

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Stroke adalah penyebab utama kecacatan jangka panjang yang serius pada orang dewasa. Lebih dari 60% penderita stroke menderita defisit neurologis persisten yang memiliki dampak yang signifikan terhadap keterbatasan kualitas hidup individu, terutama dalam aktivitas kehidupan sehari-hari (Hummel F, et.al 2005). WHO menyebutkan terdapat 15 juta orang di seluruh dunia menderita stroke (WHO, 2022). Data dari *American Heart Association* mengatakan bahwa, setiap tahunnya lebih dari 795.000 orang di Amerika Serikat mengalami stroke dan sekitar 610.000 di antaranya adalah serangan stroke pertama (Tsao CW et.al, 2022). Terdapat 1 dari 6 orang di dunia ini meninggal karena stroke (CDC, 2020). Di Indonesia pada tahun 2021 terdapat sekitar 1.789.261 jumlah kasus stroke yang ditangani (Pusat Pembiayaan dan Jaminan Kesehatan, Kemenkes RI, 2021). Prevalensi Stroke menurut Riskesdas tahun 2018 di Provinsi Sulawesi Selatan berkisar 10 permil kasus (RISKESDAS, 2019).

Kelemahan ekstremitas atas adalah gangguan yang umum terjadi dan tidak diinginkan pada pasien stroke. (Yavuzer G et. Al, 2008). Selain berpengaruh terhadap fungsi fisik, stroke juga memiliki dampak yang besar terhadap fungsi kognitif yang mencakup berbagai proses mental seperti persepsi, perhatian, memori, pengambilan keputusan, dan pemahaman bahasa. (Nouchi & Kawashima, 2014). Gangguan ini membuat pasien menghindari aktivitas fisik yang menyebabkan terjadinya *fatigue* (Luaran & Sensorimotor, 2019). *Fatigue* adalah gangguan yang dialami pasca stroke yang menyusahkan karena membuat pasien tidak mau melakukan aktivitas yang berakibat pada penurunan kemampuan fisik dan berdampak pada depresi (Tyrrell & Smithard, 2006; Luaran & Sensorimotor, 2019) Oleh karena itu, hal ini mendorong perlunya peningkatan kualitas upaya rehabilitasi untuk meningkatkan kualitas hidup penyandang stroke. Terapi ini tidak hanya bertujuan untuk mempercepat pemulihan penderita stroke yang tentunya dapat meningkatkan kualitas hidup mereka,

namun dapat bermanfaat bagi penderita stroke yang ingin menunaikan ibadah keagamaan, salah satunya ibadah haji dan umroh bagi umat muslim.

Berbagai kondisi neurologis muncul dari kurang atau berlebihnya dorongan sinaptik. *Long-term potentiation* (LTP) merupakan bentuk plastisitas yang bergantung pada aktivitas untuk menghasilkan peningkatan transmisi sinaptik secara persisten, sedangkan efikasi sinaptik berkurang pada *long-term depression* (LTD). Penggunaan elektroda stimulasi menginduksi rangkaian potensial aksi frekuensi tinggi di jalur aferen, sehingga memastikan depolarisasi pre dan post sinaptik di hippocampus. Pengembangan strategi stimulasi untuk induksi plastisitas non-invasif pada SSP mengarah pada mekanisme molekuler LTP, LTD dan STDP (*spike timing-dependent plasticity*) yang akan muncul sebagai terapi optimal terkait plastisitas (Bliss T & Cooke S, 2011).

Salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas hidup penderita stroke adalah melalui rehabilitasi. Rehabilitasi Stroke dibedakan dalam tiga fase yaitu fase akut, subakut dan kronis, dimana masing-masing fase mempunyai tujuan dan tatalaksana rehabilitasi yang berbeda. Stroke fase akut ditandai oleh kondisi hemodinamis dan neurologis yang belum stabil dan dapat berlangsung beberapa hari sampai dengan 2 minggu pasca stroke. Intervensi pada fase akut ditujukan untuk meminimalkan gejala sisa dengan membantu perbaikan perfusi otak serta mencegah komplikasi yang dapat terjadi maupun immobilitas sehingga tercapai pemulihan fungsional yang optimal. Stroke fase subakut ditandai oleh kondisi 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 yang sangat penting untuk pemulihan fungsional. Fase kronis ditandai dengan sudah terbentuknya reorganisasi sistem saraf dan proses pemulihan didasarkan pada adaptasi terhadap disabilitas yang ada, umumnya terjadi setelah 6 bulan pasca stroke (Konsensus Nasional Rehabilitasi Stroke, 2012). Terapi latihan konvensional bersifat tunggal dan berulang, sehingga membuat peserta mengalami kejenuhan dan seringkali sulit untuk mempertahankan minatnya,

yang mengarah pada efek rehabilitasi yang buruk sehingga perlu diatasi dengan suatu upaya yang baru. Di era digital saat ini berkembang istilah *exercise games* atau dikenal *exergame*. *Exergame* merupakan sebuah permainan aktif berbasis virtual reality atau video game yang mengharuskan peserta untuk aktif secara fisik atau berolahraga saat bermain game. *Exergame* telah sering digunakan dalam pencegahan pada lansia dan dalam rehabilitasi pasien dengan beberapa kondisi patologis. Aktivitas ini membutuhkan gerakan yang luas, merangsang keseimbangan dan koordinasi motorik yang berperan ganda memberikan efek pada keterampilan fisik dan kognitif (XAVIER- ROCHA, et. al, 2020). *Exergame* dalam beberapa tahun terakhir dianggap berharga untuk mendorong partisipasi dalam latihan, serta meningkatkan kepatuhan terhadap latihan dan tugas-tugas rehabilitasi.

Ikbali Afsar dkk, 2018 menjelaskan bahwa terdapat peningkatan skor Fugl-Meyer Upper extremity assessment (FMAUE) terhadap pelatihan *exergame* yang ditambahkan ke rehabilitasi standar pada fungsi motorik ekstremitas atas pasien stroke sub-akut. Begitupun penelitian yang dilakukan oleh Lee, 2013 juga menjelaskan bahwa terdapat hubungan antara *exergame* dengan latihan kekuatan standar, resistensi, gaya berjalan, dan aktivitas kehidupan sehari-hari dalam keterampilan keseimbangan yang dilihat dari terdapatk peningkatan skor *Berg balance scale* (BBS), *Timed up and cognitive* (TUG-cog). Terlepas dari banyak penelitian di bidang ini, terdapat keterbatasan yang ditimbulkan, yakni kebanyakan penelitian menggunakan game komersial yang tidak memfokuskan gerakan rehabilitasi yang diharapkan pada penderita stroke (Choi YH, et al. 2016 dan Slijper A, et al. 2014).

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 pasca stroke.

Proses perbaikan kerusakan jaringan saraf termasuk yang diharapkan dari *Exergame* termasuk diantaranya angiogenesis, neurogenesis, dan remodeling sinaptik. Pengukuran sel-sel inflamasi pasca stroke yang mengeluarkan berbagai faktor pertumbuhan, yang secara substansial terlibat dalam proses angiogenesis dan neurogenesis dilakukan dengan melihat parameter biomarker *matrixcellular Tenascin – C* (TNC) sebagai biomarker utama dalam proses perbaikan jaringan saraf pasca stroke.

Berbagai penelitian telah menjelaskan dampak positif dari *exergame* dan terapi robotik, Berdasarkan uraian tersebut, peneliti tertarik untuk meneliti mengenai bagaimana perbandingan pengaruh *exergame* dan terapi robotik dalam pengembalian fungsional dan peningkatan kadar TNC pada pasien pasca stroke.

## I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dirumuskan masalah Bagaimana perbandingan kadar nilai Tenascin-C dan fungsional *outcome* antara kelompok perlakuan terapi *exergame* dan terapi robotik pada pasien pasca stroke?

## I.3 Tujuan Penelitian

### I.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kadar nilai Tenascin-C dan fungsional *outcome* antara kelompok perlakuan terapi *exergame* dan terapi robotik pada pasien pasca stroke.

### I.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisa pengaruh terapi *exergame* terhadap perbaikan fungsional *outcome* tangan pasien pasca stroke
2. Menganalisa pengaruh terapi robotik terhadap perbaikan fungsional

*outcome* tangan pasien pasca stroke

3. Melihat hubungan kadar biomarker TN-C terhadap perbaikan pasien post stroke
4. Membandingkan pengaruh terapi *exergame* dan terapi robotik terhadap perbaikan fungsional *outcome* tangan pasien pasca stroke

#### I.4 Manfaat Penelitian

##### I.4.1 Manfaat Teoritis

Mengembangkan suatu pola latihan berbasis permainan (*exergame*) dan latihan terapi robotik menilai perbaikan fungsi tangan pada pasien pasca stroke.

##### I.4.2 Manfaat Praktis

Manfaat praktis penelitian ini adalah:

- a. Manfaat bagi masyarakat umum Memberikan informasi mengenai latihan berbasis permainan (*exergame*) dan latihan terapi robotik menilai perbaikan fungsi tangan pada pasien pasca stroke.
- b. Bagi Institusi Pendidikan  
Menambah referensi kepustakaan sehingga dapat dijadikan sebagai acuan bagi peneliti lain dalam melakukan penelitian.
- c. Bagi Peneliti  
Menambah pengetahuan dan pengalaman dalam melakukan penelitian eksperimental terutama menilai waktu perbaikan fungsional tangan pada pasien pasca stroke

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### II.1 Stroke

#### II.1.1 Definisi Stroke

Stroke menurut *World Health Organization (WHO)* adalah suatu kejadian serebrovaskular dengan tanda- tanda klinis yang berkembang cepat akibat gangguan fungsi otak fokal (atau global), dengan gejala-gejala yang berlangsung selama 24 jam atau lebih ataupun menyebabkan kematian, tanpa adanya penyebab lain yang jelas selain vaskuler (Susan J, 1993) & (Roth EJ, 2008).

Menurut *New Neurological Institute*, stroke terbagi menjadi 2 golongan besar, yaitu stroke iskemik/stroke non hemoragik karena trombosis atau emboli, dan stroke perdarahan/stroke hemoragik oleh karena perdarahan intraserebral atau perdarahan subaraknoid. Sekitar 80 % dari stroke disebabkan karena iskemik dan 20% nya disebabkan karena perdarahan (Siwi RC, 2001) & (Karema W, 2001)

#### II.1.2 Epidemiologi Stroke

Stroke adalah penyebab kematian ketiga di Amerika Serikat setelah penyakit jantung dan kanker, Data *World Stroke Organization* menunjukkan bahwa setiap tahunnya terdapat 13,7 juta kasus baru stroke, dan sekitar 5,5 juta kematian terjadi akibat penyakit stroke. Sekitar 70% penyakit stroke dan 87% kematian dan disabilitas akibat stroke terjadi pada ngera berpendapatan rendah dan menengah. Stroke sebagai bagian dari penyakit kardiovaskular yang digolongkan ke dalam penyakit katastrofik karena mempunyai dampak luas secara ekonomi dan social. Penyakit stroke dapat menyebabkan kecatatan permanen yang tentunya dapat mempengaruhi produktivitas penderitanya (Mulya D, 2019). Data yang diambil dari riskesdas, 2020 menyatakan bahwa terdapat sekitar 1.789.261 kasus stroke di Indonesia.

#### II.1.3 Faktor Risiko Stroke

Berikut dibawah ini factor risiko pada stroke (Cuccurullo, 2010):

A. Faktor Risiko yang Tidak Dapat Diubah

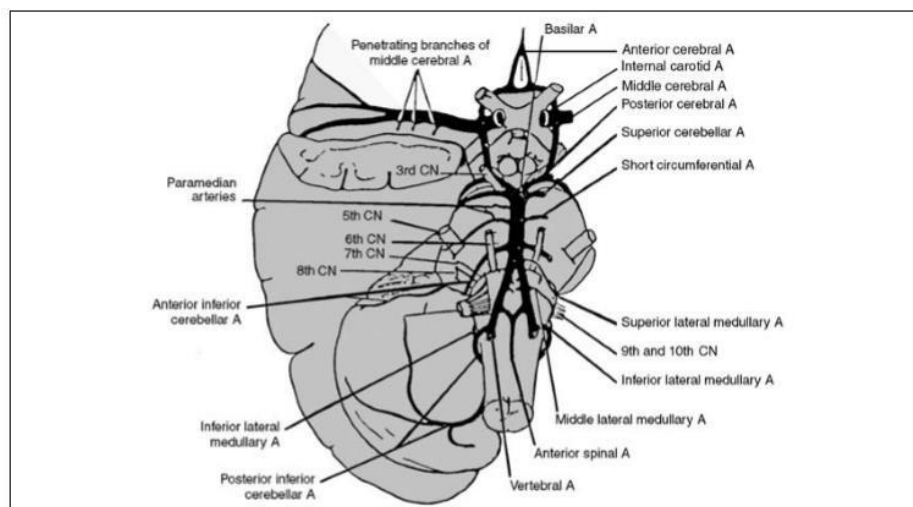
1. Usia, satu-satunya faktor risiko terpenting untuk stroke di seluruh dunia. Setelah usia 55, insiden meningkat untuk pria dan wanita.
2. Jenis kelamin. Pria lebih beresiko mengalami stroke dibandingkan wanita.
3. Ras. Ras Afrika Amerika beresiko lebih besar untuk mengalami stroke dibandingkan dengan ras kulit putih dan juga Asia.
4. Riwayat keluarga stroke

B. Faktor Risiko yang Dapat Diubah

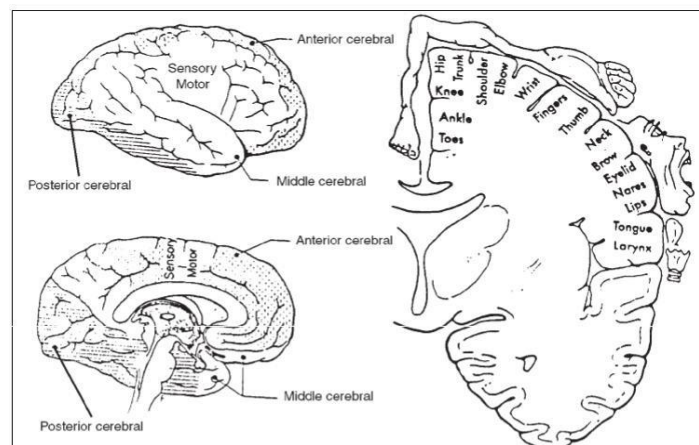
1. Hipertensi. Merupakan faktor risiko terpenting yang dapat dimodifikasi untuk stroke iskemik dan hemoragik. Subyek dengan tekanan darah (BP) lebih rendah dari 120/80 mm Hg memiliki sekitar setengah risiko stroke seumur hidup dibandingkan dengan subyek dengan BP tinggi.
2. Riwayat TIA/stroke sebelumnya. Sekitar 5% pasien dengan TIA akan mengalami stroke lengkap dalam waktu 1 bulan jika tidak diobati dan 14% dalam 1 tahun. Setelah TIA, risiko stroke 90 hari adalah 3-17,3% dan tertinggi dalam 30 hari pertama.
3. Penyakit jantung. Gagal jantung kongestif (CHF) dan penyakit arteri koroner (CAD) meningkatkan risiko dua kali lipat. Penyakit katup jantung dan aritmia meningkatkan risiko stroke embolik.
4. Diabetes dapat meningkatkan risiko dua kali lipat.
5. Merokok. Risiko stroke iskemik pada perokok sekitar dua kali lipat dari non perokok.
6. Penyakit sistemik yang berhubungan dengan keadaan hiperkoagulasi seperti peningkatan jumlah sel darah merah, hematokrit, fibrinogen
7. Hiperlipidemia. Beberapa uji klinis telah menunjukkan pengurangan stroke dengan penggunaan agen penurun kolesterol (~ 30% pengurangan risiko stroke dengan penggunaan inhibitor HMG-CoA reduktase).

#### II.1.4 Dasar Neuroanatomi pada pembuluh darah yang berkaitan dengan stroke

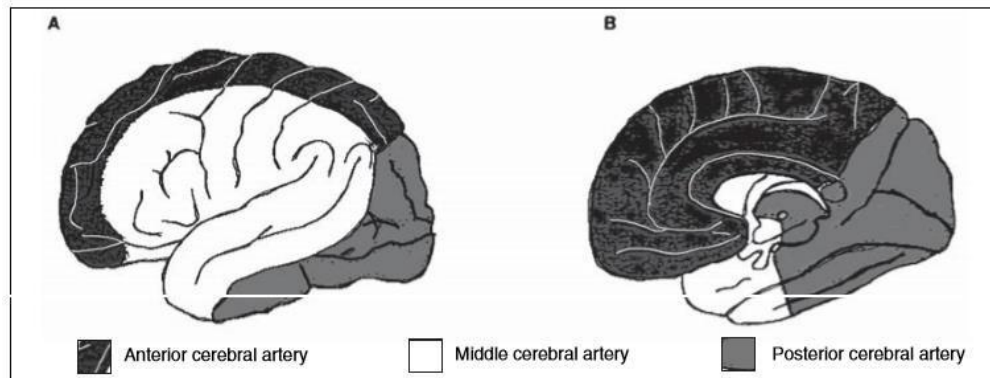
Berikut ini dasar neuroanatomi pada pembuluh darah yang berkaitan dengan stroke (Cuccurullo, 2010): Jelas bahwa korteks motor ekstremitas bawah berada dalam distribusi arteri serebral anterior, sedangkan korteks motor ekstremitas atas disuplai oleh arteri serebral tengah. (Dari *Rosen P. Emergency Medicine—Stroke*, edisi ke-3. St. Louis: Mosby; 1992, dengan izin.)



**Gambar 1. Pembuluh utama sistem vertebrobasilar dalam kaitannya dengan batang otak. A = arteri; cn = saraf kranial**



**Gambar 2. suplai vaskular utama ke otak dan diagram fungsional korteks motorik**



**Gambar 3. Wilayah kortikal 3 arteri serebral.**

- A. Aspek lateral hemisfer.
- B. Aspek medial dan inferior hemisfer.
  1. Arteri serebri media menyuplai sebagian besar aspek lateral hemisfer
  2. Arteri serebri anterior mensuplai aspek medial hemisfer dari lamina terminalis ke cuneus.
  3. Arteri serebri posterior mensuplai permukaan inferior posterior lobus temporal dan korteks visual.

### II.1.5 Gangguan Fungsi Motorik Pasca Strok

Kelemahan diketahui sebagai impairment utama yang menyebabkan disabilitas, dan menjadi hambatan terbesar untuk pemulihan pada pasien strok. Spastisitas pada anggota gerak atas merupakan masalah yang umum didapatkan pada pasien strok. Spastisitas pada otot-otot anggota gerak atas, dapat menyulitkan kegiatan makan, perawatan diri, dan higiene. Faktor lain yang berhubungan dengan spastisitas, yang berperan dalam disabilitas yaitu gangguan postur (misal: mempengaruhi cara duduk di kursi roda) dan spasme yang nyeri.

Adanya spastisitas juga meningkatkan gesekan pada kulit, terutama pada permukaan ekstensor anggota gerak, dan dapat terjadi ulkus dekubitus. Terapi biasanya ditujukan untuk mencegah deformitas, inhibisi tonus, mempertahankan panjang serabut otot, memanjangkan jaringan yang memendek melalui prolonged positioning, dan mengurangi nyeri. Prognosis pemulihan motorik yang buruk ditandai oleh: respon fasilitasi (*tapping*) lebih dari 9 hari, periode

flaksid yang lebih panjang, onset gerakan lebih dari 2-4 minggu, tidak adanya gerakan tangan volunter setelah 4-6 minggu, dan spastisitas proksimal yang berat (Blanton & Wolf SL, 2006).

Kelemahan pada kontraksi otot dan tingkat contraction pada otot-otot fleksor dan ekstensor pergelangan tangan berhubungan signifikan dengan impairment anggota gerak atas dan pengukuran disabilitas fisik. Kekuatan otot sebagaimana terlihat pada pemeriksaan *electromyography* (EMG), berkorelasi positif dengan skor *Fugl-Meyer motor assessment* untuk anggota gerak atas, sedangkan adanya contraction pada otot-otot antagonis (sebagaimana terlihat pada pemeriksaan EMG) berbanding terbalik dengan hasil pengukuran ini. Alberts et al (2004) menyatakan bahwa kekuatan saja bukan merupakan prediktor dexterity pada anggota gerak atas. Kemampuan untuk mengontrol kekuatan menggenggam memiliki dampak yang lebih besar terhadap fungsi anggota gerak atas dibanding kekuatan maksimal (Blanton & Wolf SL, 2006).

Kelemahan anggota gerak atas pasca stroke, seringkali lebih berat pada otot-otot bagian distal dibanding otot-otot bagian proksimal. Defisit fungsional pasca stroke ditentukan oleh beberapa faktor, meliputi luasnya struktur yang rusak dan tingkat stimulasi kortikal melalui gerakan aktif maupun pasif dari anggota gerak yang sakit (Lang et al, 2006).

#### II.1.6 Gangguan *Fatigue Post Stroke*

Gangguan neurologis yang sering terjadi dan menjadi keluhan utama pasca stroke yaitu turunnya kemampuan motorik maupun sensorik. Sehingga pasien menghindari aktivitas fisik yang menyebabkan terjadinya *fatigue* (Luaran & Sensorimotor, 2019). *Fatigue* pasca stroke didefinisikan sebagai rasa 'kelelahan yang luar biasa' yang memiliki makna suatu kondisi yang tidak membaik walaupun dengan istirahat (Groot et al., 2003). *Fatigue* adalah gangguan yang dialami pasca stroke yang menyusahkan karena membuat pasien tidak mau melakukan aktivitas yang berakibat pada penurunan kemampuan fisik dan berdampak pada depresi (Tyrrell & Smithard, 2006; Luaran & Sensorimotor,

2019) Sehingga pasien pasca stroke menghindari aktivitas fisik sampai terjadinya *fatigue*. *Fatigue* yang berlangsung lama berdampak pada fungsi psikososial dan kognitif pasien.

*Fatigue* pasca stroke mempunyai sifat multidimensi yang terjadi pada komponen secara fisik, kognitif dan emosi yang secara umum dapat terjadi dimulai paling cepat 2 minggu setelah serangan stroke. Gambaran pada CT Scan rutin tampak tidak ada hubungan dengan *fatigue* pada 1 bulan post stroke hemoragik. Namun *fatigue* berhubungan dengan gambaran CT Scan post hemoragik pada 2 dan 3 bulan. Termasuk terdapatnya pasien yang relatif terlambat setelah stroke bervariasi dari 3 bulan hingga 12 bulan dan salah satunya termasuk hanya pasien muda setelah stroke pertama kali (Kutlubaev et al., 2013).

Kondisi *fatigue* pasca stroke memberikan dampak pada pasien seperti gangguan pemulihan fungsional dalam melaksanakan kehidupan sehari-hari, menurunnya kepatuhan pada pengobatan, berkurangnya efektivitas rehabilitasi, dan penurunan kualitas hidup (Su, Yuki, Hirayama, & Otsuki, 2020; Lerdal & Gay, 2017; Vincent-onabajo & Adamu, 2016; Broussy et al., 2019; Mandliya et al., 2016). Dampak lain juga memberikan efek pada lingkungan sekitar seperti menjadi beban bagi anggota keluarga dan anggota lain yang memberikan pengasuhan pada pasien (Mandliya et al., 2016). Studi lain menemukan bahwa dampak *fatigue* pasca stroke dalam jangka waktu satu tahun berdampak pada fungsi kognitif dan psikososial (Parks et al., 2012).

Dalam mendapatkan sebuah metode penilaian *fatigue* pada pasien pasca stroke dibutuhkan sebuah kajian mendalam yang mampu mengidentifikasi instrumen yang tersedia. Kelelahan merupakan salah satu keluhan yang mengganggu pada penderita stroke untuk melakukan aktivitas dan menikmati hidupnya sehari-hari. Kelelahan yang terjadi secara terus menerus dapat menghambat penderita stroke untuk menjalankan fungsinya secara utuh. Keadaan ini memungkinkan akan terjadinya gangguan pada kualitas hidup pada penderita stroke, seperti temuan pada penderita penyakit kronis lainnya.

Terdapat hubungan antara lima subskala dimensi kelelahan (general, fisik, pengurangan aktifitas, pengurangan motivasi dan mental) dengan dimensi fungsional dan gangguan kualitas hidup. Kelelahan sebagai penyumbang utama kualitas hidup yang buruk. Byar et al. mengungkapkan bahwa tingkat kelelahan yang lebih tinggi dikaitkan dengan kualitas hidup yang lebih rendah dalam beberapa domain seperti domain fisik dan psikologis. Terdapat hubungan antara tingkat kelelahan dengan kualitas hidup, dimana pasien yang mempunyai tingkat kelelahan lebih tinggi cenderung memiliki kualitas hidup yang lebih buruk. Semakin rendah kualitas hidup seseorang, maka semakin tinggi tingkat isolasi sosial dan distress emosional yang akan mempengaruhi fungsi fisik dan ketidakmampuan serta gejala-gejala fisik. Kualitas hidup yang baik mutlak diperlukan untuk menghindari dan mencegah masalah-masalah tersebut.

### II.1.7 Proses Pemulihan Pasca Stroke

Berbagai penelitian berusaha untuk menjelaskan mekanisme pemulihan motorik pasca strok, namun mekanisme pasti pemulihan hemiparesis masih belum jelas. Adanya proyeksi dari korteks motorik primer ke otot-otot ipsilateral telah diketahui, terutama pada otot-otot proksimal. Proses pemulihan motorik pada strok memiliki pola umum, yaitu segera setelah onset hemiplegi, gerakan volunter pada anggota gerak yang terlibat akan hilang, refleks tendon akan menurun, dan resistensi terhadap gerakan pasif akan menurun. Dalam 48 jam, refleks-refleks menjadi lebih aktif pada sisi yang sakit, dan dalam waktu singkat resistensi terhadap gerakan pasif akan meningkat. Otot yang paling banyak terlibat pada anggota gerak atas adalah otot adduktor dan fleksor, sedangkan pada anggota gerak bawah, otot adduktor dan ekstensor.

Pada hari ke 1-38 setelah onset hemiplegia, spastisitas mulai meningkat, dan klonus akan muncul. Pada hari ke 6-38 setelah onset hemiplegi, gerakan volunter pertama akan muncul (fleksi bahu dan panggul), Flexor synergy akan terbentuk, yaitu fleksi jari-jari, dan fleksi seluruh anggota gerak atas (bahu, siku, pergelangan tangan, dan jari-jari). Segera setelah itu, *extensor synergy*

akan terbentuk. Ketika kekuatan fleksi shoulder dan elbow meningkat, pasien mencapai fase dimana spastisitas pada otot-otot ini berkurang. Spastisitas hilang seluruhnya ketika kekuatan gerakan volunter telah pulih. Proses pemulihan yang digambarkan di atas tidak terjadi pada semua kasus. Brunstrom menyatakan adanya urutan stereotip selama proses pemulihan pasca strok, yang dibagi menjadi 6 stadium, yaitu:

1. Stadium 1: segera setelah serangan, timbul flaksid, pasien tidak dapat menggerakkan anggota gerak yang lumpuh.
2. Stadium 2: pada awal pemulihan, basic limb synergies atau beberapa komponennya mulai terbentuk, spastisitas muncul pada fase ini.
3. Stadium 3: pasien mulai dapat mengontrol gerakan sinergis; spastisitas menjadi semakin nyata.
4. Stadium 4: pasien dapat menggerakkan anggota tubuh di luar pola sinergis, dan spastisitas mulai menurun.
5. Stadium 5: bila kemajuan berlanjut, pasien dapat melakukan gerakan kombinasi yang lebih kompleks di luar pola sinergi..
6. Stadium 6: pasien sudah dapat melakukan banyak kombinasi gerakan dengan koordinasi mendekati normal.

Lang et al (2006) meneliti proses pemulihan pada 23 pasien hemiparesis pasca stroke ringan dan sedang, pemulihan terhadap kemampuan meraih (reaching) dan menggenggam (grasping) terutama terjadi dalam 90 hari pasca serangan, dan hanya sedikit perubahan yang terjadi antara hari ke-90 sampai 1 tahun pasca serangan.

Pasien stroke dengan impairment ringan yang masih mampu melakukan gerakan minimal pada anggota gerak atas, memberikan respon lebih baik terhadap terapi, karena mereka dapat melibatkan anggota gerak atas dalam aktivitas. Partisipasi aktif ini merupakan dasar proses belajar motorik untuk perbaikan fungsi.

### **II.1.8** Faktor-Faktor Yang Berperan Pada Pemulihan Hemiparesis Pasca Stroke

Terdapat bukti bahwa pasien stroke mengalami pemulihan ketrampilan motorik anggota gerak atas setelah intervensi rehabilitasi, dalam fase kronis sekalipun. Pendekatan terapeutik yang diberikan memicu plastisitas pada sistem saraf, dan hal ini terbukti secara neurofisiologi maupun perilaku. Ahli *neuroscience* menyatakan bahwa sistem saraf pusat bersifat *adaptable* selama proses perkembangan maupun seumur hidup. Sistem saraf dapat pulih dari penyakit dan cedera serius melalui adaptasi spontan dan proses penyembuhan (Bill NN & Merzenich M, 2001) (Stoykov ME & Corcos DM, 2009).

Shelton dan Reding (2001) menyatakan proses pemulihan anggota gerak atas dipengaruhi oleh lokasi lesi terutama adanya keterlibatan struktur kortikal maupun subkortikal yang berhubungan dengan sistem motorik primer dan sekunder. Pada primata, ukuran dan lokasi lesi di korteks primer area tangan menentukan apakah pemulihan motorik akan terjadi melalui *reacquisisi* terhadap strategi gerakan sebelum infark, atau dengan mengembangkan tehnik gerakan kompensasi (Blanton & Wolf SL, 2006).

Broeks et al (1999) menyatakan sebagian besar pasien stroke memiliki defisit sensorik, adanya defisit sensorik yang berat merupakan indikator pemulihan fungsi yang buruk. Faktor-faktor lain yang mempersulit pemulihan motorik pada kelumpuhan anggota gerak atas yaitu: nyeri bahu, terbatasnya lingkup gerak sendi bahu, dan meningkatnya tonus otot. Beratnya paresis awal merupakan prediktor terpenting pemulihan motorik. Gerakan pada 1 bulan pertama pasca stroke berhubungan dengan prognosis pemulihan yang buruk. Sebaliknya adanya kekuatan menggenggam pada 1 bulan pasca stroke mengindikasikan setidaknya pemulihan fungsional sebagian dapat terjadi dalam bulan ke-6 (Blanton & Wolf SL, 2006).

Shelton et al (2001) menyatakan pemulihan kemampuan anggota gerak atas berhubungan kuat dengan luasnya area motorik primer dan jalur kortikospinal yang masih intak. Pasien dengan stroke kortikal murni memiliki kemungkinan pemulihan gerakan pada anggota gerak atas sebesar 75%. Pemulihan motorik menurun secara progresif pada lesi yang melibatkan corona

radiata dan capsula interna bagian *posterior limb* (Blanton & Wolf SL, 2006).

Perilaku pasien, termasuk aktivitas, dan interaksi sosial mempengaruhi keluaran fungsional dan kualitas hidup pasca stroke. Setiap individu memiliki kemampuan yang berbeda dalam menghadapi krisis, termasuk penyakit. Harapan memerankan peranan penting dalam semua terapi, dan mungkin memiliki efek spesifik terhadap lesi. Penelitian terbaru membuktikan *enrichment* lingkungan pasca iskemik, dapat meningkatkan pemulihan fungsional secara signifikan, mempengaruhi ekspresi gen, meningkatkan percabangan dendrit dan jumlah dendritic spines, memodifikasi *lesion-induced stem cell differentiation* dan interaksi dengan pemberian obat, skill training, stimulasi dan aktivasi dalam rehabilitasi stroke.

Managemen rehabilitasi pada anggota gerak atas pasca stroke berbeda dengan anggota gerak bawah karena beberapa alasan. Pertama: pemulihan motorik spontan pada anggota gerak atas secara umum lebih lambat dan kurang komplisit dibanding yang terjadi pada anggota gerak bawah. Kedua: aktivitas perawatan dasar misalnya porsi perawatan diri seperti diukur dengan *Functional Independence Measure* (FIM) dapat dilakukan dengan satu anggota gerak atas yang sehat, sedangkan untuk *bipedal locomotion* dibutuhkan kedua anggota gerak bawah. Ketiga: target program rehabilitasi pasien rawat inap, seperti lama perawatan dan aktivitas yang diukur dengan FIM, memerlukan pencapaian kemandirian fungsional yang cepat, sehingga rehabilitasi anggota gerak atas pasca strok seringkali difokuskan pada strategi dimana anggota gerak atas yang sehat mengkompensasi yang sakit. Adanya bukti bukti penelitian bahwa intervensi rehabilitasi dapat meningkatkan pemulihan motorik, menyebabkan perubahan strategi rehabilitasi, yaitu mencapai keseimbangan antara penggunaan strategi kompensasi dan intervensi untuk meningkatkan pemulihan motorik anggota gerak atas yang sakit (Harvey RL, Roth EJ, Yu D, 2007).

## II.2 Rehabilitasi Stroke

### II.2.1 Definisi

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 (Konsensus Nasional Rehabilitasi Stroke, 2012).

### II.2.2 Rehabilitasi Stroke

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 (Konsensus Nasional Rehabilitasi Stroke, 2012).

#### A. Rehabilitasi Stroke Fase 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. 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 immobilitas sehingga tercapai pemulihan fungsional yang optimal (Konsensus Nasional Rehabilitasi Stroke, 2012).

##### 1) Asesmen

Asesmen Dokter Spesialis Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi dilakukan sejak hari pertama pasien dirawat di Unit Stroke atau Ruang Rawat. Asesmen fase akut dapat dilengkapi secara bertahap disesuaikan dengan kondisi stabilitas hemodinamik pasien. Seluruh pemeriksaan sebaiknya selesai dalam 5-7 hari

masa rawat (Konsensus Nasional Rehabilitasi Stroke, 2012).

**Tabel 1. Asesmen Fase Akut**

<b>Jenis Pemeriksaan</b>	<b>Metode Penilaian</b>	<b>Penilaian</b>
Tingkat keparahan	NIHSS	
Tingkat kesadaran	Glasgow Coma Scale (GCS)	Compos mentis/Kesadaran menurun
Tanda vital	TD/N/P/S	Normal/Tidak normal
Pernafasan	Pola pernafasan	Normal/Terganggu
Motorik	Kemampuan menggerakkan anggota gerak	Fungsional/Non fungsional
Sensorik	Eksteroseptif dan proprioseptif	Normal/Terganggu
Komunikasi dan Kognisi	GCS, Mini Mental State Examination (MMSE)	Normal/terganggu
Fungsi menelan	Bedside Swallowing Screening Test	Normal/Terganggu
Fungsi eliminasi	Kemampuan kontrol miksi dan defekasi	Normal/Terganggu
Faktor resiko	Diabetes, hipertensi, penyakit jantung dll.	Ada/Tidak
Komorbiditas	Fraktur, cedera medula spinalis dll	Ada/Tidak

Sumber: Konsensus Nasional Rehabilitasi Stroke, 2012.

## 2) Tatalaksana Rehabilitasi Fase akut

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 immobilitas. Kemampuan menetapkan mobilisasi pasien sedini mungkin sesuai kondisi medisnya merupakan faktor kritis keberhasilan rehabilitasi

**Tabel 2. Intervensi Rehabilitasi**

Jenis Intervensi	Rincian Intervensi
<p>Posturing posisi terapeutik</p> <p>Perubahan posisi secara berkala</p>	Dilakukan sejak hari pertama perawatan.
	Perubahan posisi dilakukan minimal 2 jam sekali.
	Pada posisi telentang, tempat tidur bagian kepala dielevasi minimal 300. Posisi ini dapat memperbaiki aliran darah ke otak (Level II).
	Bila kondisi medis stabil sesegera mungkin pasien di posisikan duduk tegak bersandarkan karena posisi ini memberikan saturasi oksigen tertinggi dibandingkan dengan posisi lain (Rekomendasi C).
	Saat berbaring terlentang letakkan lengan yang paresis lebih tinggi dari level jantung dalam posisi bahu protraksi, siku ekstensi, tangan supinasi dan seluruh jari-jari ekstensi. Tungkai yang paresis diposisikan lurus dan hindari rotasi panggul. Foot board hanya boleh digunakan pada tungkai yang masih flaksid.
	Saat berbaring miring ke sisi batang tubuh tetap lurus dengan panggul dan lutut posisi fleksi, bahu protraksi, siku ekstensi, pergelangan tangan pronasi dan jari-jari ekstensi.
	Jangan berikan apapun pada telapak tangan sisi paresis yang dapat menimbulkan rangsangan fleksi jari
	Terapi latihan pembersihan jalan napas: batuk efektif ( <i>huffing</i> dan <i>coughing</i> ), <i>postural drainage</i> , vibrasi, perkusi. Inhalasi diberikan sesuai kebutuhan.
Terapi Fisik Dada	Terapi latihan mobilisasi toraks.
	Terapi latihan pernapasan.

	Untuk pasien yang tidak mampu bergerak sama sekali paling sedikit dilakukan 2 kali per hari.
Terapi Latihan Luas Gerak Sendi	Terapi latihan peregangan diberikan pada pasien dengan tonus meningkatkan dan atau telah ada pemendekkan otot.
	Apabila kondisi neurologik dan hemodinamik belum stabil, terapi latihan ini diberikan secara pasif. Bila sudah stabil maka bertahap terapi latihan dapat diberikan secara aktif asistif dan atau aktif.
Terapi Latihan Peregangan	Pada pasien dengan kesadaran menurun dapat diberikan stimulasi sensoris auditori, taktil, vestibular, dan visual.
	Pemberian stimulasi hendaknya bergantian dan tidak dalam durasi lama, karena adanya efek adaptasi
	Pemberian rangsangan taktil tergantung pada arah rangsangan dapat bersifat relaksasi ataupun stimulasi. Untuk mendapat efek yang lebih baik dapat dikombinasikan dengan perubahan temperatur, panas atau dingin.
Mobilisasi duduk dan Terapi Latihan Aktif	Mobilisasi ke arah duduk tegak dapat dilakukan sesegera dan sesering mungkin (Rekomendasi B).
	Terapi latihan aktif dapat diberikan apabila kondisi neurologik dan hemodinamik pasien telah stabil dengan: MAP: Untuk pasien stroke non hemoragik dengan MAP <130 mmHg sedangkan stroke hemoragik dengan MAP <120 mmHg. Gula darah:>90 mg% atau <250 mg% Saturasi oksigen>95%
Terapi Latihan Perawatan Diri	Sudah dapat dimulai bila pasien compos mentis, bisa duduk stabil bersandar, dan tidak ada afasia sensorik berat

Terapi Pelatihan Fungsi Eksekusi	atihan aktivitas sehari-hari disarankan dilatih sejak awal dan merupakan bagian dari program rehabilitasi stroke rawat inap. (Rekomendasi B)1
	Untuk pasien dengan kelemahan ekstremitas yang berat, terapi latihan ini bisa dialihkan pada sisi yang sehat, terutama bila prognosis pemulihannya buruk (sesuai MRI atau CT Scan)
Uji Fungsi Menelan Terapi Latihan Oromotor dan Menelan	Skrining menelan harus segera dilakukan sebelum pasien mendapat makanan, minuman atau obat-obatan oral. Skrining dilakukan oleh personil yang terlatih dengan menggunakan metode khusus yang sudah tervalidasi (Rekomendasi B).
	Bila ada gangguan menelan segera atasi dengan pemberian NGT.
	Uji fungsi menelan selanjutnya dilakukan saat pasien sudah compos mentis, dapat diposisikan duduk tegak bersandar dan dapat memahami bahasa verbal dan memberikan respons yang adekuat baik verbal atau non verbal. (tidak ada afasia sensorik)
	Uji fungsi menelan harus menetapkan diagnosis gangguan menelan dan intervensi yang diperlukan.
	Terapi latihan disesuaikan dengan tipe gangguan dan dengan stimulasi menelan melalui modifikasi jenis dan kepadatan makanan.
	Pada saat memulai terapi latihan makan sebaiknya makanan yang diberikan mempunyai tekstur dan kepadatan yang homogen, yang secara bertahap diubah sampai pasien mampu makan makanan biasa.

	<p>Saat terapi latihan minum, cairan yang diberikan bertahap mulai dari kekentalan setingkat juice pepaya, juice melon, susu dan akhirnya air. Kekentalan cairan dapat dimodifikasi dengan bubuk pengental cairan.</p>
	<p>NGT dapat dilepas apabila kebutuhan nutrisi pasien secara keseluruhan dapat dipenuhi baik cairan maupun makanan.</p>
	<p>Pasien dengan disfagia berat mungkin perlu dilakukan uji fungsi lebih lanjut seperti Endoskopi atau Videofluoroskopi.</p>
<p>Uji fungsi Kontrol miksi Bladder training</p>	<p>Pada perawatan awal dimana kondisi hemodinamik pasien belum stabil dan memerlukan terapi cairan, atau pasien dengan kesadaran menurun umumnya diperlukan pemasangan dower catheter (DC) untuk menjamin balans cairan yang adekuat.</p>
	<p>Lakukan penilaian setiap hari apakah DC sudah boleh dilepas karena tingginya komplikasi pemakaian DC.</p>
	<p>Uji fungsi kontrol miksi dengan memberikan minum secara teratur sebanyak 125-150cc/jam dan evaluasi adanya sensasi penuh pada kandung kemih, kemampuan miksi, kontrol sphingter dan residu urin setelah miksi. Apabila dalam 4 jam tidak terjadi miksi dan tidak ada sensasi penuh pada kandung kemih, maka pasien memerlukan penanganan kateterisasi berkala. Apabila pasien mampu miksi spontan, evaluasi segera residu urin setelah miksi. Bila residu urin &gt;20% dari kapasitas bladder, pasien memerlukan penanganan kateterisasi berkala.</p>
	<p>Pasien yang tidak dapat mengontrol sphinkter namun residu urinnnya rendah diberikan latihan berkemih dengan prompt voiding.</p>

<p>Uji fungsi Kontrol bowel Bowel training</p>	<p>Pasien stroke sebagian besar mempunyai kesulitan untuk defekasi karena masukan nutrisi termasuk cairan dan aktivitas gerakberkurang (imobilisasi). Upayakan defekasi terjadi paling lambat 2 hari sekali, bila perlu dapat berikan medikamentosa supositoria.</p>
	<p>Untuk pasien yang masih makan makanan cair dan atau lunak diperlukan laxantiv untuk membantu feses menjadi bulk dan terapimassage untuk memperlancar defekasi.</p>
	<p>Pasien yang lemah dan belum mampu bergerak seringkali masih diperlukan bantuan manual evakuasi feses</p>
	<p>Pada pasien yang tidak mampu mengontrol defekasi, lakukan training defekasi pada waktu yang sama setiap hari</p>
<p>Uji Fungsi Komunikasi Stimulasi dan terapi latihan pemberian alat bantu komunikasi</p>	<p>Stimulasi dan terapi latihan Pemberian alat bantu komunikasi</p>
	<p>Gangguan komunikasi terdiri gangguan bahasa maupun bicara.</p>
	<p>Evaluasi gangguan bahasa dan bicara secara rinci dapat dilakukan apabila pasien cukup alert, sebaiknya pasien sudah mampu duduk bersandar dengan punggung tegak dan kepala dalam kesegaran dengan punggung.</p>
	<p>Pada pasien afasia sensomotorik stimulasi multisensoris seperti komunikasi visual, auditoris, maupun taktil dengan sentuhan perlu sedini mungkin diterapkan agar pasien tenang dan tidak cemas.</p>

	<p>Bila jenis afasia sudah dapat ditetapkan, terapi latihan dapat diberikan sesuai dengan jenis afasia. Pemberian alat bantu komunikasi sejak awal memungkinkan pasien tetap mempunyai kemampuan berkomunikasi dengan keluarga dan lingkungannya.</p>
	<p>Terapi latihan afasia baru efisien apabila pasien mempunyai atensi ataupun konsentrasi minimal 10-15 menit.</p>

#### b. Rehabilitasi Stroke Fase Subakut

Stroke fase subakut ditandai oleh kondisi 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. Pasien stroke fase subakut dapat mengikuti program rehabilitasi medik sebagai pasien rawat jalan maupun rawat inap.

**Tabel 3. Rekomendasi status pasien dalam menjalani rehabilitasi stroke berdasarkan tingkat keparahan stroke dan kemampuan fungsional (berdasarkan FIM) dan toleransi terhadap terapi latihan.**

	Tingkat Keparahan		
	Berat	Sedang	Ringan
	Status Fungsional		
Skor Fungsional Awal	<40	40-80	>80
Skor Fungsional Motorik	<37	38-62	>62
	Toleransi		
Durasi Minimal	1 Jam	3 Jam	45-60 Menit
Frekuensi (Per Minggu)	3-5 Kali	5-7 Kali	3-5 kali
Status Pasien	Rawat Inap	Rawat Inap	Home Program

Sumber: Konsensus Nasional Rehabilitasi Stroke, 2012

Pasien tingkat keparahan berat dengan prognosis fungsional buruk maka program rehabilitasi difokuskan pada edukasi pada keluarga/caregivers tentang

perawatan pasien, program rehabilitasi paliatif, penyediaan alat bantu atau aksesibilitas yang mendukung agar tetap tercapai hidup yang berkualitas.

#### 1) Asesmen

Asesmen pada fase subakut difokuskan pada masalah disabilitas pasien. Berdasarkan disabilitas yang ada, dilakukan asesmen gangguan fungsi organ, masalah psikososioekonomi and lingkungan dimana pasien tinggal untuk menentukan goal rehabilitasi, yang sejalan dengan prognosis pemulihan fungsional pasien.

***Tabel 4. Asesmen pada fase subakut***

<b>Jenis Asesmen</b>	<b>Metode Penilaian</b>
Fungsi komunikasi bahasa <ul style="list-style-type: none"> <li>• Afasia Gobaal</li> <li>• Afasia Broca</li> <li>• Afasia Wernicke</li> <li>• Afasia Konduksi</li> <li>• Afasia Transkortikal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Token Test untuk menentukan ada-tidaknya afasia. Tes ini memeriksa pemahaman bahasa auditif, dan tidak tergantung pada daya ingat atau intelegensia pasien.</li> <li>• Tes Afasia untuk Diagnosis Informasi Rehabilitasi (TADIR) untuk menetapkan</li> </ul>

<p>Motoris</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Afasia Transkortikal</li> </ul> <p>Sensoris</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Afasia Anomis</li> </ul>	<p>sindroma afasia dan jenis terapi yang diperlukan.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Boston Diagnostic Aphasia Examination untuk menetapkan diagnosis sindroma afasia dan kemajuan terapi.</li> <li>• Minnesota Test for Differential Diagnosis of Afasia untuk mengenali semua modalitas bahasa yang ada sebagai dasar perencanaan terapi. Tes ini dapat digunakan untuk membedakan dengan apraksia, gangguan persepsi dan disartria.</li> <li>• Functional Communication Profile untuk memeriksa kemampuan komunikasi fungsional</li> <li>• Western Aphasia Battery,</li> <li>• Halstead Aphasia Screening Test</li> <li>• Boston Naming Test</li> </ul>
<p>Fungsi komunikasi bicara</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disartria flaksid</li> <li>• Disartria spastik</li> <li>• Disartria ataksik</li> <li>• Disartria</li> <li>• hipokinetik</li> <li>• Disartria hiperkinetik</li> <li>• Disartria campuran</li> <li>• Apraksia verbal</li> <li>• Apraksia bukofasial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Test for Dysarthria and Verbal Apraxia (TEDYVA)</li> </ul>
<p>Fungsi kortikal luhur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• atensi</li> <li>• konsentrasi</li> <li>• memori</li> <li>• judgement</li> <li>• problem solving</li> <li>• organisasi / kategorisasi</li> <li>• visuospasial</li> <li>• kalkulasi</li> <li>• emosi</li> <li>• praksi /eksekusi</li> </ul>	<p>Mini Mental State Examination (MMSE) Neurocognitive Status Examination (NCSE) Tes Kognitif Serial Executive Function Performance Test (EFPT) □</p>
<p>Fungsi psikologis</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• depresi</li> </ul>	<p>Hamilton Rating Scale for Depressio</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• psikiatrik</li> </ul>	
Fungsi visual	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• low vision</li> <li>• hemianopsia</li> <li>• visual agnosia</li> </ul>	
Kemampuan menelan	Diagnosis gangguan menelan bedside
<ul style="list-style-type: none"> <li>• tingkat oral</li> <li>• tingkat faringeal</li> <li>• tingkat orofaringeal</li> <li>• tingkat esofageal</li> </ul>	Videofluoroscopic Flexible Endoscopic Evaluation of Swallowing (FEES)
Kemampuan ambulasi jalan	Test Fugl Meyer Postural Assessment Scale (PAS) Tes visuospatial Tes diadokokinesis dan dysmetria Berg Balance Test Tes jalan 10 m Gait analysis
<ul style="list-style-type: none"> <li>• hemiparese/plegia</li> <li>• hemiestesia</li> <li>• masalah vestibular</li> <li>• dekondisi</li> </ul>	
Kemampuan merawat diri dan aktivitas sehari-hari	Tes Koordinasi dengan nose finger pointing, heel to shin Barthel Index IADL (Instrumental Activity Daily Living) Functional Independence Measurement (FIM) Executive Function performance Test Action Research Arm Test
<ul style="list-style-type: none"> <li>• hemiparesis/plegia</li> <li>• hemiestesia</li> <li>• grasping</li> <li>• prehension</li> <li>• postural kontrol</li> <li>• dekondisi</li> <li>• persepsi/ eksekusi</li> </ul>	
Kemampuan miksi	Penilaian fungsi penyimpanan dan evakuasi urin Urodynamic test jika perlu
Kemampuan defekasi	Penilaian peristaltik usus Kekuatan sphincter ani

Sumber: Konsensus Nasional Rehabilitasi Stroke, 2012

## 2) Tatalaksana Rehabilitasi Stroke Fase Subakut

Tatalaksana Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi pada fase sub akut bertujuan untuk mengoptimalkan pemulihan fungsional sesuai dengan kondisi dan tingkat keparahan stroke berdasarkan motor learning dan plastisitas otak. Intervensi rehabilitasi diberikan sesuai dengan kondisi medis, beratnya dampak stroke, medikamentosa yang pasien minum saat itu, kapasitas fungsional

dan kebugaran kardiorespirasi pasien dalam menjalankan program rehabilitasi.

**Tabel 5. Intervensi Rehabilitasi Stroke Fase Akut Masalah Fungsional**

Masalah Fungsional	Intervensi Rehabilitasi
Fungsi Kognisi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rehabilitasi kognitif dapat digunakan untuk gangguan atensi dan konsentrasi. (Rekomendasi C4, Level I2)</li> </ul>
Gangguan ambulasi jalan akibat: <ul style="list-style-type: none"> <li>• hemiparese</li> <li>• hemiaestesia</li> <li>• gangguan vestibular</li> <li>• postural kontrol</li> <li>• gangguan keseimbangan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pasien yang belum mampu berjalan harus berlatih jalan dan atau komponen jalansesuai dengan kemampuan pasien secara berulang dan sesering mungkin (Rekomendasi A)</li> <li>• <b>Ankle foot orthoses, AFO</b> dapat memperbaiki kecepatan jalan, efisiensi energi (energy expenditure) dan pola jalan terutama weight bearing saat menapak</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• gangguan persepsi dan kognisi</li> <li>• pola sinergis dan spastisitas</li> <li>• dekondisi</li> <li>• gangguan kognisi/dementia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Repetitive task training</b>, Latihan jalan untuk meningkatkan kecepatan jalan, jarak tempuh dan ambulasi fungsional harus dilakukan secara berulang dan terus menerus sesuai dengan kondisi pasien yang aman dan nyaman. (Rekomendasi B)1</li> <li>• <b>Electromechanical assisted gait training</b> dengan beberapa metode, antara lain:           <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mechanically-assisted gait dengan treadmill (Body Weight Support Treadmill Training)</li> <li>• Automated mechanical atau robotic. (Rekomendasi B)4</li> </ul> </li> <li>• <b>Gait-oriented physical fitness training</b>, dilakukan pada pasien dengan kondisi medis yang stabil dan aman secara fungsional, untuk memperbaiki ambulasi fungsional. (Rekomendasi A)1</li> <li>• <b>Penguatan otot dilakukan melalui latihan:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Progressive Resistance Exercise (Rekomendasi B)4</li> <li>• Electrical stimulation (Rekomendasi B)</li> <li>• EMG Biofeedback harus dilakukan bersama terapi konvensional (Rekomendasi C)</li> <li>• Functional electrical simulation dapat dipergunakan untuk memperbaiki kecepatan jalan dan/atau efisiensi energi pada drop-foot.</li> </ul> </li> </ul>

(Rekomendasi C)1	
Perawatan diri dan aktivitas sehari-hari akibat <ul style="list-style-type: none"> <li>• hemiparese</li> <li>• hemiaesthesia</li> <li>• grasping dan prehension</li> <li>• gangguan vestibular</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untuk fungsi anggota gerak atas, direkomendasikan hal-hal sebagai berikut, antara lain:               <ol style="list-style-type: none"> <li>1) <b>Constraint induced movement therapy</b>, dilakukan pada pasien yang sudah mampu mencapai ekstensi jari minimal 10 derajat, serta keseimbangan dan kognisi yang baik. (Rekomendasi A4 dan Rekomendasi B1)</li> </ol> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• postural kontrol</li> <li>• gangguan persepsi dan kognisi</li> <li>• pola sinergis dan spastisitas</li> <li>• apraxia</li> <li>• dekontisi</li> <li>• dementia</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2) <b>Mental practice</b>, sebagai terapi adjuvan untuk memperbaiki fungsi anggota gerak atas pasca stroke. (Rekomendasi B4 dan Rekomendasi D1)</li> <li>3) <b>Electromechanical/robotic devices</b>, digunakan untuk memperbaiki fungsi motorik dan kekuatan lengan bila digunakan oleh orang yang profesional. (Rekomendasi A1 dan Rekomendasi B4)</li> <li>4) <b>Repetitive task-specific training</b> (Rekomendasi B4)</li> <li>5) <b>Mirror therapy</b> (Rekomendasi C)4</li> <li>6) <b>Bilateral training</b> (Rekomendasi C)4</li> <li>7) <b>Electromyographic (EMG)</b> (Rekomendasi C)4</li> </ol> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>AKTIVITAS</b></li> <li>• Pasien dengan kesulitan duduk disarankan untuk berlatih dengan cara meraih melebihi panjang lengan (Grade B)3</li> <li>• Pasien dengan kesulitan berdiri sebaiknya mempraktekkan bangun berdiri (Grade A)3</li> <li>• Pasien dengan kesulitan berdiri dilatih dengan cara diberi tugas spesifik dengan umpan balik dapat diberikan untuk pasien dengan kesulitan berdiri (Grade B)4</li> </ul>

Sumber: Konsensus Nasional Rehabilitasi Stroke, 2012.

#### c. Rehabilitasi Stroke Fase 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.

## 1) Assesment

**Tabel 6. Asesmen pada rehabilitasi stroke fase kronik**

Jenis Asesmen	Metode Penilaian	Penilaian
Fungsi mental/kognitif	Asesmen psikologi (Wechsler Scale)	
Fungsi emosional	Hamilton Rating Scale for Depression	
Fungsi menelan		Normal/fungsional dengan kompensasi/non fungsional
Kemampuan komunikasi	Tes Afasia untuk Diagnosis Informasi Rehabilitasi (TADIR)	Normal/terganggu
Kemampuan lokomotor (mobilitas/ambulansi)	Functional Independence Measure (FIM) subskala lokomotor & mobilita	(Jalan/jalan dengan alat bantu/kursiroda/tidak berjalan?? Nilai FIM 1-
Kemampuan aktivitas sehari-hari	Barthel index, Modifikasi Barthel Index, Instrumental Activity of Daily Living (IADL), Functional Independence Measure (FIM)	Mandiri/dibantu sebagian / dibantu penuh
Kemampuan mengontrol BAB/BAK	Functional Independence Measure (FIM)	Normal/kadang-kadang/ selalu terganggu
Kemampuan vokasional		Kembali ke pekerjaan semula/kerja di bidang lain/ tidak bekerja
Ketahanan kardiorespirasi	Timed Up and Go Test (TUG), Nilai Kapasitas fungsional jantung&paru dengan Uji Jalan 6 meni	Nilai TUG normal/tidak normal
Kualitas hidup	LIFE ware system	
Fungsi keluarga	Mc Master FAD (Family Assessment Device)	
Hambatan sosialisasi	Social Integration Scale (WHO)	

Sumber: Konsensus Nasional Rehabilitasi Stroke, 2012

Asesmen fase ini untuk menilai kemandirian/ketergantungan pasien secara menyeluruh, termasuk penilaian mengenai faktor resiko serta penyakit atau kondisi penyulit lain yang mempengaruhi kemandirian pasien. Pemeriksaan penunjang ulang bila diperlukan.

## 2) Intervensi Rehabilitasi Fase Lanjut/Kronis

Intervensi Kedokteran Fisik dan Rehabilitasi pada fase ini dititik beratkan pada mengoptimalkan kemampuan fungsi yang ada, mempertahankan kemampuan fungsional yang telah dicapai dan upaya pencegahan komplikasi sekunder dan tersier. Peran keluarga dan lingkungan ditingkatkan.

**Tabel 7. Intervensi Rehabilitasi Fase Lanjut/Kronis Tujuan Intervensi**

<b>Tujuan</b>	<b>Intervensi Rehabilitasi</b>	<b>Keterangan</b>
Mempertahankan kemandirian	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktif dengan jadwal aktivitas bervariasi</li> <li>• Latihan rekondisi</li> <li>• Konseling berkala</li> </ul>	
Meningkatkan kebugaran fisik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Latihan kebugaran individu/kelompok</li> <li>• Asupan Nutrisi</li> </ul>	Konsultasi gizi medi
Mengembalikan ke tempat kerja	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tetapkan aset dan limitasi fungsional</li> <li>• Latihan rekondisi</li> <li>• Latihan pre- dan vokasional</li> <li>• Pengaturan jadwal kerja sesuai kemampuan</li> <li>• Konseling berkala</li> </ul>	Bekerja sama dengan institusi asal Evaluasi berkala
Pencegahan sekunder dan tersier.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edukasi</li> <li>• Terapi latihan fisik</li> <li>• Konsultasi gizi medik</li> <li>• Konseling berkala</li> </ul>	
Mampu menerima kecacatan menetap	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konseling dan terapi suportif</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edukasi pasien dan keluarga</li> </ul>
Seksualitas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tetapkan kausa</li> <li>• Pilih solusi yang tepat</li> <li>• Edukasi</li> <li>• Medikamentosa</li> <li>• Konseling berkala</li> </ul>

Sumber: Konsensus Nasional Rehabilitasi Stroke, 2012

### II.3 Neuroplastisitas

Neuroplastisitas diartikan sebagai kemampuan struktur otak dan fungsinya yang terkait untuk tetap berkembang karena adanya suatu stimulasi. Stimulasi sensori yang diterima otak memodifikasi struktur dan fungsi bagian otak tertentu yang bersifat stabil, dimana terjadi modifikasi dari jaringan dendrit sel neuron maupun akson, sehingga timbul hubungan antar sel neuron yang lebih banyak. Lebih dari 50 tahun yang lalu Hebb menyatakan bahwa peningkatan efikasi sinaptik terjadi selama proses belajar, dimana firing berulang pada satu sel saraf akan menyebabkan firing berulang pada sel saraf yang lain yang berhubungan. Plastisitas dapat terjadi melalui beberapa proses antara lain perubahan reseptor, *collateral sprouting*, *unmasking of pre-existing pathway*, dan lain-lain (Ward NS & Cohen LG, 2004) (Kusumaningsih W, 2004).

Astrofit berperan aktif dalam plastisitas otak, tidak hanya dengan peran metabolik dan sebagai penghasil faktor-faktor tropik, namun terutama berperan aktif dalam neural signaling dan plastisitas sinaptik. Iskemia merupakan penyebab kuat ekspresi gen di otak. Perubahan elektrofisiologi dan morfometri setelah lesi otak terjadi dengan urutan waktu yang berbeda, mulai beberapa menit atau beberapa jam, sampai beberapa minggu dan beberapa bulan. Perubahan ini kemungkinan berhubungan dengan aktivasi sejumlah gen pada waktu yang berbeda pasca iskemia.

Telah lama diketahui bahwa peningkatan input sinyal dari modalitas sensori

melalui beragam cara dapat meningkatkan plastisitas di otak. Proses sensorik, mencakup penglihatan, pendengaran, propriosepsi, sentuhan, dan tekanan dapat menimbulkan umpan balik (feedback) dari suatu gerakan.

Biofeedback sebenarnya merupakan suatu "*biobehavioral feedback*". Penderita berusaha mengkonsentrasikan diri untuk memerintahkan atau mengontrol aktifitas yang diinginkannya (*system forward*). Secara anatomis fisiologis *biofeedback* menggunakan komponen aferen dalam hal ini eksteroseptif yaitu berbagai informasi visual, auditori, ataupun informasi yang berasal dari reseptor-reseptor kutancus dan proprioseptif.

Keseluruhan informasi diteruskan menuju ke area korteks somatosensori untuk diolah di area tersebut dan di hipokampus, kemudian disimpan kembali dalam suatu pola atau cetakan tertentu sebagai engram sensorik. Bila pola yang tepat sudah "dipelajari" oleh korteks sensorik, maka engram memori tersebut digunakan untuk memulai suatu gerakan motorik melalui komponen eferen yang terdiri dari korteks motorik, basal ganglia, dan traktus descending motorik. Jadi sebenarnya pola gerakan ikut dikontrol oleh korteks sensorik, bukan oleh korteks motorik semata. Bila terjadi disfungsi serebral, sistem motorik akan gagal mengikuti pola yang sudah ada, untuk itu diperlukan suatu sinyal sensorik yang memberikan umpan balik ke korteks untuk memperbaiki kegagalan tersebut (Ward NS & Cohen LG, 2004) (Kusumaningsih W, 2004).

Perubahan plastis terjadi pada level kortikal melalui beberapa cara: (Blanton & Wolf SL, 2006) (Kusumaningsih W, 2004).

- *Unmasking of existing connections*

Salah satu mekanisme yang mungkin terjadi pada reorganisasi representasi kortikal adalah unmasking pada hubungan sinaptik yang sudah ada namun secara fungsional lemah, melalui fasilitasi atau inhibisi intrakortikal. Teori unmasking berdasarkan asumsi bahwa terdapat sejumlah besar hubungan sinaptik yang tersembunyi di korteks. Hubungan ini dapat dibuka, atau diperkuat melalui stimuli yang sesuai,

misalnya perubahan dalam aktivitas.

- Perubahan eksitabilitas: secara umum atau melalui *Long term potentiation and long term depression* (LTP/LTD)

Perubahan umum yang terus-menerus pada eksitabilitas neuron dapat meningkatkan kemungkinan firing pada satu neuron atau sekelompok neuron. Potensiasi jangka panjang dan depresi jangka panjang merupakan mekanisme perubahan efikasi sinaptik pada hipokampus dan neokorteks pada kondisi tertentu, LTP dan LTD merupakan bentuk paling kuat untuk modifikasi transmisi sinaptik yang menetap sebagai respon terhadap stimulus ringan, dan merupakan mekanisme dasar seluler untuk proses belajar dan memori. Perubahan farmakologis atau modulasi keseluruhan pada plastisitas MI Beberapa faktor berperan dalam efek modulasi pada reorganisasi korteks motorik. Neuromodulator seperti asetilkolin dan norepinefrin dikatakan dapat mempengaruhi lokasi dan insidensi plastisitas sinaptik.

- Neurogenesis pada korteks motorik

Neurogenesis pada korteks mamalia dewasa masih kontroversial apakah dapat terbentuk neuron baru. Kebanyakan bukti terbaru menyatakan bahwa pada korteks motorik primata mayoritas sel baru adalah mikroglia atau astrosit, bukan neuron.

- Sinaptogenesis pada korteks motorik

Lebih dari 30 tahun yang lalu, penelitian Raisman (1969) pada hipokampus dan struktur yang berhubungan menunjukkan adanya peningkatan jumlah hubungan sinaptik pada nucleus septal setelah terjadi kerusakan pada salah satu inputnya. Pada individu normal, sinaptogenesis merupakan proses penting perkembangan. Pengalaman, terutama pembelajaran gerakan terampil (*learning of skilled task*), akan meningkatkan kepadatan sinaptik pada berbagai area otak orang dewasa.

Mekanisme kerja sel saraf merupakan dasar proses pembelajaran neural dan memori. Bilamana suatu sel neuron aktif, maka hubungan antar

sinapsnya pun menjadi lebih efektif. Keefektifannya bisa disebabkan karena peningkatan eksitasi sinaps jangka pendek, seperti yang terjadi pada memori jangka pendek atau terjadi suatu perubahan struktural dari sinaps sinaps tersebut, seperti yang terjadi dalam memori jangka panjang. Perubahan plastis pada sinaps adalah mekanisme yang mendasari proses pembelajaran neural dan memori. Dalam proses pembelajaran neural pada manusia, tingkat kesadaran, kewaspadaan (*arousal*), atensi, konsentrasi dan motivasi merupakan komponen-komponen penting dalam melaksanakan tugas sensorimotor atau psikomotor (*performance*) tertentu.

Pada proses pembelajaran neural terjadi modifikasi dalam kekuatan hubungan antar neuron (*neural network*) yang khas bagi tiap individu (amat individual). Berbagai bukti menemukan bahwa modifikasi hubungan antar neuron tergantung dari impuls jaras sensorik (*sensory pathway*) dan sifat stimulasi sensorik. Representasi somatosensori di kortikal bersifat plastis dan diinduksi melalui berbagai cara, antara lain melalui berubahnya atau hilangnya impuls yang diperoleh (Kusumaningsih W, 2004).

### II.3.1 Hubungan Neuroplastisitas Dengan Games

Neuroplastisitas adalah perubahan secara structural dan fungsional sebagai respon terhadap stimulus lingkungan, kognitif atau pengalaman tingkah laku yang merupakan kemampuan otak dan system saraf manusia. Kata *plasticity* digunakan oleh William James dalam buku teks klasik yang berjudul *Principles of psychology* (1890) yang menjelaskan bahwa sirkuit saraf selalu berulang kali terbentuk (*repeatedly engaged*), menjadi lebih dalam, lebih luas dan lebih kuat (Gjelsvik Bente, 2008).

Neuroplastisitas dapat dialami oleh otak baik yang mengalami cedera ataupun otak yang sehat. Teori dasar plastisitas terutama berpijak pada mekanisme *long term potentiation* (LTP) yang dicetuskan oleh Donald Hebb

dengan teori belajar yang diungkapkannya berupa —*cells that fire together, wire together*. Dengan demikian, plastisitas terjadi melalui penguatan sinaptik (aktivitas pre dan pasca synaps) yang dipicu adanya sumasi temporal dan spasial yang persisten. Teori ini dikenal dengan *Hebbian plasticity* atau *Hebbian Rules* (Zeiler SR & Krakauer JW, 2013).

Stroke akut meningkatkan kemampuan plastisitas yang lebih tinggi pada area lesi dibandingkan keadaan normal pada saat periode kritis maupun pasca stroke kronis selama latihan dengan metode *task-specific learning*. Bukti-bukti dari studi pemetaan otak menunjukkan bahwa reorganisasi otak yang terjadi pasca stroke berkaitan dengan pemulihan fungsi motorik yang juga dipengaruhi oleh latihan-latihan dalam program neurorehabilitasi (Zeiler SR & Krakauer JW, 2013).

Latihan motorik akan mendorong neuroplastisitas pada pemulihan pasca stroke baik pada saat pemulihan neurologis spontan maupun pada pemulihan fungsional (adaptif) (Takeuchi N, 2013). Pemulihan fungsional yang optimal tidak hanya dipengaruhi oleh pemulihan neurologis namun juga dipengaruhi aktivitas intrinsik pada jaringan yang masih aktif sepanjang jarak motorik, fungsi kognitif, dan latihan progresif (kualitas dan intensitas), motivasi, dan dukungan keluarga (Teasell R & Hussein N, 2014). Motivasi yang tinggi dan atensi akan memicu sekresi neuromodulator seperti dopamin dan asetilkolin yang terbukti dapat meningkatkan kecepatan potensial aksi pada synaps dan perubahan pemetaan kortikal. Sedangkan motivasi yang buruk atau upaya yang minimal membuat koneksi synaps semakin lemah dan lambat sehingga terjadi apoptosis (Ploughman M. A, 2002).

Latihan yang terjadi pada fase awal rehabilitasi dipercaya memiliki dampak yang signifikan pada mekanisme neuroplastisitas. Program *compensatory approach* yang menekankan pada pencapaian target aktivitas fungsional dengan menggunakan kemampuan fungsional pasien yang masih ada (lengan non paretik) dapat menyebabkan terjadinya fenomena *learned nonuse*. *Learned non-*

use adalah salah satu bentuk plastisitas maladaptif dari kelemahan motorik pasca stroke. Plastisitas maladaptif dapat menimbulkan masalah baru berupa nyeri dan kontraktur sehingga memperburuk luaran fungsional. Pola gerakan kompensasi pasien pasca stroke (*learned non-used phenomenon*) yang berupa penggunaan lengan atas dan otot-otot trunkal yang lebih sedikit mengalami kelemahan dibandingkan ekstremitas bawah, membantu pasien melakukan beberapa aktivitas fungsional seperti meraih suatu benda, namun berpotensi menimbulkan cedera dan nyeri sendi akibat elevasi skapula, abduksi bahu dan rotasi internal. Begitu pula gerakan kompensasi ekstremitas bawah untuk meningkatkan kecepatan berjalan dengan ayunan kaki yang lebih tinggi pada tungkai non paretik akan berdampak negatif terhadap *experiencedependent plasticity* pada hemisfer lesi. Begitu pula dengan metode kompensasi dalam rehabilitasi yang menekankan pencapaian aktivitas fungsional melalui latihan berulang-ulang untuk kemampuan fungsional tertentu dengan pemberian alat bantu, perubahan pola gerakan dan perubahan lingkungan menyebabkan tidak terfasilitasinya neuroplastisitas yang optimal sehingga terjadi plastisitas maladaptif (Teasell R & Hussein N, 2014).

Plastisitas maladaptif juga dapat dicegah dengan program rehabilitasi yang tepat dengan menghindari latihan berlebihan pada otot-otot proksimal dan penggunaan ekstremitas non paretik bila pasien memiliki disabilitas ringan-sedang, namun, bila pasien mengalami disabilitas motorik berat maka bilateral arm training bermanfaat karena akan meningkatkan keseimbangan eksitabilitas kedua hemisfer (Takeuchi N, 2013).

Ilmu rehabilitasi konvensional yang lebih fokus pada metode kompensasi (*compensatory approach*) dan menetapkan pola plateau 3-6 bulan dipandang kurang tepat. Pencitraan fungsional dan studi pada binatang telah membuka wawasan para ahli mengenai mekanisme yang mendasari pemulihan fungsional dan memahami bahwa sebagian besar pemulihan neurologis spontan terjadi dalam 1-3 bulan pertama lalu diikuti pemulihan fungsional (adaptif) pada 6 bulan

berikutnya dan terus berlangsung sepanjang hidup. Pasien stroke dengan defisit neurologis berat masih memiliki harapan untuk pemulihan (*recovery*) bila menjalani program rehabilitasi yang tepat dalam waktu 3 sampai 6 bulan pertama setelah serangan. Implementasi rehabilitasi multidisiplin pada fase akut dan subakut memungkinkan 60-75% pasien meraih kembali kemampuan berjalan dan 50% pasien mampu melakukan ADL secara mandiri. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa estimasi kegiatan pasien yang dirawat di unit stroke hanya 20% dari 24 jam yang digunakan untuk rehabilitasi aktif, 53% berbaring di tempat tidur dan 28% latihan duduk (Dobkin BH, 2004) (Bruno-Petrina AB, 2010), (Murie-Fernández M, et.al, 2010).

Sebuah tinjauan Cochrane baru-baru ini menilai efek pengobatan *virtual reality* (VR) pada pemulihan motorik, gaya berjalan, keseimbangan, fungsi kognitif dan aktivitas hidup sehari-hari (ADL) pada pasien stroke, dimana ia menemukan, khususnya untuk pengobatan ekstremitas atas, pendekatan VR dapat menghasilkan hasil fungsional yang lebih baik daripada terapi konvensional. Bermain game telah terbukti memiliki banyak efek perilaku dan fisiologis yang positif, yang mengarah pada peningkatan yang berarti pada tindakan kognitif, motorik, dan afektif. Secara neurofisiologis, peningkatan gerakan fisik, menjadi peluang untuk aktivitas bilateral dan peningkatan *biofeedback* yang tentunya dapat membantu menginduksi neuroplastisitas (N Barrett, et.al, 2016).

Perilaku motorik berperan dalam adaptasi neuroplastik di otak pada pasien paska stroke dengan melindungi neuron yang tersisa dan memproduksi/memperkuat koneksi neuron. Terdapat keuntungan terapi berbasis VR/permainan, dimana salah satu keuntungan utamanya adalah dapat meningkatkan motivasi sehingga meningkatkan jumlah kepatuhan latihan dan, akibatnya, tingkat peningkatan kinerja. Sehingga telah disarankan bahwa untuk mempengaruhi perubahan yang terjadi kortikal, setidaknya dibutuhkan 20 jam pelatihan, atau 300-400 pengulangan dari satu gerakan, meskipun perubahan

neuroplastik pada otak primata telah terbukti sebagai hasil dari sebanyak 12.000 pengulangan selama 11 hari. Oleh karena itu, ketergantungan pada terapi yang ada saja untuk mempromosikan perubahan neuroplastik mungkin tidak selalu praktis, karena angka-angka ini jauh di atas apa yang diajukan penelitian dimana dosis yang dapat dicapai dalam praktik klinis adalah : 4 jam pelatihan per minggu dan hanya 30 pengulangan gerakan tunggal dalam sesi rehabilitasi tradisional (N Barrett, et.al, 2016).

Pengalaman dan latihan mempengaruhi plastisitas pasca stroke periode *late recovery*. Gerakan yang lebih trampil menunjukkan synaps yang lebih banyak dan kuat di antara kelompok neuron. Neuron-neuron kortikal mengalami depolarisasi dengan level berbeda-beda tergantung pada arah, akselerasi, dan kekuatan gerak dan jangkauan dalam meraih barang ataupun melangkah. Umpan balik sensorik, seperti propioseptik memiliki efek penting pada kemampuan motorik tingkat kortikal dan spinal sehingga terbentuk kembali integritas sensorimotorik.

Reorganisasi neurologis berperan penting dalam rehabilitasi fungsional namun membutuhkan waktu lebih lama dan sangat dipengaruhi oleh pelaksanaan latihan dalam rehabilitasi di mana gerakan pada tangan yang terkena lesi menimbulkan tiga pola reorganisasi kortikal yang mungkin terjadi secara bersamaan yaitu aktivasi motorik korteks bilateral yang lebih besar (disertai rekrutmen jaringan motorik *ipsilateral/unaffected hemisphere*), peningkatan rekrutmen dari area kortikal sekunder seperti daerah motor tambahan (*supplementary motor area/SMA*) dan korteks premotor pada hemisfer kontralateral dan rekrutmen yang terjadi sepanjang tepi kortikal infark. Perubahan perilaku tidak selalu berbanding lurus dengan neuroplastisitas karena perubahan yang terjadi dalam neuroplastisitas merupakan perubahan pada tingkat seluler dengan dan atau tanpa perubahan perilaku yang dapat diamati, namun keduanya saling terhubung secara bidireksional. Neuroplastisitas mendukung perubahan perilaku dalam pemulihan fungsi menjadi normal kembali

dan sebaliknya bagaimana suatu perilaku mendukung proses neuroplastisitas sehingga terjadi pemulihan struktur saraf.

### II.3.2 Hubungan Mirror Terapi Dengan Neuroplastisitas

*Mirror therapy* (MT) adalah teknik neurorehabilitasi berdasarkan neuroplastisitas dan dirancang untuk meningkatkan fungsi motorik ekstremitas atas pada pasien dengan hemiparesis berat setelah stroke. Berbagai uji klinis telah menunjukkan bahwa MT adalah pengobatan yang efektif untuk pemulihan ekstremitas atas pada pasien yang mengalami stroke subakut. Vandana et al mengevaluasi efek MT pada pemulihan motorik ekstremitas atas, kelenturan dan fungsi terkait tangan pasien yang mengalami stroke subakut dan hemiparesis berat (stadium II-IV dari Skala Brunnstrom). Lisalde-Rodriguez et al menunjukkan bahwa MT dikombinasikan dengan terapi konvensional terbukti efektif dalam meningkatkan fungsi motorik ekstremitas paretik atas tetapi tidak fungsi keseluruhan pasien. Dalam studi lain, MT dikombinasikan dengan pelatihan berorientasi tugas dalam sesi pengobatan yang sama menunjukkan hasil yang signifikan secara statistik dalam fungsi ekstremitas atas dan kinerja ADL pada pasien. Kim et al yang melibatkan 25 pasien yang mengalami stroke telah mengkonfirmasi efektivitas intervensi antara MT yang dikombinasikan dengan pelatihan berorientasi tugas daripada terapi konvensional. MT dikombinasikan dengan pelatihan berorientasi tugas adalah metode yang paling efektif dalam rehabilitasi fungsi ekstremitas atas yang terpengaruh dan kinerja ADL (Gonzalez- Santos J, et.al, 2020).

Tujuan MT, yang dikembangkan oleh Ramachandran dan Rogers adalah untuk meningkatkan fungsi motorik dari ekstremitas atas yang terkena. Dalam terapi ini, pasien dipandu sedemikian rupa sehingga perhatian terpusat pada refleksi ekstremitas atas yang sehat di cermin seolah-olah sebagai yang terkena. Pengamatan gerakan normal di cermin memberikan umpan balik visual positif dan meningkatkan aliran informasi proprioseptif dan mengaktifkan neuron dan

korteks premotor, sehingga meningkatkan fungsionalitas ekstremitas atas yang terkena. Sejumlah penelitian telah menunjukkan manfaat MT dalam rehabilitasi fungsi motorik ekstremitas atas, kinerja ADL dan ambang nyeri pasien yang mengalami stroke (Radajewska A, et.al 2013) (Brunetti M, et.al, 2015) (Novaes MM, 2018) (Paik Y- R, et.al, 2014).

## **II.4 Exergame**

### **II.4.1 Definisi Exergame**

*Exergame* berasal dari kata "*exercise*" dan "*video games*", yang digambarkan sebagai sebuah *video game* yang mengharuskan peserta untuk aktif secara fisik atau berolahraga saat bermain *game* (van Santen, 2018). *Exergame* terdiri dari latihan fisik seluruh tubuh yang dilakukan melalui *video game* aktif yang membutuhkan motorik kasar, koordinasi visual-spasial, keseimbangan, dan pengeluaran energi yang sebanding dengan intensitas sedang aktivitas fisik (Mura et al, 2017).

Pemain harus melibatkan motorik melalui penggunaan bentuk virtual yang dipilih pemain (avatar) untuk berpartisipasi dalam *exergame*. *Exergame* menggunakan perangkat seperti remote kontrol genggam, papan keseimbangan, dan kamera inframerah, avatar akan melakukan gerakan pemain di layar secara berurutan untuk memberikan umpan balik visual langsung dari akurasi gerakan. Pengontrol genggam harus dipegang dan dipindahkan dengan cara yang sama peralatan olahraga (misalnya, raket tenis) dipegang pada kenyataannya. Selain itu, sensasi ditingkatkan oleh getaran pengontrol genggam dan umpan balik pendengaran, sehingga memberikan pemain sensasi realistik penuh dalam realitas virtual permainan (yang disebut "komunikasi haptik atau kinestetik"). *Exergame* umum adalah yang dipasarkan oleh Nintendo® (Nintendo Wii Fit™ dan *Dance Dance Revolution™*), Microsoft ® (Microsoft Xbox Kinect®), dan Sony® (Sony Eye Mainan®) (Mura et al, 2017).

*Exergame* dapat dianggap menjalankan tugas ganda karena permainan

yang dilakukan oleh pemain dan videogame ini membutuhkan fungsi kognitif dan motorik secara bersamaan. Interaksi terjadi melalui akselerometer, pengukur regangan atau kamera yang merekam gerakan yang dilakukan oleh gamer dan mengirimkan sinyal-sinyal ini melalui nirkabel atau inframerah ke perangkat. Gambar-gambar ini dihasilkan dan diproyeksikan pada layar. Hal ini memungkinkan individu untuk dapat berinteraksi dengan lingkungan virtual melalui gerakan tubuhnya, membutuhkan kemampuan kognitif seperti persepsi spatiotemporal, memori kerja dan eksekutif. fungsi. Perlunya melakukan gerakan terkoordinasi secara bersamaan dengan peristiwa lingkungan virtual menyebabkan individu menerima beban stimulus kognitif dan fisik (Monteiro-Junior et al, 2016).

#### II.4.2 Sejarah Exergame

Sejarah *exergame* dimulai dengan Atari "Joyboard" untuk model konsol game 2600 pada tahun 1980. Perangkat input *Joyboard* adalah papan keseimbangan yang dirancang untuk digunakan dengan permainan ski salju (Gambar 4) (Finco & Maass, 2014).



**Gambar 4. Tampak Joyboard dari atas dengan Kotak permainan (Finco & Maass, 2014)**



**Gambar 5. Puffer Atari Project's game (Finco & Maass, 2014)**

Pada tahun yang sama, Atari mengembangkan proyek "Atari Puffer" (Gambar 5) yang akan menjadi game pertama yang menggabungkan latihan dan game, yang akan dianggap sebagai *exergame* pertama yang dijual di pasar video game. Proyek Puffer hampir diluncurkan ke pasar tepat pada tahun 1982 namun karena alasan keuangan dari industri video game, game tersebut tidak dapat diluncurkan. Atari mengumumkan kebangkrutannya pada tahun 1982 (Finco & Maass, 2014). Atari Puffer menghubungkan pengontrol sepeda olahraga ke sistem video game. Mengayuh sepeda akan memulai kendaraan virtual bergerak dan memberi pemain latihan (van Santen, 2018). Dengan aksi bersepeda di sebuah sepeda stasioner pada versi Atari 400/800 dan 5200, para pemain dapat mengontrol kecepatan karakter yang dirancang untuk permainan *Tumbleweeds* dan *Jungle River Cruise* (Finco & Maass, 2014).

Pada tahun 1988 perusahaan Nintendo meluncurkan prototipe yang disebut "Power Pad", dengan distribusi dua belas sensor pada matras plastik bersama dengan permainan (Gambar 6) (Finco & Maass, 2014). 'Power Pad' tersedia untuk memungkinkan para peserta bersaing dalam permainan yang mengharuskan para pemain untuk menginjak bantalan berwarna untuk berinteraksi dengan permainan. Bantalan tersebut berisi perangkat penginderaan tekanan yang terjepit di antara dua lapisan plastik fleksibel dan memiliki dua sisi yang ditandai dengan lingkaran berwarna yang menunjukkan di mana sensor tekanan berada (Kooiman et al, 2015).



**Gambar 6. Tampak layar awal permainan World Class Track Meet dengan Power Pad (Finco & Maass, 2014)**

Di antara game yang diluncurkan setelah platform *Power Pad Nintendo*, adalah *Dance Aerobics*, diluncurkan pada Maret 1989. Ini adalah salah satu permainan pertama yang membuat revolusi untuk permainan dansa pada dekade 1990. Bagian terbesar dari permainan yang dikembangkan untuk Power Pad ditawarkan kepada para atlet pada waktu itu. Namun demikian, dengan sistem teknologi pelatihan yang tidak akurat untuk kebutuhan atlet, permainan ini kehilangan tempat untuk kelompok sasaran khusus ini, yang lebih peduli dan memberikan prioritas lebih tinggi untuk lingkungan pelatihan mereka sendiri yang nyata dan spesifik (Finco & Maass, 2014).

Pada tahun 1992, variasi baru muncul untuk memasok pasar kebugaran yang muncul pada dekade 1990, terutama dengan game baru *Tectrix VR Bike* dan *VR Climber* yang keduanya dikembangkan oleh *CyberGear*. Keduanya banyak ditawarkan ke pusat kebugaran, tetapi tidak menjadi sukses besar saat itu karena harganya sangat mahal, mencapai sekitar 28.000 dolar AS. Perangkat *Tectrix VR Bike* dianggap sebagai game pertama *Virtual Reality*, karena selain memiliki perbedaan ergonomis pada peralatannya (posisi sepeda ergonomis - Gambar 7), mesin ini melepaskan udara melalui bagian bawah layar, memungkinkan perasaan bersepeda di lingkungan luar saat pengguna melakukan aktivitas. *VR Climber* juga menawarkan kesempatan interaksi tubuh yang sama, namun dengan langkah peralatan gym, yang melibatkan gerakan kaki bergantian (seperti gerakan yang sama untuk menaiki tangga), melalui

interaksi ini memungkinkan untuk memindahkan karakter permainan (Finco & Maass, 2014). Enam lingkungan virtual yang berbeda (untuk memindahkan karaktergame) tersedia untuk pengguna, semuanya disimpan di *Compact Disc* yang dimasukkan untuk memulai game. Satu versi baru untuk Bike VR juga dikembangkan untuk Angkatan Darat AS, berdasarkan game perang, di mana dimungkinkan untuk mengontrol tank perang dengan game klasik Battlezone.



**Gambar 7. Game Tectrix VR Bike dan VR Climber dengan respective interfaces (Finco & Maass, 2014)**

Dengan cara ini, dengan menggerakkan pedal sepeda stasioner, pengguna dapat memindahkan tank perang dan berinteraksi dengan pengguna lain yang bermain pada saat yang sama, menjadi game multipemain pertama (Finco & Maass, 2014). Pada tahun 1996, Namco mengembangkan game *Alpine Racer*, sebuah game simulasi ski yang dianggap inovatif saat itu karena mekanisme interaksinya. Alih-alih *joystick*, dimungkinkan untuk mengontrol permainan dengan gerakan, di mana pengguna dapat berdiri di atas *platform* keseimbangan (ditunjukkan pada Gambar 8). Pemain bisa bergerak seperti di trek ski, menggunakan bar vertikal untuk mendukung keseimbangan tubuh (Finco & Maass, 2014).

Diluncurkan pada tahun 1998, mesin *Dance Dance Revolution* (DDR) (Gambar 9) yang diproduksi oleh Konami menduduki ekspansi penting di banyak tempat hiburan dengan permainan elektronik (pusat perbelanjaan dan pusat

permainan) dan menjadi sukses besar di kalangan anak-anak, remaja dan dewasa muda yang ditantang oleh gerakan ritme dan langkah-langkah menari untuk berinteraksi dengan tugas-tugas permainan (Finco & Maass, 2014) (Nurkkala et al, 2014)



**Gambar 8. Game Arcade Alpine Racer (Finco & Maass, 2014)**



**Gambar 9. Game DDR (Finco & Maass, 2014)**

Pada tahun 2000-an, melihat peningkatan dalam olahraga karena banyak masalah yang mengganggu permainan sebelumnya diselesaikan dalam permainan seperti *Cat-Eye Game Bike (Cat Eye Fitness)*, *Exertris Interactive Gaming Bike (Exertris)*, *EyeToy: Kinetic (Nike Motionworks)*, *Gamercize (Gamercize)*, dan *Wii Fit (Nintendo)* (Nurkkala et al, 2014). *Wii Fit* (Gambar 10), dirilis pada 2006, dikembangkan oleh Shigeru Miyamoto dan pencipta game

Nintendo populer lainnya yaitu Mario dan Donkey Kong. Dengan konsol game Wii, Nintendo adalah game yang pertama memperkenalkan teknologi pengontrol penginderaan- gerak (*motion-sensing controller technology*) yang terjangkau ke rumah orang- orang di seluruh dunia dan dengan cepat menjadi pemimpin pasar hingga menjual lebih dari 20 juta unit di seluruh dunia.

Pengontrol gerak Wii adalah perangkat genggam yang berisi sebuah 3-axis accelerometer, sebuah kamera inframerah dengan kecepatan tinggi dan resolusi tinggi, sebuah *speaker*, sebuah *vibration motor*, dan *wireless Bluetooth connectivity* yang memungkinkan pemain untuk mengontrol permainan dengan menggerakkan remote kontrol secara fisik dalam jarak 10 meter. Pada bulan April 2007, Nintendo merilis papan keseimbangan (*balance board*) Wii sebagai bagian dari paket Wii Fit. Balance board berisi empat transduser yang memberikan informasi yang berkaitan dengan distribusi kekuatan pemutar selama bermain game dan memiliki koneksi nirkabel ke konsol permainan (Maroni, 2016).

Permainan Wii Fit oleh Nintendo ini, menggunakan balance board, tidak menawarkan permainan aktif seperti ski, yoga, menari atau olahraga lainnya, tetapi paket lengkap yang menawarkan rekomendasi untuk mengikuti tugas, tujuan, pengeluaran kalori dan waktu per hari atau minggu selama bermain. Sistem ini benar-benar mendekati pengguna dengan prinsip-prinsip utama active living, biasanya dipromosikan dengan berlatih setidaknya 30 menit per hari dari aktivitas fisik apa pun. Juga, Wii Fit dapat dianggap sebagai —home fitness centerll, menjadi lebih nyaman bagi orang yang pemalu dan introspektif untuk mengunjungi gym dan pusat kebugaran. Balance board Wii Fit menjadi salah satu interface yang sukses untuk *exergame* juga di kalangan orang dewasa dan manula, yang sejauh ini tidak terlalu akrab dengan penggunaan video game, membuat olahraga menjadi kesempatan yang menyenangkan dan menghibur bagi pengguna (Finco & Maass, 2014).



**Gambar 10. Konsol game Nintendo Wii dengan seorang gamer yang menggunakan balance board Wii Fit dari Nintendo (Finco & Maass, 2014) (Maroni, 2016)**

Pada tahun 2009, *PlayStation* merilis game platform pengontrol penginderaan-gerak untuk *PlayStation 3*, dengan pengontrol gerakan *PlayStation Move* dan kamera *PlayStation Eye* (Gambar 11).



**Gambar 11. Pengontrol PlayStation Move dan kamera Eye (Maroni, 2016)**

Move adalah tongkat pengontrol menggunakan RGB (model warna merah, hijau, dan biru), *light-emitting diodes* (LED) dan berisi sebuah 3-axis *accelerometer*, sebuah 3-axis *gyrosensor*, dan sebuah sensor geomagnetik, yang memungkinkan pengguna berinteraksi dengan konsol melalui gerakan dan

posisi di depan kamera. Bentuk yang seragam dan ukuran bola cahaya yang diketahui memungkinkan sistem untuk menentukan jarak pengontrol dari kamera melalui ukuran gambar cahaya, sehingga memungkinkan posisi pengontrol untuk dilacak dalam tiga dimensi dengan presisi dan akurasi tinggi (Maroni, 2016).

Pada tahun 2010, Microsoft memperkenalkan *Microsoft Xbox 360 Kinect* (Gambar 12) yang terdiri dari *depth camera*, sebuah kamera RGB, sebuah proyektor pola bintang laser inframerah, dan mikrofon *multi-array*, memberikan tambahan fungsionalitas ke konsol game penginderaan-gerak dengan memungkinkan deteksi kedalaman pemain. Hal ini memberi Kinect kemampuan untuk mengenali seluruh gerak tubuh dalam 3D, memungkinkan pemain untuk mengontrol game tanpa perlu perangkat pengontrol tambahan (Maroni, 2016). Kinect merupakan perangkat *exergame* yang menggunakan teknologi penginderaan-gerak untuk mengontrol game (pengguna menjadi pengontrol game dengan menggunakan perintah lisan). Kinect muncul sebagai teknologi baru yang memungkinkan pengguna berinteraksi dengan semua kemungkinan gerakan tubuh: lengan, kepala, pinggang, dan kaki (Finco & Maass, 2014).



**Gambar 12. Kamera Microsoft Kinect (Finco & Maass, 2014) (Maroni, 2016)**

Kinect berisi perangkat input unik dan telah mendapatkan daya tarik bagi mereka yang memainkan game, mereka yang mengembangkan game, dan dengan mereka yang meneliti *exergaming*. Sistem Kinect adalah satu-satunya produk yang memungkinkan permainan bebas tanpa perlu pemain memegang atau berdiri di atas peralatan untuk memberikan umpan balik ke konsol. Perangkat input unik ini memungkinkan pemain untuk berpartisipasi hanya dengan berdiri di depan sensor gerak. Gerakan tubuh bagian atas dan bawah

dari lengan, kaki, dan dada diterjemahkan sebagai gerakan ke avatar pemain di layar. Kemampuan untuk berinteraksi dengan permainan secara mulus memisahkan sistem Xbox dari sistem lain yang tersedia. Perangkat input ini adalah hasil dari pendekatan yang berbeda dari Microsoft terhadap inovasi teknologi yang tersedia untuk membuat rilis konsol generasi ketujuh (Maroni, 2016) Siklus baru konsol *PlayStation* dan Xbox dirilis pada November 2013. Kedua sistem dimaksudkan untuk menawarkan peningkatan kemampuan permainan mereka. '*PlayStation 4*' menampilkan perangkat input Move baru yang ditingkatkan yang mampu meningkatkan permainan genggam dan permainan *exergame*. *Xbox One* menyertakan fungsionalitas Kinect 2.0, yang mampu melacak enam kerangka dan merespons perintah suara sambil memantau detak jantung dan melacak gerakan tubuh yang lebih rumit. Perangkat input Kinect tampaknya lebih ditargetkan ke nongamer sedangkan perangkat input Move lebih ditargetkan ke gamer (Maroni, 2016).

Sistem *Xbox Kinect* (XBOX 360, Kinect, Microsoft Inc) adalah teknologi *video game* komersial yang menyediakan tubuh kontrol karakter virtual animasi. Perangkat ini dapat mengenali dan lacak pergerakan pengguna secara real time tanpa membutuhkan pengontrol khusus, melalui kamera inframerah sensor. Itu tidak memerlukan tombol untuk ditekan untuk gerakan untuk dikenali, memungkinkan pengguna dengan gangguan keterampilan motorik juga memainkan permainan secara efektif.

Tren lain untuk *exergame* adalah game online besar-besaran. *Massive Multiplayer Online Games* (MMOG) telah memperluas *video game* dan memperkenalkan elemen sosial ke komunitas permainan yang membuka jendela kesempatan baru untuk berolahraga. Dengan popularitas genre game ini, melibatkan pemain dalam platform kebugaran sambil memberikan tantangan hiburan, sosial, dan kognitif. Game berjejaring menyediakan tempat bagi para pemain untuk melakukan aktivitas, acara, dan lingkungan virtual mirip dengan pengalaman seorang turis yang melakukan perjalanan ke lokasi baru (Maroni, 2016).

Exergaming telah berkembang sejak akhir 1980-an dan semakin populer diparuh kedua tahun 2010-an, karena grafik *video game* yang lebih baik dan pengenalan game baru di aplikasi seluler dan tablet (Finco & Maass, 2014). Teknologi yang sedang berkembang, seperti *smartphone* dengan aplikasi tipe *exergame*, smart watch, atau smart glasses dapat memungkinkan peningkatan realisme melalui permainan virtual dan seluler. Pada 2016, ACSM menyatakan bahwa *exergame* baru dibuat setiap bulan karena permintaan dari pengguna muda hingga yang lebih tua meningkat. Organisasi tersebut memperkirakan bahwa seiring dengan semakin matangnya industri, *exergaming* akan menjadi semakin populer (Maroni, 2016).

#### **II.4.3 Tipe Exergame**

*Exergame* ditandai dengan kemungkinan kombinasi dari latihan aerobik, latihan kekuatan dan latihan kognitif ke dalam berbagai mode pelatihan multikomponen (Stojan dan Voelcker-Rehage, 2019). Dengan asumsi bahwa *exergame* memungkinkan menggabungkan stimulasi kognitif dengan latihan fisik dan/atau motorik, Torre dan Temprado dalam review dan meta-analisisnya mengategorikan *exergame* menurut tiga jenis asosiasi pelatihan gabungan (Torre dan Temprado, 2022):

1. *Physical-cognitive training* (PCT) adalah latihan dimana stimulasi kognitif yang disampaikan melalui lingkungan 3D atau realitas virtual yang dikaitkan dengan upaya kardiovaskuler tingkat rendah hingga sedang dalam situasi tugas yang tidak melibatkan gerakan seluruh tubuh yang kompleks atau gerakan terkoordinasi dari ekstremitas atas yang kompleks. Dengan kata lain, latihan ini merupakan kombinasi stimulasi kognitif dengan *endurance* (aerobik) dan/atau muscular resistance training. Contoh *exergame* pada kategori ini yaitu penggunaan sepeda stasioner dengan virtual reality tour (cyber-cycle Espresso™) yang memungkinkan untuk mengontrol dan merekam durasi dan intensitas latihan aerobik saat berinteraksi dengan lingkungan gamified 3D ditampilkan di layar. Interaksi itu dioperasikan berkat gerakan amplitudo kecil

yang terdiri dari mengangkat/mendorong pegangan (yaitu atas/bawah), terletak di kedua sisi sadel.

2. *Motor-cognitive training* (MCT) adalah jenis latihan dimana situasi pelatihan diperlukan melakukan gerakan seluruh tubuh yang kompleks, tugas melangkah, dan/atau gerakan terkoordinasi ekstremitas atas dalam kaitannya dengan stimulasi kognitif yang disajikan dalam lingkungan digital. Jenis latihan ini mengacu pada kombinasi pelatihan keterampilan motorik yang kompleks dan stimulasi kognitif tambahan, dengan upaya *endurance* kardiovaskular yang rendah. MCT pada dasarnya terdiri dari latihan singkat yang memiliki kesamaan membutuhkan keseimbangan kontrol, menahan beban dan melangkah ke arah yang berbeda, atau berjalan di tempat. Contohnya (i) *exergame* multi-komponen dengan latihan di rumah (Active@Home) yang terinspirasi latihan Tai Chi, menari, dan permainan kognitif berbasis langkah, (ii) platform sensor SMT (Step Mat Training) yang terhubung ke lingkungan gamified (StepMania, Stepper, Trail-stepping dan Tetris) yang memungkinkan peserta untuk menghasilkan urutan langkah dengan berbagai tingkat kesulitan dalam pola langkah dan frekuensi, permainan keseimbangan yang disesuaikan dengan lab (*Microsoft Kinect (KIN)*, *Whac-A-Mole*, *3-D virtual reality Kayak Program*), (iv) *exergame* komersial seperti *Microsoft Xbox 360 Kinect* dan *Nintendo Wii Fit* dan (v) *the Impact Dance Platform*, yang mengharuskan para peserta untuk melakukan gerakan seluruh tubuh tertentu, didorong oleh video game yang disajikan di layar.
3. *Multi-domain training* (MDT) adalah jenis latihan yang menyajikan situasi pelatihan yang menimbulkan upaya kardiovaskuler tingkat rendah hingga sedang yang dicapai melalui kombinasi gerakan seluruh tubuh, tugas melangkah, dan/atau gerakan terkoordinasi ekstremitas atas sekaligus melakukan tantangan kognitif secara antarmuka dengan *video game 3D*. Jenis latihan ini menggabungkan *endurance* kardiovaskuler moderat, pelatihan keterampilan motorik kompleks, dan stimulasi kognitif tambahan. Contohnya

adalah produk komersial seperti konsol *Xbox Kinect* (sensor Kinect memungkinkan untuk mengontrol avatar), *Nintendo Wii* dan *Dance Dance Revolution*. Contoh lainnya adalah *exergame* yang disesuaikan dengan lab seperti *exergame* yang menggunakan matras yang memungkinkan peserta untuk melakukan langkah-langkah untuk memainkan permainan puzzle, bersaing satu sama lain untuk menekan setiap lampu di grid untuk memamatkannya "off" paling cepat, untuk memainkan permainan waktu reaksi dengan bola basket atau pertunjukan latihan memori verbal di matras tipe lingkaran untuk keseimbangan dan pelatihan kelincahan. Contoh lainnya adalah *exergame* sebuah studi yang menggabungkan lima set *exergame* yang disesuaikan (yaitu, "Grape stomping," —Rabelos,|| —Exermusic,|| —Toboggan,|| —Ride,|| dan —Exerpong||) yang masing-masing mencakup domain pelatihan utama (misalnya, *endurance* aerobik, upper/lower strength, dan kemampuan motorik).

*Cognitive training* mengacu pada praktik berulang dari latihan yang semakin sulit yang dirancang untuk merangsang fungsi kognitif tertentu atau serangkaian proses kognitif. Tugas kognitif yang digunakan untuk pelatihan intervensi dapat diimplementasikan baik melalui kertas klasik dan dukungan pensil atau melalui dukungan digital yang disajikan baik di komputer atau tablet (Torre dan Temprado, 2021).

*Physical training* mengacu terhadap gerakan tubuh yang dihasilkan oleh kontraksi otot rangka dan meningkatkan *energy expenditure*. *endurance training* menargetkan terutama sistem kardiovaskular, umumnya melalui penggunaan aktivitas siklik (misalnya, berjalan, berlari, bersepeda, dan mendayung) selama latihan yang berdurasi panjang (yaitu > 30 menit). Hasil dari *physical training* adalah kebugaran jasmani, yang biasanya dinilai di laboratorium melalui: kapasitas aerobik (misalnya *VO2 max*), atau secara tidak langsung dan secara global diukur dengan jarak yang ditempuh dengan berjalan kaki dalam tes lapangan berjalan yang berbeda (Torre dan Temprado, 2021).

*Muscular resistance training* umumnya terdiri dari latihan yang dilakukan dengan berat badan, beban bebas, dan/atau mesin, dengan beban mulai dari 30 hingga 100% dari 1RM (*repetition maximum*). Ini meningkatkan kontrol neuromuskular dan kekuatan otot, bersama-sama dengan atau terlepas dari massa otot. Dengan demikian, efek dari muscular resistance training umumnya dievaluasi dengan mengukur kenaikan kekuatan otot (Torre dan Temprado, 2021). Motor training mengacu pada praktik kompleks gerakan yaitu gerakan yang melibatkan koordinasi beberapa derajat kebebasan (multi-sendi, multi tungkai) dan membutuhkan proses perhatian dan eksekutif untuk dielaborasi dan dikendalikan secara akurat. Dengan demikian, pelatihan keterampilan motorik kompleks menawarkan kemungkinan jembatan antara *cognitive training* dan *physical training* (Torre dan Temprado, 2021).

#### II.4.4 Pengaruh *Exergame* Terhadap Domain Fungsi Kognitif

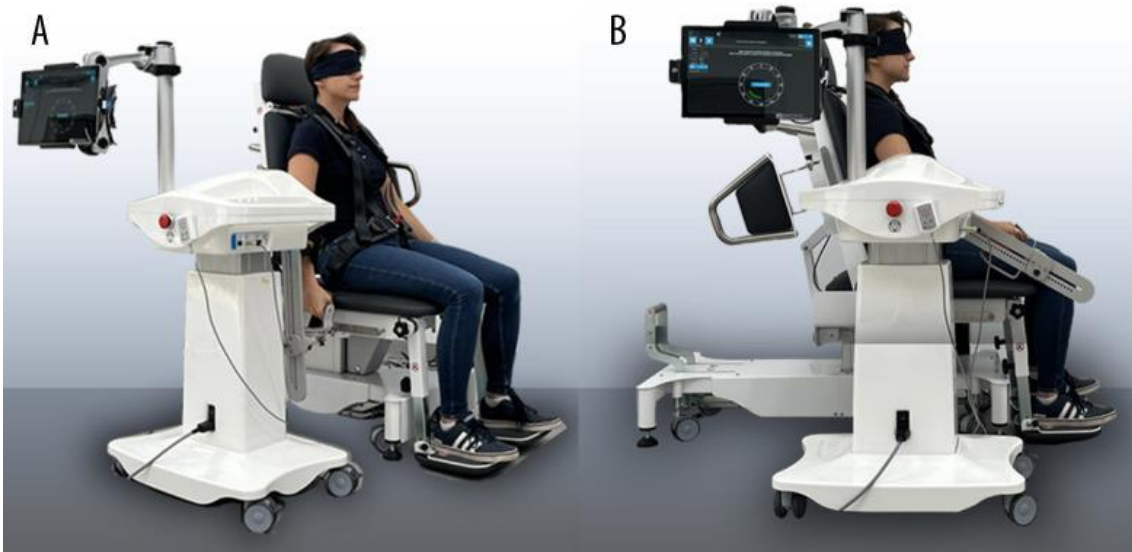
Anderson-Hanley et al dan Barcelos et al menunjukkan manfaat yang signifikan untuk fungsi eksekutif pada dewasa tua sehat usia rata-rata 80 tahun yang keduanya menggunakan sepeda stasioner (Cyber-cycle Espresso™), yang memungkinkan untuk mengontrol dan merekam durasi dan intensitas latihan aerobik saat berinteraksi dengan lingkungan gamified 3D yang ditampilkan di layar (Anderson-Hanley et al, 2012; Barcelos et al, 2015). Dalam kedua studi, program latihan dilakukan selama 3 bulan, dengan durasi 45 menit/sesi dan frekuensi 5x/minggu (Anderson-Hanley et al, 2012) dan durasi 20 menit/sesi, frekuensi 2x/minggu (Barcelos et al, 2015). Manfaat kognitif yang lebih besar diamati dalam kondisi cyber-cycling mungkin mencerminkan latihan mental tambahan yang diperlukan oleh pengalaman realitas virtual. Ini mungkin hasil dari menavigasi dalam lanskap 3D, mengantisipasi belokan, dan bersaing dengan orang lain, sehingga merangsang fokus atensi, atensi terbagi, dan pengambilan keputusan, dan/atau dari situasi tugas ganda yang disediakan dalam lingkungan ini (Anderson Hanley et al, 2012).

## II. 5 Terapi Robotic

Luna EMG merupakan sebuah perangkat rehabilitasi robotik multifungsi yang menggabungkan *surface electromyography (sEMG)* dengan sistem bantuan robotik untuk mendukung evaluasi dan terapi sensorimotor pada pasien pasca-stroke. Berdasarkan studi oleh Leszczak et al. (2024), Luna EMG menunjukkan reliabilitas sangat tinggi—baik inter-rater maupun intra-rater—dalam menilai propriosepsi ekstremitas atas pasien kronik pasca stroke, dengan *Interclass Correlation Coefficients (ICC)* antara 0,994-0,999 untuk tangan kiri dan kanan. Hal ini memperlihatkan bahwa perangkat ini dapat digunakan secara konsisten oleh berbagai penguji dan dalam pengukuran berulang waktu, sehingga cocok untuk digunakan dalam penelitian klinis atau monitoring rehabilitasi jangka panjang.

Selain evaluasi, Luna EMG juga digunakan dalam terapi yang bersifat *EMG-triggered robotic movement*, di mana sinyal EMG pasien yang mungkin masih sangat lemah terdeteksi dan digunakan untuk mengaktifkan bantuan robotik, sehingga gerakan dapat dilakukan meskipun kontrol volunter belum sempurna. Sebagai contoh, Lewandowska-Sroka et al. (2021) melaporkan bahwa terapi EMG-triggered dengan Luna EMG untuk ekstremitas bawah membantu dalam perbaikan kontrol otot, tonus, dan gerakan fleksi-ekstensi lutut pada pasien stroke, dibanding fisioterapi standar saja. Keuntungan terpenting dari pendekatan ini adalah partisipasi aktif pasien, yang secara teoritis meningkatkan aktivasi kortikal dan rangsangan sensorimotor yang dibutuhkan untuk neuroplastisitas.

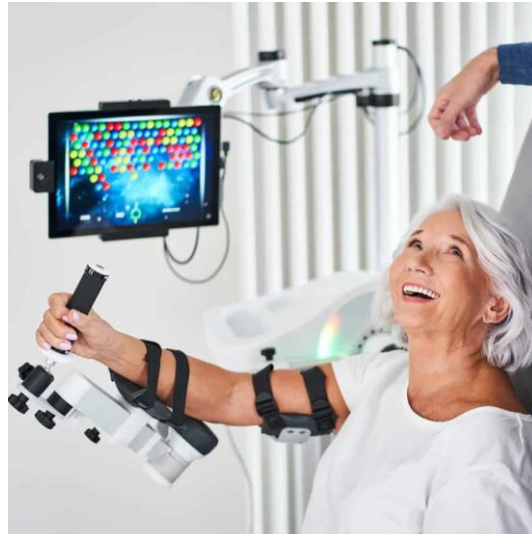
Dari segi karakteristik teknis, Luna EMG dirancang dengan modularitas—ekstensi mekanik yang dapat disesuaikan, strap atau grip yang bisa digunakan pada lengan/anggota tubuh pasien, serta software UI untuk mengatur latihan, pelaporan data dan supervisi terapeutik. Dengan demikian, Luna EMG memungkinkan latihan pasif, asistif, dan EMG-dipicu secara adaptif sesuai kemampuan pasien, termasuk pada pasien dengan defisit motorik berat yang belum mampu menginisiasi gerakan besar sendiri.



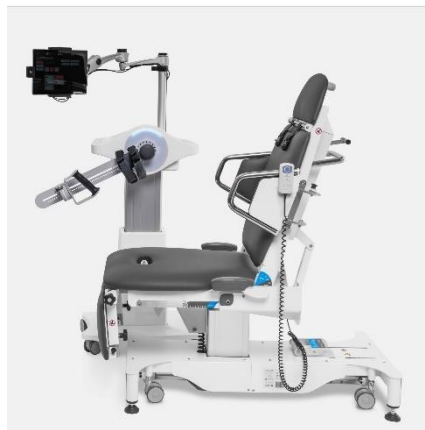
**Gambar 13. Perangkat LUNA EMG Therapy. (a) Tampilan Keseluruhan. (b) Tampilan dari samping. (Leszczak, J, 2024).**



**Gambar 14. Penggunaan Robotic LUNA EMG (Herculife.com).**



**Gambar 15. Imitasi Gerakan Pada Hand Exoskeletal LUNA EMG (Herculife.com).**



**Gambar 16. Perangkat LUNA EMG (Herculife.com).**



**Gambar 17. Perangkat pada Alat Gerak Bawah (Herculife.com).**

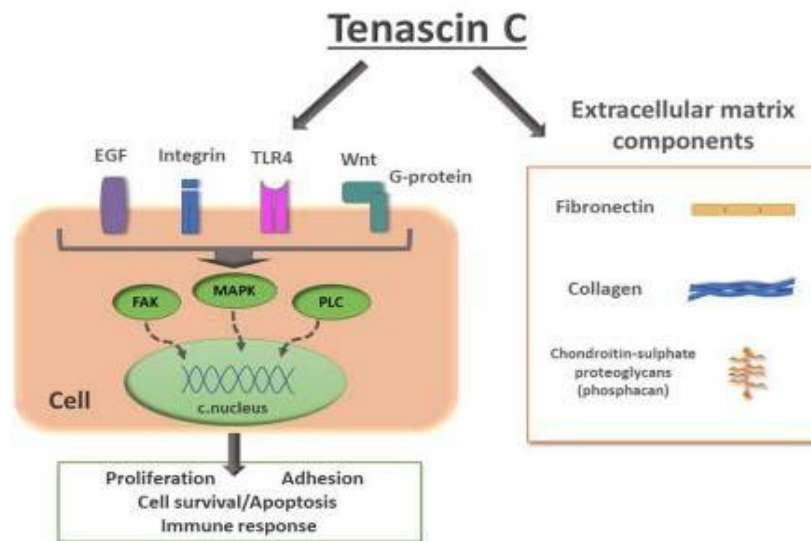
Meski demikian, ada beberapa aspek yang perlu diperhatikan. Studi reliabilitas Leszczak et al. (2024) hanya mengevaluasi kemampuan perangkat untuk mengukur propriosepsi, bukan secara langsung efek terapi terhadap kekuatan, fungsi ADL, atau performa motorik kasar dan halus. Selain itu, sebagian besar studi masih bersifat observasional atau pilot, dan belum ada RCT berskala besar yang menggabungkan Luna EMG dalam intervensi sistematis lama serta membandingkannya secara langsung dengan terapi konvensional atau eksoskeleton. Studi klinis yang terdaftar (ClinicalTrials.gov, NCT05902910) menunjukkan bahwa pengujian efektivitas Luna EMG dalam menggantikan sebagian fisioterapi konvensional sedang dalam proses tetapi belum dipublikasikan hasil akhirnya.

Oleh karena itu, meskipun Luna EMG menunjukkan potensi besar sebagai alat penilaian dan terapi rehabilitasi pasca-stroke, penelitian selanjutnya harus memperluas cakupan: meliputi outcome fungsi motorik (*gross dan fine motor*), ADL, durasi follow-up lebih lama, ukuran efek (*effect size*), kontrol variabel perancu seperti usia, luas & lokasi lesi, penggunaan obat-obatan, dan juga analisis mediasi/moderasi biomarker terkait seperti TNC atau BDNF.

## **II. 6 Biomarker *Tenascin-C* (TNC)**

*Tenascin-C* (TNC) adalah glikoprotein multifungsi yang diekspresikan di dalam wilayah tertentu pada perkembangan sistem saraf pusat, dimana neuron-neuron terkumpul dan berkembang. Dalam keadaan tersebut, TNC memainkan peran penting dalam pembentukan dari koneksi dan pengaturan sistem saraf pusat (Gates dkk, 1995). Penelitian yang dilakukan oleh Steindler di tahun 1995 menunjukkan TNC berperan dalam pembentukan pola kortikal dan memainkan peran yang besar dalam mekanisme kontrol astrogliosis yang berespon pada cedera otak pada orang dewasa (Steindler dkk, 1995).

**Gambar 18. Struktur molekul TNC**



Interaksi protein TNC dengan reseptor permukaan sel dan komponen matriks ekstraseluler. Sinyal dari *epidermal growth factor* (EGF), integrin, *Toll-like receptor 4* (TLR4) dan Wnt menempel pada efektor intraseluler seperti *focal adhesion kinase* (FAK), *mitogen-activated protein kinase* (MAPK), fosfolipase C (PLC), memberikan sinyal dan menstimulasi transkripsi gen dan perubahan ekspresi protein yang berpengaruh dalam proliferasi, adhesi, kelangsungan hidup sel/apoptosis sel, aktivitas sinaptik dan respon imun pada sistem saraf pusat. TNC melakukan interaksi dengan komponen kolagen ECM, proteoglikan fibronektin dan kondroitin-sulfat, seperti phosphacan, bentuk pendek dari protein reseptor tirosin fosfatase  $\beta$ . (Tucic M, 2021)

TnC dianggap sebagai molekul penting untuk perbaikan dan regenerasi jaringan sistem saraf pusat dengan berpartisipasi dalam jalur intraseluler yang dapat menyebabkan proliferasi, kelangsungan hidup, dan motilitas sel. Studi lebih lanjut dianggap perlu mengintegrasikan antara pengetahuan terbaru tentang peran TNC dalam neurogenik manusia dewasa saat ini. Pemahaman yang lebih baik tentang mekanisme hubungan ECM di CNS saat ini memiliki implikasi yang signifikan dalam terapi regeneratif terutama pada trauma sistem saraf pusat. (Tucic M, 2021).

Kesimpulan penting yang muncul dari berbagai penelitian mengenai ekspresi dan fungsi Tnc adalah TNC memiliki hubungan dan peran penting terhadap *stem-cell niche* / ceruk sel punca pada sistem saraf pusat (Faissner dan Theocharidis, 2017). Tnc diekspresikan dalam kompartemen sel punca glia radial, dan dalam sel punca tipe B astrosit radial dari ceruk sel punca sistem saraf pusat pada manusia dewasa.

## II. 7 Hubungan biomarker TNC terhadap progress pasien post Stroke

Saat ini, TNC dianggap sebagai faktor utama yang menginduksi kaskade neuroinflamasi dan faktor patologi pada stroke. TNC diregulasi dalam arteri serebral dan jaringan otak termasuk astrosit, neuron, dan sel endotel kapiler otak setelah perdarahan subarachnoid (SAH). TNC diduga terlibat dalam gangguan penghalang darah-otak, apoptosis neuron, dan vasospasme serebral melalui aktivasi protein kinase yang diaktifkan-mitogen dan faktor-kappa B nuklir setelah SAH. Selain itu, kadar TNC pasca-SAH dalam cairan serebrospinal dapat memprediksi progress *delayed cerebral ischemia* (DCI) dan vasospasme angiografi. Di sisi lain, TNC menginduksi fibrosis dan memberikan efek perbaikan untuk aneurisma eksperimental melalui migrasi yang diinduksi makrofag dan proliferasi sel otot polos (Okada T dan Suzuki H, 2021).

Pada penelitian lainnya, TNC dapat menyebabkan EBI dan vasospasme serebral. Namun, TNC plasma tidak dapat menjadi parameter tingkat keparahan *early brain injury* (EBI) tetapi dapat menjadi biomarker yang berguna untuk mendiagnosis atau memprediksi perkembangan vasospasme angiografi dan DCI yang diinduksi vasospasme pada satu waktu (Suzuki H, 2021). Di penelitian lainnya, TNC memberikan efek perlindungan setelah kerusakan otak dimana produksi TNC dapat meningkatkan perbaikan *blood brain barrier* (BBB) atau mempertahankan integritas BBB. TNC diinduksi oleh astrosit dan sel progenitor glial radial dan memainkan peran penting dalam perkembangan awal sistem saraf pusat: berfungsi sebagai substrat yang utama dalam pertumbuhan neuron

dan astrositik dan berperan dalam proliferasi dan pemanjangan proses sel progenitor astrosit, pematangan sel progenitor saraf, proliferasi dan pemeliharaan prekursor oligodendrosit, dan plastisitas sinaptik melalui mekanisme pengaturan autokrin dan parakrin selama tahap perkembangan otak (Okada T dan Suzuki H, 2021).

## II. 8 Skala Fugl Meyer

*Fugl-Meyer Assessment* (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 (Duruoz, 2014).

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).

C. HAND support may be provided at the elbow to keep 90° flexion, no support at the wrist, compare with unaffected hand, the objects are interposed, active grasp		none	partial	full
<b>Mass flexion</b> from full active or passive extension		0	1	2
<b>Mass extension</b> from full active or passive flexion		0	1	2
<b>GRASP</b>				
<b>a. Hook grasp</b> flexion in PIP and DIP (digits II-V), extension in MCP II-V	cannot be performed can hold position but weak maintains position against resistance	0	1	2
<b>b. Thumb adduction</b> 1-st CMC, MCP, IP at 0°, scrap of paper between thumb and 2-nd MCP joint	cannot be performed can hold paper but not against tug can hold paper against a tug	0	1	2
<b>c. Pincer grasp, opposition</b> pulpa of the thumb against the pulpa of 2-nd finger, pencil, tug upward	cannot be performed can hold pencil but not against tug can hold pencil against a tug	0	1	2
<b>d. Cylinder grasp</b> cylinder shaped object (small can) tug upward, opposition of thumb and fingers	cannot be performed can hold cylinder but not against tug can hold cylinder against a tug	0	1	2
<b>e. Spherical grasp</b> fingers in abduction/flexion, thumb opposed, tennis ball, tug away	cannot be performed can hold ball but not against tug can hold ball against a tug	0	1	2
<b>Total C</b> (max 14)				

**Gambar 19. Skala Fugl-Meyer regio tangan (Duruoz, 2014)**

## II. 9 Nine Hole Peg Test

*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 (Mary Vining Radomski, 2014).



**Gambar 20. Gambar Nine Peg Hole Test (Duruoz, 2014)**

## II. 10 Virtual Reality Exergaming Rehabilitation

*Virtual reality (VR)* adalah penggunaan simulasi interaktif yang dibuat melalui komputer dengan tujuan memberikan pengalaman yang berguna kepada individu, dengan cara menciptakan lingkungan tiga dimensi yang lebih menarik dan interaktif. yang menyerupai objek/kejadian di dunia nyata (Ehab Mohammed Abd El-Kafy, 2021) . VR memberikan pengalaman teknologi yang memungkinkan pengguna terlibat sepenuhnya dalam dunia virtual, dimana pengguna dapat berinteraksi melalui perangkat yang dapat dikenakan seperti *headset* atau bahkan hanya dengan menggunakan tangan. Fitur utama dari semua aplikasi VR adalah interaksi. Ini berarti pengguna tidak hanya berada dalam lingkungan virtual (*virtual environment*), tetapi juga dapat berinteraksi dengan objek-objek virtual di dalam lingkungan tersebut. Dalam beberapa sistem VR, interaksi dapat dilakukan dengan menggunakan penunjuk yang dioperasikan oleh *mouse* atau tombol *joystick*. Di sistem lain, tangan pengguna atau bagian tubuh lainnya dapat dipresentasikan dalam lingkungan virtual, sehingga gerakan tangan virtual dapat dihasilkan. Dengan menggunakan VR, pengguna dapat merasakan sensasi seolah-olah berada di tempat lain, melakukan aktivitas yang tidak mungkin dilakukan dalam dunia nyata, atau berlatih keterampilan tertentu dengan cara yang aman dan efektif. Teknologi VR terus berkembang dan memiliki potensi besar dalam bidang kesehatan, terkhusus pada terapi rehabilitasi (Torner J, 2019).

*Exergame* atau *exercise game* sendiri adalah video game yang mengharuskan pemain untuk berinteraksi dengan skenario permainan melalui gerakan tubuh yang bertujuan, menawarkan kesenangan sambil menstimulasi

fungsi sensorik, kognitif, psikologis, dan motorik mereka. (Kendy Gui Fang Chan, 2021). *Exergame* ini merupakan salah satu bagian dari *virtual reality*. Terapi *virtual reality exergaming rehabilitation* dipertimbangkan sebagai sebuah opsi terapi yang berguna untuk meningkatkan keseimbangan, *gait*, dan luaran fungsional dengan *engagement* aktif melalui permainan video. *Exergaming* memiliki potensi untuk menggunakan gerakan seluruh tubuh, variasi kecepatan, berbagai arah, gerakan repetitif dan meningkatkan keseimbangan pasca stroke (Arshad Nawaz Malik and Tahir Masood, 2020).

Teknologi VR mampu menyediakan *framework* yang baik untuk mengikat pasien di dalam aktivitas yang memiliki tujuan tanpa bantuan terapis, sehingga hal ini diharapkan dapat memotivasi pasien di dalam meraih tujuan yang diinginkan. Teknologi VR memiliki kontribusi signifikan dalam mencapai fungsi fisik dan memperkuat tingkat motivasi pasien stroke (Arshad Nawaz Malik and Tahir Masood, 2020). VR merupakan teknologi berbasis komputer yang membentuk lingkungan virtual, interaktif, *motivational*, dan multi-sensoris, dimana pasien dapat berinteraksi dengan aktivitas yang dikembangkan oleh komputer. Aplikasi VR dan *games* dapat menyediakan kegiatan latihan yang repetitif, intensif, dan *task-specific*, serta penting dalam neuroplastisitas. Terdapat teknologi *non-immersive*, *semi-immersive*, dan *immersive* yang digunakan di dalam VR, dimana pemilihan teknologi ini bergantung pada tingkat isolasi dari pengguna dari lingkungan sekitar selama latihan. Berbagai permainan video *non-immersive* telah diciptakan untuk dimainkan di rumah, sehingga pilihan permainan ini dapat dilakukan secara luas, aman, dan murah oleh klinisi dan pasien stroke

Sebuah studi menunjukkan bahwa setelah 4 minggu terapi, didapatkan perbedaan yang signifikan pada skor asesmen Fugl-Meyer *lower extremity* (LE) di antara grup *task-oriented training* (TOT) dan grup VRT, dimana grup VRT menunjukkan perbaikan yang lebih besar dibandingkan grup TOT, yang juga menunjukkan perbaikan signifikan. Sebuah uji klinis pada 5 pasien stroke juga

menyatakan bahwa skor asesmen Fugl-Meyer LE memiliki perbaikan yang signifikan pada kelompok teknologi VR. Mekanisme yang mendasari hal ini kemungkinan adalah adanya reorganisasi kortikal dan aliran sinaps di dalam otak yang terlibat setelah latihan. Program pelatihan selama 4 minggu, untuk 4-5 hari tiap minggu, dan 60 menit tiap sesi, dilakukan pada studi tersebut. Teknologi VR direkomendasikan karena dapat memproduksi plastisitas neural. Perbaikan signifikan juga teramati pada kedua grup setelah latihan dilakukan selama 6-8 minggu, tetapi kelompok VR menunjukkan luaran yang lebih baik, apabila dibandingkan dengan kelompok TOT (Arshad Nawaz Malik and Tahir Masood, 2020).

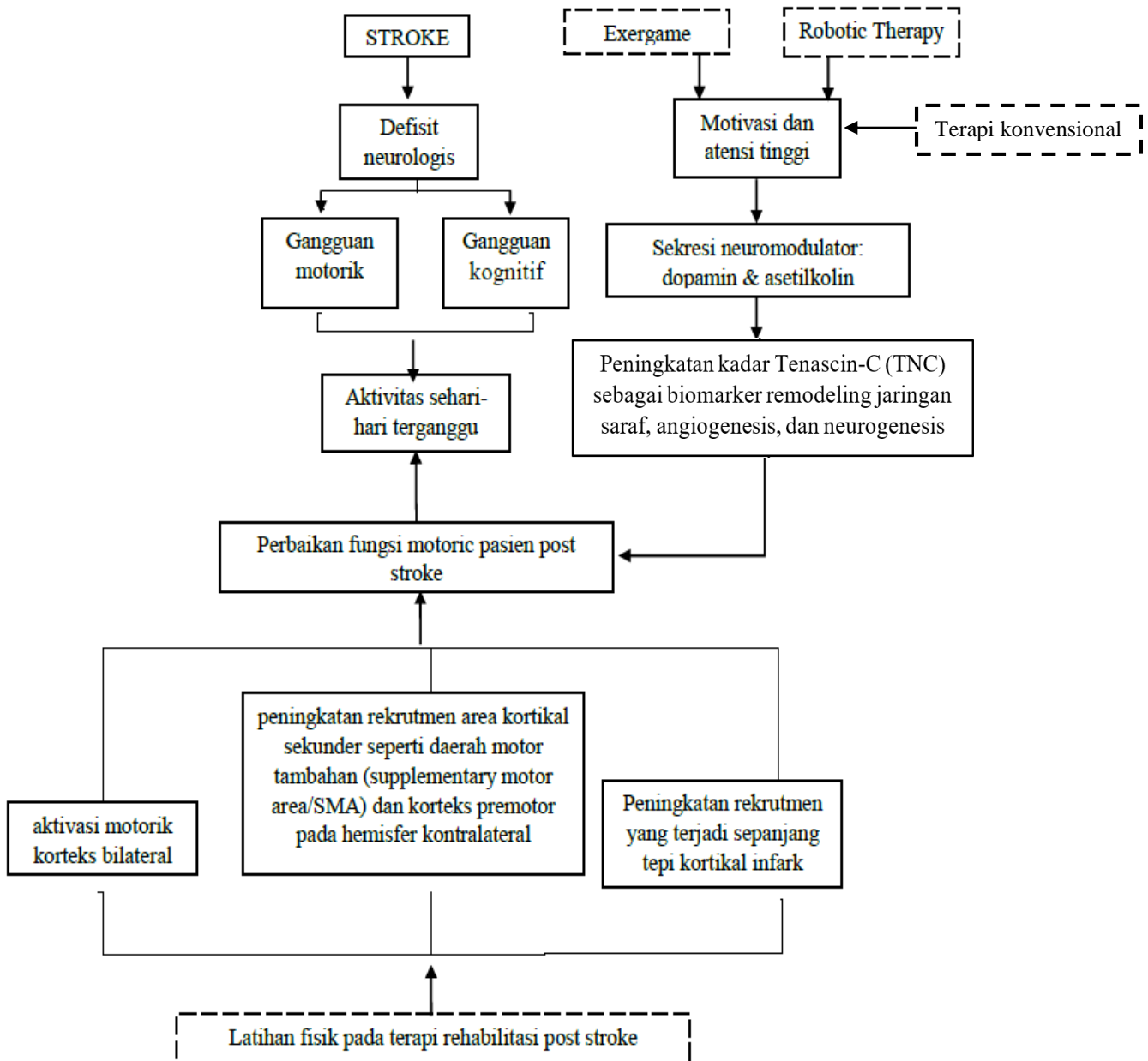
*Gamification* pada rehabilitasi stroke secara signifikan dapat memotivasi pasien agar terus mengikuti program latihan yang diberikan. Hal ini dianggap dapat dapat memperbaiki kontrol motorik sehingga dapat memperbaiki fungsional dengan penggunaan yang sesuai. Pasien dapat menggunakan tangan atau gerakan tubuhnya untuk memainkan permainan, yang kemudian



menyediakan praktik berulang pada ekstremitas yang mengalami paresis dengan umpan balik yang konsisten. Permainan juga berperan sebagai sumber *enjoyment* pasien, yang mampu meningkatkan motivasi, durasi, dan intensitas latihan. Berbagai *games* telah dicobakan pada pasien stroke, termasuk *games* 2D, 3D, *Nintendo Wii Sport*, *PlayStation*, *Wii Balance*, *Xbox*, *Kinect*, dan *Arneo-Senso*, dan menunjukkan luaran positif (Alankus et al., 2010; Malik et al., 2022).

**Gambar 21. Virtual reality untuk ketangkasan tangan (Nizan Friedman, 2014)**

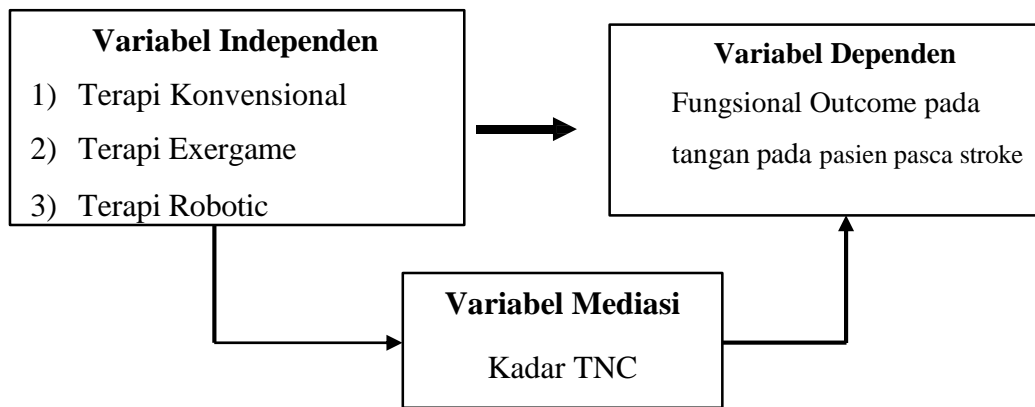
## II.11 Kerangka Teori



Keterangan:  : variabel yang diteliti

**Bagan 1. Kerangka Teori**

## Kerangka Konsep



**Bagan 2. Kerangka Konsep**

### II.12 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka konsep penelitian maka dapat ditemukan hipotesis dalam penelitian ini yaitu terdapat keefektifitasan *exergame* dan terapi robotik terhadap perbaikan kadar TNC dan fungsional outcome pada pasien pasca stroke.

