

DISERTASI

**PENGARUH *TASK BALANCE TRAINING PROGRAM* TERHADAP
KADAR *GLIAL CELL LINE DERIVED NEUROTROPHIC FACTOR*,
FUNGSI KOGNITIF, DAN KESEIMBANGAN
POSTURAL PADA LANJUT USIA**

*THE EFFECT OF TASK BALANCE TRAINING PROGRAM ON GLIAL
CELL LINE DERIVED NEUROTROPHIC FACTOR (GDNF) LEVELS,
COGNITIVE FUNCTION AND POSTURAL BALANCE
IN THE OLD PEOPLE*

MEUTIAH MUTMAINNAH ABDULLAH

C013191003



**PROGRAM STUDI S3 ILMU KEDOKTERAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

PENGARUH *TASK BALANCE TRAINING PROGRAM* TERHADAP KADAR *GLIAL CELL LINE DERIVED NEUROTROPHIC FACTOR*, FUNGSI KOGNITIF, DAN KESEIMBANGAN POSTURAL PADA LANJUT USIA

The Effect of Task Balance Training Program on Glial Cell Line Derived Neurotrophic Factor (Gdnf) Levels, Cognitive Function and Postural Balance in The Old People

**Hasil Penelitian Disertasi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Doktor**

**Program Studi
Ilmu Kedokteran**

Disusun dan diajukan oleh

**MEUTIAH MUTMAINNAH ABDULLAH
C013191003**

Kepada

**PROGRAM STUDI S3 ILMU KEDOKTERAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Subhanahu Wata'ala yang senantiasa melimpahkan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini yang berjudul “Pengaruh *Task Balance Training Program* terhadap Kadar *Glial Cell Line Derived Neurotrophic Factor (GDNF)*, Fungsi Kognitif, dan Keseimbangan Postural pada Lanjut Usia”. Shalawat dan salam senantiasa penulis panjatkan kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya serta para pengikut-pengikut beliau.

Dalam proses penyusunan disertasi ini, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dan keterbatasan kemampuan penulis. Namun berkat do'a, bimbingan, arahan dan motivasi dari berbagai pihak sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian ini. Secara khusus penulis dengan tulus hati dan rasa hormat menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Suami saya tercinta Muh.Jabbaryans, S.Kom. dan orang tua saya tercinta, ayahanda Ir. Abdullah Marzuki (rahimahullah) dan kepada ibunda Dra. Hartini Husain, M.Si. yang mendoakan, menyayangi, dan mendukung saya beserta keluarga besar.
2. Mertua saya tercinta ayahanda Muh.Yatim Halid (rahimahullah) dan ibunda Nurseha Lebu, B.Sc. beserta keluarga besar yang mendoakan, menyayangi, dan mendukung saya.
3. Anak-anak saya tercinta Maysha Amira Jabbaryans, Muhammad Al Jibrani Jabbaryans yang telah mendoakan, menyayangi, dan mendukung saya.

4. Saudari saya Fatimah Hardianti, S.Pi, M.Si. dan Nurjannah Oktorina, S.T, M.T yang saya sayangi beserta keluarga besar yang mendoakan, menyayangi, dan mendukung saya.
5. Prof. Dr. dr. A. Wardihan Sinrang, MS, Sp. And. selaku Promotor, Dr. dr. Jumraini Tammasse, Sp.S (K) dan Dr. Djohan Aras, S.Ft, Physio, M.Kes selaku Kopromotor yang telah banyak memberikan motivasi, membimbing dan mengarahkan dalam menjalankan pendidikan di jenjang S3.
6. Dr. Nukhrawi Nawir, M.Kes., AIFO; dr. Muh. Yunus Amran, Sp.S, Ph.D; Dr. dr. Burhanuddin Bahar, MS; dr. M. Aryadi Arsyad, M.Biom.Sc, Ph.D; Dr. dr. David Gunawan, Sp.S (K); dr. Cahyono Kaelan, Sp.PA (K), Sp.S, Ph.D selaku penguji atas kesediaannya membimbing sekaligus sebagai tim penguji yang telah memberikan ide, saran, dan pemikiran positif sehingga disertasi dapat tersusun dengan lebih baik.
7. dr. Agussalim Bukhari, M.Clin.Med, Ph.D, Sp.GK (K) selaku Ketua Program Studi Doktor Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin yang selama penulis menempuh pendidikan senantiasa memberi bimbingan dan nasihat.
8. Seluruh dosen dan staf yang telah membantu dan mendukung saya.
9. Physio Iryanti Irwan selaku ketua Lembaga Kesejahteraan Sosial Lanjut Usia Batara Hati Mulia dan Yayasan Batara Hati Mulia yang telah membantu selama penelitian beserta lansia dan para pendampingnya.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat saya sebut satu per satu yang telah membantu dan mendukung saya.

Harapan penulis semoga dapat diterima dan diberi saran, masukan yang mendukung sehingga disertasi ini dapat bermanfaat. Semoga Allah senantiasa melimpahkan rahmatnya kepada penulis dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan disertasi ini, besar harapan dan do'a penulis agar kiranya dapat diterima.

Makassar, Agustus 2021

Penulis

DISERTASI

**PENGARUH TASK BALANCE TRAINING PROGRAM TERHADAP KADAR
GLIAL CELL LINE DERIVED NEUROTROPHIC FACTOR, FUNGSI KOGNITIF,
DAN KESEIMBANGAN POSTURAL PADA LANJUT USIA**

*The Effect of Task Balance Training Program on Glial Cell Line
Derived Neurotrophic Factor Levels, Cognitive Function, and Postural
Balance in Elderly*

Disusun dan diajukan
Oleh

Meutiah Mutmainnah Abdullah
C013191003

*Telah dipertahankan di hadapan Penilai Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Studi Doktor Ilmu Kedokteran
Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin
pada tanggal, 21 Desember 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan*

Menyetujui
Promotor,



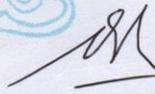
Prof. Dr. dr. A. Wardiman Sirang, MS, Sp.And
Nip. 19590804 198803 1 002

Co. Promotor



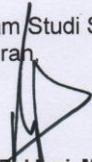
Dr. dr. Jumrains Tammase, Sp.S(K)
Nip. 19680723 200003 2 001

Co. Promotor



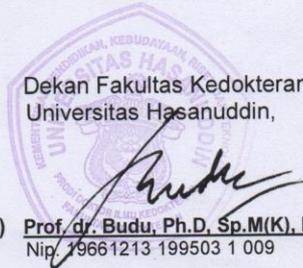
Dr. Drs. Djohan Aras, S.Ft, Physio, M.Pd, M.Kes
Nip. 19550705 197603 1 005

Ketua Program Studi S3
Ilmu Kedokteran



dr. Agussalim Bukhari, M. Med, Ph.D, Sp.GK (K)
Nip. 19700821 199903 1 001

Dekan Fakultas Kedokteran
Universitas Hasanuddin,



Prof. dr. Budu, Ph.D, Sp.M(K), M.Med.Ed
Nip. 19661213 199503 1 009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
FAKULTAS KEDOKTERAN

PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU KEDOKTERAN

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar 90245 Telp.(0411)586010,(0411)586297
EMAIL : s3kedokteranunhas@gmail.com

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Meutiah Mutmainnah Abdullah
NIM : C013191003
Program Studi : Doktor Ilmu Kedokteran
Jenjang : S3

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

Pengaruh Task Balance Training Program terhadap Kadar Glial Cell Line Derived Neurotrophic Factor, Fungsi Kognitif, dan Keseimbangan Postural pada Lanjut Usia.

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain, bahwa Disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Disertasi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 14 Januari 2022

Yang menyatakan,



Meutiah Mutmainnah Abdullah

ABSTRAX

MEUTIAH MUTMAINNAH ABDULLAH. *Pengaruh Task Balance Training Program Terhadap Kadar GDNF, Fungsi Kognitif, dan Keseimbangan Postural pada Lanjut Usia* (dibimbing oleh Andi Wardihan Sinrang, Jumraini Tammasse, dan Djohan Aras).

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh *Task Balance Training Program* terhadap kadar GDNF, fungsi kognitif, dan keseimbangan postural pada lanjut usia.

Penelitian ini menggunakan metode *preexperimental* dengan *two groups pretest-posttest design*. Subjek adalah kelompok lansia di Yayasan Batara Hati Mulia Gowa yang tidak menjalani perawatan khusus (dalam keadaan *bed rest*). Sampel sebanyak 66 orang. Pemberian latihan dilakukan sebanyak 3 kali dalam seminggu selama 4 minggu. Pengukuran kadar GDNF dengan kit Elisa, fungsi kognitif dengan *montrea/ cognitive assessment*, keseimbangan postural menggunakan *timed up and go tesf (TUGT)*, dan *the tinetti test*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan kadar GDNF, fungsi kognitif, tingkat keseimbangan postural yang signifikan pada kelompok perlakuan dibandingkan dengan kelompok kontrol. Terdapat pengaruh pemberian latihan *Task Balance Training Program* terhadap perubahan kadar GDNF, fungsi kognitif, dan tingkat keseimbangan postural pada lansia.

Kata kunci: *Task Balance Training Program*, kadar GDNF, fungsi kognitif, keseimbangan postural, lansia



ABSTRACT

MEUTIAH MUTMAINNAH ABDULLAH. *The Effect of Task Balance Training Program on the Level of GDNF, Cognitive Function, and Postural Balance in Elderly* (supervised by **Andi Wardihan** Sinrang, **Jumraini Tammasse**, and **Djohan Aras**)

The aim of this study is to determine the effect of Task Balance Training Program on GDNF level, cognitive function, and postural balance in elderly.

This research used pre-experimental method with two groups pre-test and post-test design. The subjects were elderly at Batara Hati Mulia Gowa Foundation who did not undergo special treatment in bed rest. A total of 66 samples were divided into intervention group and control group. The samples were given Task Balance Training Program 3 times a week for 4 weeks. The level of GDNF was analyzed using Elisa; cognitive function was analyzed using Montreal Cognitive Assessment, and postural balance was measured using Timed Up and Go Test (TUGT) and Tinetti test.

The results indicate that the presence of GDNF level, cognitive function, and postural balance are more significant in intervention group compared to the ones in control group. This indicates that Task Balance Training Program has an effect on the change of GDNF level, cognitive function, and postural balance in elderly.

Keywords: Task Balance Training Program, the level of GDNF, cognitive function, postural balance, elderly



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGAJUAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
BAB I	
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	7
D. Manfaat Penelitian.....	7
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA.....	9
A. Tinjauan Umum tentang Lanjut Usia	9
B. <i>Glial Cell Derived Neurotrophic Factor (GDNF)</i>	14
C. Fungsi Kognitif pada Lanjut Usia	19
D. Keseimbangan Postural	28
E. <i>Task Balance Training Program</i>	36
F. Kerangka Teori	44
G. Kerangka Konsep	45

H. Hipotesis	46
BAB III	
METODE PENELITIAN.....	47
A. Rancangan Penelitian	47
B. Tempat dan Waktu Penelitian	47
C. Populasi dan Sampel Penelitian.....	48
D. Variabel Penelitian	50
E. Instrumen Penelitian	52
F. Prosedur Penelitian	53
G. Alur Penelitian	62
H. Pengolahan dan Analisis Data.....	63
I. Etika Penelitian.....	64
BAB IV	
HASIL DAN PEMBAHASAN	65
A. Hasil Penelitian.....	65
B. Pembahasan	79
c. Keterbatasan Penelitian.....	104
BAB V	
SIMPULAN DAN SARAN.....	105
A. Simpulan	105
B. Saran.....	106
Daftar Pustaka	
Lampiran	

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Proses penuaan merupakan proses fisiologis yang akan dialami oleh setiap manusia. Dengan bertambahnya usia, jaringan dan sel-sel menjadi tua. Jumlah lanjut usia (lansia) yang secara terus menerus bertambah dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan seperti timbulnya penyakit degeneratif yang berdampak pada penurunan produktivitas di usia lansia. Proses penuaan merupakan suatu proses secara perlahan berkurangnya kemampuan jaringan untuk memperbaiki diri atau mengganti dan mempertahankan fungsi normalnya, akibatnya tidak dapat bertahan terhadap infeksi dan meregenerasi kerusakan yang dialami (Castro *et al.*, 2020).

Seiring bertambahnya populasi di dunia, terjadi peningkatan jumlah lansia yang diperkirakan akan terus mengalami kenaikan. Menurut data statistik Amerika Serikat, jumlah lansia di dunia berdasarkan kelompok umur pada Januari 2018 sebanyak 681 Juta dari 7,53 miliar orang (US Census Bureau, 2018). Data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan jumlah lansia di Indonesia tahun diprediksi tahun 2025 mencapai 33,69 juta dan tahun 2035 mencapai 48,19 juta. Persentasi lansia mencapai 9,27 persen atau sekitar 24,49 juta orang yang didominasi oleh lansia muda (kelompok umur 60-69 tahun) mencapai 63,39 persen, sisanya lansia madya (kelompok umur 70-79 tahun) sebesar 27,92 persen, dan

lansia tua (kelompok umur 80 tahun ke atas) sebesar 8,69 persen (Badan Pusat Statistik, 2018).

Pada lansia terjadi penurunan massa otot sebesar 0,5%-1% per tahun yang mengakibatkan penurunan kekuatan sehingga kondisi fisik semakin menurun. Hal tersebut dipengaruhi oleh keadaan lansia yang kurang aktif bergerak atau tidak melakukan aktivitas fisik (Cvecka *et al.*, 2015). Sebagian besar lansia mengurangi aktivitas fisiknya karena merasa aktivitas fisik seperti olahraga tidak cocok dengan gaya hidup mereka, meskipun ada di antara mereka sadar akan manfaatnya. Aktivitas fisik ketika masa muda sulit dilakukan seperti berlari, berjalan cepat dan jauh, cepat lelah dalam melakukan pekerjaannya karena aktivitas tersebut berhubungan dengan sistem kardiorespiratori (Bestari *et al.*, 2019).

Penyakit degeneratif pada lansia terdiri dari beberapa jenis, salah satunya penurunan kognitif. Seseorang dikatakan mengalami penurunan fungsi kognitif yang lazim dikenal dengan demensia atau kepikunan, bila menunjukkan 3 atau lebih dari gejala-gejala berupa gangguan dalam hal, di antaranya perhatian (atensi), daya ingat (memori), orientasi tempat dan waktu, kemampuan konstruksi dan eksekusi (seperti mengambil keputusan, memecahkan masalah) tanpa adanya gangguan kesadaran (Agustia, Sabrian, & Woferst, 2014; Klimova *et al.*, 2017).

Kemampuan kontrol saat berjalan akan berkurang seiring bertambahnya usia. Berjalan menjadi aktivitas yang membutuhkan tingkat fokus yang tinggi sehingga banyak kejadian jatuh terjadi ketika lansia berusaha berjalan dan melakukan kegiatan tambahan pada saat bersamaan yang membahayakan stabilitas postural dan meningkatkan

risiko jatuh (Lima *et al.*, 2015; Ansai *et al.*, 2017). Data dari WHO (2018) menyatakan bahwa tercatat 646.000 kejadian jatuh setiap tahun dan 80% terjadi di negara miskin dan berkembang. Lebih dari 800.000 pasien per tahun dirawat di rumah sakit karena cedera jatuh, paling sering karena cedera kepala atau patah tulang pinggul (CDC, 2017).

Bertambahnya usia akan berpengaruh pada kondisi fisik, mental, dan fungsi tubuh yang dipengaruhi dari beberapa faktor risiko jatuh lansia yaitu faktor instrinsik (biologis) dan ekstrinsik (lingkungan) (CDC, 2017). Bertambahnya usia juga mempengaruhi risiko jatuh, pada usia 70-79 tahun risiko jatuh lebih besar dari usia 60-69 tahun. Cedera fisik akibat jatuh bisa berupa fraktur, dislokasi, memar, hemarthrosis, subdural hematoma (Susilo *et al.*, 2017). Jatuh dapat menyebabkan hilangnya kepercayaan diri lansia untuk dapat melakukan aktivitas sehari-hari tanpa bantuan orang lain (Gamage *et al.*, 2019).

Gangguan pada mobilitas dan kognitif adalah umum terjadi pada banyak kondisi neurologis, membuat tiap gerakan yang dilakukan membutuhkan lebih banyak perhatian (Fritz *et al.*, 2018). Perhatian dibagi menjadi dua jenis yaitu *selective attention* (fokus pada satu stimulus; misalnya mendengar suara lawan bicara saat berkomunikasi ditempat yang bising) dan *divided attention* (fokus pada beberapa stimulus; misalnya menelpon sambil memasak) (Kochhann *et al.*, 2019). *Divided attention* inilah yang lebih sering terpengaruhi oleh kondisi neurologis. Namun *divided attention* ini sangat diperlukan agar dapat melakukan dua tugas secara bersamaan, misalnya berjalan dan berbicara (Fritz *et al.*, 2018).

Dalam kehidupan sehari-hari, kemampuan untuk melakukan pekerjaan dalam waktu bersamaan sangatlah diperlukan dan umum dilakukan. Hal ini mewakili keunggulan revolusi manusia (Mendel *et al.*, 2015). Namun, saat memroses beberapa stimulus dan menghasilkan beberapa respon berbeda seringkali terjadi penurunan kemampuan pada salah satu kinerja yang dilakukan. Latihan dirancang untuk meningkatkan kemampuan saat berjalan dan beraktivitas pada lansia (Wollesen *et al.*, 2017). Strategi rehabilitasi semakin banyak menggunakan *motor training*, yang berusaha memfasilitasi pasien dengan cara menyatukan aktivitas fungsional yang dilakukan sehingga dapat meningkatkan kemampuan sehari-hari (Mendel *et al.*, 2015). *Task balance training program* merupakan pengembangan teknik gerakan latihan kekuatan dan keseimbangan dengan prosedur sistematis berupa kerja otot yang dilakukan secara repetitif pada waktu tertentu. Adaptasi otot yang terjadi pada proses pembebanan mengakibatkan hipertrofi otot sebagai hasil akhir dari adaptasi latihan. *Exercise* juga dapat meningkatkan fleksibilitas dan lingkup gerak pada sendi (Suzuki *et al.*, 2019), dan menstimulasi peningkatan proprioseptif dikarenakan latihan penguatan akan meningkatkan aktivitas rekrutmen motor unit yang akan mengaktifasi golgi tendon organ dan *muscle spindle* (Bicer *et al.*, 2015). Semakin banyak serabut otot yang diinervasi oleh saraf motorik, semakin besar pula kekuatan otot tersebut (Lievens *et al.*, 2020). Selama pelatihan maka serabut intrafusul dan ektrafusul akan terus menerima input sensoris yang akan dikirim dan diproses di otak sehingga dapat menentukan besarnya kontraksi otot yang diperlukan. Sebagian respon yang dikirim akan kembali ke ektrafusul dan mengaktifasi golgi tendon sehingga akan

terjadi perbaikan koordinasi serabut intrafusal dan serabut ektrafusal dengan saraf aferen yang ada di *muscle spindle* sehingga terbentuklah proprioseptif yang baik (Swandari *et al.*, 2015).

Latihan berupa aktivitas fisik dapat memberikan manfaat sebagai neuroprotektif yang dapat meningkatkan neurogenesis, sinaptogenesis, angiogenesis, dan modulasi kadar neurokimia di dalam otak (O'leary *et al.*, 2019). Mekanisme tersebut dimediasi oleh faktor neurotrofik yaitu *glial cell derived neurotrophic factor* (GDNF), berperan dalam plastisitas saraf yang sangat penting pada fungsi kognitif. Peningkatan GDNF dapat meningkatkan kelangsungan hidup sel saraf di area nigrostriatal dan area korteks serebri lainnya (Quintino *et al.*, 2019). Aktivasi neuron dopaminergik menghasilkan neurotransmitter yang pada jalurnya menuju ke ganglia basalis untuk mengontrol gerakan tubuh. Neurotransmitter tersebar di korteks prefrontal yang berfungsi dalam menyimpan memori dan pada lobus frontal untuk fungsi kognitif seperti memecahkan masalah, berpikir tingkat tinggi, dan proses belajar (Virachit *et al.*, 2019).

Saat ini GDNF diakui sebagai faktor yang diperlukan untuk perkembangan, pemeliharaan, dan perlindungan neuron nigrostriatal, menjadi faktor potensial yang melindungi dan mengembalikan neuron dopamin. Bersamaan dengan tiga faktor yang terkait secara struktural - neurturin, artemin, dan persephin – GDNF membentuk famili faktor neurotropik, menjadi bagian dari superfamili *transforming growth factor-β* (TGF beta). GDNF juga terlibat dalam sinaptogenesis pada hipokampus, memainkan peran instruktif dalam pembentukan sinapsis melalui induksi situs presinaptik. Kompleks GDNF / *GDNF family receptor-α1* (GFRα1)

sangat penting untuk pengembangan sirkuit hipokampus yang tepat (Cintrón, 2019; Virachit *et al.*, 2019).

B. Rumusan Penelitian

Berdasarkan uraian dalam latar belakang tersebut, maka diajukan rumusan penelitian yaitu:

1. Apakah *task balance training program* dapat meningkatkan kadar *glial cell derived neurotrophic factor* (GDNF) pada lanjut usia ?
2. Apakah *task balance training program* dapat meningkatkan fungsi kognitif pada lanjut usia ?
3. Apakah *task balance training program* dapat meningkatkan keseimbangan postural dengan penilaian *tinetti performance-oriented mobility assessment* dan metode *timed up and go* (TUG) pada lanjut usia ?
4. Apakah ada hubungan antara kadar *glial cell derived neurotrophic factor* (GDNF) dengan fungsi kognitif pada lanjut usia ?
5. Apakah ada hubungan antara kadar *glial cell derived neurotrophic factor* (GDNF) dengan keseimbangan postural pada lanjut usia ?

C. Tujuan Penelitian

1. Tujuan Umum

Diketuinya pengaruh *task balance training program* terhadap perubahan fungsi kognitif dan keseimbangan postural dengan penilaian *tinetti performance-oriented mobility assessment* dan metode *timed up*

and go (TUG) pada lanjut usia melalui perubahan kadar *glial cell derived neurotrophic factor* (GDNF).

2. Tujuan khusus

- a. Diketuainya pengaruh *task balance training program* terhadap perubahan kadar *glial cell derived neurotrophic factor* (GDNF) pada lanjut usia.
- b. Diketuainya pengaruh *task balance training program* terhadap perubahan fungsi kognitif pada lanjut usia.
- c. Diketuainya pengaruh *task balance training program* terhadap perubahan keseimbangan postural pada lanjut usia.
- d. Diketuainya hubungan antara kadar *glial cell derived neurotrophic factor* (GDNF) dengan fungsi kognitif pada lanjut usia.
- e. Diketuainya hubungan antara kadar *glial cell derived neurotrophic factor* (GDNF) dengan keseimbangan postural pada lanjut usia.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Ilmiah

Penelitian ini memberikan kontribusi keilmuan dalam mengungkap pengaruh *task balance training program* terhadap peningkatan kadar *glial cell derived neurotrophic factor* (GDNF), fungsi kognitif, dan keseimbangan postural pada lanjut usia.

2. Manfaat Praktis

Task balance training program dapat meningkatkan fungsi kognitif dan keseimbangan postural melalui peningkatan kadar GDNF sehingga menjadi dasar pengembangan latihan fisik khususnya pada lanjut usia.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum tentang Lanjut Usia

Lansia merupakan proses alami yang tidak dapat dihindari oleh setiap individu. Menurut *World Health Organisation* (WHO), lansia adalah seseorang yang telah memasuki usia 60 tahun ke atas. Lansia berisiko memiliki masalah kesehatan, salah satunya yaitu risiko penurunan fungsi tubuh. Menua adalah proses berkurangnya fungsi tubuh dan meningkatnya kerentanan terhadap berbagai penyakit seiring dengan bertambahnya usia (Yamin *et al.*, 2018).

1. Klasifikasi Lansia

Berikut pendapat para ahli mengenai batasan usia pada lansia yang terdapat dalam (Retno, 2018).

- a. Menurut Undang-undang nomor 13 tahun 1998 dalam bab 1 pasal 1 ayat 2 yang berbunyi “lanjut usia adalah seseorang yang mencapai usia 60 tahun ke atas”.
- b. Menurut Dra. Jos Mas (Psikologi UI) terdapat empat fase, yaitu : fase invenstus dari umur 25-40 tahun, fase virilities dari umur 40-55 tahun, fase prasenium dari umur 55-65 tahun dan fase senium dari 65 tahun sampai kematian.
- c. Menurut Prof. Dr. Koesoemato Setyonegoro masa lanjut usia (*geriatric age*) dibagi menjadi 3 kriteria, yaitu *young old* dari umur 70-75 tahun, *old* dari umur 75-80 tahun dan *very old* 80 tahun ke atas.

2. Perubahan-Perubahan Fisiologis pada Lansia

Lansia bukan suatu penyakit, melainkan merupakan tahap lanjut dari suatu proses kehidupan yang ditandai dengan penurunan kemampuan tubuh untuk beradaptasi dengan lingkungan. Perubahan fisiologis yang terjadi akibat proses menua secara umum dijelaskan setiap sistem sebagai berikut.

a. Perubahan Sistem Indra

1) Sistem penglihatan

Lansia erat kaitannya dengan terganggunya penglihatan atau presbiopi. Mata mengalami kaku dan kehilangan elastisitas, daya akomodasi dari jarak jauh atau dekat serta ketajaman penglihatan berkurang sehingga lansia menggunakan kaca mata saat membaca (Amarya *et al.*, 2018).

2) Sistem pendengaran

Gangguan pendengaran terjadi di telinga bagian dalam yang kehilangan kemampuan mendengarkan, terkhusus pada bunyi suara atau nada-nada tinggi (Amarya *et al.*, 2018).

3) Sistem integumen

Kulit lansia kehilangan elastisitas, kering, dan berkerut. Kurangnya cairan pada kulit menyebabkan kulit tipis dan berbercak. Faktor lingkungan seperti matahari terutama sinar ultraviolet dan angin menjadi faktor pertama perubahan pada kondisi kulit (Amarya *et al.*, 2018).

b. Perubahan Sistem Muskuloskeletal

1) Jaringan penghubung (kolagen dan elastin)

Kolagen sebagai pendukung utama pada tendon, tulang, kartilago, kulit, dan jaringan pengikat mengalami perubahan yang tidak teratur. Perubahan pada kolagen menyebabkan turunnya fleksibilitas lansia akibatnya timbul nyeri, menurunnya tingkat kekuatan otot, serta kesulitan gerak sehingga terhambat dalam melakukan kegiatan sehari-hari (Zein *et al.*, 2019).

2) Kartilago

Kartilago yang ada pada persendian rentan terhadap gesekan karena mengalami granulasi yang akhirnya permukaan sendi menjadi rata, kemampuan kartilago untuk regenerasi juga berkurang dan cenderung kearah progresif. Perubahan tersebut terjadi pada sendi besar penumpu berat badan sehingga mengakibatkan sendi mengalami nyeri, kekakuan, radang, dan keterbatasan aktivitas sehari-hari (Zhao *et al.*, 2019).

3) Tulang

Kepadatan tulang berkurang mengakibatkan nyeri, deformitas, dan fraktur. Latihan fisik seperti jalan dapat diberikan untuk mencegah adanya osteoporosis (Daly *et al.*, 2019).

4) Otot

Struktur otot karena penuaan dapat berubah sangat bervariasi. Dampak perubahan morfologis pada otot contohnya terjadi penurunan fleksibilitas, penurunan kekuatan, peningkatan waktu reaksi, dan penurunan kemampuan fungsional otot. Latihan untuk mempertahankan mobilitas otot dapat diberikan untuk mencegah perubahan lebih lanjut (Collins *et al.*, 2019).

5) Sendi

Elastisitas sendi pada lansia berkurang dikarenakan jaringan ikat sekitar sendi seperti ligamen, fasia, dan tendon mengalami penurunan daya lentur. Efek dari penurunan tersebut menyebabkan nyeri, kekakuan sendi, gangguan berjalan, dan gangguan aktivitas lainnya (Collins *et al.*, 2019).

c. Perubahan Sistem Kardiovaskuler

Kardiovaskuler memiliki jaringan ikat lipofusin serta jaringan konduksi berubah menjadi jaringan ikat yang memiliki kerja berlawanan dengan fungsi menambah massa jantung sehingga ventrikel kiri hipertrofi dan kemampuan peregangan jantung berkurang. Kapasitas paru menurun karena oksigen yang dihasilkan berkurang. Latihan yang dikhususkan untuk kardiovaskuler adalah jalan serta senam untuk meningkatkan VO_2 maksimum, mengurangi berat badan, dan menurunkan tekanan darah (Radak *et al.*, 2019).

d. Perubahan Sistem Respirasi

Oksigen yang menuju paru-paru berkurang karena terjadi perubahan jaringan ikat paru yang mengakibatkan gerakan pernapasan terganggu karena kemampuan peregangan toraks berkurang serta terjadinya perubahan pada kartilago, otot, dan sendi. Faktor umur tidak begitu berhubungan dengan perubahan otot diafragma karena saat terjadi penurunan otot diafragma, otot menjadi tidak seimbang yang menyebabkan terjadinya distorsi selama respirasi berlangsung (Tran *et al.*, 2018; Lavin *et al.*, 2020).

e. Perubahan Sistem Pencernaan dan Metabolisme

Lansia dengan sensitifitas indra pengecap menurun mengakibatkan hilangnya sensitifitas dari saraf pengecap di lidah terutama rasa asin,

asam, dan pahit. Selain itu, sensitifitas lapar menurun dan waktu pengosongan menurun mengakibatkan fungsi penyerapan (absorpsi) melemah dan terganggu (Kaur *et al.*, 2019).

f. Perubahan Sistem Perkemihan

Terjadi banyak kemunduran pada fungsi ginjal, seperti kecepatan filtrasi, ekskresi, dan reabsorpsi. Lansia kehilangan kemampuan untuk mensekresi dan kejadian inkontinensia urin juga meningkat ditandai dengan pola berkemih yang tidak normal, seperti banyak berkemih pada malam hari (Paker *et al.*, 2019; Park *et al.*, 2020).

g. Perubahan Sistem Saraf

Susunan saraf pada lansia mengalami perubahan anatomi yaitu atrofi yang progresif pada serabut saraf (Erickson *et al.*, 2019). Lansia mengalami penurunan koordinasi dan kemampuan saat melakukan aktivitas sehari-hari. Susunan saraf pusat lansia mengalami perubahan morfologis dan biokimia mengakibatkan penurunan pada sistem kognitif. Perubahan koordinasi keseimbangan berdampak pada menurunnya kekuatan otot, lambatnya refleks, perubahan postur, dan peningkatan waktu reaksi. Hal ini dapat dicegah dengan latihan koordinasi dan keseimbangan serta latihan yang sesuai untuk menjaga mobilitas dan postur (Silveira *et al.*, 2019).

h. Perubahan Sistem Reproduksi

Reproduksi pada lansia mengalami perubahan yang ditandai dengan menciutnya ovarium dan uterus. Terjadi perubahan penampilan seksual yang terjadi secara berangsur-angsur dan pada laki-laki berupa penurunan produksi sperma seiring pertambahan usia (Pino *et al.*, 2020; Purwaningsi *et al.*, 2019).

3. Masalah-masalah pada Lansia

Penuaan yang terjadi pada manusia akan berdampak pada kemunduran utamanya terhadap kemampuan fisik. Berbagai kemunduran fisik mengakibatkan kemunduran gerak fungsional baik kemampuan mobilitas atau perawatan diri. Kemunduran fungsi mobilitas meliputi penurunan kemampuan mobilitas di tempat tidur, berpindah, jalan/ambulasi, dan ambulasi dengan alat adaptasi (Bruun *et al.*, 2020).

Kemunduran gerak fungsional dikelompokkan dalam tiga tingkat ketergantungan, yaitu :

- a. Mandiri, yaitu mampu melaksanakan tugas tanpa bantuan orang lain
- b. Bergantung sebagian, yaitu lansia mampu melaksanakan tugas dengan beberapa bagian memerlukan bantuan orang lain.
- c. Bergantung sepenuhnya, yaitu lansia tidak mampu melakukan tugas tanpa bantuan orang lain.

Orang tua dengan gangguan kognitif memiliki risiko kematian yang tinggi. Dalam beberapa penelitian yang meneliti tentang hubungan antara sindrom umum pada lansia dengan kematian, rawat inap, dan kegiatan sehari-hari mengaitkan gangguan kognitif sebagai risiko mortalitas yang paling tinggi secara signifikan (Ly *et al.*, 2019).

B. Glial Cell Line Derived Neurotrophic Factor (GDNF)

Faktor neurotropik adalah polipeptida yang disekresikan sebagai faktor pertumbuhan dan perkembangan neuron untuk bertahan hidup dan berdiferensiasi untuk menjaga dan melindungi neuron pada sistem saraf. Faktor-faktor neurotropik dihasilkan oleh jaringan lokal atau target, ketika terjadi degenerasi neuron dan pada mekanisme apoptosis sebagai hasil dari induksi proses transkripsi (Duarte Azevedo *et al.*,

2020). Penurunan neurotropik dipengaruhi oleh faktor genetik, penuaan, atau faktor lain yang berkaitan dengan penyakit dan neurodegenerasi. Faktor neurotropik berpotensi melindungi neuron dari proses degenerasi, cedera, dan atrofi serta memulihkan dan mempertahankan fungsi saraf dalam menghambat proses penuaan. Peranannya sangat penting dalam memperbaiki kerusakan saraf dan mencegah atau memperlambat gangguan neurodegeneratif seperti penyakit Alzheimer, Parkinson, Huntington, atau *lateral amyotrophic sclerosis* (Pöyhönen *et al.*, 2019; Cintrón, 2019).

Sel-sel saraf dapat merespon berbagai macam faktor neurotropik yang berbeda, lebih dari satu faktor neurotropik dapat disintesis dari sumber yang sama dan akan berikatan dengan reseptor. Faktor-faktor neurotropik diklasifikasikan menurut struktur dan fungsinya meliputi 1) faktor pertumbuhan saraf; 2) faktor pertumbuhan non-neuronal; 3) neurokin atau neuropoietin; dan 4) faktor neurotropik turunan sel glia (GDNF) (Savaheli *et al.*, 2019). Kelompok GDNF juga mencakup kelompok yang terkait secara struktural yang disebut neurturin, artermin, dan persephin.

GDNF pertama kali diidentifikasi di embrio neuron dopaminergik otak tengah (Gantner *et al.*, 2020) yang merupakan sel yang mengalami degenerasi pada penyakit Parkinson. GDNF memiliki kemampuan untuk meningkatkan penyerapan dopamin berafinitas tinggi dan meningkatkan kelangsungan hidup sel dan diferensiasi neuron dopaminergik. GDNF merupakan kelompok *transforming growth factor- β superfamily*. GDNF adalah protein dimerik disulfida yang mengandung tujuh residu sistein yang diawetkan dengan berat molekul 30 kDa dan terglykosilasi. Sinyal

ligan GDNF (GFLs) melalui proto-onkogen RET mengaktifasi reseptor tirosin kinase (domain intraseluler) yang terikat dengan reseptor GDNF *family receptor- α* (GFR α) kemudian diikuti aktivasi jalur MAP kinase dan PI3 kinase (Semler *et al.*, 2019).

Reseptor GFR α terikat pada membran plasma oleh glikosil *phosphatidylinositol* (Ilieva *et al.*, 2019) dan diduga memiliki tiga domain kaya sistein globular dengan domain kedua yang paling sering terikat GFL, yang sangat penting untuk pengikatan RET (Pawar *et al.*, 2020). GFL mengekspresikan kekhususan afinitas tinggi untuk reseptor GFR α utama dengan mengaktifkan kompleks GFR α -RET melalui pengikatan GDNF dengan GRF α 1 (Gattelli *et al.*, 2020). Kelompok GDNF mengirimkan sinyal melalui reseptor ekstraseluler (GFR α 1-4), yang masing-masing selektif untuk kelompok masing-masing. GDNF menampilkan afinitas tertinggi untuk GFR α 1. Kompleks reseptor GDNF-GFR α 1 berikatan dengan domain ekstraseluler dari reseptor tirosin kinase yang memodulasi berbagai kaskade sinyal intraseluler. Selain itu, GDNF dapat berkomunikasi langsung dengan molekul adhesi seluler neural (NCAM) dengan aktivasi berikutnya dari kinase Src-like dan MAP kinase (Cintrón-Colon *et al.*, 2019).

GDNF memiliki fungsi penting dalam sistem saraf dan di luar sistem saraf. Saat ini GDNF diakui sebagai faktor yang diperlukan untuk perkembangan, pemeliharaan, dan perlindungan neuron DA (*dopamine*) nigrostriatal, menjadi faktor potensial yang melindungi dan mengembalikan neuron DA yang terkena Parkinson. GDNF juga terlibat dalam sinaptogenesis hipokampus, memainkan peran instruktif dalam pembentukan sinapsis melalui induksi situs presinaptik ektopik. Selain

itu, kompleks GDNF/GFRa1 sangat penting untuk pengembangan sirkuit hipokampus yang tepat.

Penelitian yang dilakukan terkait dengan pengaruh faktor usia terhadap fungsi memori membuktikan bahwa pada usia 30-90 tahun kapasitas memori jangka pendek sudah mulai menurun (Tang *et al.*, 2019). Penelitian lain menyatakan bahwa terdapat peran GDNF serum pada usia lanjut yang mempengaruhi penyusutan volume hipokampus dan fungsi memori (Virachit *et al.*, 2019). Seiring dengan bertambahnya usia risiko penyakit degeneratif juga meningkat seperti neurodegeneratif di mana ditemukan penurunan fungsi memori (Jack *et al.*, 2019; Liu *et al.*, 2020).

Faktor lain dapat mempengaruhi kadar protein saraf yang diturunkan sel glial menyebabkan efek epigenetik dengan mekanisme seperti latihan sebagai penginduksi neurotropik (Zhang *et al.*, 2019). Telah dilaporkan bahwa neurotropik tersebut menghambat neurodegenerasi dopamin melalui inhibisi caspase-3 dan penghambatan gen. GDNF berperan dalam pertahanan hidup sel saraf secara bermakna 75 tingkat lebih berpengaruh dibandingkan faktor yang diturunkan dari otak, faktor neurotropik silia, dan faktor diferensiasi kolinergik dalam mencegah kematian sel yang terprogram dalam neuron motorik. GDNF menyebabkan migrasi, proliferasi, diferensiasi, dan kelangsungan hidup sel prekursor enterik multipoten. Tercatat bahwa hanya GDNF yang mampu mencegah hampir 100% kematian dan atrofi neuron motorik dibandingkan dengan faktor lainnya seperti BDNF, faktor pertumbuhan saraf (NGF), dan neurotropin-4/5 (NT-4/5). Hilangnya luas neuron motorik telah diamati pada tikus yang juga menunjukkan bahwa

kelangsungan hidup neuron motorik tergantung pada GDNF dan cukup untuk memberikan dukungan kepada saraf motorik yang menginervasi otot selama perkembangannya pada tikus yang kekurangan GDNF dengan kematian neuron motorik. Telah ditunjukkan bahwa selama pembentukan sinapsis, jumlah akson yang menginervasi otot rangka tergantung pada konsentrasi protein GDNF yang tersedia. Hiperinervasi diamati pada tikus yang mengekspresikan GDNF tingkat tinggi, sedangkan hiperekspresi NT-3 dan NT-4 tidak memiliki efek. Selain itu, penelitian lain menemukan GDNF meningkatkan perkembangan akson dengan meningkatkan panjang neurit pada sel saraf motorik. Peran GDNF dalam transmisi sinaptik dan juga neuron motorik bergantung terutama pada GDNF sebagai faktor trofik dan kandidat terapi untuk penyakit neuromuskuler (Fielder GC, Yang TW, Razdan M, *et al.*, 2017).

GDNF terbukti menginduksi regenerasi neuron motorik spinal setelah cedera. Telah diamati bahwa GDNF diekspresikan oleh otot rangka dan terlokalisasi di membran plasma, terutama di dekat persimpangan neuromuskular, dan menghasilkan GDNF untuk neuron motorik di dekatnya (Speck *et al.*, 2019).

Penelitian sebelumnya menunjukkan GDNF dapat memainkan peran penting dalam reinervasi otot rangka setelah denervasi. Asam amino urutan tikus GDNF adalah 93% identik dengan yang ada pada manusia. Para peneliti telah menggunakan aktivasi otot rangka melalui aktivitas fisik, peregangan, stimulasi listrik, dan pelepasan asetilkolin dalam kultur sel untuk membantu mengidentifikasi pengaturan ekspresi GDNF. Protein GDNF dapat tergantung dari aktivitas *myofibers* dan diekspresikan selama latihan intensitas rendah. Kandungan protein

GDNF telah ditunjukkan meningkat pada tikus setelah latihan intensitas rendah (Alves *et al.*, 2019).

Latihan dapat memberikan manfaat sebagai neuroprotektif di mana proses penurunan fungsi kognitif oleh karena penuaan dapat dicegah dengan latihan secara rutin. Hal tersebut dimediasi oleh suatu faktor neurotropik di dalam otak di antaranya GDNF, suatu neurotropik yang terdapat di area hipotalamus, hipokampus, dan substansia nigra. GDNF berperan dalam plastisitas saraf dalam kasus trauma otak, memori, dan neuromuskular. Aktivasi neuron dopaminergik menghasilkan neurotransmitter dopamin yang pada jalurnya menuju ke ganglia basalis untuk mengontrol gerakan tubuh. Selain itu, neurotransmitter dopamin juga banyak tersebar di korteks prefrontal yang berfungsi dalam menyimpan memori dan pada lobus frontal untuk fungsi kognitif seperti memecahkan masalah, berpikir tingkat tinggi, dan proses belajar (Virachit *et al.*, 2019).

C. Fungsi Kognitif pada Lanjut Usia

Penurunan fungsi otak mengakibatkan penurunan fungsi kognitif pada lansia seperti penurunan daya ingat (Tian *et al.*, 2020). Selain dengan penambahan usia, terdapat faktor lain seperti faktor genetik, faktor fisiologis (usia, tingkat glukosa darah, obesitas, stroke, dan penyakit kronis), dan faktor gaya hidup (aktivitas fisik, depresi, obat-obatan, dan alkohol) (Madianung, 2019). Kognitif merujuk kepada kemampuan seseorang yang dicapai dari sejumlah fungsi yang kompleks termasuk orientasi terhadap waktu, tempat dan individu, kemampuan aritmatika, berfikir abstrak, dan kemampuan fokus untuk berpikir logis (Jamieson *et al.*, 2019).

Fungsi kognitif sebagai suatu proses masukan sensoris (taktil, visual dan auditorik) akan diubah, diolah, disimpan, dan selanjutnya digunakan untuk hubungan interneuron secara sempurna sehingga individu mampu melakukan penalaran terhadap masukan sensoris tersebut. Proses kognitif bisa bersifat alami atau buatan, sadar atau tidak sadar. Gagasan kompleks melibatkan sekurang-kurangnya aspek memori, perhatian, fungsi eksekutif, persepsi, bahasa, dan fungsi psikomotorik (Cho *et al.*, 2020).

Kognitif memiliki empat fungsi utama (Mok *et al.*, 2019) :

1. Fungsi reseptif melibatkan kemampuan menyeleksi, mengolah, mengklasifikasikan, dan mengintegrasikan informasi.
2. Fungsi memori dan belajar dengan mengumpulkan informasi dan memanggil kembali (*recall*).
3. Fungsi berpikir dalam hal organisasi dan reorganisasi informasi.
4. Fungsi ekspresif dimana berbagai informasi yang telah diperoleh dikomunikasikan dan dilakukan.

Otak mengandung sel neuron yang berfungsi menyalurkan impuls listrik pada susunan saraf pusat. Pada penuaan otak kehilangan 100.000 neuron / tahun. Neuron dapat mengirimkan sinyal kepada sel lain dengan kecepatan 200 mil/jam. Terjadi atrofi serebri (penurunan dari berat otak menurun 10%) pada usia sekitar 70 tahun (Tamtomo, 2016).

Bertambahnya usia menyebabkan kondisi fisik menurun dan perubahan-perubahan pada lansia seperti perubahan pada struktur dan fungsi otak yaitu 5 - 10% atrofi dan jumlah neuron serta neurotransmitter mengalami penurunan yang mengakibatkan penurunan hubungan

antarsaraf sehingga otak tidak mampu menyampaikan dan menyimpan informasi (Astuti, 2017).

1. Aspek-Aspek Kognitif

Hubungan antara struktur otak dan perilaku manusia terdapat konsep yang mencakup lima domain kognitif yaitu *attention* (perhatian), *language* (bahasa), *memory* (daya ingat), *visuospatial* (pengenalan ruang), *executive function* (fungsi eksekutif: fungsi perencanaan, pengorganisasian dan pelaksanaan) (Chaudary *et al.*, 2020).

a. Atensi

Kemampuan untuk bereaksi atau memperhatikan satu stimulus tertentu (spesifik) dengan mampu mengabaikan stimulus lain baik internal maupun eksternal yang tidak dibutuhkan. Atensi dan konsentrasi sangat penting dalam mempertahankan fungsi kognitif, terutama dalam proses belajar. Gangguan atensi dan konsentrasi akan mempengaruhi fungsi kognitif lain seperti memori, bahasa, dan fungsi eksekutif (Almedia *et al.*, 2019).

b. Bahasa

Pemeriksaan bahasa harus dilakukan pada awal pemeriksaan *neurobehavior*. Jika terdapat gangguan bahasa, pemeriksaan kognitif seperti memori verbal, fungsi eksekutif akan mengalami kesulitan atau tidak mungkin dilakukan. Gangguan bahasa (afasia) sering terlihat pada lesi otak fokal maupun difus sehingga merupakan gejala disfungsi otak. Penting untuk mengenal gangguan bahasa karena hubungan yang spesifik antara sindroma afasia dengan lesi neuroanatomi. Kemampuan berkomunikasi menggunakan bahasa penting sehingga setiap gangguan berbahasa akan menyebabkan hambatan fungsional.

Setiap kerusakan otak yang disebabkan oleh stroke, tumor, trauma, demensia, dan infeksi dapat menyebabkan gangguan berbahasa (Wilson *et al.*, 2019).

c. Memori

Memori sebagai kemampuan dalam menyimpan dan mengulang kembali informasi yang diperoleh yang terdiri dari 3 tahap. Menurut McDermott *et al.* (2018) tahap-tahap memori yaitu :

- 1) Tahap *encoding* merupakan tahap fungsi menerima, proses, dan penggabungan informasi.
- 2) Tahap *storage* merupakan tahap pembentukan suatu catatan permanen dari informasi yang telah dilakukan *encoding*.
- 3) Tahap *retrieval* merupakan suatu fungsi memanggil kembali informasi yang telah disimpan untuk interpretasi dari suatu aktivitas.

Menurut Haynes *et al.* (2019) fungsi memori secara garis besar dibagi menjadi tiga kategori yaitu,

- a) *Short term memory* yang merupakan kemampuan seseorang dalam mengingat informasi baru misalnya pada saat kita mengingat nomor telepon baru.
- b) *Long term memory* adalah kemampuan seseorang dalam mengingat perihal yang pernah kita pelajari atau dapat pada masa lampau, misalnya kemampuan mengingat nama teman masa kecil.
- c) *Working memory* yaitu fungsi pengerjaan dua aktivitas secara sekaligus misalnya saat kita melakukan penghitungan terhadap pembagian angka, kita harus menyimpan satu angka hasil dan pada waktu yang bersamaan kita melakukan penghitungan terhadap angka

yang lain. Ketiga fungsi memori tersebut akan terpengaruhi fungsinya pada proses penuaan.

d. Visuospasial

Kemampuan visuospasial dapat dievaluasi melalui kemampuan konstruksional seperti menggambar atau meniru berbagai macam gambar (misal : lingkaran, kubus) dan menyusun balok-balok. Semua lobus berperan dalam kemampuan konstruksi ini tetapi lobus parietal terutama hemisfer kanan mempunyai peran yang paling dominan. Menggambar jam sering digunakan untuk skrining kemampuan visuospasial dan fungsi eksekutif dimana berkaitan dengan gangguan di lobus frontal dan parietal. Pasien diminta untuk menggambar jam berbentuk lingkaran kemudian dengan angkanya yang lengkap, jika gambar jam digambar terlalu kecil sehingga angka-angkanya tidak muat, hal ini mencerminkan gangguan pada perencanaan (Mcneely *et al.*, 2019).

e. Fungsi Eksekutif

Kemampuan kognitif tinggi seperti cara berpikir dan kemampuan pemecahan masalah. Kemampuan eksekusi diperankan oleh lobus frontal, tetapi pengalaman klinis menunjukkan bahwa semua sirkuit yang terkait dengan lobus frontal juga menyebabkan sindroma lobus frontal. Diperlukan atensi, bahasa, memori dan visuospasial sebagai dasar untuk menyusun kemampuan kognitif. Istilah penurunan kognitif sebenarnya menggambarkan perubahan kognitif yang berkelanjutan; beberapa dianggap masih dalam spektrum penuaan normal, sementara yang lainnya dimasukkan dalam kategori gangguan ringan. Untuk menentukan gangguan fungsi kognitif dapat dilakukan penilaian terhadap satu domain atau lebih seperti memori, orientasi, bahasa,

fungsi eksekutif dan praksis. Terdapat faktor biologis, perilaku, sosial, dan lingkungan dapat berkontribusi terhadap risiko penurunan fungsi kognitif (Plassman *et al.*, 2019).

2. Faktor - Faktor yang Mempengaruhi Fungsi Kognitif

a. Status Kesehatan

Penurunan fungsi kognitif dengan gejala sindroma demensia, akan berimplikasi pada pemenuhan kebutuhan dasar sehari-hari lansia yang bersangkutan. Lansia dengan demensia sering lupa makan dan minum, atau makan dan minum diluar jam makan, serta kurang memperhatikan kualitas makanannya (misalnya makanan yang sudah berjamur). Fungsi kognitif di kemudian hari sangat ditentukan oleh pengalaman hidup, status kesehatan, dan gaya hidup seseorang. Gaya hidup yang sehat bagi lansia adalah pemenuhan kebutuhan nutrisi yang baik, latihan fisik/ olahraga, tidur yang cukup, tidak merokok (Agustia *et al.*, 2014).

b. Usia

Berbagai penelitian yang telah dilaksanakan sebelumnya menunjukkan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi penurunan status kognitif pada lansia, salah satunya adalah usia. Penurunan fungsi dan perubahan biokimiawi dapat menyebabkan terjadinya penurunan fungsi kognitif. Berbagai cadangan homeostatik pada lansia mulai berkurang, oleh karenanya terjadi penurunan pasokan glukosa serta oksigen yang merupakan sumber nutrisi utama metabolisme otak, hal inilah yang mengganggu jalur metabolik otak yang berdampak pada gangguan fungsi kognitif (Harry *et al.*, 2015).

d. Jenis Kelamin

Faktor-faktor yang mempengaruhi fungsi kognitif seseorang adalah usia, jenis kelamin, pendidikan dan status sosial budaya, kondisi psikososial, lingkungan dan pekerjaan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan sebagian besar responden berjenis kelamin perempuan. Wanita lebih berisiko mengalami penurunan kognitif disebabkan adanya peranan level hormon seks endogen dalam perubahan fungsi kognitif. Reseptor estrogen telah ditemukan dalam area otak yang berperan dalam fungsi belajar dan memori, seperti hipokampus. Rendahnya level estradiol dalam tubuh telah dikaitkan dengan penurunan fungsi kognitif umum dan memori verbal. Ekstradiol diperkirakan bersifat neuroprotektif dan dapat membatasi kerusakan akibat stres oksidatif serta terlihat sebagai protektor sel saraf dari toksisitas amiloid pada penyakit Alzheimer (Roberts *et al.*, 2015).

e. Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik diduga dapat menstimulasi pertumbuhan saraf yang kemungkinan dapat menghambat penurunan fungsi kognitif pada lansia. Saat melakukan aktivitas fisik, otak akan distimulasi sehingga dapat meningkatkan protein di otak yang berperan penting menjaga sel saraf. Jika kadar protein saraf rendah maka dapat menyebabkan gejala kepikunan (McGough *et al.*, 2013).

Penurunan ingatan dapat terjadi dipicu oleh adanya proses penuaan yang mengakibatkan perubahan sel-sel neuron. Penurunan jumlah sel neuron khususnya paling banyak terjadi pada bagian otak yang memantau memori, yakni di daerah pelipis (girus temporal superior) dan

bagian hipokampus. Kemudian diikuti oleh bagian otak yang memantau kemampuan eksekusi (di daerah depan otak atau girus presentral).

3. Pengukuran kemampuan kognitif pada lansia

Ada beberapa tes kognitif yang umum dikenali dan seringkali digunakan. Untuk mengoptimalkan pemilihan tes kognitif, lansia dikelompokkan berdasarkan kemungkinan yang terjadi menjadi tiga kelompok beserta tes kognitif yang dapat diterapkan (Janssen *et al.*, 2017) :

a. Tidak ada kemungkinan mengalami penurunan

Kelompok ini adalah pasien yang mengaku mengalami gejala pikun, namun berdasarkan pemeriksaan tidak terdapat kemungkinan mengalami gangguan kognitif sehingga probabilitas terjadinya gangguan fungsi kognitif adalah rendah. Pada kelompok ini, tes kognitif yang diberikan bertujuan untuk menyingkirkan tanggapan pasien tentang keluhan gangguan kognitif yang diderita. Oleh sebab itu, dibutuhkan tes kognitif yang lebih mudah, dengan hasil *negative predictive value* yang tinggi dan hasil *positif predictive value* yang rendah. *Clock-drawing test* adalah tes yang paling sesuai untuk kelompok ini.

b. Ada kemungkinan mengalami penurunan kognitif tanpa mengganggu *activity daily living* (ADL)

Ketika pasien mengeluhkan gangguan kognitif namun masih dapat mempertahankan kemampuan ADL tanpa mengalami gangguan, maka kemungkinan mengalami gangguan kognitif tingkat moderat bahkan demensia adalah substansial. Tujuan utama

pemberian tes kognitif adalah untuk membedakan ada atau tidaknya gangguan kognitif.

Pada kelompok ini, *montreal cognitive assessment* (MoCA) dianggap paling sesuai. Sebuah instrumen skrining untuk seseorang yang mengalami disfungsi kognitif ringan yang menilai domain kognitif yakni visuospasial, atensi, memori, bahasa, fungsi eksekutif, perhitungan, orientasi, dan pemikiran konseptual. Pemeriksaan dapat digunakan untuk mendeteksi penurunan fungsi kognitif ringan dalam berbagai kondisi penyakit misalnya Alzheimer, Parkinson, skizofrenia, trauma kepala, *mental retardation*, dan *vascular cognitive impairment* (Ramírez *et al.*, 2014).

Saat ini MoCa telah divalidasi ke dalam bahasa Indonesia oleh Husen *et al.* pada tahun 2009 yang sekarang disebut MoCa-Ina. Sensitivitas MoCa-Ina diperkirakan sangat baik yakni 90% mampu mendeteksi gangguan kognitif ringan dan dinyatakan bahwa lebih sensitif dibandingkan *mini mental state examination* (MMSE) (Ramírez *et al.*, 2014).

Aspek kognitif yang dinilai dalam MoCa-Ina adalah visuospasial, fungsi eksekutif, penamaan, memori, atensi, bahasa, abstraksi, *delayed recall*, dan orientasi dengan skor yang berbeda pada masing-masing aspek yang dinilai. Total skornya yakni jumlah semua subskor pada aspek kognitif yang dinilai kemudian tambahkan satu poin jika subjek sedang menjalani pendidikan formal kurang dari 12 tahun. Skor maksimal yang dihasilkan yakni 30, untuk total skor ≥ 26 dikatakan normal (tidak ada gangguan) (Doerflinger, 2012; Nasreddine *et al.*, 2019).

D. Keseimbangan Postural

Keseimbangan sebagai suatu bagian dari sistem equilibrium berkaitan dengan kemampuan tubuh untuk menetralkan kekuatan eksternal seperti gaya gravitasi. Setiap gerak dapat dipahami berdasarkan reaksi equilibrium sehingga gerak yang diproduksi menjadi efektif dan efisien. Mempertahankan posisi tubuh dalam keadaan tegak dan seimbang merupakan hal yang sangat penting dan menjadi tanggung jawab utama dari mekanisme refleksi sikap tubuh (Blanchet *et al.*, 2019).

Keseimbangan adalah keadaan mampu mempertahankan tubuh tetap tegak dan kuat ketika dalam posisi tetap seperti pada saat berdiri atau duduk atau selama bergerak (Ferreira *et al.*, 2019). Keseimbangan atau kontrol postural yang normal adalah sistem tubuh yang bergantung pada integrasi fungsional normal seperti input somatosensori, penglihatan, dan sistem motorik (Blumen *et al.*, 2020).

1. Fisiologi Keseimbangan

Dalam mempertahankan keseimbangan, terdapat 3 komponen fisiologi keseimbangan yang saling berinteraksi dan bekerja sama. Ketiga komponen tersebut yaitu:

a. Sistem sensoris

Sistem vestibular merupakan bagian dari sistem sensoris yang berperan terhadap kontrol keseimbangan, gerak bola mata, dan kontrol kepala. Berhubungan dengan sistem visual dan pendengaran untuk merasakan arah dan kecepatan gerakan kepala. Reseptor sensoris vestibular terdapat pada telinga dalam yang disebut labirin dan terdiri dari kanalis semisirkularis, utrikelus, dan sakulus (Ginsberg *et al.*,

2007). Informasi yang diterima reseptor sensorik pada sistem vestibular akan berinteraksi dengan sistem visual dan somatosensori untuk menghasilkan kesesuaian tubuh dan kontrol postural sehingga keseimbangan dapat dipertahankan (Guccione *et al.*, 2011). Penurunan fungsi pada sistem vestibular terjadi pada lansia dikarenakan proses penuaan yang akan berdampak pada gangguan keseimbangan.

Sistem visual (penglihatan) yaitu mata memiliki peran penting yaitu menyampaikan informasi kepada otak tentang posisi tubuh terhadap lingkungan berdasarkan sudut dan jarak dengan objek sekitar. Dengan input visual tubuh manusia dapat beradaptasi terhadap perubahan yang terjadi di lingkungan sehingga sistem visual langsung memberikan informasi ke otak kemudian informasi diteruskan agar sistem muskuloskeletal dapat bekerja secara sinergis untuk mempertahankan keseimbangan tubuh (Palmer *et al.*, 2020). Namun demikian, setelah usia 50 tahun penglihatan mulai memburuk, dengan penurunan yang progresif terhadap ketajaman, persepsi kedalaman, kontras, akomodasi, dan adaptasi gelap sehingga penurunan ini dapat menjadi faktor gangguan keseimbangan dan risiko jatuh terkuat pada beberapa lansia (Beauchet *et al.*, 2020).

Sistem somatosensoris yang terdiri dari taktil dan proprioseptif mempunyai beberapa neuron yang panjang dan saling berhubungan satu sama lainnya. Sistem somatosensoris tersebar melalui semua bagian utama tubuh mamalia dan vertebrata lainnya yang terdiri dari reseptor sensorik dan motorik (afere) neuron di tepi (kulit, otot, sendi, tendon, dan organ lainnya), ke neuron yang lebih dalam dari sistem saraf pusat. Sistem somatosensorik adalah sistem sensorik yang

beragam yang terdiri dari reseptor dan pusat pengolahan untuk menghasilkan modalitas sensorik seperti sentuhan, temperatur, proprioception (posisi tubuh), dan *nociception* (nyeri). Reseptor sensorik menutupi kulit dan epitel, otot rangka, tulang dan sendi, organ, dan sistem kardiovaskular. Informasi proprioseptif melalui reseptor sendi, otot, dan tendon disalurkan ke otak melalui kolumna dorsalis medula spinalis. Sebagian besar masukan proprioseptif menuju serebelum, tetapi ada pula yang menuju ke korteks serebri melalui lemniskus medialis dan talamus (Moghadasi *et al.*, 2020).

b. Sistem Saraf Pusat

Pengelolaan informasi pada sistem saraf pusat merupakan bagian ke dua komponen fisiologi utama pada kontrol keseimbangan. *Central Nervous System* (CNS) menerima informasi sensorik melalui sistem visual, vestibular, dan somatosensori di *gyrus postcentralis* pada lobus parietal yang bertugas menerima input sensoris berhubungan dengan apresiasi sentuhan, sensasi posisi (kinestesi), keseimbangan, dan taktil halus-kasar. Respon postural kadang-kadang disebut sebagai refleksi loop panjang yang terjadi pada waktu latensi kira-kira 100 sampai 120 ms pada orang dewasa muda normal. Respon postural otomatis muncul ketika tubuh terganggu karena kejadian eksternal, seperti tergelincir, tersandung atau didorong. Pusat gravitasi berubah, sistem saraf pusat menerima informasi sensorik kemudian respon postural membawa pusat gravitasi kembali ke titik tumpu sehingga terbentuk suatu rangkaian pola gerakan tertentu (protektif atau korektif) (Guccione *et al.*, 2011).

c. Sistem Efektor

Kekuatan otot tungkai berhubungan langsung dengan kemampuan otot untuk melawan gaya gravitasi serta beban eksternal lainnya yang secara terus menerus mempengaruhi posisi tubuh. Selain itu, kemampuan sendi juga diperlukan untuk membantu gerak tubuh dan mengarahkan gerakan terutama saat gerakan yang memerlukan keseimbangan yang tinggi. Keseimbangan pada tubuh dalam berbagai posisi hanya akan dimungkinkan jika respon dari otot-otot postural bekerja secara sinergi sebagai reaksi dari perubahan posisi, titik tumpu, gaya gravitasi, dan *alignment* tubuh (Arora *et al.*, 2020).

2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keseimbangan

a. Pusat Gravitasi (*Center of Gravity-COG*)

Pusat gravitasi terdapat pada semua obyek, pada benda, pusat gravitasi terletak tepat di tengah benda tersebut. Pusat gravitasi adalah titik utama pada tubuh yang akan mendistribusikan massa tubuh secara merata. Bila tubuh selalu ditopang oleh titik ini, maka tubuh dalam keadaan seimbang. Pada manusia, pusat gravitasi berpindah sesuai dengan arah atau perubahan berat. Pusat gravitasi manusia ketika berdiri tegak adalah tepat di atas pinggang diantara depan dan belakang vertebra sakrum kedua. Derajat stabilitas tubuh dipengaruhi oleh empat faktor, yaitu: ketinggian dari titik pusat gravitasi dengan bidang tumpu, ukuran bidang tumpu, lokasi garis gravitasi dengan bidang tumpu, serta berat badan (Blanchet *et al.*, 2019).

b. Garis Gravitasi (*Line of Gravity-LOG*)

Garis gravitasi merupakan garis imajiner yang berada vertikal melalui pusat gravitasi dengan pusat bumi. Hubungan antara garis gravitasi, pusat gravitasi dengan bidang tumpu adalah menentukan derajat stabilitas tubuh (Tateuchi, 2019). Garis gravitasi didefinisikan sebagai garis imajiner yang melewati pusat objek gravitasi. Garis gravitasi lewat pusat geometris dari titik tumpu pada posisi keseimbangan. Kontrol postur keseimbangan berdiri tegak membentuk garis gravitasi berakhir pada bidangnya.

c. Bidang Tumpu (*Base of Support-BOS*)

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 (Mohebi *et al.*, 2019).

Posisi keseimbangan statis memiliki titik tumpu yang luas, ketika tumpuan dipersempit cenderung sulit untuk menjaga garis gravitasi selama hal tersebut dilakukan. Berdiri menggunakan satu kaki akan sulit jika dibandingkan dengan berdiri dua kaki. Hal tersebut terjadi karena garis gravitasi yang terkonsentrasi langsung di bawah satu kaki tersebut.

d. Refleksi

Untuk memelihara keseimbangan dan melakukan aktivitas yang bertujuan saat berdiri dan berjalan, seseorang harus mampu untuk secara aktif mengontrol gerakan pusat gravitasi di bagian bawah abdomen yang terdapat tiga sendi. Luasnya variasi pola gerakan dari sudut tersebut (sendi panggul, sendi lutut dan sendi pergelangan kaki) berguna untuk menggerakkan pusat gravitasi. Pola gerakan fungsional yang efektif dari sendi pergelangan kaki, sendi lutut dan sendi panggul mengarah pada beberapa pola relatif yang secara umum dikenal dengan strategi gerakan postural (De Blaiser *et al.*, 2019).

3. Perubahan Keseimbangan Tubuh pada Lansia

a. Perubahan pada Sistem Muskuloskeletal

Menurunnya sistem muskuloskeletal berpengaruh terhadap keseimbangan tubuh lansia karena terjadinya atrofi otot yang menyebabkan penurunan kekuatan otot, terutama otot ekstremitas bawah sehingga mengakibatkan perubahan-perubahan keseimbangan seperti kelambanan bergerak, langkah pendek-pendek, penurunan irama, kaki tidak dapat menapak dengan kuat dan cenderung mudah goyah, susah atau terlambat mengantisipasi bila terpeleset atau tersandung (King *et al.*, 2019).

b. Perubahan pada Gaya Berjalan

Perubahan pada gaya berjalan dapat dilihat dari apakah lansia menapakkan kaki dengan baik, tidak mudah goyah, mengangkat kaki dengan benar pada saat berjalan tanpa bantuan (Laessoe *et al.*, 2019).

4. Pengukuran *Timed Up and Go (TUG) Test* dan *Tinetti Performance Oriented Mobility Assessment (POMA)*

Timed up and go (TUG) test merupakan tes keseimbangan sederhana yang dikembangkan oleh Podsiadlo dan Richardson. Tes ini merupakan adaptasi dari "*Get Up and Go*" test. Tes TUG merupakan alat yang valid dan dapat dipercaya untuk mengukur keseimbangan dalam berbagai posisi, mengukur mobilitas, dan pergerakan lansia. Tes TUG digunakan untuk menilai kemampuan keseimbangan dinamis sebelum dan setelah intervensi (Azad *et al.*, 2020).

Unsur-unsur pada pengukuran risiko jatuh adalah tes keseimbangan, tes kecepatan berjalan dan pola jalan. *Timed up and go test* (TUGT) bertujuan untuk menilai mobilitas anggota gerak dengan kriteria objektif : "*Timed Up and Go Test* dengan hasil >13,5 detik memiliki mobilitas rendah dan risiko jatuh yang tinggi". Dari posisi duduk pada kursi bersandar lalu berdiri dan berjalan sepanjang tiga meter lalu berbalik dan duduk ke posisi semula. Saat pasien mulai berdiri hingga kembali ke posisi duduk dicatat waktunya.

Adapun pengukuran yang digunakan dalam pengukuran risiko jatuh melalui pengamatan pola jalan yaitu *the tinetti test*. "*The Tinetti Test*" atau "*Performance Oriented Mobility Assessment (POMA)*" merupakan alat ukur untuk menilai mobilitas dan kemampuan berjalan pada usia lanjut (Witham *et al.*, 2020; Lu *et al.*, 2020).

Komponen keseimbangan yang diukur meliputi :

- a. *Sitting balance*
- b. *Rises from chair*

- c. *Attempts to rise*
- d. *Immediate standing balance*
- e. *Standing balance*
- f. *Nudged*
- g. *Eyes closed*
- h. *Turning 360 degrees*
- i. *Sitting down*

Dengan nilai maksimal sebanyak 16 poin.

Komponen gait yang diukur meliputi :

- a. *Indication of gait*
- b. *Step length and heigth*
- c. *Foot clearance*
- d. *Step symmetry*
- e. *Step contiunity*
- f. *Path*
- g. *Trunk*
- h. *Walking time*

Dengan nilai maksimal 12 poin.

Interpretasi dari nilai total antara *balance section* dan *gait section* adalah :

- 1) ≤ 18 adalah *high risk of falls*.
- 2) 19-23 adalah *moderate risk of falls*.
- 3) ≥ 24 adalah *low risk of falls*.

E. Task Balance Training Program

Pada lansia tugas motorik membutuhkan tingkat kontrol yang lebih tinggi dalam pemrosesan informasi eksekutif dan memori, menyebabkan lansia sulit melakukan aktivitas secara bersamaan (misalnya berjalan sambil mengobrol). Hal ini menunjukkan salah satu atau kedua dari kemampuan tersebut telah mengalami kemunduran akibat penurunan metabolisme di area frontal. Korteks prefrontal, yang memiliki peran dasar dalam keterampilan kognitif seperti memori kerja, fungsi eksekutif, dan kinerja kognitif, dapat diaktifkan saat mempelajari tugas motorik, suatu latihan yang tidak dikenal, atau latihan dengan tingkat intensitas yang tinggi (Moraes *et al.*, 2017).

Kemampuan untuk menjalankan kinerja manusia dalam kehidupan sehari-hari memungkinkan individu untuk melakukan berbagai aktivitas secara bersamaan, dengan aktivitas neural dan tenaga yang lebih sedikit, dibandingkan dengan melakukan tugas yang sama secara terpisah. Paradigma *task-specific* adalah metodologi yang dapat mengukur kemampuan dalam melakukan kegiatan dalam satu waktu yang dilakukan secara bersamaan (Mendel *et al.*, 2015).

Kombinasi dari latihan fisik dasar dengan stimulasi kognitif kelihatannya cocok untuk meningkatkan kemampuan kognitif dan menghambat penuaan pada otak. Menggabungkan stimulasi kognitif dan motorik, bukan pelatihan terpisah, lebih menjanjikan dan efisien dalam meningkatkan kemampuan kognitif (Herold *et al.*, 2018). Latihan motorik dengan meningkatkan keseimbangan melibatkan mekanisme penguatan otot ekstremitas inferior.

1. Mekanisme Kontraksi Otot

Kontraksi otot rangka dirangsang oleh adanya pelepasan asetilkolin (ACh) di *neuromuscular junction* antara terminal neuron motorik dan serat otot. Pengikatan ACh dengan *end-plate motoric* suatu serat otot menyebabkan perubahan permeabilitas di serat otot dan menghasilkan potensial aksi yang dihantarkan ke seluruh permukaan membran sel otot. Terdapat dua struktur dalam serat otot yang berperan penting dalam proses eksitasi dan kontraksi, yaitu tubulus transversus (tubulus T) dan retikulum sarkoplasma.

Mekanisme umum kontraksi otot adalah sebagai berikut:

- a. Suatu potensial aksi berjalan di sepanjang sebuah saraf motorik sampai ke ujungnya pada serabut otot.
- b. Di setiap ujung, saraf mensekresi substansi neurotransmitter, yaitu asetilkolin, dalam jumlah sedikit.
- c. Asetilkolin bekerja pada area setempat pada membran serabut otot untuk membuka banyak kanal “bergerbang asetilkolin” melalui molekul-molekul protein yang terapung pada membran.
- d. Terbentuknya kanal bergerbang asetilkolin memungkinkan sejumlah besar ion natrium untuk berdifusi ke bagian dalam membran serabut otot. Peristiwa ini akan menimbulkan suatu potensial aksi pada membran.
- e. Potensial aksi akan berjalan di sepanjang membran serabut otot dengan cara yang sama seperti potensial berjalan di sepanjang membran serabut saraf.

- f. Potensial aksi akan menimbulkan depolarisasi membran otot, dan banyak aliran listrik potensial aksi mengalir melalui pusat serabut otot. Di sini, potensial aksi menyebabkan retikulum sarkoplasma melepaskan sejumlah besar ion kalsium, yang telah tersimpan di dalam retikulum ini.
- g. Ion-ion kalsium menimbulkan kekuatan menarik antara filamen aktin dan myosin yang menyebabkan kedua filamen tersebut bergeser satu sama lain, dan menghasilkan proses kontraksi. Setelah kurang dari satu detik, ion kalsium dipompa kembali ke dalam retikulum sarkoplasma oleh pompa membran Ca^{++} , dan ion-ion ini tetap disimpan dalam retikulum sampai potensial aksi otot yang baru lagi, pengeluaran ion kalsium dari *myofibril* akan menyebabkan kontraksi otot terhenti.
- h. Kontraksi yang terjadi melalui sliding filament mechanism, akibat terbentuknya *cross-bridge* yang disusun oleh filamen myosin dan aktin, yang akan menarik aktin ke arah myosin (tengah). Kekuatan untuk menarik diperoleh dari ATP yang tersedia di kepala myosin dan akan aktif saat aksi potensial mencapai bagian otot (Guyton, 2014).

2. Prinsip Penguatan Otot

Semua otot tubuh secara terus menerus dibentuk kembali untuk menyesuaikan fungsi-fungsi yang dibutuhkan. Diameter, panjang, kekuatan, suplai pembuluh darah, dan tipe serabut otot mengalami perubahan secara cepat dalam waktu beberapa hari dan minggu. Percobaan pada hewan telah menunjukkan bahwa protein kontraktile pada otot yang lebih kecil dan aktif dapat berubah dalam waktu dua

minggu (Kjoer, 2004 dalam Setiowati, 2015). Hipertrofi yang luas dapat terjadi bila otot-otot diberikan beban selama proses kontraksi. Untuk menghasilkan hipertrofi hampir maksimum dalam waktu empat minggu sampai delapan minggu, hanya dibutuhkan sedikit kontraksi kuat setiap harinya. Selama terjadi hipertrofi, sintesis protein kontraktile otot berlangsung lebih cepat sehingga menghasilkan jumlah filamen aktin dan miosin yang bertambah banyak secara progresif di dalam miofibril, yang seringkali meningkat sampai 50%. Beberapa miofibril itu sendiri akan memecah di dalam otot yang mengalami hipertrofi untuk membentuk miofibril yang baru. Bersama dengan peningkatan ukuran miofibril, sistem enzim yang menyediakan energi juga bertambah. Hal ini terutama terjadi pada peningkatan ATP-PC dan enzim-enzim yang dipakai untuk glikolisis, memungkinkan terjadinya penyediaan energi yang cepat selama kontraksi otot yang kuat dan singkat (Setiowati, 2015) dan menyebabkan perubahan biokimia otot. Komponen biokimia otot yang mengalami peningkatan, di antaranya konsentrasi kreatin, konsentrasi kreatin fosfat dan ATP, dan glikogen (Rios *et al.*, 2019).

Latihan yang diberikan kepada lansia dan dapat meningkatkan keseimbangan dinamis, ketangkasan, kekuatan otot, dan ketahanan otot disebabkan karena terjadinya adaptasi neuromuskular pada lansia (Naderi *et al.*, 2019) sehingga dapat mencegah terjadinya jatuh. Peningkatan kekuatan otot didapatkan dengan pelatihan secara rutin sehingga kekuatan otot tonik dapat meningkatkan sirkulasi pembuluh darah kapiler yang dapat meningkatkan kekuatan otot *phasic* yang akan mengakibatkan terjadinya penambahan *recruitment* motor unit pada otot yang akan mengaktivasi badan golgi sehingga otot akan

bekerja secara optimal sehingga membentuk stabilitas yang baik (Delahunt, 2011). *Motor unit* didefinisikan sebagai saraf motorik, dan semua serabut otot tersebut diinervasi oleh saraf motorik. Satu saraf motorik menginervasi lebih dari 100 serabut otot. Kekuatan kontraksi suatu otot secara langsung berkaitan dengan jumlah serabut otot yang terlibat. Semakin besar jumlah *motor unit* yang direkrut (semakin besar pula jumlah serabut otot yang direkrut) untuk melakukan kerja aktif, semakin kuat kontraksi otot yang terlibat. Semakin banyak serabut otot yang diinervasi oleh saraf motorik, semakin besar pula kekuatan otot tersebut (Lievens *et al.*, 2020).

Latihan kekuatan dan keseimbangan merupakan prosedur sistematis berupa kerja otot yang dilakukan secara repetitif pada waktu tertentu. Adaptasi otot yang terjadi pada proses pembebanan adalah hipertrofi otot yang merupakan hasil akhir dari adaptasi latihan. Beberapa manfaat latihan kekuatan yaitu meningkatkan kekuatan jaringan ikat seperti tendon, ligamen dan jaringan ikat intramuskular, peningkatan kepadatan masa tulang, peningkatan komposisi otot terhadap lemak, dan peningkatan keseimbangan (Guccione *et al.*, 2011). Latihan dapat meningkatkan fleksibilitas (Suzuki *et al.*, 2019) dan menstimulasi peningkatan proprioseptif dikarenakan latihan penguatan akan meningkatkan aktivitas *motor unit recruitment* yang akan mengaktifkan golgi tendon organ dan *muscle spindle* (Bicer *et al.*, 2015).

Latihan mobilitas dan kognitif dapat dikombinasikan dalam beberapa cara (Herold *et al.*, 2018), di antaranya yaitu:

a. *Sequential Training*

Dalam pelatihan motorik-kognitif berurutan (atau berkelanjutan), pelatihan motorik dan pelatihan kognitif masing-masing dilakukan pada waktu yang terpisah pada hari yang sama (sebelum atau sesudah diberikan latihan fisik) atau di hari yang berbeda.

Kelemahan dari pelatihan motorik-kognitif berurutan adalah tidak diketahui karakteristik beban yang sesuai (seperti frekuensi, panjang, durasi, jenis latihan, dan tatanan temporal intervensi kognitif dan intervensi motorik).

b. *Simultaneous Training*

Pelatihan motorik-kognitif simultan di mana pelatihan motorik dan pelatihan kognitif dilakukan pada saat yang sama (Lauenroth *et al.*, 2016). Terdapat dua jenis latihan pada teknik ini, yaitu sebagai berikut:

1) *Motor Training with Additional Cognitive Task*

Pelatihan motorik-kognitif dengan tugas kognitif tambahan adalah mirip dengan pendekatan "*dual-task*" klasik di mana tugas kognitif bukan prasyarat yang relevan untuk berhasil menyelesaikan tugas motorik-kognitif (misalnya berjalan dan menyelesaikan tugas aritmatika atau bersepeda sambil mengutip huruf alternatif). Hal tersebut dapat digambarkan seperti berpikir saat bergerak.

2) *Motor Training with Incorporated Cognitive*

Ketika tugas kognitif "dimasukkan" ke dalam tugas motorik, tugas kognitif adalah prasyarat yang relevan untuk berhasil diselesaikan tugas motorik-kognitif (misalnya berjalan ke kerucut tertentu). Dalam gerakan menari ada beberapa unsur-unsur kognitif, dimana mengharuskan untuk mengingat setiap pola gerakan tersebut. Oleh

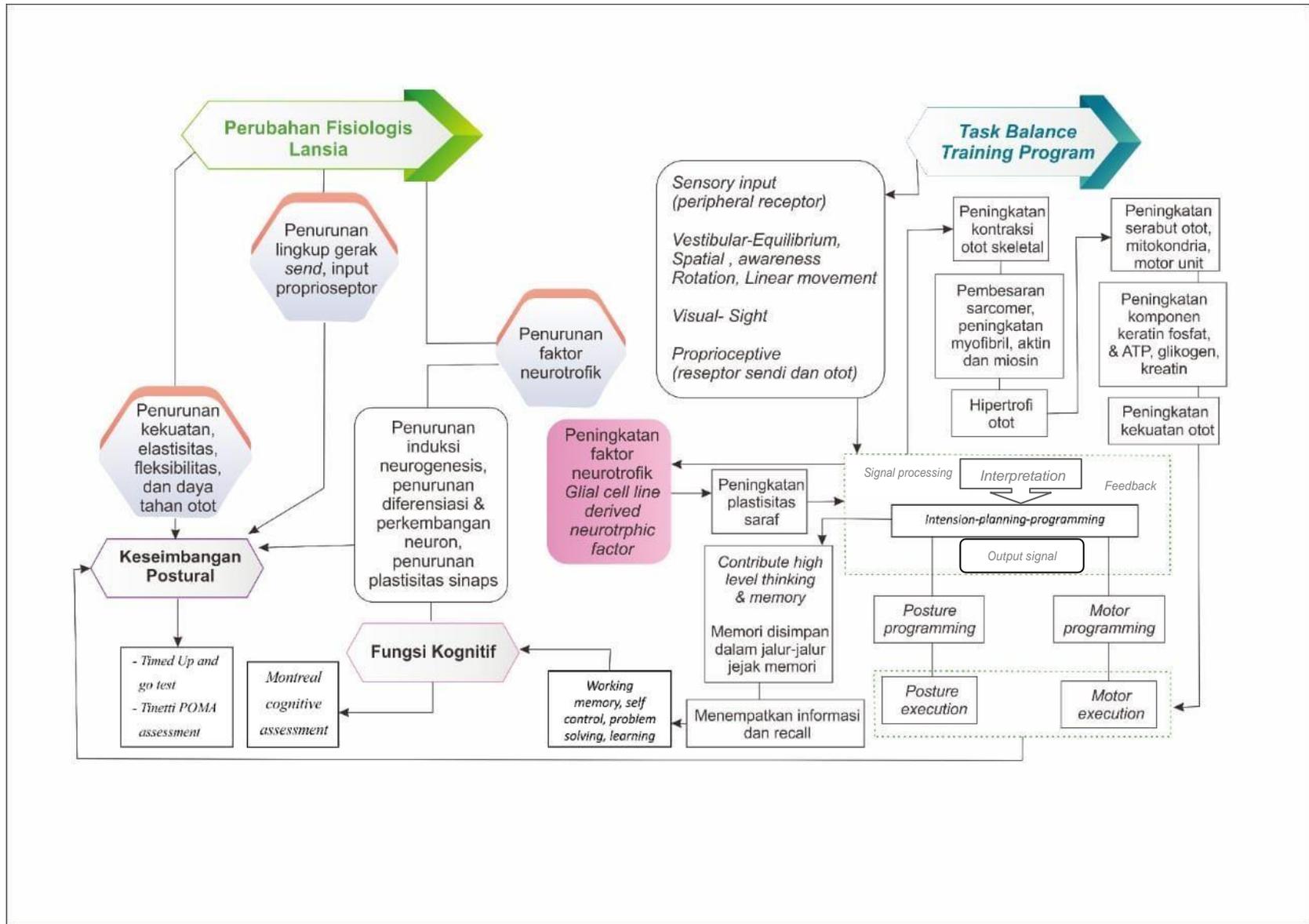
karena itu, bentuk pelatihan kognitif motorik ini dapat digambarkan sebagai bergerak sambil berpikir.

Kontrol gerakan membutuhkan proses kognitif karena bergerak mungkin mempengaruhi kognitif dan proses yang mendasarinya. Kognitif adalah istilah yang mencakup berbagai kemampuan mental yang diperlukan untuk dipersepsikan, pemrosesan, dan berinteraksi dengan lingkungan. Kognitif dipengaruhi dan diubah oleh banyak faktor, seperti penuaan, yang dikaitkan dengan penurunan kognitif seperti penurunan kecepatan pemrosesan dan memori (Rambon *et al.*, 2020). Kombinasi antara aktivitas kognitif dan motorik memiliki efek sinergis positif yang melebihi efek positif dari pemberian latihan kognitif dan motorik secara terpisah. Efek sinergis ini muncul dari “efek fasilitas” melalui latihan motorik dan “efek bimbingan” melalui latihan kognitif memicu mekanisme neuroplastisitas. Hal ini meningkatkan pelepasan faktor neurotropik pada otak yang dikaitkan dengan sinaptogenesis dan neurogenesis yang mendorong peningkatan kognitif (Johansson *et al.*, 2020). Latihan menginduksi proses neurofisiologis yang fundamental dan stimulasi pembentukan sinapsis dan neuron dalam integrasi fungsional struktur saraf baru di sirkuit otak (Herold *et al.*, 2018).

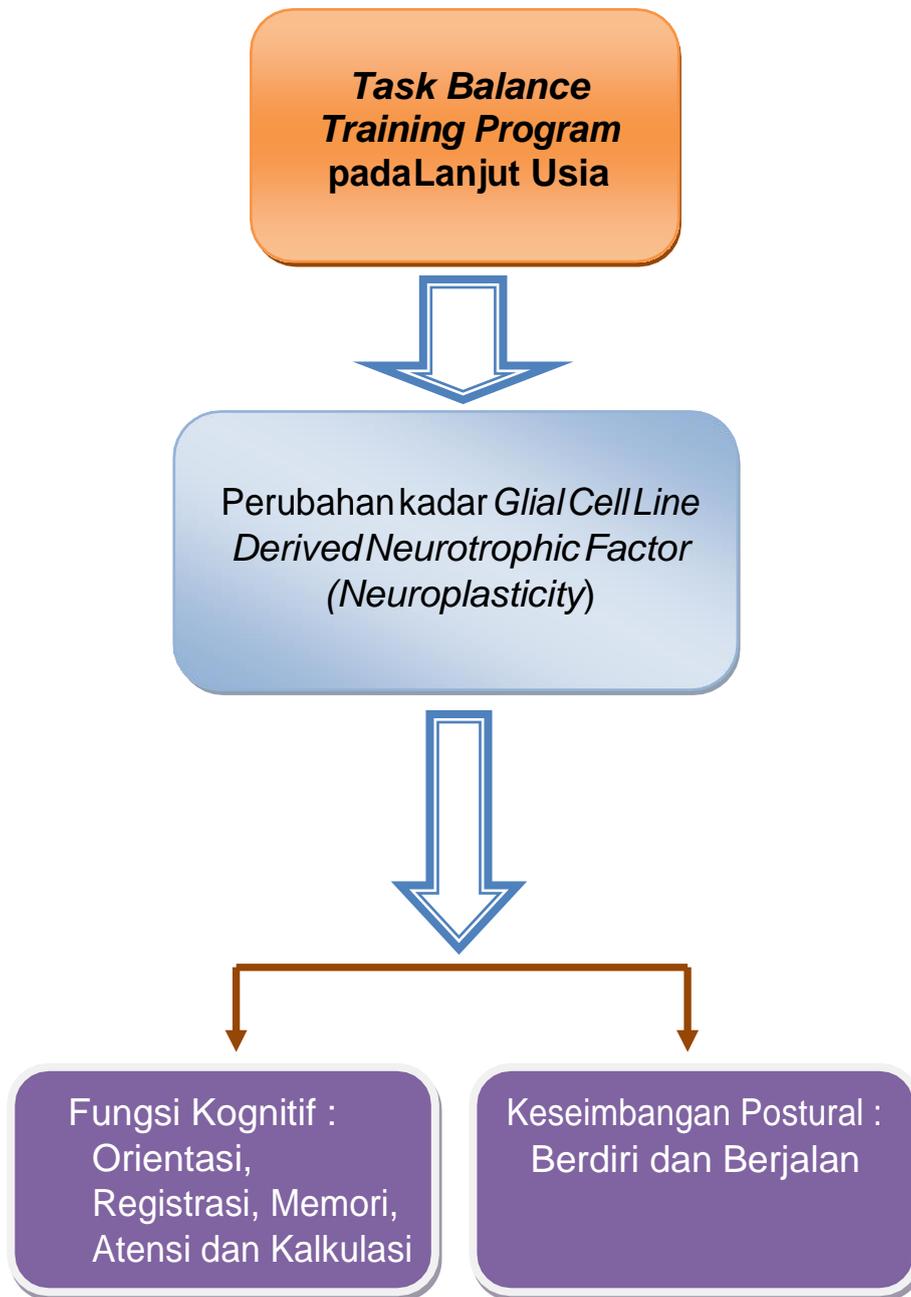
Mekanisme neurofisiologis yang mendasari perbaikan kognitif dapat diamati melalui gabungan kognitif dan motorik belum teridentifikasi, namun latihan kognitif dan motorik dapat menstimulasi proses neurobiologis yang menghasilkan respon sinergis. Baik latihan motorik maupun kognitif, keduanya akan meningkatkan aliran darah ke otak dan menginduksi angiogenesis dalam korteks dan otak kecil.

Demikian pula kedua latihan ini telah menunjukkan bahwa proses kontrol eksekutif dan region otak pada dasarnya memiliki sifat plastis dan adaptif pada otak yang mengalami penuaan, proses pelatihan menyebabkan plastisitas dan meningkatkan volume otak dan berkolerasi dengan kemampuan kognitif yang lebih baik (Tait *et al.*, 2017).

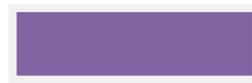
F. Kerangka Teori



G. Kerangka Konsep



Variabel bebas



Variabel tergantung



Variabel antara

H. Hipotesis

1. *Task balance training program* dapat meningkatkan kadar *glial cell line derived neurotrophic factor* (GDNF) pada lanjut usia.
2. *Task balance training program* dapat meningkatkan fungsi kognitif pada lanjut usia.
3. *Task balance training program* dapat meningkatkan keseimbangan postural pada lanjut usia.
4. Terdapat hubungan antara peningkatan kadar *glial cell line derived neurotrophic factor* (GDNF) dengan peningkatan fungsi kognitif pada lanjut usia.
5. Terdapat hubungan antara peningkatan kadar *glial cell line derived neurotrophic factor* (GDNF) dengan peningkatan keseimbangan postural pada lanjut usia.