk menjaga keseimbangan saat berdiri. Hal ini yang menjadi alasan terjadi peningkatan *muscle quadriceps* pada penderita *osteoarthritis knee* dan meningkatkan kesimbangan dinamis(Thachil and Thomas 2022).

2.10 Hubungan *otago exercise* terhadap peningkatan kekuatan otot, panjang langkah dan keseimbangan dinamis pada penderita *osteoarthritis knee*

Otago exercise merupakan salah satu latihan dengan mengkombinasikan gerakan untuk penguatan otot tungkai (*strengthening*), pengembalian sistem keseimbangan (*balancing*), dan *walking*. Dengan gerakan untuk penguatan otot tungkai (*strengthening*) yang terdapat dalam *otago home exercise* programme akan memberikan efek peningkatan pada kekuatan otot tungkai melalui peningkatan unsur kontraktile otot (*aktin* dan *myosin*), pembesaran *sarcolemma*, serta peningkatan serabut otot. Selain itu,

gerakan strengthening dapat meningkatkan jumlah motor unit pada otot akibat dari proses *hipertrofi* otot. Hal ini dikarenakan gerakan dalam *otago home exercise programme* khususnya gerakan strengthening yang diberikan memiliki peningkatan beban latihan secara *progresif*. Kemudian untuk gerakan balancing akan mengaktifkan gerakan yang disadari yang diterima oleh saraf sensoris berupa *proprioseptif* tentang perubahan posisi tubuh pada persendian. Input tersebut akan diantarkan ke otak di dalam korteks *serebri* kemudian mengubah informasi sensoris menjadi informasi motorik. Informasi motorik akan menjadi neuron-neuron motorik sehingga menyebabkan potensial aksi pada otot. Potensial aksi akan menyebabkan retikulum sarkoplasma melepaskan ion kalsium dalam jumlah besar. Ion kalsium akan menimbulkan gaya tarik-menarik antara filamen aktin dan miosin sehingga menghasilkan proses kontraksi otot (Tarigan 2018).

Berdasarkan latihan keseimbangan dengan menggunakan *otago exercise* selama 8 minggu menunjukkan terjadinya perubahan intraseluler yang ditandai dengan meningkatnya jumlah dan ukuran *mitochondria*, meningkatnya jumlah serabut otot, peningkatan *recruitment motor* unit disertai bertambahnya kapilaritas pada otot. Selain perubahan intraseluler latihan juga menyebabkan terjadinya perubahan biokimia pada otot meliputi bertambahnya jumlah PC (*phosphocreatine*), *glikogen* otot, *myoglobin* dan enzim-enzim yang penting untuk proses *aerobik* (*enzym-enzim oksidatif*) yang terdapat di dalam *mitochondria*. Perubahan ini berkaitan dengan ketersediaan energi otot untuk dapat berkontraksi sehingga terjadi peningkatan kekuatan otot (Beato *et al.* 2019).

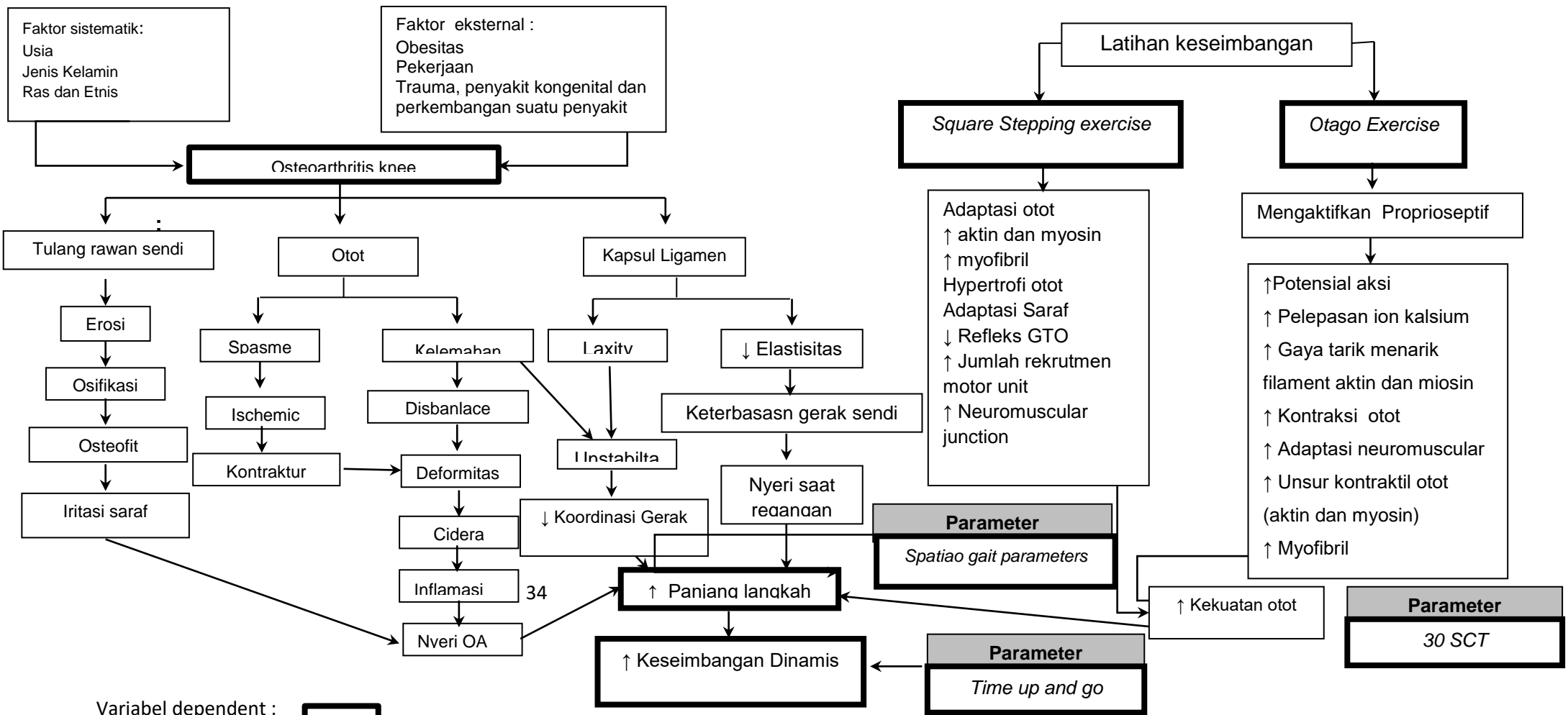
Gerakan melangkah pada *otago exercise* maupun *basic exercise* dapat meningkatkan sistem sensorik pada tubuh, seperti sistem visual, vestibular dan somatosensorik. Meningkatkan kemampuan kecepatan proses

informasi pada otak melalui peningkatan sintesis *neurotransmitter asetilkolin* yang berperan sebagai sinyal penghantar informasi dan peningkatan kekuatan otot dapat meningkatkan jumlah langkah dan kecepatan ketika berjalan sehingga meningkatkan panjang langkah dan keseimbangan(Ambarwaty 2020).

Otago exercise menunjukkan peningkatan kekuatan tungkai bawah, peningkatan panjang langkah, dan juga peningkatan keseimbangan dinamis. *Otago exercise* yang dilakukan dengan berjalan, berbalik dan berjalan menggunakan tumit dapat meningkatkan keseimbangan dengan adanya perbaikan panjang langkah pada pola berjalan(Mohan Ra, Methe, and Patil 2021).

Peningkatan yang signifikan pada kekuatan otot isotonik dan isometrik *muscle quadriceps*, *muscle hamstrings*, *muscle gastrocnemius* dan *muscle soleus* dalam efektif penerapan otago exercise yang dimodifikasi dengan penggunaan medicinal nano gel yang digunakan untuk meredakan simptomatik pada penderita *osteoarthritis knee*, sehingga meningkatkan keseimbangan, mengurangi risiko jatuh dan peningkatan aktivitas fungsional (Joshi and Phansopkar 2022).

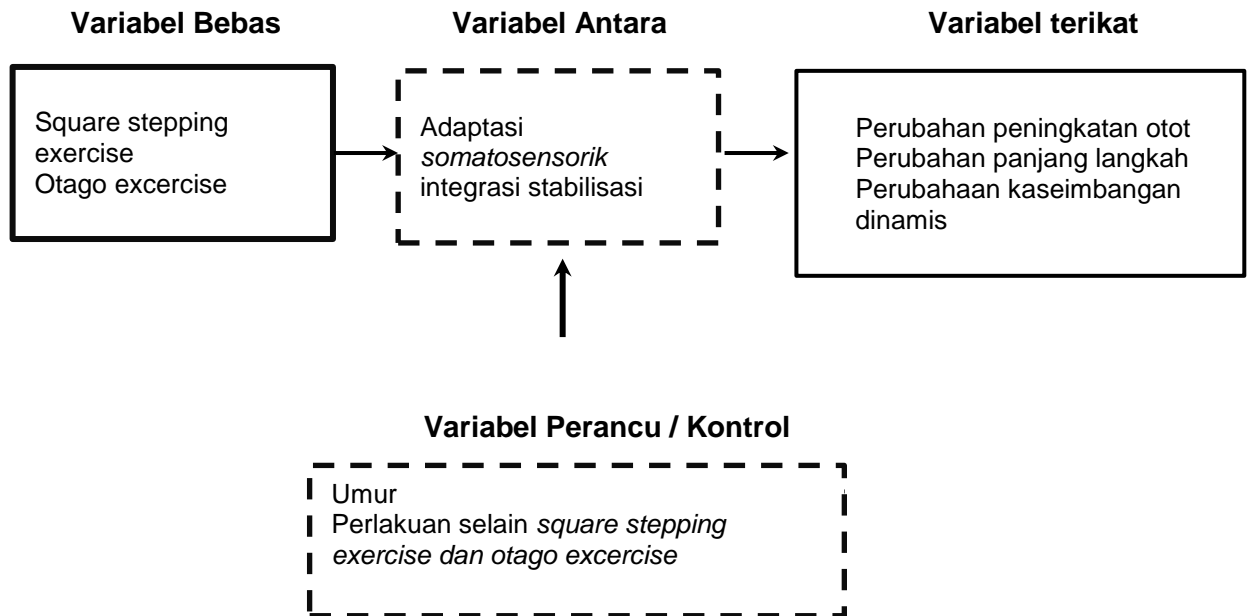
2.11 Kerangka Teori



Variabel dependent :

Variabel independent:

2.12 Kerangka Konsep



Keterangan : ____ : Variabel dependent

___ : Variabel independent

2.13 Hipotesis

Ada perbedaan perbedaan efektivitas *square stepping exercise* dengan *otago exercise* terhadap peningkatan kekuatan otot , panjang langkah dan keseimbangan dinamis pada penderita *osteoarthritis knee*.