

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Stroke adalah suatu kondisi neurovaskular dimana ditemukan tanda-tanda klinis berupa defisit neurologis fokal dan global, yang dapat memburuk dan berlangsung selama 24 jam atau lebih. Prevalensi stroke di dunia pada tahun 2019 mencapai 101,47 juta orang dengan peningkatan 85% sejak tahun 1990. Stroke juga menduduki posisi tiga besar sebagai penyebab utama kematian dan kecacatan di seluruh dunia setelah gangguan neonatal dan penyakit jantung iskemik dengan angka kematian 11,6% dan kecacatan disesuaikan tahun hidup/*disability-adjusted life-years* (DALYs) 5,7% (Feigin, 2019). Data Riskesdas 2018 menunjukkan prevalensi stroke 10,9 per mil, tertinggi di Provinsi Kalimantan Timur (14,7 per mil), terendah di Provinsi Papua (4,1 per mil). Menurut Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Kesehatan tahun 2016 Stroke menghabiskan biaya pelayanan kesehatan sebesar 1,43 Trilyun, tahun 2017 naik menjadi 2,18 Trilyun dan tahun 2018 mencapai 2,56 Trilyun rupiah (KEMENKES RI, 2019). Prevalensi stroke di Provinsi Sulawesi Selatan mencakup 10,6% dari seluruh wilayah Indonesia. Prevalensi stroke tertinggi pada kelompok umur ≥ 75 tahun (48,2%) (RISKESDAS, 2018).

Pada stroke, prevalensi gangguan ekstremitas atas terjadi pada 50-80% pasien pada fase akut dan 40-50% pada fase kronis. Gangguan ekstremitas atas yang terjadi antara lain adalah paresis, abnormal tonus otot, penurunan somatosensasi, dan koordinasi. Sebagai akibat dari gangguan ini, penderita stroke mengalami penurunan kemampuan untuk melakukan aktivitas sehari-hari seperti membuka pintu, memegang kunci, atau bekerja dengan komputer (Hussain, 2018).

Selain perawatan farmakologis untuk mencegah stroke berulang, manajemen utama stroke juga mencakup program rehabilitasi untuk mengurangi kecacatan yang dihasilkan dan mengembalikan fungsi organ yang rusak. Pemulihan kekuatan ekstremitas masih menjadi masalah utama yang dihadapi oleh pasien stroke yang mengalami hemiparesis karena sekitar 80% pasien stroke mengalami hemiparesis akut pada ekstremitasnya namun hanya sekitar sepertiga yang mengalami

pemulihan fungsional penuh (Stinear, 2020). Salah satu program rehabilitasi yang dapat dilakukan untuk mengembalikan kekuatan otot pada pasien stroke adalah *mirror therapy* (MT). *Mirror therapy* (MT) merupakan salah satu bentuk rehabilitasi yang mengandalkan *motor imagery*, dimana cermin akan memberikan visual rangsangan ke otak melalui pengamatan gerakan tubuh normal yang cenderung ditiru seperti cermin oleh bagian tubuh yang terkena. Dalam MT, pasien akan diminta untuk menggerakkan ekstremitas atas sambil melihat pada refleksi mereka di cermin (yang diposisikan di depan tangan yang terkena) untuk menciptakan ilusi seolah-olah tangan yang lemah akan dapat bergerak secara normal (Rothgangel, 2011). Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa terapi cermin dikaitkan dengan pemulihan yang lebih baik dari fungsi motorik ekstremitas atas dan aktivitas hidup sehari-hari dibandingkan dengan perawatan palsu saja/*sham-only treatment* (Lee, 2012).

Seiring perkembangan teknologi dalam dunia kedokteran khususnya dalam praktik rehabilitasi, para ilmuwan terus berupaya menghadirkan inovasi terbaru untuk mengoptimalkan rehabilitasi pasien dengan memanfaatkan teknologi yang ada. Salah satu program rehabilitasi yang belakangan ini berkembang adalah *second-generation mirror therapy* (SGMT) yang mengandalkan bantuan robot atau *virtual-reality* (VR) dalam memberikan praktik *mirror therapy* kepada pasien (Beom, 2012). Sayangnya, hasil penelitian yang ada masih simpang siur dan belum memberikan hasil yang optimal. Sehingga peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai SGMT, yang akan menggunakan *robotic exoskeletal hand*, dibandingkan dengan terapi cermin konvensional untuk rehabilitasi ekstremitas atas pada pasien paska stroke.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Bagaimana perbandingan terapi rehabilitasi pasien paska stroke dengan menggunakan terapi cermin robotik dan konvensional terhadap pemulihan motorik tangan dan hasil fungsional.

1.3. TUJUAN PENELITIAN

1.3.1. TUJUAN UMUM

Menganalisa perbandingan terapi rehabilitasi dengan menggunakan terapi cermin robotik dan konvensional terhadap pemulihan motorik tangan dan hasil fungsional pada pasien paska stroke.

1.3.2. TUJUAN KHUSUS

1. Menganalisa pengaruh terapi cermin robotik dan konvensional pada perbaikan fungsi motorik tangan pasien stroke.
2. Menganalisa pengaruh terapi cermin robotik dan konvensional pada perbaikan hasil fungsional tangan pasien stroke.

1.4. MANFAAT PENELITIAN

1.4.1. MANFAAT TEORITIS

Menambah pengetahuan terkait perbandingan terapi cermin robotik dan konvensional terhadap pemulihan motorik tangan dan hasil fungsional pada pasien rehabilitasi paska stroke dan menjadi awal untuk perkembangan terapi rehabilitasi menggunakan teknologi untuk penelitian selanjutnya.

1.4.2. MANFAAT METODOLOGIK

Mengetahui perbandingan terapi cermin robotik dan konvensional terhadap pemulihan motorik tangan dan hasil fungsional pada rehabilitasi pasien paska stroke melalui penelitian eksperimental dengan desain *randomized controlled trial* (RCT).

1.4.3. MANFAAT APLIKATIF

Penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai acuan untuk pengembangan program latihan fisik menggunakan terapi cermin robotik pada populasi pasien stroke.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Stroke

Stroke adalah defisit neurologis fokal akut yang disebabkan oleh lesi vaskular, onsetnya tiba-tiba dan gejalanya bertahan lebih dari 24 jam, jika pasien bertahan. Stroke merupakan salah satu penyebab utama morbiditas dan mortalitas di seluruh dunia. Statistik WHO menunjukkan bahwa semua jenis stroke peringkat penyebab kematian (13-15%) sebagai yang ketiga dan hanya dilampaui oleh penyakit jantung dan kanker. Setiap tahun 15.000.000 orang menderita stroke di seluruh dunia dimana 5.000.000 dan lebih dengan kematian dan 10.000.000 sisanya telah sangat cacat. Setiap tahun, Mongolia mencatat 270-290 kasus stroke pada 100.000 populasi, sehingga menjadi negara dengan insiden stroke yang lebih tinggi (PERDOSRI, 2014).

Tujuan dari perawatan stroke adalah untuk meminimalkan cedera otak dan memaksimalkan pemulihan pasien. “Rantai Kelangsungan Hidup Stroke” yang berorientasi komunitas yang menghubungkan tindakan yang harus diambil oleh pasien, anggota keluarga, dan penyedia layanan kesehatan untuk memaksimalkan pemulihan stroke termasuk diantaranya adalah tatalaksana rehabilitasi (PERDOSRI, 2014).

2.2. Klasifikasi Stroke

Stroke diklasifikasikan antara lain berdasarkan (PERDOSRI, 2014) :

1. Letak lesi anatomis
 - a. Kortikal
 - b. Subkortikal
 - c. Batang otak
2. Gangguan sirkulasi di otak (*Bamford Clinical Classification of Stroke*)

- a. Sindroma sirkulasi anterior total (*Total Anterior Circulation Syndromes/TACS*)
 - b. Sindroma sirkulasi anterior parsial (*Partial Anterior Circulation Syndromes/PACS*)
 - c. Sindroma sirkulasi posterior (*Posterior Circulation Syndromes/POCS*)
 - d. Sindroma lakunar (*Lacunar Syndromes/LACS*)
- 3. Berdasarkan sifat gangguan aliran darah
 - a. Non Haemorrhagik (TIA, RIND, Trombosis, Emboli)
 - b. Haemorrhagik (intra serebral, subarachnoid)
- 4. Berdasarkan waktu terjadinya
 - a. Stroke in evolution
 - b. Stroke komplik (pertama, berulang)

2.3. Gangguan Ekstremitas Atas pada Pasien Stroke

Pada stroke, prevalensi gangguan ekstremitas atas sekitar 50-80% pada fase akut dan 40-50% pada fase kronis. Gangguan ekstremitas atas yang sering diamati setelah stroke adalah paresis, tonus otot abnormal, penurunan somatosensasi, dan koordinasi. Sebagai akibat dari gangguan ini, penderita stroke mengalami penurunan kemampuan untuk melakukan aktivitas sehari-hari seperti membuka pintu, memegang kunci, atau bekerja dengan komputer. Oleh karena itu, penilaian fungsi motorik ekstremitas atas sangat penting untuk menentukan prognosis dan mengevaluasi efek pengobatan setelah stroke (Hussain, 2018).

Menurut *International Classification of Functioning, Disability and Health model* (ICF), kecacatan dapat digambarkan sebagai (1) kecacatan fungsi tubuh seperti deviasi atau kehilangan yang signifikan pada neuromuskuloskeletal dan fungsi terkait gerak terkait dengan mobilitas sendi, kekuatan otot, tonus otot dan/atau gerakan tak sadar, atau (2) gangguan struktur tubuh seperti penyimpangan yang signifikan pada struktur sistem saraf atau struktur yang terkait dengan gerakan, misalnya lengan dan/atau tangan. Stroke dapat menyebabkan kedua jenis gangguan tersebut. Berikut adalah beberapa penyebab gangguan struktur dan fungsi yang dapat menyebabkan gangguan fungsional paska stroke (Raghavan, 2019),

2.3.1. Kelemahan atau Kelumpuhan/*Weakness or paralysis*

Kelemahan atau kelumpuhan adalah gangguan utama yang berkontribusi terhadap disfungsi setelah stroke. Gangguan ini adalah akibat langsung dari kurangnya transmisi sinyal dari korteks motor, yang menghasilkan impuls gerakan, ke sumsum tulang belakang yang mengeksekusi gerakan melalui sinyal ke otot. Hal ini mengakibatkan tertundanya inisiasi dan terminasi kontraksi otot, dan kelambatan dalam mengembangkan kekuatan, bermanifestasi sebagai ketidakmampuan untuk bergerak atau bergerak cepat dengan konsekuensi fungsional negatif. Kelemahan dapat memengaruhi semua kelompok otot ekstremitas atas, atau selektif, memengaruhi beberapa kelompok otot lebih dari yang lain. Perbedaan antar subjek yang besar ada dalam pola kelemahan otot di seluruh kelompok otot, tetapi penelitian telah menunjukkan bahwa tidak ada gradien proksimal ke distal yang konsisten atau ekstensor yang lebih besar relatif terhadap kelemahan fleksor (Raghavan, 2019).

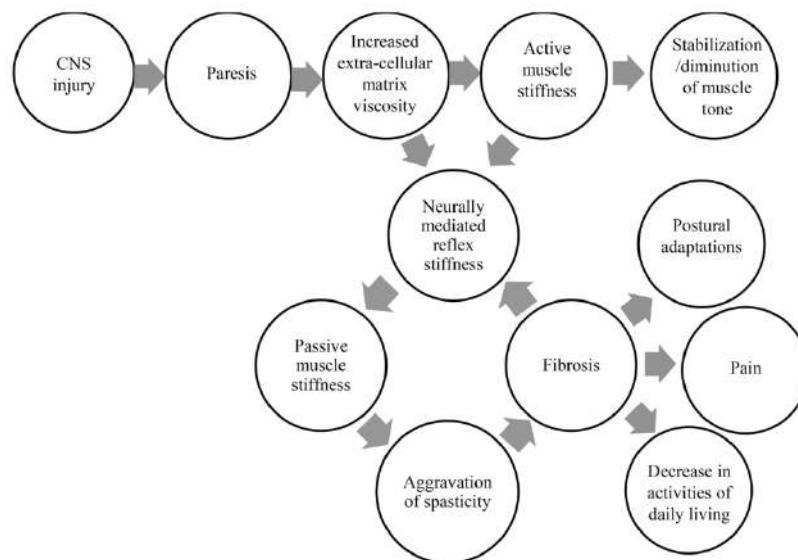
2.3.2. Gangguan Sensorik

Kehilangan sensorik di seluruh modalitas taktil, propioseptif dan/atau sensorik tingkat tinggi seperti defisit dalam diskriminasi dua titik, stereognosis dan graphesthesia, umum terjadi setelah stroke dan mungkin berhubungan dengan tingkat kelemahan dan tingkat keparahan stroke, serta mobilitas, kemandirian dalam aktivitas hidup sehari-hari. Gangguan sensorik tanpa kelemahan motorik juga dapat terjadi dari lesi spesifik pada korteks parietal. Kehilangan sensasi kronis dapat menyebabkan gangguan motorik karena representasi internal yang tidak akurat dari tugas dan/atau ketidakmampuan untuk mengontrol output motor dengan tepat karena kurangnya umpan balik tentang konsekuensi dari aksi motorik (Raghavan, 2019).

2.3.3. Imobilisasi

Kelemahan menyebabkan imobilitas, yang dapat dianggap sebagai gangguan fungsional menurut klasifikasi ICF. Imobilisasi dapat memulai lingkaran masalah termasuk perubahan jaringan lunak perifer yang mengurangi kepatuhan jaringan, potensiasi mekanisme refleks dan spastisitas, yang pada akhirnya menyebabkan fibrosis otot dan

berkontribusi pada postur ekstremitas yang abnormal, nyeri dan penurunan fungsi (Gambar 1). Spastisitas yang ada dianggap muncul sebagai konsekuensi dari kontraktur daripada menjadi penyebab kontraktur. Oleh karena itu, intervensi dini untuk mengurangi imobilitas dan mempertahankan rentang gerak baik secara pasif maupun aktif meskipun terjadi paresis, dan mencegah kontraktur mungkin penting untuk mencegah spastisitas dan komplikasi selanjutnya (Raghavan, 2019).



Gambar 1. Model Kontribusi Paresis dan Imobilitas Terhadap Evolusi Spastisitas (Raghavan, 2019).

2.3.4. Spastisitas

Spastisitas didefinisikan sebagai gangguan motorik yang ditandai dengan peningkatan tonus otot yang bergantung pada kecepatan dengan sentakan tendon yang berlebihan, akibat rangsangan berlebihan dari refleks peregangan, sebagai salah satu komponen sindrom neuron motorik atas. Prevalensi spastisitas meningkat dengan waktu sejak stroke dan berhubungan dengan efek sekunder kelemahan dan imobilitas pada otot rangka. Awalnya spastisitas dianggap sebagai perkembangan positif karena menunjukkan bahwa sistem saraf mulai memulai mekanisme perbaikan untuk memulihkan tonus dan gerakan otot (Brunnstrom, 1970). Namun, ketika ambang untuk aktivitas refleks terus berkurang karena reorganisasi progresif dari drive supraspinal menurun ke saraf tulang belakang, struktur perifer otot, *muscle spindles* dan fasia semakin

diperpendek dan spastisitas berkembang menjadi bentuk yang peka terhadap peregangan seperti kokontraksi kejang (Gracies, 2005).

Spastisitas dapat diukur menggunakan pemeriksaan *Modified Asworth Scale* (MAS), dilakukan dengan mengekstensikan ekstremitas pasien terlebih dahulu dari posisi fleksi maksimal ke ekstensi maksimal (titik di mana resistensi pertama terpenuhi). Setelah itu, skala Ashworth yang dimodifikasi dinilai sambil bergerak dari ekstensi ke fleksi. Hasil interpretasi pemeriksaan MAS dapat dilihat pada Tabel 1 (Bohannon, 1987).

Tabel 1. Interpretasi Pemeriksaan Modified Ashworth Scale (MAS)

NILAI	INTERPRETASI
0	Tidak ada peningkatan tonus otot
1	Ada peningkatan sedikit tonus otot, ditandai dengan terasanya tahanan minimal pada akhir ROM pada waktu sendi digerakkan fleksi atau ekstensi
2	Ada peningkatan sedikit tonus otot, ditandai adanya pemberhentian gerakan dan diikuti adanya tahanan minimal sepanjang sisa ROM, tetapi secara umum sendi mudah digerakkan
3	Peningkatan tonus otot lebih nyata sepanjang sebagian besar ROM, tapi sendi masih mudah digerakkan
4	Peningkatan tonus otot sangat nyata, gerakan pasif sulit dilakukan
5	Sendi atau ekstremitas kaku/rigid pada gerakan fleksi atau ekstensi

2.3.5. Abnormal motor synergies

Sinergi motorik abnormal telah dijelaskan dengan baik pasca stroke (Brunnstrom 1970). Misalnya, saat menggapai, bahu harus bergerak ke arah fleksi sedangkan siku ke arah ekstensi. Namun pada pasien dengan stroke upaya untuk mencapai ke depan secara sukarela sering mengakibatkan gerakan abnormal bahu dan fleksi siku karena efek penghambatan perintah motorik menurun yang abnormal. Sinergi otot yang abnormal tidak terkait dengan kelemahan proksimal atau kelainan pada keseimbangan kekuatan fleksor-ekstensor siku. Dorongan umum untuk otot yang digabungkan secara fungsional pada individu yang sehat, misalnya deltoid anterior dan triceps brachii, melemah setelah stroke kemungkinan karena gangguan aliran informasi di jalur kortikospinal. Sinergi otot abnormal ini telah terbukti tidak bergantung pada kelemahan,

kelambatan aktivasi otot, kokontraksi berlebihan dan kelenturan dan mencerminkan hilangnya keterampilan dalam menghasilkan pola aktivasi otot spasial dan temporal yang sesuai dengan tuntutan lingkungan (Canning, 2000).

2.4. Tatalaksana Rehabilitasi pada Stroke

Rehabilitasi stroke adalah pengelolaan medik dan rehabilitasi yang komprehensif terhadap disabilitas yang diakibatkan oleh stroke melalui pendekatan neurorehabilitasi dengan tujuan mengoptimalkan pemulihan dan atau memodifikasi gejala sisa yang ada agar penyandang stroke mampu melakukan aktivitas fungsional secara mandiri, dapat beradaptasi dengan lingkungan dan mencapai hidup yang berkualitas. Tatalaksana Rehabilitasi Stroke dibedakan dalam tiga fase yaitu fase akut, fase subakut dan fase kronis, dimana pada masing-masing fase mempunyai tujuan dan tatalaksana rehabilitasi yang berbeda (PERDOSRI, 2014).

2.3.1. Fase Rehabilitasi Stroke Akut

Stroke fase akut ditandai oleh kondisi hemodinamis dan neurologis yang belum stabil. Fase ini dapat berlangsung beberapa hari sampai dengan 2 minggu pasca stroke, tergantung jenis dan keparahan stroke yang terjadi (PERDOSRI, 2014).

Intervensi Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi pada fase akut ditujukan untuk meminimalkan gejala sisa dengan membantu perbaikan perfusi otak serta mencegah komplikasi yang dapat terjadi akibat stroke maupun tirah baring, agar tercapai pemulihan fungsional yang optimal (PERDOSRI, 2014).

Tatalaksana Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi pada pasien stroke fase akut ditujukan untuk meminimalkan disabilitas akibat stroke dan mengoptimalkan pemulihan fungsional dengan memberikan intervensi rehabilitasi medik yang bertujuan membantu perbaikan perfusi otak dan mencegah komplikasi yang terjadi akibat stroke dan efek imobilitas/tirah baring. Kemampuan menetapkan mobilisasi pasien sedini mungkin sesuai kondisi medisnya merupakan faktor kritis keberhasilan rehabilitasi (PERDOSRI, 2014).

2.3.2. Fase Rehabilitasi Stroke Sub-Akut

Stroke fase subakut ditandai oleh kondisi medis dan hemodinamik telah stabil dan adanya proses pemulihan dan reorganisasi pada sistem saraf. Fase pemulihan ini umumnya berlangsung mulai dari 2 minggu sampai dengan 6 bulan pasca stroke. Fase ini merupakan fase penting untuk pemulihan fungsional (*periode emas/golden periode*). Pasien stroke fase subakut dapat mengikuti program rehabilitasi medik sebagai pasien rawat jalan maupun rawat inap (PERDOSRI, 2014).

Tatalaksana Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi pada fase subakut bertujuan untuk mengoptimalkan pemulihankemampuan fungsional seseorang setelah stroke sesuai dengan kondisi dan tingkat keparahan stroke berdasarkan motor re-learning dan plastisitas otak sehingga mampu melakukan aktivitas sehari-hari dan perannya secara mandiri (PERDOSRI, 2014).

2.3.3. Fase Rehabilitasi Stroke Kronik

Stroke fase kronis ditandai dengan sudah terbentuknya reorganisasi sistem saraf, dimana proses pemulihan selanjutnya didasarkan pada adaptasi dan kompensasi terhadap disabilitas yang ada. Fase ini umumnya terjadi setelah 6 bulan pasca stroke (PERDOSRI, 2014).

Pada fase ini, diharapkan pasien dapat memaksimalkan fungsi dari kekuatan motorik yang ada. Semakin banyak penelitian menunjukkan bahwa kunci untuk memaksimalkan pemulihan fungsional pada fase kronik adalah menggabungkan pilihan komponen dari pendekatan yang berbeda. Terapi kombinasi memiliki potensi yang cukup besar untuk memberikan keuntungan optimal dalam pemulihan fungsional setelah stroke dengan memanfaatkan berbagai mekanisme komplementer yang mendasari neuroplastisitas dan perbaikan (Vive, 2020).

2.4. *Mirror Therapy* (MT)

Terapi MT pertama kali diperkenalkan oleh Vilayanur S. Ramachandran dan Eric L. Altschuler pada tahun 1991 sebagai pengobatan untuk *phantom limb pain* (PLP). Ramachandran dan Altschuler keduanya merupakan ahli saraf di *University of California*, San Diego, dan mereka telah berkolaborasi dalam

penelitian yang berkaitan dengan neurologi persepsi dan rasa sakit (Guenther, 2016).

Ramachandran dan Altschuler mengembangkan perangkat sederhana yang terdiri dari sebuah cermin yang dipasang di dalam sebuah kotak. Pasien akan meletakkan anggota tubuh mereka yang tersisa di dalam kotak, sementara cermin memantulkan gambar anggota tubuh yang utuh, memberikan ilusi bahwa anggota tubuh yang hilang itu masih ada. Pasien kemudian akan diinstruksikan untuk melakukan gerakan dengan anggota tubuh yang utuh sambil melihat ke cermin, menciptakan ilusi gerakan pada anggota tubuh yang hilang (Guenther, 2016).

Pada pasien stroke, MT telah digunakan untuk meningkatkan fungsi motorik dan mengurangi rasa sakit. Diperkirakan bekerja dengan mengaktifkan sistem neuron cermin/*mirror neuron system* di otak, yang terlibat dalam pembelajaran motorik dan peniruan. Terapi cermin juga dapat meningkatkan kesadaran tubuh dan persepsi gerakan pada sisi yang sakit. Beberapa penelitian telah melaporkan efek positif terapi cermin pada fungsi motorik ekstremitas atas, spastisitas, dan nyeri pada pasien stroke (Nogueira, 2021).

Efek dari MT sebagai terapi tambahan pada pasien pasca stroke memberikan efek yang jauh lebih baik dari berbagai penilaian fungsi dan kekuatan motorik ekstremitas atas seperti *Fugl-Meyer Assessment* (FMA), *Modified Ashworth Scale* (MAS), *Motor Activity Log* (MAL), *quality of movement* (QOM), dan *arm activity level* (Hung, 2022).

2.5. Robotic Mirror Therapy (RMT)

Seiring pengembangan teknologi yang semakin maju di dunia kedokteran, terutama dalam praktik rehabilitasi, para ilmuwan terus-menerus bekerja untuk membawa inovasi terbaru untuk mengoptimalkan rehabilitasi pasien dengan memanfaatkan teknologi yang ada. Salah satu program rehabilitasi yang baru dikembangkan adalah SGMT yang bergantung pada bantuan robot atau VR dalam memberikan praktik terapi cermin kepada pasien.

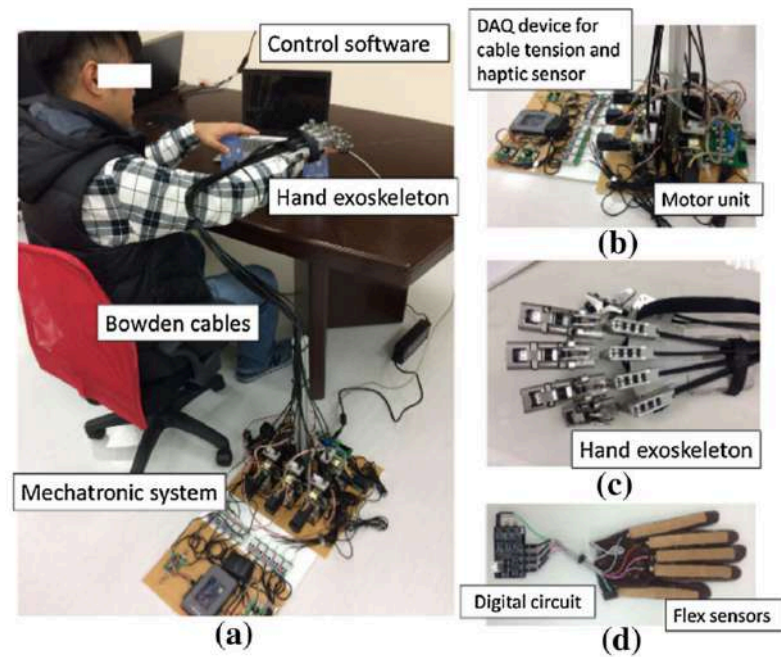
Terapi cermin dapat dilakukan dengan dua cara berbeda, versi unilateral dan bilateral, dan masing-masing berbeda dalam efek klinisnya (Morkisch, 2019; Selles, 2014). Pada versi unilateral, gerakan hanya dilakukan dengan lengan yang tidak terpengaruh sementara lengan yang terpengaruh berada di sisi lain cermin secara pasif. Dalam versi bilateral lengan yang terkena secara aktif terlibat dalam latihan gerakan baik melalui pasien yang mencoba menggerakkan lengan yang

terkena sendiri atau lengan yang terkena digerakkan secara pasif dengan bantuan terapis (Schrader, 2022).

Gu et al. menyatakan bahwa aktivasi simultan dari representasi lengan yang terkena, yang diinduksi oleh ilusi visual dan upaya sebenarnya untuk menggerakkan lengan yang terkena secara pasif, memaksimalkan mekanisme neuroplastisitas yang diusulkan untuk mendorong manfaat pengobatan. Melalui input sensorik tambahan dapat ditunjukkan bahwa area sensorimotor dan girus temporal superior dari belahan kanan diaktifkan (Gu, 2021).

Secara teoritis pendekatan bilateral di MT memiliki potensi yang baik untuk hasil yang lebih baik. Namun, dalam praktiknya tidak mudah diterapkan. Sebagian besar pasien dengan hemiparesis berat tidak memiliki tingkat kontrol motorik lengan yang terkena yang diperlukan untuk melakukan MT bilateral (Selles, 2014). Alternatifnya, gerakan pasif dibantu oleh terapis, menunjukkan efek positif pada keterampilan motorik lengan yang terpengaruh. Untuk mencapai tujuan dari MT yang diinginkan, gerakan pasif oleh terapis harus dilakukan sesinkron mungkin, karena penyimpangan yang cukup besar antara visual dan umpan balik proprioseptif dapat menyebabkan iritasi atau nyeri. Selain itu, desinkronisasi umpan balik visual dan sensorimotor menghasilkan input saraf yang tidak sinkron yang cenderung mengurangi perubahan neuroplastik adaptif (Schrader, 2022).

RMT menggunakan input sensorik tambahan yang disediakan oleh robot. Masukan sensorik ini termasuk proprioepsi yang dipicu oleh gerakan tangan yang terkena. Selain itu, kepekaan permukaan dapat diatasi melalui pemakaian sarung tangan. Kedua rangsangan dapat memiliki efek positif pada fungsi motorik. Berbagai intervensi somatosensori sudah digunakan untuk meningkatkan fungsi proprioepsi dan motorik pada pasien stroke. Pada sisi motorik, RMT memberikan gerakan pasif dan *Continuous Passive Motion* (CPM) (Schrader, 2022).



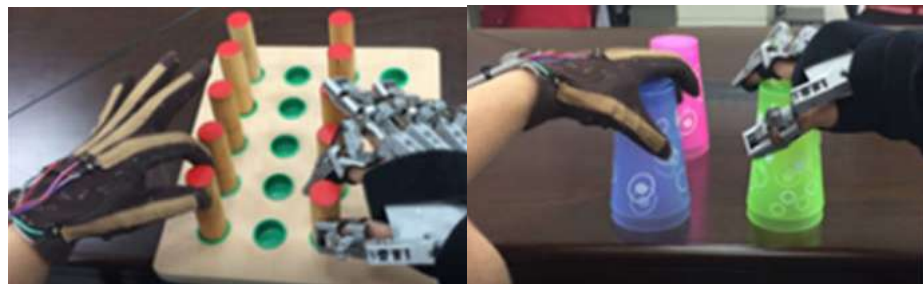
Gambar 2. Perangkat Lunak dan Keras Pada Robotic Mirror Therapy. (a) Tampilan Keseluruhan. (b) Unit Mesin. (c) Hand Exoskeleton. (d) Digital Circuit dan Flex Sensor (Schrader, 2022).



Gambar 3. Penggunaan *Robotic Mirror Therapy* pada Praktek Klinis (Schrader, 2022).



Gambar 4. Imitasi Gerakan Pada *Hand Exoskeletal Robotic Mirror Therapy* (Schrader, 2022).



Gambar 5. *Fine-Hand Use* pada *Robotic Mirror Therapy* (Schrader, 2022).



Gambar 6. SYREBO™ *Robotic Mirror Therapy*

Mempertimbangkan bahwa mekanisme exoskeleton tangan erat digabungkan dengan tangan saat rehabilitasi, *Degree of Motion* (DOF) dan *Range of Motion* (ROM) eksoskeleton tangan harus dirancang untuk mengakomodasi gerakan dan isyarat tangan yang diinginkan. RMT dirancang sebagai sebuah alat bantu robotik untuk merehabilitasi dan mengembalikan fungsi menggenggam, memegang, dan mencubit tangan yang mengalami gangguan dengan perawatan terapi cermin, oleh karena itu, DOF yang signifikan terkait dengan fungsi vital tangan untuk gerakan tersebut dipertahankan melalui desain ini. Hasilnya, setiap jari eksoskeletal dirancang untuk melakukan gerakan dua arah, gerakan fleksi dan ekstensi jari, dengan artikulasi sendi revolute antara sendi MCP, PIP/IP dan DIP (Pu, 2020).

2.6. Protokol Mirror Therapy untuk Stroke

2.6.1. Frekuensi terapi & durasi sesi

Beberapa literatur merekomendasikan melakukan terapi cermin setidaknya sekali sehari dengan durasi minimal sepuluh menit. Durasi maksimum setiap sesi bergantung pada kemampuan kognitif masing-masing pasien dan/atau efek samping negatif, tetapi dalam banyak kasus sekitar 30 menit. Dimungkinkan juga untuk membagi satu sesi menjadi dua sesi yang lebih singkat dengan durasi 10 hingga 15 menit dengan jeda singkat di antaranya, jika kemampuan pasien tidak memungkinkan sesi yang lebih lama (Rothgangel, 2011;Thieme, 2012).

2.6.2. Posisi ekstremitas yang terkena

Ekstremitas yang terkena harus diposisikan pada meja yang dapat diatur ketinggiannya sehingga posisinya dapat disesuaikan dengan panjang badan dan lengan pasien. Ekstremitas yang terkena terletak pada posisi yang aman dan lebih nyaman di belakang cermin (Rothgangel, 2013).

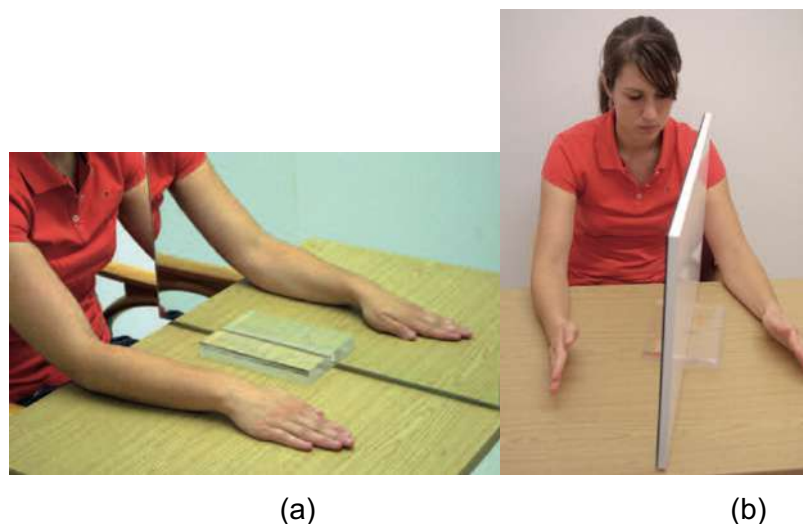
2.6.3. Posisi anggota tubuh yang tidak terpengaruh

Pasien harus mencoba memfasilitasi "ilusi cermin" yang jelas dengan mencocokkan posisi dan gambar anggota tubuh yang tidak terpengaruh ke sisi yang terkena. Anggota tubuh yang tidak terpengaruh

harus diposisikan pada posisi yang sama dengan anggota tubuh yang terkena, karena ini memfasilitasi intensitas ilusi cermin (Rothgangel, 2013).

2.6.4. Posisi cermin

Cermin diposisikan di depan garis tengah pasien, sehingga anggota tubuh yang terkena sepenuhnya tertutup oleh cermin dan pantulan anggota tubuh yang tidak terpengaruh benar-benar terlihat (Gambar 7). Dalam kasus pengabaian visuospasial atau spastis otot yang parah pada tungkai yang terkena, posisi cermin dapat disesuaikan sedemikian rupa sehingga mengarah lebih diagonal ke arah tungkai yang tidak terpengaruh (Gambar 7). Poin penting saat mengatur posisi cermin adalah memastikan bahwa bayangan cermin masih sesuai dengan persepsi anggota tubuh yang terkena (Rothgangel, 2013).



Gambar 7. Posisi Cermin. (a) Posisi Tegak Lurus; (b) Posisi Diagonal (Rothgangel, 2013).

2.6.5. Spesifikasi Cermin

Cermin awalnya terbuat dari kepingan atau lembaran logam mengkilap, biasanya logam perak atau tembaga. Kebanyakan cermin moden terdiri dari lapisan tipis aluminium disalut dengan kepingan kaca. Cermin ini dinamakan "sepuh belakang" (*back silvered*), di mana permukaan memantul diteliti melalui kepingan kaca. Pelapisan cermin dengan kaca membuat cermin tahan, tetapi mengurangi kualitas cermin karena tambahan biasan permukaan depan kaca. Cermin

seperti ini membalikkan sekitar 80% dari cahaya yang datang. "Anggota belakang" cermin sering dicat hitam sepenuhnya bagi melindungi logam dari pengikisan.

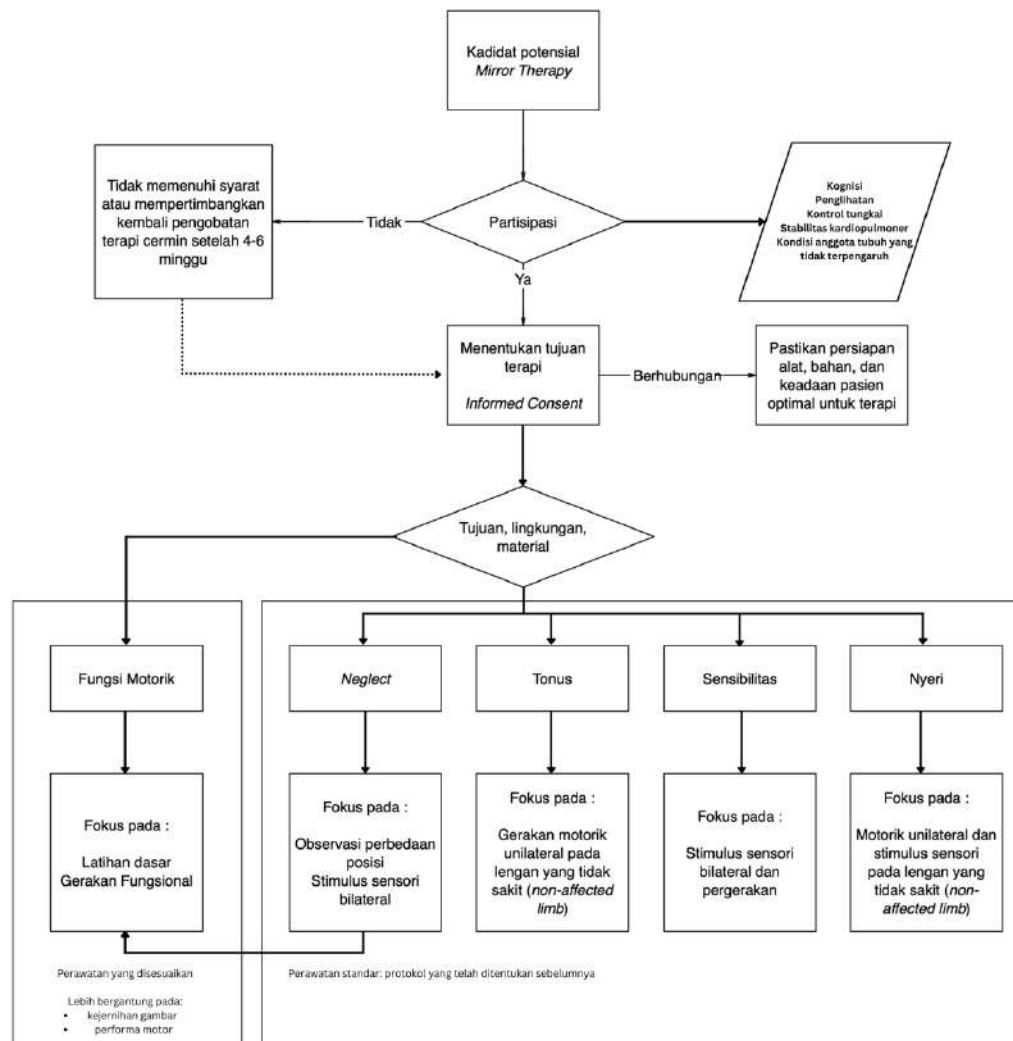
Kepantulan pelapisan cermin bergantung pada panjang gelombang cahaya dan juga pada logam itu sendiri, hal ini digunakan dalam kerja optik bagi menghasilkan cermin *sejuk* dan *panas*. Cermin *sejuk* dihasilkan dengan menggunakan substrat transparan dan bahan pelapisan yang memantulkan banyak cahaya nampak dan merambatkan kurang cahaya inframerah. Cermin *panas* adalah kebalikannya, semakin memantulkan cahaya inframerah. Permukaan cermin kadang diberikan pelapisan tambahan (*overcoating*) bagi mengurangi degradasi permukaan dan meningkatkan kepantulan pada Bagian-Anggota spektrum yang akan digunakan. Misalnya, cermin aluminium biasanya dilapisi dengan magnesium florida. Kepantulan sebagai fungsi panjang gelombang bergantung kepada ketebalan pelapisan dan bagaimana lapisan tersebut ditempatkan (Anderson, 2007).

Bentuk cermin sendiri dibagi menjadi cermin datar, cembung, dan cekung. Bentuk cermin datar dapat dibagi menjadi *Elliptical*, *Rectangular/Square*, *Round*, dan lainnya. Ukuran dan diameter cermin dapat disesuaikan dengan penggunaannya. Material yang digunakan dapat menggunakan BK7 Glass, Copper, Fused Silica, Nickel, Optical Crown Glass, Pyrex, UV Grade Fused Silica, Zerodur, dan lainnya. Lapisan cermin (*Mirror Coating*) digunakan untuk meningkatkan reflektifitas cermin. Lapisan cermin yang biasa digunakan antara lain, Uncoated, Bare Aluminum, Enhanced Aluminum, Dielectric, Bare Gold, Protected Gold, Rhodium, Silver, Other Mirror Coating (GlobalSpec, 2023). Pada terapi cermin, sesuai protokol, spesifikasi yang digunakan adalah cermin standart dengan bentuk *Flat Mirror*, *Rectangular/Square*, tidak ada ketentuan material dan *coating*, ukuran 25 x 20 inci/63,5 x 50,8 cm untuk tungkai atas dan setidaknya 35 x 25 inci/88,9 x 63,5 cm untuk tungkai bawah harus cukup besar untuk penggunaan terapi. Cermin harus memberikan gambar cermin yang koheren tanpa apapun distorsi yang patut diperhatikan. Seharusnya tidak ada risiko cedera, misalnya melalui tepi dari cermin (Rothgangel, 2013).

2.6.6. Sesi latihan pertama

Pasien diinstruksikan untuk mengamati pantulan cermin selama satu sampai dua menit, mencoba memvisualisasikan bayangan cermin sebagai anggota tubuh yang terkena. Selain itu, pasien dapat diinstruksikan untuk membayangkan melihat melalui jendela alih-alih cermin, untuk meningkatkan kejelasan ilusi cermin. Terapis dapat menggunakan stimulasi sinkron bilateral (misalnya taktil) untuk lebih memfasilitasi ilusi cermin. Latihan pertama dapat dimulai saat pasien menunjukkan bahwa dia merasakan bayangan cermin sebagai anggota tubuh yang terkena (Rothgangel, 2013).

Setelah latihan pertama untuk membangun ilusi cermin yang jelas, pendekatan perawatan selanjutnya dipilih sesuai dengan tujuan perawatan individu. Secara umum, sesuai dengan tujuan pengobatan, pengalaman klinis menunjukkan bahwa pendekatan pengobatan dasar yang ditunjukkan pada Gambar 8 lebih bermanfaat. Berdasarkan pengalaman, pendekatan yang digunakan untuk meningkatkan fungsi motorik tampaknya lebih disesuaikan dengan masing-masing klien, tergantung pada kejelasan gambar cermin dan jenis performa motor. Berlawanan dengan pendekatan yang lebih disesuaikan yang digunakan untuk peningkatan fungsi motorik, pendekatan perawatan yang digunakan untuk meningkatkan pengabaian, tonus otot, sensasi atau nyeri lebih terstandarisasi (Rothgangel, 2013).

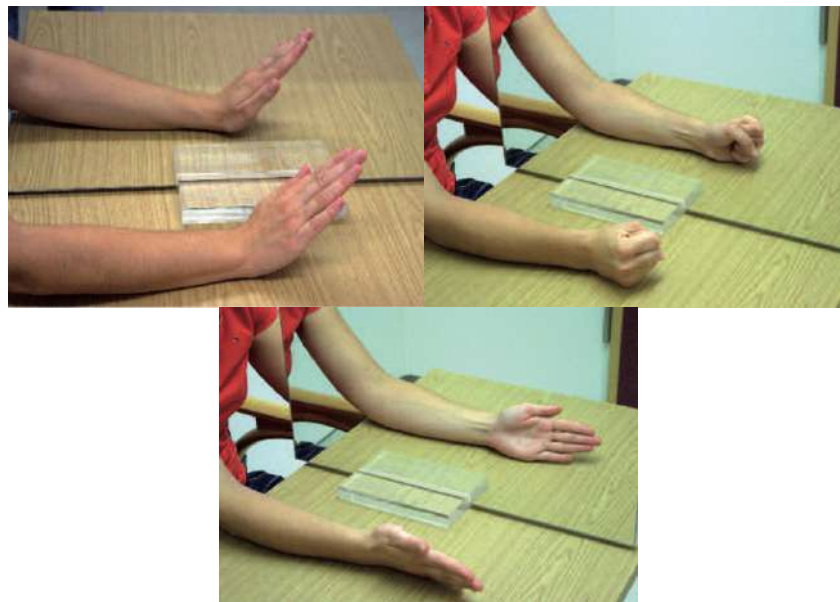


Gambar 8. Pendekatan Latihan *Mirror Therapy* (Rothgangel, 2013).

2.6.7. Terapi fungsi motorik

Langkah 1: Memilih latihan motorik yang tepat

Selama dua hingga tiga minggu pertama, terapis umumnya memulai dengan latihan sederhana seperti gerakan fleksi dan ekstensi pada jari, pergelangan tangan, dan siku (Gambar 9). Pada prinsipnya, semua derajat kebebasan sendi tercakupi. Gerakan paling umum adalah memulai dengan rentang gerak yang juga dapat dicapai di sisi yang terpengaruh, perlahan-lahan tingkatkan rentang dan kompleksitas gerakan. Ingatlah untuk menerapkan prinsip dasar pembelajaran motorik: jumlah pengulangan yang tinggi dikombinasikan dengan variasi performa gerakan.



Gambar 9. Latihan MT Sederhana (Rothgangel, 2013).

Langkah 2: Eksekusi latihan motorik

Setelah latihan pertama selesai, latihan ini dapat didemonstrasikan secara visual atau verbal di sisi yang tidak terpengaruh dengan bantuan terapis. Kemudian pasien melakukan gerakan sesuai dengan pilihan berbeda yang ditunjukkan pada Tabel 1. Setiap opsi eksekusi gerakan diulang hingga 15 kali. Setelah semua opsi dilakukan, pasien memutuskan bersama dengan terapis latihan mana yang paling baik memfasilitasi ilusi cermin yang jelas. Opsi eksekusi gerakan ini akan digunakan secara berurutan untuk latihan motorik berikutnya. Kompleksitas latihan motorik ini tergantung pada tingkat keparahan paresis. Semua gerakan harus dilakukan dengan sangat lambat, karena ini memfasilitasi intensitas ilusi cermin.

Tabel 2. Pilihan Terapi Pergerakan Motorik pada MT (Rothgangel, 2013).

Latihan pergerakan motorik tanpa objek	Latihan pergerakan motorik dengan objek
1. Gerakan unilateral pada sisi yang tidak sakit (<i>non-affected side</i>)	1. Gerakan unilateral pada lengan yang tidak sakit (<i>non-affected</i>) dengan objek
2. Gerakan pada kedua sisi (bilateral) semaksimal mungkin	

3. Gerakan bilateral, Pada sisi yang sakit, pergerakan dibantu oleh terapis	2. Gerakan bilateral dengan objek hanya pada sisi yang tidak sakit (<i>non-affected</i>)
4. Gerakan bilateral, kedua tangan dibantu oleh terapis	3. Gerakan bilateral dengan objek pada kedua sisi
	4. Gerakan bilateral dengan menggunakan objek, sisi yang sakit dibantu oleh terapis



Gambar 10. MT Bilateral dengan Bantuan Terapis (Rothgangel, 2013).

Langkah 3: Menggunakan tugas fungsional

Setelah fase pertama yang terdiri dari latihan dasar, tugas fungsional tambahan dengan objek yang berbeda (misalnya cangkir, balok kayu atau bola) dapat diintegrasikan ke dalam program pengobatan.

Langkah 4: Mengidentifikasi pendekatan dasar

Pendekatan dasar yang digunakan untuk melatih tugas-tugas fungsional juga bergantung pada kejelasan dan intensitas ilusi cermin. Setelah semua opsi dilakukan, sekali lagi, pasien memutuskan bersama dengan terapis mana yang paling memfasilitasi ilusi cermin yang jelas.

Pertama, gerakan fungsional sederhana dapat dilakukan, seperti menggunakan kain/handuk/lap untuk meluncurkan tangan di atas permukaan meja (Gambar 11). Gerakan yang lebih kompleks, seperti memegang, membawa, dan meletakkan cangkir di posisi lain, pertama-tama dapat dibagi menjadi bagian gerakan yang lebih mudah. Bagian-bagian atau komponen gerakan ini dipraktikkan secara berulang-ulang

secara terpisah sebelum dikelompokkan kembali menjadi satu keterampilan atau aktivitas yang utuh (Braun, 2008).



Gambar 11. MT dengan Menggunakan Alat Bantu (Rothgangel, 2013).

2.6.8. Mengakhiri sesi terapi

Durasi minimum lima hingga enam minggu perawatan terapi cermin terus menerus dapat dilakukan untuk mengevaluasi hasil efek perawatan. Perawatan harus dihentikan jika terjadi efek samping negatif selama pelatihan. Pada akhir sesi terapi, pasien harus bersiap untuk melihat anggota tubuh yang terkena lagi saat cermin dilepas. Jika membantu pasien, beberapa latihan yang dilakukan sebelumnya dapat diulang tanpa cermin. Seringkali pasien dapat mengamati beberapa perbaikan segera setelah sesi terapi. Seluruh perawatan harus dievaluasi dengan instrumen pengukuran yang sesuai.

2.7. Pemeriksaan fungsi tangan dan jari-jari

2.7.1. Fugl-Meyer Assesment-Upper Extremities

Fugl-Meyer Assesment (FMA) adalah indeks yang digunakan untuk menentukan tingkat keparahan, menggambarkan pemulihan motorik dan

untuk merencanakan dan dapat menilai efektivitas terapi yang telah diberikan. Metode ini telah digunakan secara luas untuk penilaian klinis kemampuan fungsional motorik, skor ini telah terbukti memiliki konsistensi, responsivitas dan akurasi yang sangat baik. FMA dapat digunakan pada pasien post stroke akut maupun kronik, dapat juga diterapkan pada pasien dengan derajat berat maupun afasia walaupun membutuhkan waktu yang lebih lama saat pemeriksaan.

Terdapat lima domain yang dinilai oleh skala *Fugl-Meyer* yaitu, 1) Fungsi motorik (skor maksimum pada ekstremitas atas adalah 66, untuk ekstremitas bawah 34), 2) Fungsi sensorik (skor maksimum adalah 24), 3) Keseimbangan (skor maksimum adalah 14), 4) Rentang gerak sendi (skor maksimum adalah 44), 5) Nyeri sendi (skor maksimum adalah 44). Dalam penerapan FMA, masing-masing dari lima domain FMA ini dapat dipisahkan sesuai dengan apa yang ingin kita periksa. Penilaian domain motorik meliputi penilaian pergerakan pada pundak, siku, lengan bawah, pergelangan tangan, tangan, pinggul, lutut, dan pergelangan kaki, koordinasi dan refleksi. Total skor untuk penilaian fungsi motorik adalah 100. FMA-UE >45 didefinisikan sebagai ringan, ≥ 30 dan ≤ 45 didefinisikan sebagai sedang, dan <30 didefinisikan sebagai berat (Hijikata, 2020).

Studi reliabilitas dan validitas untuk FMA, 50 pasien dengan stroke (26 laki-laki, 24 perempuan) dengan dua terapis fisik dan satu terapis okupasi menilai 50 rekaman video pasien hemiplegia menggunakan FMA untuk menguji reliabilitas. Reliabilitas dihitung dengan menggunakan *intraclass correlation coefficient* (ICC), *standard error of measurement* (SEM), dan *smallest real difference* (SRD). Validitas diperiksa menggunakan *Pearson's correlation coefficient*. Hasil menunjukkan penilaian menggunakan FMA menunjukkan reliabilitas relatif tinggi, dan reliabilitas absolut memuaskan untuk reliabilitas antar penilai dan tes ulang. Korelasi antara fungsi motorik FMA dan *Jebsen-Taylor hand function*, *grip power*, *motor assessment scale* (MAS), and the *Berg Balance Scale* (BBS) adalah sedang hingga baik, dan sangat signifikan ($p < 0,05$). Hasil menunjukkan bahwa FMA adalah penilaian yang *reasonable* dari fungsi ekstremitas atas dan bawah pasien dengan stroke (Kim, 2012).

2.7.2. *Nine Hole Peg Test (NHPT)*

Nine Hole Peg Test (NHPT) dikembangkan untuk mengukur ketangkasan jari, juga dikenal sebagai ketangkasan motorik halus. Pemeriksaan ini dapat digunakan dengan berbagai populasi, termasuk pasien dengan stroke. NHPT adalah tes yang relatif murah dan dapat dilakukan dengan cepat. NHPT harus digunakan bersamaan dengan tes kinerja ekstremitas atas lainnya, untuk memperkirakan fungsi ekstremitas atas dengan lebih akurat.

NHPT terdiri dari papan persegi dengan 9 pasak. Di salah satu ujung papan ada lubang untuk pasak, dan di ujung lainnya ada piring bundar dangkal untuk menyimpan pasak. NHPT dikelola dengan meminta pasien mengambil pasak dari wadah, satu per satu, dan menempatkannya ke dalam lubang di papan, secepat mungkin. Klien kemudian harus melepas pasak dari lubang, satu per satu, dan memasangnya kembali ke dalam wadah. Untuk berlatih dan menilai skor awal, tes harus dimulai dengan tungkai atas yang tidak sakit. Papan harus ditempatkan di garis tengah tubuh pasien, dengan wadah memegang pasak berorientasi pada tangan yang diuji. Hanya tangan yang sedang dievaluasi yang harus melakukan tes. Tangan yang tidak dievaluasi diizinkan memegang tepi papan untuk memberikan stabilitas.

Pasien diberi skor berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan aktivitas tes, dicatat dalam hitungan detik. *Stopwatch* harus dimulai dari saat peserta menyentuh pasak pertama hingga pasak terakhir menyentuh wadah. Mathiowetz et al. melaporkan bahwa rata-rata pria dewasa sehat menyelesaikan NHPT dalam 19,0 detik (SD 3,2) dengan tangan kanan, dan dalam 20,6 detik (SD 3,9) dengan tangan kiri. Untuk wanita dewasa yang sehat, NHPT diselesaikan masing-masing dalam 17,9 detik (SD 2,8) dan 19,6 detik (SD 3,4) dengan tangan kanan dan kiri (Mathiowetz, 1985).

Tiga studi telah menguji reliabilitas intra-penilai dari NHPT. Keduanya melaporkan reliabilitas intra-rater yang sangat baik dan satu melaporkan reliabilitas intra-rater yang memadai menggunakan koefisien korelasi. Satu studi menggunakan Spearman rho dan dua lainnya, korelasi Pearson (Figueiredo, 2011).

Dua studi telah meneliti validitas bersamaan dari NHPT. Studi pertama meneliti sensitivitas NHPT membandingkannya dengan *Frenchay Arm Test* sebagai standar emas dan melaporkan bahwa NHPT memiliki sensitivitas rendah, dengan 27% hasil kesalahan klasifikasi. Studi kedua memeriksa validitas bersamaan dari NHPT dan melaporkan korelasi yang memadai hingga sangat baik dengan *Box and Block Test* (BBT) dan *Action Research Arm Test* (ARAT) pada pra dan paska perawatan (Figueiredo, 2011).

NHPT tidak boleh digunakan pasien dengan gangguan ekstremitas atas yang parah dan mereka yang tidak mampu mengangkat pasak.



Gambar 12. *Nine Hole Peg Test* (NHPT) (Feys, 2017).