

SKRIPSI
TAHUN 2024

**Korelasi *Heart Rate Variability* dengan Tingkat Atensi pada Mahasiswa Fakultas
Kedokteran Universitas Hasanuddin**



Disusun oleh :

Gita Fitri Aidini Tammasse

C011201230

Pembimbing :

dr. Iqbal Basri, M.Kes., Sp.S

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN
TAHUN 2024**

**KORELASI HEART RATE VARIABILITY DENGAN TINGKAT ATENSI
PADA MAHASISWA KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN**

Diajukan Kepada Universitas Hasanuddin
Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Mencapai Gelar Sarjana Kedokteran

Disusun oleh :
Gita Fitri Aidini Tammasse
C011201230

Dosen Pembimbing:
dr. Iqbal Basri, M.Kes., Sp.S

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2024

**KORELASI HEART RATE VARIABILITY DENGAN TINGKAT
ATENSI PADA MAHASISWA FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

SKRIPSI

**Diajukan Kepada Universitas Hasanuddin
Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Mencapai Gelar Sarjana Kedokteran**

**GITA FITRI AIDINI TAMMASSE
C011201230**

**Pembimbing:
dr. Iqbal Basri, M.Kes., Sp.S
NIP: 19700710 200212 1 000**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN**

TAHUN 2024

Halaman Pernyataan Anti Plagiarisme

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gita Fitri Aidini Tammasse

NIM : C011201230

Program Studi : Pendidikan Dokter Umum

Dengan ini menyatakan bahwa seluruh skripsi ini adalah hasil karya saya.

Apabila ada kutipan atau pemakaian dari hasil karya orang lain berupa tulisan, data, gambar, atau ilustrasi baik yang telah dipublikasi atau belum dipublikasi, telah direferensi sesuai dengan ketentuan akademis.

Saya menyadari plagiarisme adalah kejahatan akademik, dan melakukannya akan menyebabkan sanksi yang berat berupa pembatalan skripsi dan sanksi akademik yang lain.

Makassar, 19 Januari 2024

Yang menyatakan,



Gita Fitri Aidini Tammasse
C011201230

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Usulan penelitian ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Gita Fitri Aidini Tammasse

NIM : C011201230

Tanda Tangan :

Tanggal : 19 Januari 2024

Tulisan ini sudah di cek (beri tanda ✓)

No	Rincian yang harus di'cek'	✓
1	Menggunakan Bahasa Indonesia sesuai Ejaan Yang Disempurnakan	✓
2	Semua bahasa yang bukan Bahasa Indonesia sudah dimiringkan	✓
3	Gambar yang digunakan berhubungan dengan teks dan referensi disertakan	✓
4	Kalimat yang diambil sudah di paraphrasa sehingga strukturnya berbeda dari kalimat asalnya	✓
5	Referensi telah ditulis dengan benar	✓
6	Referensi yang digunakan adalah yang dipublikasi dalam 10 tahun terakhir	✓
7	Sumber referensi 70% berasal dari jurnal	✓
8	Kalimat tanpa tanda kutipan merupakan kalimat saya	✓

HALAMAN PENGESAHAN

Telah disetujui untuk dibacakan pada seminar hasil di bagian Anatomi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin dengan judul :

“KORELASI *HEART RATE VARIABILITY* DENGAN TINGKAT ATENSI PADA MAHASISWA FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN”

Hari/tanggal : Jum'at, 19 Januari 2024

Waktu : 08.00 WITA

Tempat : Departemen Anatomi, Fakultas Kedokteran

Universitas Hasanuddin

Makassar, 19 Januari 2024

Pembimbing



dr. Iqbal Basri, M.Kes., Sp.S

NIP.19700710 200212 1 000

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Gita Fitri Aidini Tammasse

NIM : C011201230

Fakultas / Program Studi: Kedokteran / Pendidikan Dokter Umum

Judul Skripsi : Korelasi *Heart Rate Variability* dengan Tingkat Atensi pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Telah berhasil dipertahankan dihadapan dewan penguji dan diterima sebagai bahan persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana kedokteran pada Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin

Pembimbing : dr. Iqbal Basri, M.Kes., Sp.S

Penguji 1 : Dr. dr. Siti Rafiah Husain, M.Si

Penguji 2 : dr. Asty Amalia Nurhadi, M.Med.Ed

Ditetapkan di : Makassar

Tanggal : 19 Januari 2024

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

"KORELASI *HEART RATE VARIABILITY* DENGAN TINGKAT ATENSI PADA MAHASISWA FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN"

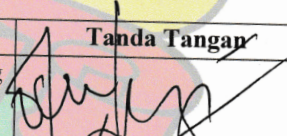
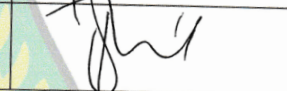
Disusun dan Diajukan Oleh

Gita Fitri Aidini Tammasse

C011201230

Menyetujui

Panitia Penguji

No	Nama Penguji	Jabatan	Tanda Tangan
1	dr. Iqbal Basri, M.Kes., Sp.S	Pembimbing	
2	Dr. dr. Siti Rafiah Husain, M.Si	Penguji 1	
3	dr. Asty Amalia Nurhadi, M.Med.Ed	Penguji 2	

Mengetahui

Wakil Dekan Bidang Akademik dan
Kemahasiswaan

Ketua Program Studi Sarjana Kedokteran
Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin



Prof. dr. Agussalim Buhari, M.Clin.Med., Ph.D.,
Sp.GK(K)

NIP. 19700821 199903 1001

dr. Ririn Nislawati, M.Kes., Sp.M
NIP. 198101182009122003

DEPARTEMEN ANATOMI

FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

TELAH DISETUJUI UNTUK DICETAK DAN DIPERBANYAK

Judul Skripsi :

**“ KORELASI *HEART RATE VARIABILITY* DENGAN TINGKAT ATENSI PADA
MAHASISWA FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS HASANUDDIN”**

Makassar, 19 Januari 2024

Pembimbing



dr. Iqbal Basri, M.Kes., Sp.S

NIP. 19700710 200212 1 000

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penayang, kami panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiran-Nya yang telah memberikan nikmat, ilmu serta kesehatan, sehingga skripsi yang berjudul “Hubungan *Heart Rate Variability* terhadap fungsi kognitif pada Mahasiswa Pendidikan Dokter Universitas Hasanuddin” dapat terselesaikan tanpa adanya hambatan yang berarti. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengungkapkan rasa syukur dan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kesabaran, kekuatan, dan ilmu yang bermanfaat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Nabi Muhammad SAW yang senantiasa menjadi inspirasi dan teladan bagi penulis dalam segala lini kehidupan.
3. Kedua orang tua penulis, Bapak DR. H. Tammase Balla, M.Hum, Ibu DR. dr. Hj. Jumraini Tammase, Sp.N., Subsp. N.R.E.(K), saudara penulis, dr. Iin Fadhilah Utami T. MARS, M.Sc dan dr. Fachrul Tamrin serta keluarga besar penulis yang telah memberikan dukungan serta doa yang tiada hentinya agar penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. dr. Muh. Iqbal Basri, M.Kes., Sp.S sebagai dosen pembimbing akademik dan pembimbing skripsi yang senantiasa memberikan nasehat dan memberikan arahan serta masukan dari awal perkuliahan hingga selesainya penyusunan skripsi ini.
5. DR. dr. Siti Rafiah Husain, M.Si selaku dosen penguji I skripsi yang telah memberikan masukan dan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
6. dr. Asty Amalia Nurhadi, M.Med.Ed selaku dosen penguji II skripsi yang telah memberikan masukan dan arahan dalam penyusunan skripsi ini.
7. Saudara Anisah Maulia Dewani Mustam, S.Ked, Nur Hafidh Az Sajadah, S.Ked dan Venna Regita Cahyani, S.Ked yang telah memberikan penulis dukungan serta bantuan dalam penyusunan, pengolahan dan pengumpulan data yang diperlukan dalam penyelesaian skripsi.
8. Mahasiswa Angkatan 2020 Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin yang telah bersedia untuk berpartisipasi dalam penelitian ini

9. Serta semua pihak yang membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini, namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

Makassar, 29 Januari 2024

Gita Fitri Aidini Tammasse

ABSTRAK

Gita Fitri Aidini Tammase (C011201230)

“Korelasi Heart Rate Variability dengan Tingkat Atensi pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin”

Latar Belakang : Fungsi kognitif merujuk pada kapasitas mental individu untuk memahami dan mengolah informasi dari lingkungannya secara efektif. Kemampuan kognitif yang memadai sangat diperlukan dalam menjalankan berbagai tugas sehari-hari, baik yang sederhana maupun kompleks. Fungsi ini terbagi dalam lima ranah (domain) besar, yaitu atensi, memori, visuospatial, bahasa, dan fungsi eksekutif. Atensi adalah peningkatan kegiatan otak seperti memilih dan mengkategorikan rangsangan yang diterima. Mahasiswa merupakan kelompok di masyarakat yang rentan mengalami stress. Mahasiswa kedokteran cenderung mengalami stres yang sangat tinggi apabila dibandingkan dengan program studi lain di sektor non-medis. Variabilitas detak jantung (HRV) menjadi salah satu penanda fisiologis yang dapat dipercaya untuk mengukur fungsi kognitif dan juga sebagai indikator pengendalian otonom jantung. HRV mencerminkan fluktuasi dalam interval waktu (diukur dalam milidetik) antara detak jantung berurutan (dikenal sebagai interval R-R). Variabilitas ini utamanya berasal dari interaksi dinamis antara input dari sistem saraf parasimpatis dan simpatis ke jantung, yang diatur oleh nodus sinoatrial.

Tujuan : Untuk mengetahui apakah terdapat korelasi antara Heart Rate Variability (HRV) dan fungsi kognitif khususnya tingkat atensi pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Umum, Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Metode Penelitian : Metode yang digunakan adalah observasional analitik dengan desain *cross-sectional*. Pada penelitian ini, peneliti akan mencoba untuk melihat korelasi antara *Heart Rate Variability* (HRV) dengan tingkat atensi pada mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

Hasil Penelitian : Pada penelitian ini, 30 sampel yang telah diolah memperlihatkan korelasi pada HRV metrik SDNN dengan SDMT (*p-value* 0.001), metrik LF Power dengan SDMT (*p-value* 0.001), metrik HF Power dengan SDMT (*p-value* 0.001), dan metrik LF/HF Ration dengan SDMT (*p-value* 0.112).

Kesimpulan : Uji korelasi antara fungsi kognitif dan Heart Rate Variability (HRV) pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin menunjukkan korelasi yang positif dan signifikan pada metrik SDNN, LF Power dan HF Power. Sedangkan hasil uji korelasi antara Heart Rate Variability pada metrik LF/HF Ratio didapatkan korelasi yang negatif dan tidak signifikan.

Kata Kunci : *Heart Rate Variability* (HRV), Fungsi Kognitif, Atensi, SDNN, LF Power, HF Power, LF/HF Ratio, SDMT, Mahasiswa Kedokteran, Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

ABSTRACT

Background : *Cognitive function refers to an individual's mental capacity to understand and process information from their environment effectively. Adequate cognitive abilities are crucial for carrying out various daily tasks, both simple and complex. This function is divided into five major domains, namely attention, memory, visuospatial, language, and executive function. Attention involves increased brain activity such as selecting and categorizing received stimuli. Students are a group in society vulnerable to experiencing stress. Medical students tend to experience very high levels of stress compared to other non-medical study programs. Heart rate variability (HRV) is one reliable physiological marker for measuring cognitive function and also serves as an indicator of autonomic heart control. HRV reflects fluctuations in the time intervals (measured in milliseconds) between consecutive heartbeats (known as R-R intervals). This variability primarily stems from the dynamic interaction between inputs from the parasympathetic and sympathetic nervous systems to the heart, regulated by the sinoatrial node.*

Aim : *To determine whether there is a correlation between Heart Rate Variability (HRV) and cognitive function, specifically the level of attention, among students in the General Practitioner Education Program at the Faculty of Medicine, Hasanuddin University.*

Method : *The method employed is an analytical observational approach with a cross-sectional design. In this study, the researcher will attempt to examine the correlation between Heart Rate Variability (HRV) and the level of attention among students at the Faculty of Medicine, Hasanuddin University.*

Result : *In this study, the analysis of 30 processed samples reveals correlations between HRV metrics. Specifically, there is a correlation between SDNN and SDMT (p-value 0.001), LF Power and SDMT (p-value 0.001), HF Power and SDMT (p-value 0.001), and LF/HF Ratio and SDMT (p-value 0.112).*

Conclusion : *The correlation test between cognitive function and Heart Rate Variability (HRV) among students at the Faculty of Medicine, Hasanuddin University, indicates a positive and significant correlation for the SDNN, LF Power, and HF Power*

metrics. However, the correlation test results for HRV with the LF/HF Ratio metric shosw a negative and non-significant correlation.

Keywords : *Heart Rate Variability (HRV), Cognitive Function, Attention, SDNN, LF Power, HF Power, LF/HF Ratio, SDMT, Medical Students, Faculty of Medicine. Hasanuddin University.*

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ANTI PLAGIARISME	iv
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
KATA PENGANTAR	x
ABSTRAK.....	xii
DAFTAR ISI	xvi
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.3.1 Tujuan Umum	3
1.3.2 Tujuan Khusus	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.4.1 Bagi Praktisi.....	4
1.4.2 Bagi Teoritis	4
1.4.3 Bagi Masyarakat.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Definisi Heart Rate Variability (HRV)	5
2.2. Korelasi Fisiologis Heart Rate Variability	6

2.3. Pengukuran Heart Rate Variability	9
2.4. Faktor – Faktor yang Memengaruhi Heart Rate Variability	22
2.5. Penggunaan Klinis Heart Rate Variability.....	24
2.6. Definisi Fungsi Kognitif.....	26
2.7. Faktor – Faktor yang Memengaruhi Fungsi Kognitif.....	27
2.8. Penilaian Fungsi Kognitif.....	28
2.9. Penyakit yang Memengaruhi Tingkat Fungsi Kognitif.....	32
BAB III	34
KERANGKA TEORI DAN KERANGKA KONSEPTUAL.....	34
BAB IV.....	38
METODE PENELITIAN.....	38
4.1. Desain Penelitian	38
4.2. Lokasi dan Waktu Penelitian	38
4.3 Populasi dan Sampel Penelitian.....	38
4.3.1 Populasi Target.....	38
4.3.2 Sampel.....	38
4.3.3 Teknik Pengambilan Sampel.....	38
4.4 Kriteria Inklusi dan Kriteria Eksklusi.....	38
4.4.1 Kriteria Inklusi	38
4.4.2 Kriteria Eksklusi	39
4.5 Jenis Data dan Instrumen Penelitian	39
4.5.1 Jenis Data	39
4.5.2 Instrumen Penelitian	39
4.6 Manajemen Penelitian	39
4.6.1 Pengumpulan Data	39
4.6.2 Pengolahan dan Analisis Data	41

4.7 Etika Penelitian	42
4.8 Alur Pelaksanaan Penelitian.....	43
4.9 Rancangan Penelitian	44
4.10 Jadwal Penelitian.....	45
BAB V	46
HASIL PENELITIAN.....	46
BAB VI.....	51
PEMBAHASAN.....	51
BAB VII.....	54
KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
DAFTAR PUSTAKA	55

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fungsi kognitif merujuk pada kapasitas mental individu untuk memahami dan mengolah informasi dari lingkungannya secara efektif. Kemampuan kognitif yang memadai sangat diperlukan dalam menjalankan berbagai tugas sehari-hari, baik yang sederhana maupun kompleks. Fungsi ini terbagi dalam lima ranah (domain) besar, yaitu atensi, memori, visuospatial, bahasa, dan fungsi eksekutif. Kelima fungsi ini tidak dapat berdiri sendiri melainkan saling berhubungan. Fungsi kognitif yang baik dapat meningkatkan kualitas hidup (Aninditha & Wiratman, 2017). Atensi adalah peningkatan kegiatan otak seperti memilih dan mengkategorikan rangsangan yang diterima. (Aninditha & Wiratman, 2017). Faktor - faktor yang dapat mempengaruhi atensi seseorang, yaitu riwayat cedera kepala, stress, kualitas tidur dan obat-obatan.

Mahasiswa merupakan kelompok di masyarakat yang rentan mengalami stress, hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Legiran, Azis & Bellinawati, (2015) didapatkan bahwa sekitar 50,8% mahasiswa FK UMP mengalami stres dan 49,2% tidak mengalami stres. Mahasiswa kedokteran cenderung mengalami stres yang sangat tinggi apabila dibandingkan dengan program studi lain di sektor non-medis. Tingkat stres pada mahasiswa kedokteran cenderung berkisar dari 25% sampai 75%. Penelitian yang dilakukan oleh Ali et al., (2013) menyatakan bahwa mahasiswa kedokteran memiliki hari dan waktu malam yang lebih berat karena adanya tuntutan untuk mengerjakan tugas presentasi, persiapan ujian mingguan dan bulanan serta kegiatan keorganisasian yang harus diselesaikan dalam waktu terbatas. Hal ini membuat mahasiswa kedokteran memiliki kualitas tidur yang buruk sehingga berdampak pada penurunan atensi dan konsentrasi saat proses belajar, serta disfungsi aktivitas di siang hari seperti adanya rasa kantuk yang berlebihan di siang hari. Kedua aspek tersebut secara langsung memengaruhi domain atensi pada fungsi kognitif.

Individu yang memiliki gangguan tidur yang buruk dikaitkan dengan penurunan saraf parasimpatis dan peningkatan saraf simpatis. Masalah tersebut disebabkan

karena kualitas tidur yang buruk pada individu sebagai penyebab utama terjadinya penyakit jantung dan menurunkan *Heart Rate Variability* (HRV) serta dapat meningkatkan detak jantung (Risdiana & Rozy, 2019).

Dalam konteks ini, variabilitas detak jantung (HRV) menjadi salah satu penanda fisiologis yang dapat dipercaya untuk mengukur fungsi kognitif dan juga sebagai indikator pengendalian otonom jantung. HRV mencerminkan fluktuasi dalam interval waktu (diukur dalam milidetik) antara detak jantung berurutan (dikenal sebagai interval R-R). Variabilitas ini utamanya berasal dari interaksi dinamis antara input dari sistem saraf parasimpatis dan simpatis ke jantung, yang diatur oleh nodus sinoatrial.

Model Integrasi Neurovisceral mengusulkan hubungan antara tingkat aktivitas saraf vagal pada jantung dan regulasi sistem pengendalian perhatian dan emosional. Hipotesis ini mengindikasikan bahwa wilayah-wilayah otak yang terlibat dalam pengaturan diri memiliki keterkaitan dengan aktivitas otonom jantung melalui saraf vagus. Wilayah-wilayah ini termasuk korteks anterior, korteks insular, korteks orbitofrontal, amigdala, *grey matter periaqueductal*, striatum ventral, dan pusat motorik otonom di batang otak. Tonus vagal jantung sering dikaitkan dengan pengaturan kognitif dan emosional.

Dalam spektrum HRV, *high frequency band* berhubungan dengan aktivitas parasimpatis jantung yang penting untuk adaptasi individu terhadap perubahan kebutuhan lingkungan. Berkurangnya kontrol vagal (dapat dilihat dari penurunan HF-HRV) mungkin menunjukkan berkurangnya kemampuan untuk beradaptasi dengan fleksibel terhadap suatu perubahan yang dapat membatasi opsi yang tersedia dan menghambat kemampuan seseorang untuk memberikan respons yang tepat. Beberapa penelitian telah mengkonfirmasi adanya korelasi antara HRV saat istirahat yang lebih tinggi dan aktivitas di dalam sirkuit otak eksekutif, sementara HRV yang lebih rendah dikaitkan dengan regulasi yang kurang efektif di daerah prefrontal-subkortikal. Dengan kata lain, kontrol vagal terhadap fungsi jantung tampaknya terkait dengan fungsi efisien dari sirkuit saraf yang mengatur diri sendiri, dan pada gilirannya mendukung respons yang cepat dan kemampuan untuk beradaptasi dengan baik terhadap masalah yang muncul dari lingkungan sekitar.

Berdasarkan beberapa kajian tersebut peneliti tertarik untuk mengkaji lebih korelasi antara *Heart Rate Variability* (HRV) dengan fungsi kognitif khususnya tingkat atensi pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Umum, Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah melihat apakah ada korelasi antara *Heart Rate Variability* (HRV) dan fungsi kognitif khususnya tingkat atensi pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Umum, Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat korelasi antara *Heart Rate Variability* (HRV) dan fungsi kognitif khususnya tingkat atensi pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Umum, Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

1.3.2 Tujuan Khusus

- a) Untuk mengetahui *Heart Rate Variability* (HRV) mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Umum, Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.
- b) Untuk mengetahui fungsi kognitif mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Umum, Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.
- c) Untuk menilai hubungan *Heart Rate Variability* (HRV) dan fungsi kognitif mahasiswa Program Studi Pendidikan Dokter Umum, Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Praktisi

- a) Memperoleh ilmu, pengetahuan serta pengalaman dalam melakukan penelitian.
- b) Menambah pengetahuan dan wawasan peneliti mengenai hubungan *Heart Rate Variability* (HRV) dan fungsi kognitif.

1.4.2 Bagi Teoritis

- a) Memberi masukan sebagai khasanah ilmu pengetahuan baru, bagi pengembangan ilmu kedokteran dan penelitian selanjutnya tentang *Heart Rate Variability* (HRV) dan fungsi kognitif.

1.4.3 Bagi Masyarakat

- a) Mengetahui hubungan *Heart Rate Variability* (HRV) dan fungsi kognitif.
- b) Memberikan pengetahuan tentang *Heart Rate Variability* (HRV) dan fungsi kognitif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi *Heart Rate Variability* (HRV)

Heart Rate Variability (HRV) adalah sebuah pengukuran yang mengukur perbedaan antara interval waktu antara detak jantung yang berurutan. Lebih spesifik, HRV mengacu pada variasi interval antara detak jantung yang mencerminkan perubahan dalam ritme jantung. HRV adalah alat penting dalam pengukuran dan analisis aktivitas sistem saraf otonom, khususnya peran sistem saraf simpatis (*fight or flight*) dan parasimpatis (*rest and digest*) dalam mengatur denyut jantung. HRV digunakan untuk mengidentifikasi tingkat stres, respons tubuh terhadap berbagai stimulus, dan sebagai indikator kesehatan jantung (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996)

Berdasarkan hasil monitor 24 jam, pasien dengan nilai SDNN di bawah 50 ms tergolong tidak sehat, 50-100 ms memiliki kesehatan yang terganggu dan di atas 100 ms tergolong sehat (Shaffer & Ginsberg, 2017). HRV digunakan di pengaplikasian penelitian medis dan klinis serta dalam bidang-bidang seperti kesehatan, olahraga, dan manajemen stres. Beberapa penggunaan HRV:

1. Prediksi Risiko Kardiovaskular di mana HRV digunakan sebagai indikator untuk memprediksi risiko penyakit jantung. (Albarado-Ibañez et al., 2020)
2. Manajemen Stres dan Kesejahteraan dengan digunakannya HRV dalam praktik meditasi, biofeedback, dan teknik relaksasi untuk membantu individu mengelola stres dan meningkatkan kesejahteraan mental. (Popova et al., 2018)
3. Pengukuran Gangguan Saraf Otonom. HRV digunakan dalam penelitian tentang gangguan saraf otonom dan perannya dalam berbagai kondisi kesehatan. (Koshimori & Thaut, 2018).
4. Manajemen Gangguan Ritmik Jantung. HRV digunakan dalam pengembangan terapi dan manajemen pasien dengan gangguan ritmik jantung. (Kiani et al., 2019)

2.2. Korelasi Fisiologis *Heart Rate Variability*

Meskipun jaringan alat pacu jantung memiliki kemampuan otomatis, irama dan detak jantung sebagian besar dikendalikan oleh sistem saraf otonom. Pengaturan detak jantung oleh sistem saraf parasimpatis terjadi melalui pelepasan asetilkolin oleh saraf vagus. Asetilkolin ini mengaktifkan reseptor asetilkolin muskarinik, yang terutama meningkatkan konduktansi K^+ di membran sel. Selain itu, asetilkolin menghambat arus "alat pacu jantung", yang pada akhirnya mengurangi denyut jantung.

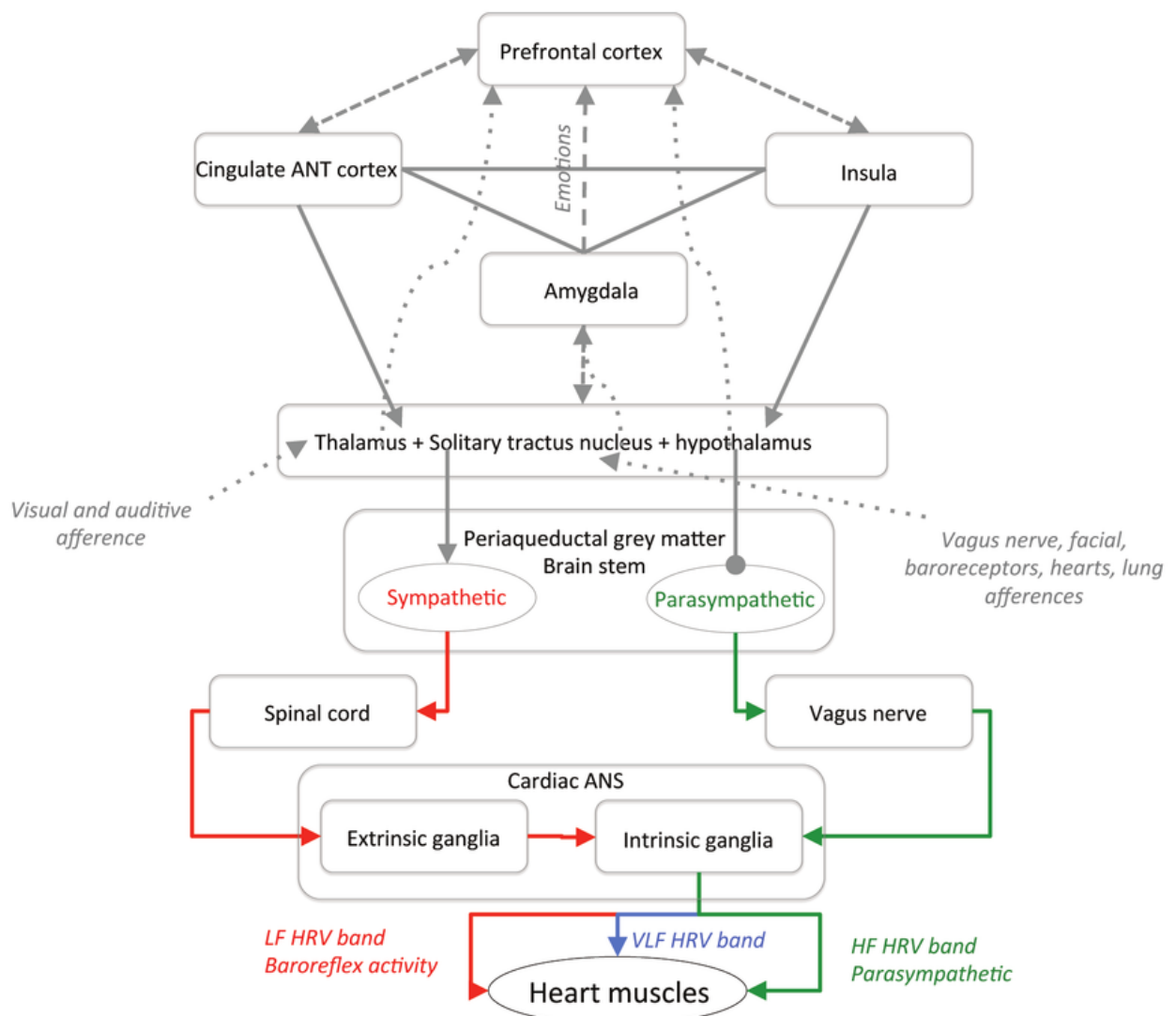
Sebaliknya, sistem saraf simpatik memengaruhi detak jantung melalui pelepasan epinefrin dan norepinefrin. Aktivasi reseptor β -adrenergik menyebabkan peningkatan konsentrasi cAMP, yang kemudian memfosforilasi protein di membran sel, meningkatkan arus $ICaL$ dan I_f . Serangkaian peristiwa ini menyebabkan percepatan depolarisasi diastolik jantung yang biasanya lambat dan akhirnya meningkatkan denyut jantung.

Pada saat istirahat, aktivitas saraf parasimpatis (vagal) lebih dominan dan variasi denyut jantung utamanya dipengaruhi oleh pengaturan vagal. Aktivitas saraf vagal dan simpatik terus berinteraksi dengan pengaruh utama berasal dari sistem parasimpatis. Hal ini mungkin disebabkan oleh dua mekanisme independen: (1) sinyal kolinergik yang mengurangi pelepasan norepinefrin sebagai respons terhadap aktivitas saraf simpatik dan (2) sinyal kolinergik yang melemahkan respons terhadap stimulasi adrenergik. Selain itu, keberadaan asetilkolinesterase di nodus sinus memastikan bahwa efek impuls vagal hanya berlangsung sebentar karena asetilkolin cepat dipecah (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

Jaringan saraf intrinsik jantung terdiri dari banyak populasi sel khusus (nodus) yang mampu menghasilkan arus listrik secara spontan sedangkan elemen ekstrinsik distribusi saraf jantung merupakan kombinasi aferen dan eferen sistem saraf otonom (ANS) dengan simpatik (SANS) dan divisi parasimpatis (PANS) (terutama saraf vagus [X]).

Selain nukleus X, beberapa struktur intrakranial memainkan peran penting dalam modulasi HRV. Efektor utama ANS berikatan dengan HRV. Selain itu, tinjauan dan meta-analisis di sepuluh kumpulan data *neuroimaging* mengkonfirmasi wilayah yang secara konsisten terkait dengan HRV dan mengusulkan model integrasi *neurovisceral* untuk memahami lebih jelas efek penghambatan dan pengaktifan saraf dari agen ANS pada jantung. Di sisi lain, tinjauan terbaru juga menyebutkan aferen yang diketahui dari jantung dan pembuluh darah ke SSP (Fatisson, Oswald & Lalonde, 2016).

Menurut Gullett et al. (2023), terdapat hubungan antara pengaruh negatif dan pengurangan serangkaian tindakan HRV yang menunjukkan pengaruh negatif dan dikaitkan dengan penurunan aktivitas parasimpatis. Disregulasi kronis ANS dalam konteks pengaruh negatif yang persisten/kronis dapat mewakili salah satu mekanisme patofisiologis yang berkontribusi terhadap perkembangan gangguan afektif dan menunjukkan disregulasi aktivitas ANS sebagai biomarker potensial untuk gangguan afektif.



Gambar 1. Diagram hubungan ANS dengan Heart Rate Variability (HRV)

Diagram menunjukkan hubungan dan hubungan antara suatu bilangan agen ANS dan HRV. Panah melingkar putus-putus mewakili aferen, panah tunggal mewakili efektor, dan panah persegi putus-putus mewakili komunikasi dua arah antara struktur yang terlibat. *Low-frequency band* (LF) (panah merah) berhubungan dengan bagian simpatis dari spektrum HVR, sedangkan *high-frequency band* (HF) (panah hijau) berhubungan dengan bagian parasimpatis, yang terutama dipersarafi oleh saraf vagus (Fatisson, Oswald & Lalonde, 2016).

2.3. Pengukuran *Heart Rate Variability*

Pengukuran *Heart Rate Variability* (HRV) adalah teknik penting untuk memahami fluktuasi waktu antara detak jantung yang berurutan. HRV memberikan wawasan tentang regulasi sistem saraf otonom dan digunakan dalam berbagai konteks, mulai dari kesehatan kardiovaskular hingga manajemen stres. Dalam beberapa tahun terakhir, teknik-teknik pengukuran HRV telah berkembang pesat. Berikut adalah cara mengukur HRV dan perkembangan terkini dalam penelitian HRV.

2.3.1. Pengukuran HRV Tradisional

Pengukuran HRV tradisional dilakukan dengan menggunakan elektrokardiografi (EKG) atau elektroda yang ditempatkan pada kulit untuk merekam sinyal detak jantung. Data detak jantung ini kemudian diolah untuk mengukur variasi waktu antara detak jantung yang berurutan (Shaffer & Ginsberg, 2017).

2.3.2. Perangkat Wearable

Perkembangan teknologi wearable telah menghadirkan cara yang lebih nyaman untuk mengukur HRV dalam kehidupan sehari-hari. Sensor HRV yang terintegrasi dalam jam tangan pintar, chest strap, atau perangkat wearable lainnya memungkinkan pemantauan non-invasif (Alugubelli, Abuissa & Roka, 2022).

2.3.3. Analisis HRV dengan Teknologi Digital

Pengembangan dalam teknologi digital dan pemrosesan data telah membuka pintu untuk analisis HRV yang lebih mendalam. Algoritma komputer dapat digunakan untuk menghitung berbagai parameter HRV yang memberikan wawasan tentang aktivitas saraf otonom (Hussein et al., 2018).

Heart Rate Variability (HRV) bisa dievaluasi dalam berbagai rentang waktu, seperti selama 24 jam, jangka pendek (biasanya sekitar 5 menit), dan jangka sangat pendek (kurang dari 5 menit) dengan menggunakan berbagai metode pengukuran, termasuk pendekatan domain waktu, domain frekuensi, dan metode non-linier.

Periode pencatatan yang lebih panjang memberikan gambaran yang lebih akurat tentang proses yang berlangsung lebih lambat, seperti ritme sirkadian dan respons sistem kardiovaskular terhadap berbagai rangsangan lingkungan dan beban kerja yang lebih luas. Nilai HRV dalam jangka pendek dan ultra-jangka pendek tidak dapat dianggap setara dengan nilai yang diperoleh dari rekaman 24 jam.

Indeks dalam domain waktu HRV mengukur tingkat variasi dalam interval antara detak jantung yang berurutan *inter-beat interval* (IBI). Nilai-nilai ini dapat dinyatakan dalam satuan asli atau diubah menjadi logaritma natural (Ln) agar mendekati distribusi yang lebih normal.

Pengukuran dalam domain frekuensi melibatkan estimasi distribusi daya detak jantung dalam empat *frequency band* yang berbeda. Task Force dari European Society of Cardiology dan North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996) mengkategorikan osilasi detak jantung (HR) menjadi empat kelompok: *ultra low frequency* (ULF), *very low frequency* (VLF), *low frequency* (LF), dan *high frequency* (HF).

1. Domain waktu

Indeks variabilitas detak jantung (HRV) dalam domain waktu mengukur sejauh mana variasi dalam detak jantung selama periode pemantauan yang bisa berkisar dari kurang dari 1 menit hingga lebih dari 24 jam. Beberapa parameter yang digunakan dalam pengukuran ini mencakup SDNN, SDRR, SDANN, Indeks SDNN, RMSSD, NN50, pNN50, perbedaan antara HR Max dan HR Min, HRV triangular index (HTI), dan Triangular Interpolation of the NN Interval Histogram (TINN). Adanya pengukuran non-linier memungkinkan kita mengukur ketidakpastian suatu deret waktu (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

a. SDNN (*Standard Deviation of Normal-to-Normal intervals*)

Standar deviasi interval (IBI) detak sinus normal atau dikenal sebagai SDNN ini diukur dalam milidetik. Istilah "normal" menunjukkan bahwa denyut tidak teratur, seperti denyut ektopik yang berasal dari luar nodus sinoatrial atrium kanan yang telah dikeluarkan dari perhitungan. Meskipun standar konvensional untuk perekaman jangka pendek ditetapkan pada 5 menit, para peneliti menyarankan perekaman periode ultra-pendek yang berkisar antara 60 detik hingga 240 detik. Di sisi lain, standar deviasi perbedaan berturut-turut dalam interval R-R (SDSD) hanya mencerminkan variabilitas jangka pendek.

SDNN yang dipengaruhi oleh aktivitas sistem saraf simpatik (SNS) dan sistem saraf parasimpatis (PNS) ini menunjukkan korelasi yang kuat dengan daya pada *ultra low frequency* (ULF), *very low frequency* (VLF), dan *low frequency* (LF) band serta total power. Korelasi ini bergantung pada kondisi pengukuran tertentu. Ketika *frequency band* ini menunjukkan tingkat daya yang lebih tinggi dibandingkan *high frequency band* (HF), maka kontribusinya lebih signifikan terhadap SDNN. Singkatnya, selama pencatatan short term resting, sumber utama variabilitas adalah aritmia sinus pernapasan (RSA) yang dimediasi parasimpatis khususnya dalam kasus yang melibatkan protokol *slow-paced breathing* (PB). Namun, dalam rekaman 24 jam, kekuatan band LF memainkan peran penting dalam mempengaruhi SDNN. Menghitung SDNN selama periode 24 jam memberikan representasi yang lebih akurat dibandingkan periode pemantauan yang lebih pendek yang biasanya diamati selama sesi

biofeedback (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

b. SDRR (*Standard Deviation of RR intervals*)

Standar deviasi interval antar denyut (IBI), yang dikenal sebagai SDRR diukur dalam milidetik, merangkum seluruh spektrum interval denyut sinus, termasuk yang normal dan tidak normal. Seperti SDNN, SDRR memeriksa variasi interval ini selama periode waktu tertentu dan memberikan hasil yang lebih akurat ketika dihitung dalam rentang waktu 24 jam. Interval yang diperpanjang ini memberikan gambaran yang lebih mendalam tentang bagaimana sistem kardiovaskular merespons perubahan lingkungan dan beban kerja yang beragam seiring waktu. Pengukuran ini juga mencakup interval yang tidak normal, yang bisa menunjukkan masalah jantung atau bahkan gangguan yang menyerupai *heart rate variability* (HRV) sehingga memberikan informasi yang lebih komprehensif (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

c. SDANN (*Standard Deviation of the Average NN intervals*)

SDANN mengukur variasi standar dari interval normal ke normal (NN) dalam setiap interval 5 menit dari rekaman selama 24 jam, serupa dengan SDNN. Penghitungan ini mengacu pada interval NN yang telah disaring untuk menghilangkan gangguan data. Namun SDANN tidak dapat digunakan sebagai pengganti SDNN. Ini disebabkan oleh fakta bahwa SDANN dihitung dalam interval 5 menit, bukan dalam seluruh periode 24 jam, dan tidak memberikan

tambahan informasi (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

d. SDNN Index (*Standard Deviation of Normal-to-Normal Intervals*)

SDNNI adalah representasi dari variasi standar interval rata-rata antara setiap interval N-N dalam segmen yang berdurasi 5 menit pada rekaman HRV selama 24 jam. Metrik ini memberikan perkiraan variabilitas yang terkait dengan faktor HRV dalam interval 5 menit tersebut. Untuk menghitungnya, rekaman 24 jam dibagi menjadi 288 segmen berdurasi 5 menit dan kemudian standar deviasi dari seluruh interval N-N di setiap segmen dihitung. SDNNI dihasilkan dengan mengambil rata-rata dari 288 nilai tersebut. Pada dasarnya, SDNNI secara khusus mencerminkan dampak sistem saraf otonom pada HRV dan menunjukkan korelasi dengan kekuatan *Very Low Frequency* (VLF) selama periode 24 jam (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

e. NN50

NN50 merupakan singkatan dari jumlah pasangan Normal-to-Normal (NN) interval yang memiliki perbedaan >50 ms. NN50 dihitung dengan memeriksa pasangan interval N-N berurutan yang memiliki perbedaan lebih besar dari 50 ms dan penghitungan ini dilakukan dalam epoch 2 menit (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

f. pNN50

pNN50 merupakan singkatan dari persentase berturut-turut Normal-to-Normal (NN) interval yang memiliki perbedaan >50 ms. Perhitungan pNN50 yang mengindikasikan persentase interval N-N berturut-turut memiliki perbedaan lebih dari 50 milidetik dan dilakukan dalam rentang waktu 2 menit. pNN50 memberikan informasi yang erat terkait dengan aktivitas sistem saraf parasimpatis (PNS) dan memiliki hubungan yang signifikan dengan kekuatan RMSSD dan *high frequency band* (HF) (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

g. RMSSD (*Root Mean Square of Successive Differences*)

RMSSD dihitung dengan pertama-tama mengidentifikasi selisih waktu antara detak jantung yang berurutan dalam milidetik. Setiap nilai selisih waktu ini dikuadratkan, dan hasilnya kemudian diambil rata-ratanya. Akhirnya, akar kuadrat dari nilai rata-rata keseluruhan dihitung. Meskipun durasi minimum perekaman yang umum adalah 5 menit, beberapa penelitian mengusulkan interval yang lebih pendek, seperti 10 detik, 30 detik, dan 60 detik, untuk menganalisis RMSSD.

RMSSD mengukur fluktuasi detak jantung dari satu detak ke detak berikutnya dan digunakan sebagai metrik utama dalam domain waktu untuk mengevaluasi perubahan yang terkait dengan aktivitas saraf vagus yang tercermin dalam *heart rate variability* (HRV). RMSSD pada dasarnya setara dengan metrik non-linier SD1 yang khususnya menggambarkan HRV dalam jangka waktu pendek. Dalam

konteks analisis HRV, pengukuran RMSSD selama 24 jam menunjukkan korelasi yang kuat dengan pNN50 (persentase interval N-N yang berurutan dengan perbedaan lebih dari 50 ms) dan komponen *high frequency band* (HF) dalam rentang waktu yang lebih tinggi (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

h. *Heart Rate (HR) Max – Heart Rate (HR) Min*

Perbedaan antara denyut jantung maksimum dan minimum dan diamati dalam setiap siklus pernapasan yang dinyatakan sebagai HR Max - HR Min sangat responsif terhadap perubahan laju pernapasan tanpa memperhitungkan aktivitas saraf vagus. Untuk menghitung HR Max - HR Min, diperlukan setidaknya waktu selama 2 menit. Pengukuran ini mengindikasikan *Respiratory Sinus Arrhythmia* (RSA). Durasi fase pernapasan yang lebih panjang memiliki dampak pada peningkatan asetilkolin metabolisme dan dapat menghasilkan peningkatan amplitudo RSA saat laju pernapasan menjadi lebih lambat tanpa adanya pengaruh variasi stimulasi vagal (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

i. *HRV Triangular Index*

Heart Timing Irregularity (HTI) adalah sebuah metrik geometris yang diperoleh dari rekaman selama 24 jam. Metrik ini melibatkan perhitungan integral dari distribusi interval R-R yang kemudian dibagi dengan tinggi puncak distribusi tersebut. Biasanya, interval waktu selama 5 menit digunakan untuk perhitungan metrik ini. Secara bersamaan, HTI dan RMSSD dapat digunakan untuk membedakan antara irama jantung yang teratur dan aritmia.

Jika nilai $HTI \leq 20.42$ dan $RMSSD \leq 0.068$, irama jantung dianggap normal, sedangkan bila $HTI > 20.42$, ini dapat mengindikasikan adanya pola aritmia (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

j. *Triangular Interpolation of the NN Interval Histogram*

TINN mengukur lebar dasar histogram yang mencerminkan interval antar detak jantung (NN). Seperti SDNN dan RMSSD, adanya dua artefak dalam interval 5 menit yang singkat dapat mengganggu ketepatan pengukuran TINN (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

2. Domain Frekuensi

Sama seperti prinsip kerja elektroensefalogram, kita bisa memanfaatkan teknik seperti Fast Fourier Transformation (FFT) atau pendekatan pemodelan autoregresif (AR) untuk menguraikan HRV menjadi komponen ritme ULF, VLF, LF, dan HF, masing-masing bekerja pada berbagai rentang frekuensi (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

a. *Ultra Low Frequency (ULF) Band*

Ultra low frequency (ULF) dengan batasan ≤ 0.003 Hz memerlukan waktu perekaman minimal selama 24 jam dan menunjukkan hubungan yang kuat dengan indeks SDANN dalam domain waktu. Irama sirkadian dianggap sebagai faktor utama yang memengaruhi frekuensi ini. Selain itu, proses jangka panjang yang terkait dengan suhu tubuh inti, metabolisme dan sistem renin-angiotensin juga dapat memberikan kontribusi terhadap frekuensi ULF. Pola detak jantung selama 24

jam pada berbagai gangguan kejiwaan juga menunjukkan variasi sirkadian yang berbeda, terutama saat tidur (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

b. *Very Low Frequency (VLF) Band*

Daya *very low frequency* (VLF) secara erat terkait dengan metrik dalam domain waktu yang disebut SDNNI yang mengukur rata-rata deviasi standar interval N-N selama 5 menit dalam periode 24 jam. Sistem saraf yang terhubung dengan jantung memiliki peran penting dalam menghasilkan ritme VLF, di mana sistem saraf simpatik (SNS) memengaruhi baik amplitudo maupun frekuensi fluktuasinya. Selain itu, daya VLF juga bisa muncul sebagai akibat dari berbagai faktor, seperti aktivitas fisik, proses termoregulasi, sistem renin-angiotensin dan pengaruh endotel terhadap aktivitas jantung (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996)

c. *Low Frequency (LF) Band*

LF band (0.04–0.15 Hz) direkam selama minimal 2 menit. Daya LF bisa dihasilkan oleh aktivitas sistem saraf parasimpatis (PNS) dan sistem saraf simpatis (SNS). Ini terlibat dalam mengatur tekanan darah melalui respons baroreseptor, terutama oleh PNS, atau melalui aktivitas baroreflex. SNS umumnya tidak menghasilkan ritme yang signifikan di atas 0.1 Hz, sementara sistem parasimpatis dapat memengaruhi ritme jantung hingga 0.05 Hz (setara dengan ritme 20 detik)

Ketika dalam keadaan istirahat, band LF mencerminkan lebih banyak aktivitas barorefleksi daripada persarafan simpatis jantung. Ketika laju pernapasan berlangsung dengan lambat, aktivitas vagal dapat dengan mudah menghasilkan osilasi dalam irama jantung yang termasuk dalam LF band. Oleh karena itu, pengaruh vagal yang berkaitan dengan pernapasan menjadi sangat mencolok dalam LF band ketika laju pernapasan turun di bawah 8.5 napas per menit atau memiliki periode sekitar 7 detik, atau ketika seseorang melakukan napas panjang atau dalam (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

d. *High Frequency (HF) Band*

HF band, yang mencakup rentang antara 0.15 hingga 0.40 Hz biasanya direkam dalam durasi minimal 1 menit. Namun pada bayi dan anak-anak dengan laju pernapasan yang lebih cepat dibandingkan dengan orang dewasa, jangkauan pengukuran saat beristirahat dapat disesuaikan hingga 0.24–1.04 Hz.

HF *band* mencerminkan aktivitas sistem saraf parasimpatis dan sering dikenal sebagai "*respiratory band*" karena fluktuasi denyut jantung yang berkaitan dengan siklus pernapasan. Saat kita bernapas, denyut jantung meningkat dan melambat saat kita menghembuskan napas. Proses ini diatur oleh pusat kardiovaskular yang menghambat aktivitas saraf vagal selama fase inspirasi, sehingga mengakibatkan peningkatan denyut jantung. Sebaliknya, selama fase ekspirasi, pusat kardiovaskular mengurangi aktivitas saraf vagal dan mengakibatkan penurunan denyut jantung melalui pelepasan asetilkolin.

Penghambatan total saraf vagal akan menghilangkan osilasi dalam *band* HF dan mengurangi daya dalam rentang LF. Daya di frekuensi tinggi dalam *band* ini sangat berkorelasi dengan pengukuran dalam domain waktu seperti pNN50 dan RMSSD. Daya dalam *band* HF cenderung meningkat pada malam hari dan menurun saat siang hari. Penurunan daya dalam *band* HF terkait dengan kondisi seperti stres, panik, kecemasan, atau kekhawatiran. Modulasi tonus vagal memegang peran penting dalam menjaga regulasi otonom yang dinamis. Kurangnya inhibisi vagal yang memadai dapat berdampak pada peningkatan risiko penyakit (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

e. ***Low Frequency (LF)/ High Frequency (HF) Ratio***

Rasio LF/HF didasarkan pada asumsi bahwa SNS menghasilkan daya LF, sedangkan PNS menghasilkan daya HF. Dalam rekaman 24 jam, aktivitas PNS dan

SNS berkontribusi terhadap daya LF, sedangkan aktivitas PNS memberikan kontribusi dominan terhadap daya HF. Rasio LF/HF yang rendah dalam model ini menunjukkan dominasi parasimpatis. Ini terbukti dalam perilaku *tend-and-befriend* dan hemat energi; sebaliknya, rasio LF/HF yang tinggi menunjukkan dominasi simpatik yang terjadi dalam perilaku *fight or flight* atau penarikan diri parasimpatis. Interpretasi rasio LF/HF dasar 5 menit bergantung pada kondisi pengujian tertentu (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

3. Pengukuran Non-Linear

Rangkaian interval R–R atau waktu antara detak jantung berturut-turut, dihasilkan dari elektrokardiogram (EKG) yang dilakukan selama 24 jam. Pengukuran nonlinier berhubungan dengan pengukuran domain frekuensi dan waktu tertentu ketika dihasilkan oleh proses yang sama. Pengukuran nonlinier mewakili ketidakpastian suatu rangkaian waktu yang disebabkan oleh kompleksitas mekanisme yang mengatur HRV. Meskipun faktor stres dan penyakit seperti diabetes mungkin berdampak pada depresi pada beberapa metrik non-linear, penting untuk diingat bahwa peningkatan nilai tidak selalu menunjukkan kesehatan yang baik (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

4. Plot Poincaré

Untuk membuat plot sebar, setiap interval R-R diplot terhadap interval sebelumnya; ini kemudian digunakan untuk membuat grafik plot Poincaré. Kumpulan angka pengukuran berturut-turut yang memungkinkan peneliti mencari pola yang

terkubur dalam data secara visual. Berbeda dengan data domain frekuensi, analisis plot Poincaré tidak sensitif terhadap perubahan tren interval R-R (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

5. S, SD1, SD2, dan SD1/SD

Elips (kurva yang menyerupai lingkaran pipih) ditempatkan pada titik-titik yang telah diplot memungkinkan dilakukannya analisis plot Poincaré. Tiga pengukuran nonlinier yaitu S, SD1, dan SD2 diperoleh setelah elips dipasang dengan baik. Area elips yang menunjukkan HRV (S) total dikaitkan dengan baroreflex sensitivity (BRS), daya LF dan HF, dan RMSSD. Lebar elips ditentukan oleh standar deviasi (SD) dari jarak setiap titik dari sumbu $y = x$ (SD1). SD1 mengkuantifikasi heart rate variability (HRV) jangka pendek dalam milidetik dan memiliki korelasi positif dengan baroreflex sensitivity (BRS). Hal ini menunjukkan perubahan durasi interval interbeat (IBI) sebagai respons terhadap perubahan satuan tekanan darah (BP) serta daya frekuensi tinggi (HF).

Metrik non-linier SD1 yang merupakan indikasi heart rate variability (HRV) jangka pendek, setara dengan *Root Mean Square of Successive Differences* (RMSSD). SD1 memprediksi tekanan darah diastolik, HR Max dan HR Min, RMSSD, pNN50, SDNN, dan daya pada band LF dan HF serta daya total selama perekaman lima menit. Luas elips dihitung dengan standar deviasi setiap titik dari $y = x + \text{rata-rata interval R-R}$ (SD2). Metrik SD2 mengkuantifikasi *heart rate variability* (HRV) jangka pendek dan jangka panjang dalam milidetik (ms) dan menunjukkan korelasi dengan daya frekuensi rendah (LF) dan *baroreflex sensitivity* (BRS). Rasio SD1/SD2 yang mengukur ketidakpastian rangkaian waktu R-R digunakan untuk mengukur

keseimbangan otonom ketika periode pemantauan cukup panjang dan terjadi aktivasi simpatis. Terdapat korelasi antara rasio LF/HF dan SD1/SD2 (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

2.4.Faktor – Faktor yang Memengaruhi *Heart Rate Variability*

Penelitian yang telah dilakukan menyimpulkan bahwa faktor – faktor yang memengaruhi HRV dapat dikelompokkan dalam lima kategori; faktor gaya hidup, faktor lingkungan, faktor fisiologis dan patologis serta faktor yang tidak dapat dimodifikasi (Fatisson, Oswald & Lalonde, 2016).

2.4.1. Faktor Fisiologis

Faktor fisiologis yang tidak dapat dikendalikan mencakup usia, jenis kelamin, dan ritme sirkadian. *Heart Rate Variability* (HRV) tiap individu pertama kali mengalami peningkatan yang signifikan hingga mencapai usia satu tahun dan terus meningkat hingga mencapai usia 15 tahun sementara detak jantung istirahat akan mengalami penurunan. Kemudian, HRV akan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya usia. Kinerja sistem saraf otonom simpatis dan parasimpatis bervariasi antara pria dan wanita. Hal ini mengakibatkan perbedaan dalam HRV berdasarkan jenis kelamin.

Variasi ini akan mengalami penurunan pada usia 50 tahun. Siklus sirkadian juga memiliki dampak pada HRV yaitu penurunan HRV terjadi pada siang hari dan peningkatan terjadi pada malam hari (Sammito & Böckelmann, 2016). Fenomena fisiologis yang terjadi pada setiap siklus pernapasan adalah *Respiratory Sinus Arrhythmia* (RSA) di mana detak jantung mengalami peningkatan saat seseorang menghirup udara dan kemudian mengalami penurunan saat menghembuskannya. Hal ini menghasilkan korelasi antara detak jantung dan pernapasan dan kedua faktor ini memengaruhi Heart Rate Variability (HRV) (Perry, Khovanova & Khovanov, 2019).

2.4.2. Faktor Patologis

Beberapa studi telah mengindikasikan bahwa kondisi patologis seperti peradangan dan infeksi, dapat mengakibatkan penurunan *Heart Rate Variability* (HRV). Pengukuran HRV dapat digunakan sebagai salah satu metode untuk mengidentifikasi dampak dari kondisi patologis seperti infeksi virus, sepsis, atau peradangan terhadap fungsi jantung. HRV dapat membantu dalam mengidentifikasi respons tubuh yang tidak memadai dalam menjaga keseimbangan internal (homeostasis) yang dapat menyebabkan defisiensi sistem kekebalan tubuh dan meningkatkan risiko infeksi atau kanker. Sebagai contoh, protein C-reaktif (CRP), sebuah protein yang diproduksi oleh hati, dapat ditemukan dalam jumlah tinggi dalam darah selama proses peradangan yang disertai dengan pelepasan interleukin-6 oleh sel makrofag dan sel T. Peran utama CRP adalah meningkatkan respons antibodi dan fungsi fagosit. Peningkatan kadar CRP telah dikaitkan dengan gangguan kardiovaskular dan fungsi metabolisme. (Tiwari et al., 2021).

2.4.3. Faktor Lingkungan

Faktor-faktor yang berhubungan dengan pekerjaan seperti partikel, beberapa komponen kimia, medan elektromagnetik alat getar, muatan psikososial, waktu kerja, kelelahan, dan lain-lain dapat mempengaruhi HRV. Paparan faktor-faktor tersebut dalam waktu yang lama dapat menyebabkan penurunan HRV (Fatisson, Oswald & Lalonde, 2016). Hasil analisis statistik multivariat juga menunjukkan bahwa indeks massa tubuh, konsumsi kopi, kebiasaan merokok, dan kehadiran penyakit kronis memiliki keterkaitan dengan variasi HRV (Tiwari et al., 2021).

2.4.4. Faktor Gaya Hidup

Kebiasaan seperti konsumsi alkohol dan merokok juga dapat menurunkan HRV. Perokok yang dikategorikan berat telah dikaitkan secara negatif dengan fungsi otonom. Regulasi vagal jantung yang menurun dengan merokok dapat dianggap sebagai salah satu aspek

patofisiologi merokok (Bodin et al., 2017). Konsumsi alkohol dan merokok juga dapat memengaruhi HRV. Konsumsi alkohol diasumsikan dapat menurunkan HRV dengan merangsang aktivitas simpatis dan menghambat rangsangan parasimpatis (Karpayak et al., 2014). Diperkirakan bahwa pada perokok kronis dan peminum alkohol berat, HRV akan mengalami penurunan.

2.4.5. Faktor yang Tidak Dapat Dimodifikasi

HRV menurun seiring bertambahnya usia. Hal ini dikaitkan dengan pematangan ANS. Penurunan ini lebih banyak terjadi pada perempuan dibandingkan laki-laki. Etnisitas (atau lebih umum lagi genetika) mempunyai pengaruh terhadap tekanan darah dan akibatnya terhadap HRV. Perbedaan etnis berpengaruh terhadap HRV pada masa muda. Dua penelitian yang menguji heritabilitas HRV mendapatkan kontribusi genetika dalam aktivitas ANS. Heritabilitas menjadi faktor yang harus diperhitungkan ketika menganalisis sifat-sifat yang sangat spesifik pada HRV (Fatisson, Oswald & Lalonde, 2016).

2.5. Penggunaan Klinis *Heart Rate Variability*

HRV telah menjadi subjek penelitian yang luas dalam berbagai studi klinis yang menyelidiki beragam kondisi medis yang berkaitan dan tidak berkaitan dengan jantung. Namun, penerimaan yang lebih meluas terhadap manfaat HRV dalam perawatan kesehatan orang dewasa cenderung terjadi pada dua situasi klinis khusus. Pengukuran penurunan HRV dapat digunakan sebagai indikator risiko infark miokard akut, serta sebagai tanda awal neuropati diabetik (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

2.5.1. Infark Miokard Akut

Prediksi HRV tidak dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang digunakan dalam penilaian risiko pasca serangan jantung seperti penurunan fraksi ejeksi ventrikel kiri, peningkatan aktivitas ektopik ventrikel atau adanya potensi akhir. Dalam hal memprediksi angka

kematian, kekuatan prediksi HRV setara dengan fraksi ejeksi ventrikel kiri. Akan tetapi, ketika berbicara tentang memprediksi kejadian aritmia seperti kematian mendadak atau takikardia ventrikel, HRV lebih unggul daripada fraksi ejeksi ventrikel kiri. Ini menunjukkan bahwa HRV adalah prediktor yang lebih kuat untuk kematian akibat aritmia dibandingkan dengan penyebab non-aritmia.

Studi yang mengevaluasi komponen spektral HRV pada pasien yang telah mengalami serangan jantung menunjukkan bahwa komponen *Ultra Low Frequency* (ULF) dan *Very Low Frequency* (VLF) memiliki nilai prediksi tertinggi. HRV cenderung mengalami penurunan segera setelah serangan jantung, tetapi kemudian akan pulih dalam beberapa minggu. Meskipun mencapai pemulihan maksimum, HRV tidak akan kembali sepenuhnya normal dalam jangka waktu 6 hingga 12 bulan setelah serangan jantung. Menilai HRV pada tahap awal serangan jantung (2 hingga 3 hari setelah kejadian) dan sebelum pasien keluar dari rumah sakit (1 hingga 3 minggu setelah kejadian) memberikan informasi yang sangat berharga dalam meramalkan prognosis. Selain itu, pengukuran HRV yang dilakukan setahun setelah serangan jantung juga berfungsi sebagai prediktor kematian di masa mendatang (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

2.5.2. Diabetik Neuropati

Sebagai komplikasi yang timbul akibat diabetes melitus, neuropati otonom ditandai oleh degenerasi dini dan luas pada serat saraf kecil dalam jalur simpatis dan parasimpatis. Gejala klinisnya sangat beragam dan memiliki dampak yang signifikan pada fungsi tubuh, termasuk hipotensi postural, detak jantung yang berkelanjutan, peningkatan keringat, keterlambatan pengosongan lambung (gastroparesis), kehilangan tonus otot kandung kemih (atonía kandung kemih), dan diare malam hari. Penilaian *heart rate variability* (HRV) baik dalam jangka

pendek maupun jangka panjang, telah terbukti efektif dalam mendeteksi neuropati diabetik.

Untuk pasien yang didiagnosis atau dicurigai mengalami neuropati otonom diabetik (DAN), ada tiga metode HRV yang tersedia untuk evaluasi:

1. Metode Interval R-R Sederhana di Tempat Tidur: Ini adalah pendekatan langsung yang memberikan penilaian awal terhadap HRV.
2. Pengukuran Domain Waktu Jangka Panjang: Pengukuran ini menawarkan tingkat sensitivitas dan reproduktibilitas yang lebih tinggi daripada pengujian jangka pendek, sehingga menjadi lebih efektif dalam mendeteksi DAN.
3. Analisis Domain Frekuensi Selama Kondisi Stabil Jangka Pendek: Metode ini sangat berguna untuk membedakan gangguan dalam sistem saraf simpatis dan parasimpatis dan dapat dilakukan saat kondisi pasien stabil dalam jangka pendek.

Secara singkat, neuropati otonom merupakan salah satu komplikasi diabetes dan dapat mengakibatkan degenerasi serat saraf kecil dalam sistem simpatis dan parasimpatis. Gejala klinisnya memengaruhi berbagai fungsi tubuh dan dapat dideteksi melalui berbagai metode penilaian HRV (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

2.6. Definisi Fungsi Kognitif

Fungsi kognitif merujuk pada kemampuan mental yang kompleks yang memungkinkan individu untuk memproses, menyimpan, mengambil keputusan dan menggunakan informasi. Fungsi kognitif mencakup berbagai proses seperti pemahaman, perhatian, memori, bahasa, pemecahan masalah, dan penalaran. Fungsi kognitif adalah dasar dari cara individu berpikir, belajar dan berinteraksi dengan dunia di sekitarnya (Lezak et al., 2012)

Fungsi kognitif memiliki berbagai aplikasi dalam berbagai bidang, termasuk ilmu kognitif, psikologi, pendidikan, neurologi, teknologi, dan kesehatan mental. Di bawah ini adalah beberapa contoh penggunaannya :

1. Pendidikan: Dalam pendidikan, pemahaman tentang fungsi kognitif digunakan untuk merancang kurikulum yang lebih efektif, mengembangkan metode pengajaran yang sesuai, dan memahami proses belajar siswa (Ernst, Grenell & Carlson, 2022).
2. Kesehatan Mental: Dalam bidang kesehatan mental, evaluasi fungsi kognitif digunakan dalam diagnosis dan pengelolaan gangguan kognitif seperti gangguan kepribadian, ADHD, dan gangguan mood (Knight & Baune, 2018).
3. Teknologi dan Kecerdasan Buatan: Pengembangan teknologi cerdas, seperti chatbot dan asisten virtual, menggunakan prinsip-prinsip fungsi kognitif untuk meningkatkan interaksi manusia-mesin (Suwanvecho et al., 2021).
4. Neurosains: Dalam penelitian neurosains, fungsi kognitif digunakan untuk memahami struktur dan fungsi otak manusia serta bagaimana aktivitas otak terkait dengan proses kognitif (Seli et al., 2018).

2.7. Faktor – Faktor yang Memengaruhi Fungsi Kognitif

Fungsi kognitif adalah kemampuan mental yang kompleks yang memungkinkan individu untuk berpikir, belajar, mengingat, dan mengambil keputusan. Faktor-faktor yang mempengaruhi fungsi kognitif dapat bervariasi dari genetik hingga lingkungan sosial.

2.7.1. Faktor Usia

Usia merupakan salah satu faktor yang signifikan dalam perubahan fungsi kognitif. Penelitian menunjukkan bahwa fungsi kognitif cenderung mengalami penurunan seiring bertambahnya usia. Hal ini terutama terkait dengan penurunan memori, pemecahan masalah, dan kecepatan pemrosesan informasi pada orang dewasa yang lebih tua (Salthouse, 2019).

2.7.2. Kesehatan Fisik dan Gaya Hidup

Kesehatan fisik dan gaya hidup berperan penting dalam fungsi kognitif. Aktivitas fisik teratur, diet seimbang, tidur yang cukup dan menghindari faktor risiko seperti merokok dan alkohol dapat mendukung kesehatan otak dan fungsi kognitif yang lebih baik (Knight & Baune, 2018).

2.7.3. Faktor Genetik

Faktor genetik juga memiliki peran dalam fungsi kognitif. Studi kembar dan penelitian genetika telah mengidentifikasi gen-gen tertentu yang terkait dengan risiko penurunan fungsi kognitif dan perkembangan penyakit seperti Alzheimer (Kunkle et al., 2019).

2.7.4. Kesehatan Mental

Gangguan kesehatan mental seperti depresi dan kecemasan dapat memengaruhi fungsi kognitif dan sebaliknya penurunan fungsi kognitif dapat menjadi gejala gangguan kesehatan mental (Alonazi, Alshowkan & Shdaifat, 2023).

2.7.5. Pola Makan dan Nutrisi

Nutrisi yang tepat memiliki pengaruh besar pada fungsi kognitif. Pola makan seimbang yang mengandung nutrisi penting seperti asam lemak omega-3, antioksidan, dan vitamin dapat mendukung kognisi yang sehat (Parletta et al., 2019).

2.8. Penilaian Fungsi Kognitif

Penilaian fungsi kognitif adalah proses penting dalam bidang kedokteran, psikologi, dan penelitian ilmiah yang bertujuan untuk mengukur kemampuan kognitif individu. Menurut Gonzalez Kelso & Tadi, (2023), penilaian fungsi kognitif memiliki peran penting dalam menguji gangguan kognitif yang mencakup kekurangan dalam pengetahuan, proses berpikir, atau penilaian. Ada berbagai alat yang telah dikembangkan dengan cermat untuk melakukan penilaian kognitif ini. Setiap alat ini dirancang secara khusus untuk mengevaluasi beragam domain neuropsikologis seperti memori, bahasa, fungsi eksekutif, penalaran abstrak,

perhatian dan keterampilan visuospasial. Alat-alat penilaian ini bervariasi mulai dari yang fokus pada penilaian satu domain neuropsikologis hingga alat yang menyelidiki berbagai domain neuropsikologis dalam satu sesi bahkan hingga tes yang paling komprehensif yaitu pemeriksaan neuropsikologis yang lengkap yang menilai setiap aspek domain neuropsikologis. Penilaian kognitif mengevaluasi gangguan kognitif dengan menilai domain neuropsikologis. Domain yang sering diuji adalah:

1. Bahasa

Ranah bahasa mencakup aspek-aspek seperti memberi nama, membaca, menulis, dan mengulang kata-kata. Beberapa praktisi mungkin akan menilai kemampuan berbahasa dengan mengamati bagaimana pasien berkomunikasi selama wawancara.

2. Fungsi eksekutif

Penilaian ini mencakup aspek-aspek seperti kemampuan pengorganisasian, perencanaan, memori kerja, fleksibilitas mental, pembuatan daftar, dan pelaksanaan tugas. Contoh gangguan fungsi eksekutif mencakup situasi di mana seorang pasien tidak dapat mengikuti resep atau memasak seperti yang biasanya dilakukan. Seringkali, uji fungsi eksekutif dilakukan dengan meminta individu untuk menyebutkan sebanyak mungkin item dalam suatu kategori dalam waktu satu menit, sebagai contoh: menyebutkan sebanyak mungkin hewan dalam waktu satu menit.

3. Penalaran Abstrak

Penalaran abstrak merujuk pada kemampuan untuk menganalisis informasi, mengidentifikasi pola dan korelasi, atau menyelesaikan masalah pada tingkat teoritis yang tidak terlihat secara konkret. Salah satu contoh dari keterampilan penalaran abstrak adalah kemampuan untuk menemukan hubungan atau kesamaan antara elemen yang mungkin terlihat berbeda. Penalaran abstrak sering kali diuji dengan cara meminta pasien untuk menjelaskan perumpamaan, analogi, peribahasa atau ungkapan. Sebagai contoh, mengenali hubungan antara pesawat terbang dan sepeda adalah bahwa keduanya merupakan moda transportasi.

4. Memori

Memori adalah mekanisme yang mengambil informasi, mengkodekannya untuk penyimpanan dan kemudian mengambilnya untuk digunakan di masa mendatang. Beragam jenis memori menjadikan bidang ini sangat kompleks. Memori terbagi menjadi dua jenis utama: memori jangka pendek yang mampu mengambil dan memanfaatkan informasi dalam waktu singkat, serta memori jangka panjang yang lebih terperinci. Memori jangka panjang dikelompokkan lebih lanjut menjadi dua jenis utama: memori prosedural yang digunakan untuk melakukan tugas-tugas yang sering diulang seperti mengemudi mobil, dan memori deklaratif yang mencakup penyimpanan dan pengingatan fakta-fakta dan peristiwa seperti ulang tahun anggota keluarga.

Dalam kategori memori deklaratif terdapat dua jenis lagi: memori episodik yang mengacu pada informasi kontekstual yang berkaitan dengan pengalaman tertentu seperti mengingat apa yang dilakukan pada ulang tahun terakhir dan memori semantik yang melibatkan pengetahuan umum dan fakta-fakta yang dipelajari seperti pengetahuan dalam mata pelajaran seperti matematika. Dikarenakan kompleksitas memori yang tinggi, penting untuk mengenali dan mencatat apa yang sebenarnya sedang dievaluasi selama proses penilaian ini. Gangguan dalam fungsi memori dapat terdeteksi melalui riwayat pasien, namun pada beberapa kasus gejalanya mungkin tersembunyi sebagai kesulitan dalam mempelajari informasi baru atau masalah lain.

5. Perhatian/Konsentrasi

Pengujian perhatian dan konsentrasi sering kali dilakukan bersamaan dan dapat melibatkan berbagai metode. Salah satu contoh pengujian ini adalah dengan mengeja kata secara terbalik atau mengurangi angka secara berurutan dari angka awal yang besar. Sebagai contoh pada pengujian MoCA, pasien diminta untuk mengurangi tujuh dari angka 100 secara berulang dalam kelipatan lima. Selain itu, beberapa dokter juga dapat mengamati pasien dan menilai tingkat perhatian mereka selama wawancara medis.

6. Visuospatial Skill

Konsep ini mencakup kemampuan seseorang dalam memahami dan memanipulasi objek yang memiliki dimensi dua atau tiga. Pengujian seringkali melibatkan tugas seperti menyalin gambar, membuat desain dengan balok atau menggambar jam. Kemampuan ini mungkin sulit untuk dievaluasi selama wawancara awal, namun bisa muncul sebagai masalah saat pasien tiba-tiba menghadapi kesulitan dalam melakukan tugas-tugas seperti memarkir mobilnya secara paralel atau mengalami kecelakaan kecil.

Berikut adalah beberapa metode penilaian fungsi kognitif :

2.8.1. Neuropsychological Tests :

1. Memori

- *Carlifornia Verbal Learning Test*
- *Benton Visual Retention Test*

2. Bahasa

- *Boston Diagnostic Aphasia Examination*
- *Boston Naming Test*

3. Fungsi Eksekutif

- *Stroop Task Test*
- *Tower of London Test*
- *Symbol Digit Modalities Test*

4. Visuospasial

- *Clock Test*
- *Rey-Osterrieth Complex Figure*

2.8.2. Pengukuran Fungsi Kognitif dengan Neuroimaging

Penggunaan teknologi neuroimaging seperti MRI dan PET scan memungkinkan visualisasi aktivitas otak dan struktur saraf untuk memahami fungsi kognitif. Teknologi ini juga dapat digunakan untuk mendiagnosis penyakit neurodegeneratif (Cahyaningrum, 2022.).

2.9. Penyakit yang Memengaruhi Tingkat Fungsi Kognitif

Gangguan kognitif bisa terjadi dari awal kehidupan atau muncul karena berbagai faktor lingkungan seperti cedera otak, gangguan mental atau masalah neurologis. Meskipun tidak semua orang lanjut usia akan mengalami gangguan kognitif, akan tetapi risiko ini lebih tinggi pada lansia.

Beberapa penyebab awal gangguan kognitif meliputi kelainan kromosom atau sindrom genetik, paparan obat-obatan selama kehamilan, malnutrisi, paparan logam berat seperti timbal, penyakit kuning neonatal, hipoglikemia, hipotiroidisme, kelahiran prematur, hipoksia, cedera atau pelecehan pada anak.

Pada masa kanak-kanak atau remaja, gangguan kognitif dapat timbul akibat berbagai kondisi seperti efek samping terapi kanker, keracunan logam berat, malnutrisi, gangguan metabolisme, autisme serta masalah kekebalan tubuh seperti lupus eritematosus sistemik. Seiring bertambahnya usia, kondisi seperti stroke, delirium, demensia, depresi, skizofrenia, penyalahgunaan alkohol kronis, penyalahgunaan zat, tumor otak, defisiensi vitamin, ketidakseimbangan hormon dan beberapa penyakit kronis dapat menjadi penyebab gangguan kognitif. Beberapa patologi otak seperti penyakit Alzheimer, Parkinson, *Lewy Body Dementia*, Huntington, demensia HIV dan penyakit prion juga dapat menghasilkan gangguan kognitif. Selain itu, penggunaan obat-obatan seperti obat penenang, antikolinergik, atau glukokortikoid dapat terkait dengan gangguan kognitif. Cedera kepala dan infeksi otak atau selaput otak bisa juga menjadi penyebab gangguan kognitif pada segala usia. Penyakit-penyakit yang memengaruhi fungsi kognitif adalah jenis penyakit yang mengganggu kapasitas individu dalam berpikir, mengingat dan memproses informasi dalam sistem saraf pusat. Dampak dari penyakit-penyakit ini terhadap kualitas hidup seseorang seringkali cukup besar. Diantara kelompok penyakit tersebut beberapa yang sering dihubungkan dengan penurunan kemampuan kognitif adalah sebagai berikut:

2.9.1. *Alzheimer's Disease* (Penyakit Alzheimer)

Penyakit Alzheimer adalah penyakit neurodegeneratif yang paling umum terkait dengan penurunan fungsi kognitif. Ini terjadi akibat akumulasi plak beta-amiloid dan kerutan neurofibriler di otak yang mengakibatkan penurunan memori, perubahan perilaku dan kesulitan berpikir.

2.9.2. Demensia Vaskular

Demensia vaskular disebabkan oleh kerusakan pembuluh darah yang memasok otak. Hal ini dapat mengganggu aliran darah dan menyebabkan kerusakan otak, mengakibatkan penurunan kemampuan kognitif terutama dalam pemecahan masalah dan pengambilan keputusan.

2.9.3. Penyakit Parkinson

Penyakit Parkinson adalah gangguan neurodegeneratif yang terkait dengan gangguan gerakan dan fungsi kognitif. Beberapa pasien mengalami kesulitan berpikir abstrak dan masalah kognitif lainnya seiring perkembangan penyakit.

2.9.4. Penyakit Huntington

Penyakit Huntington adalah penyakit genetik yang menyebabkan perubahan perilaku dan penurunan fungsi kognitif termasuk masalah memori dan perhatian.