



Penatalaksanaan Fisioterapi pada Kasus Post Orif *Fractur Tibial Spine* dengan Modalitas NMES dan Terapi Latihan di RSUD Bandung Kiwari

Dewi Lathifah Rahmawati *, Ika Rahman, Abdul Qudus

Program studi D-III Fisioterapi, Fakultas Kesehatan, Politeknik Piksi Ganesha, Indonesia

*Email (Penulis Korespondensi): dewilathifah30@gmail.com

Abstrak. Kondisi post-ORIF fraktur tibial spine akibat cedera avulsi Anterior Cruciate Ligament sering memicu keluhan nyeri, keterbatasan gerak, penurunan kekuatan otot paha, dan kemunduran fungsional aktivitas harian. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas kombinasi modalitas Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) dan terapi latihan dalam mengatasi problematika tersebut. Menggunakan desain deskriptif pendekatan studi kasus tunggal, intervensi fisioterapi diberikan sebanyak 6 sesi kepada satu pasien remaja di RSUD Bandung Kiwari. Parameter keberhasilan terapi diukur secara objektif menggunakan Visual Analogue Scale (VAS), goniometer, Manual Muscle Testing (MMT), dan Barthel Index. Setelah 6 sesi intervensi, hasil evaluasi menunjukkan penurunan intensitas nyeri signifikan (nyeri diam menjadi 0, tekan menjadi 1, gerak menjadi 1). Lingkup gerak sendi lutut meningkat (fleksi aktif mencapai 65° dan ekstensi fungsional -15°), kekuatan otot quadriceps dan hamstring naik ke skor 4, serta tingkat kemandirian fungsional melesat dari 75/100 menjadi 85/100. Kesimpulannya, kombinasi modalitas NMES dan program terapi latihan terbukti sangat efektif untuk mereduksi nyeri, menambah mobilitas sendi, memulihkan kapasitas kontraktile otot, serta meningkatkan fungsional harian pasien.

Kata kunci: Fracture Tibial Spine; ORIF; NMES; Terapi Latihan; Barthel Index

Abstract. Post-ORIF tibial spine fracture following an Anterior Cruciate Ligament avulsion injury often triggers severe pain, restricted joint mobility, quadriceps inhibition, and functional decline in daily activities. This study aims to evaluate the clinical effectiveness of combining Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) and structured therapeutic exercise in managing these post-surgical impairments. Utilizing a descriptive single-case study design, the physiotherapy interventions were administered over 6 sessions to a teenage patient at RSUD Bandung Kiwari. Clinical outcomes were objectively assessed using the Visual Analogue Scale (VAS), goniometer, Manual Muscle Testing (MMT), and the Barthel Index. After 6 sessions, the results demonstrated a significant reduction in pain scores (resting pain to 0, tenderness to 1, motion pain to 1). Furthermore, knee range of motion improved (flexion to 65°, extension to -15°), muscle strength advanced to grade 4 on MMT, and functional independence scores increased from 75/100 to 85/100. In conclusion, combining NMES and targeted therapeutic exercise is highly effective in reducing pain, restoring mobility, enhancing dynamic muscle contraction, and accelerating overall functional recovery.

Keywords: Tibial Spine Fracture; ORIF; NMES; Therapeutic Exercise; Barthel Index

1. Pendahuluan

Menurut World Health Organization (WHO), kesehatan merupakan keadaan sejahtera secara fisik, mental, dan sosial yang memungkinkan seseorang menjalani kehidupan secara produktif (World Health Organization, 2021). Gangguan pada sistem muskuloskeletal menjadi salah satu penyebab utama keterbatasan aktivitas dan penurunan kualitas hidup karena dapat menimbulkan nyeri, gangguan fungsi, serta hambatan mobilitas. Salah satu cedera muskuloskeletal yang memerlukan penanganan komprehensif adalah fracture tibial spine, yaitu fraktur pada daerah perlekatan Anterior Cruciate Ligament (ACL) di tibia yang sering terjadi akibat trauma dan menyebabkan instabilitas lutut, nyeri, edema, serta keterbatasan lingkup gerak sendi (Accadbled et al., 2022). Apabila tidak ditangani secara optimal, kondisi ini berpotensi menimbulkan gangguan fungsi lutut dalam jangka panjang dan menurunkan kemampuan pasien dalam melakukan aktivitas sehari-hari.

Penatalaksanaan fracture tibial spine umumnya dilakukan melalui prosedur Open Reduction Internal Fixation (ORIF) untuk mengembalikan posisi anatomis fragmen tulang dan menjaga stabilitas sendi lutut. Meskipun tindakan operasi memberikan hasil yang baik dari aspek penyatuan tulang, pasien pada fase pascaoperasi masih sering mengalami berbagai masalah, seperti nyeri, edema, keterbatasan lingkup gerak sendi, penurunan kekuatan otot quadriceps, serta Arthrogenic Muscle Inhibition (AMI) akibat imobilisasi dan gangguan aktivasi neuromuskular (Filbay et al., 2022). Kondisi tersebut dapat memperlambat proses rehabilitasi dan menghambat kembalinya kemampuan fungsional apabila tidak ditangani melalui program fisioterapi yang tepat. Oleh karena itu, rehabilitasi pascaoperasi merupakan bagian penting dalam mempercepat pemulihan dan mencegah komplikasi jangka panjang.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa fisioterapi berperan penting dalam meningkatkan hasil rehabilitasi pascaoperasi cedera lutut. Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) telah terbukti mampu meningkatkan aktivasi otot quadriceps, mengurangi atrofi akibat imobilisasi, serta mempercepat pemulihan kekuatan otot pada pasien pascaoperasi lutut (Kim et al., 2022). Selain itu, exercise therapy yang meliputi latihan lingkup gerak sendi, penguatan otot, dan latihan fungsional terbukti efektif dalam meningkatkan fleksibilitas jaringan, stabilitas sendi, serta kemampuan aktivitas sehari-hari (Filbay et al., 2022). Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada rehabilitasi pascaoperasi rekonstruksi ACL atau cedera ligamen lutut, sedangkan penelitian yang secara khusus mengevaluasi kombinasi NMES dan exercise therapy pada pasien fracture tibial spine pasca ORIF masih relatif terbatas.

Keterbatasan bukti ilmiah mengenai efektivitas kombinasi Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) dan exercise therapy pada kasus fracture tibial spine pasca ORIF menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (research gap) yang perlu dikaji lebih lanjut. Padahal, kombinasi kedua intervensi tersebut berpotensi memberikan efek sinergis dalam mengurangi nyeri, meningkatkan lingkup gerak sendi, memperbaiki kekuatan otot quadriceps, dan mempercepat pemulihan aktivitas fungsional pasien. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pemberian NMES dan exercise therapy pada pasien fracture tibial spine pasca ORIF. Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada evaluasi kombinasi kedua intervensi fisioterapi pada kasus fracture tibial spine pasca ORIF dengan menilai perubahan nyeri, lingkup gerak sendi, kekuatan otot, dan kemampuan fungsional sebagai indikator keberhasilan rehabilitasi.

Penelitian ini juga memiliki relevansi dengan Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya SDG 3 (Good Health and Well-being) dan SDG 10 (Reduced Inequalities). Pemberian fisioterapi pascaoperasi mendukung Target SDG 3.4 melalui upaya rehabilitasi yang bertujuan mengurangi disabilitas akibat cedera muskuloskeletal serta meningkatkan kualitas hidup pasien. Selain itu, penelitian ini mendukung Target SDG 3.8 dengan memperkuat bukti ilmiah mengenai efektivitas layanan rehabilitasi sebagai bagian dari cakupan kesehatan universal, serta berkontribusi terhadap SDG 10 melalui pengembangan intervensi fisioterapi yang efektif dan dapat diterapkan secara luas pada berbagai fasilitas pelayanan kesehatan.

2. Metode

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif dengan pendekatan studi kasus untuk mengevaluasi efek intervensi fisioterapi pada pasien dengan *Post ORIF Fractur Tibial Spine* dengan menggunakan modalitas *Neuromuscular Electrical Stimulation* (NMES) dan terapi latihan.

2.2. Subjek Penelitian

Subjek penelitian adalah seorang pasien dengan diagnosa *Post ORIF Fractur Tibial Spine* yang menjalani pemeriksaan dokter dan terapi fisioterapi di RSUD Bandung Kiwari.

2.2.1. Kriteria inklusi meliputi:

1. Laki-laki berusia 15 tahun.
2. Mengalami nyeri, keterbatasan gerak, dan kekakuan pada lutut sebelah kanan yang telah berlangsung selama 3 bulan.
3. Pasien kesulitan untuk melakukan aktivitas sehari-hari seperti menaiki tangga dan berjalan masih harus dengan bantuan.

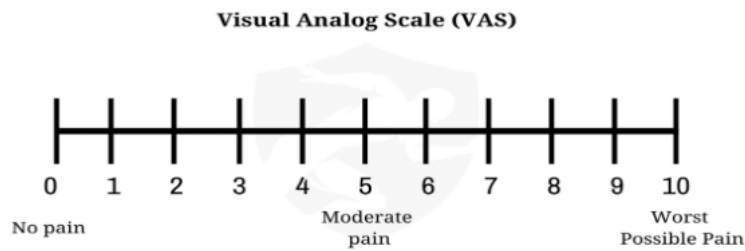
2.2.2. Kriteria eksklusi meliputi:

1. Pasien yang mengalami infeksi akut pada luka insisi bekas operasi, kegagalan fiksasi perangkat internal (*hardware failure*), atau adanya kontraindikasi mutlak terhadap paparan arus listrik NMES

2.3. Pengukuran dan Evaluasi

2.3.1. Visual Analog Scale (VAS)

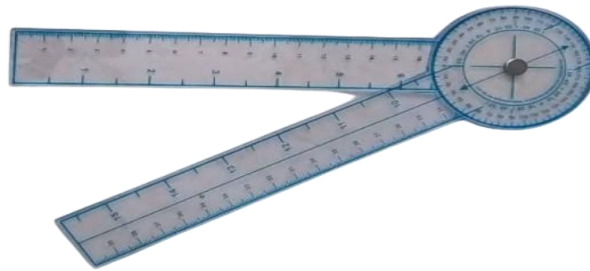
Garis horizontal 10 cm untuk mendeteksi intensitas nyeri kontinu (0: tidak nyeri, 10: nyeri hebat), dikategorikan menjadi nyeri ringan (0-3), sedang (4-6), dan berat (7-10) (Choi, 2023).



Gambar 1. Skala Visual Analog Scale (VAS)

2.3.2. Goniometer

Mengukur kapasitas derajat pergerakan sendi fleksi-ekstensi aktif dan pasif guna mendeteksi restriksi mekanis artikular (Norkin & White, 2016; Clarkson, 2020).



Gambar 2. Goniometer

2.3.3. Manual Muscle Testing (MMT)

Skala kuantitatif (skor 0-5) untuk menilai rekrutmen kontraktile otot *quadriceps* dan *hamstring* terhadap tahanan eksternal (Kendall et al., 2020).

2.3.4. Barthel Index

Mengukur kemandirian aktivitas kehidupan sehari-hari (AKS) melalui 10 item penilaian mobilitas dan perawatan diri dengan interpretasi skor total 0-100.

2.3.5. Pemeriksaan khusus:

- A. Lachman Test: Prosedur evaluasi klinis yang bertujuan menilai keutuhan struktur sekaligus mengidentifikasi indikasi robekan pada *Anterior Cruciate Ligament* (ACL) sendi lutut (Orthobullets, 2026).
- B. Anterior Drawer Test: Pemeriksaan fisik untuk mengukur tingkat stabilitas dan derajat translasi anterior tulang tibia akibat translasi berlebih pasca-cedera ACL (Mouton et al., 2023).
- C. Pemeriksaan Mechanical Block: Tes spesifik guna mendeteksi keberadaan hambatan mekanis intra-artikular, seperti *impingement* fragmen tulang yang mengunci (*locking*) pergerakan lutut (Mendez-Sanchez et al., 2025).
- D. Patellar Ballottement Test: Metode pengujian untuk mengonfirmasi adanya akumulasi efusi cairan atau hemartrosis di dalam kapsul sendi lutut pasca-trauma (Salvato et al., 2023).

2.4. Intervensi Fisioterapi

2.4.1. Neuromuskular Electrical Stimulation (NMES)

Diaplikasikan pada *m. quadriceps femoris* dengan parameter frekuensi 35-50 Hz, *pulse duration* 200-400 μ s, intensitas arus hingga memicu kontraksi visual optimal selama 15 menit (Hauger et al., 2022).

2.4.2. Terapi Latihan

Latihan terapeutik terstruktur berupa mobilisasi patella untuk memutus perlengketan jaringan, *static quadriceps* guna mengatasi AMI, *ankle pumping* untuk sirkulasi distal, serta *heel slides* dan *seated leg extension* bertahap guna mengembalikan kapasitas gerak.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil evaluasi, pemberian NMES yang dikombinasikan dengan terapi latihan terbukti efektif dalam memulihkan kondisi pasca-ORIF *fracture tibial spine dextra*. Penurunan nyeri VAS terjadi karena stimulasi NMES dan gerakan aktif mampu memicu rekrutmen *motor unit*, melancarkan sirkulasi darah lokal, serta meminimalkan inhibisi otot akibat bengkak pasca-operasi.

Mobilitas sendi lutut kanan pasien juga membaik secara bertahap dari T1 ($-25^{\circ} - 0^{\circ} - 40^{\circ}$) hingga T6 ($-15^{\circ} - 0^{\circ} - 65^{\circ}$). Perkembangan LGS ini didorong oleh intervensi bertahap seperti mobilisasi patella, *static quadriceps*, *ankle pumping*, *heel slides*, serta *seated leg extension* yang mencegah timbulnya kontraktur.

Selain itu, kekuatan otot *quadriceps femoris* meningkat dari MMT 2 menjadi 3. Kombinasi arus NMES dan kontraksi isometrik mandiri ini bekerja sinergis dalam memutus *Arthrogenic Muscle Inhibition* (AMI) sekaligus mencegah atrofi *disuse*. Dampaknya, skor Barthel Index pasien naik dari 75 menjadi 85, yang mengindikasikan bahwa pendekatan multimodal ini berhasil meningkatkan kemandirian fungsional pasien dalam beraktivitas sehari-hari.

3.1. Pemeriksaan Khusus

Pada evaluasi awal, pemeriksaan khusus mengindikasikan adanya gangguan mobilitas patella, keterbatasan Lingkup Gerak Sendi (LGS), serta inhibisi pada otot *quadriceps* pasca-operasi ORIF *fracture tibial spine dextra*. Adapun rincian hasil temuan klinisnya adalah sebagai berikut:

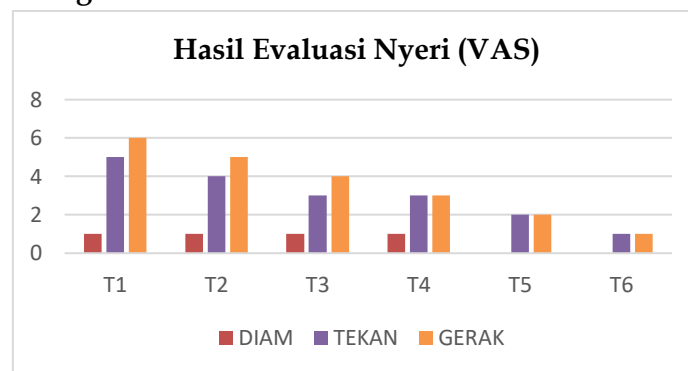
- A. *Lachman Test*: Menunjukkan hasil negatif (-) tanpa adanya pergeseran tibia berlebih, menguatkan indikasi bahwa keutuhan dan stabilitas ligamen ACL terjaga pasca-pembedahan.
- B. *Anterior Drawer Test*: Menunjukkan hasil negatif (-) yang ditandai oleh ketiadaan translasi anterior tibia yang abnormal, mengonfirmasi stabilitas sagital sendi lutut dalam kondisi baik.
- C. Pemeriksaan *Mechanical Block*: Menunjukkan hasil negatif (-) tanpa ditemukannya jepitan fragmen tulang maupun sensasi mengunci (*locking*) sewaktu mobilisasi pasif lutut dieksekusi.
- D. *Patellar Ballottement Test*: Menunjukkan hasil negatif (-) yang ditandai dengan patella yang tetap kokoh/tidak melayang saat diberi tekanan posterior. Temuan ini

mengonfirmasi ketiadaan akumulasi cairan (efusi sendi) masif di dalam ruang kapsul lutut pasien.

E. Tes Gerakan Dasar Lutut Dextra:

- Gerak Fleksi (Aktif/Pasif)*: Terbatas pada lingkup 40° dan memicu nyeri di akhir gerakan (*end-range*).
- Gerak Ekstensi (Aktif/Pasif)*: Mengalami defisit ekstensi sebesar -25° , disertai keluhan nyeri dan rasa mengganjal pada area anterior lutut.
- Kontraksi Isometrik Quadriceps*: Tampak lemah (kontraksi teraba namun tidak sanggup menerima beban/tahanan)

3.2. Evaluasi Nyeri Dengan VAS

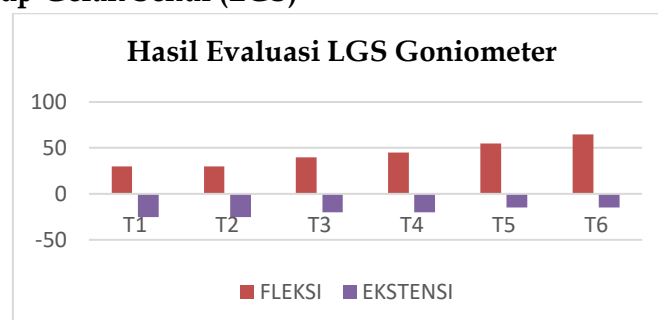


Gambar 3. Evaluasi Nilai Nyeri dengan VAS

Evaluasi intensitas nyeri mengindikasikan adanya penurunan yang cukup signifikan setelah pasien menjalani rangkaian intervensi fisioterapi. Tingkat nyeri diam berkurang dari skala 1 pada evaluasi awal (T1) menjadi skala 0 pada sesi keenam (T6). Perbaikan yang sama juga terlihat pada nyeri gerak yang mereda dari skala 6 (T1) ke skala 1 (T6), serta nyeri tekan yang membaik dari skala 5 (T1) turun hingga skala 1 (T6).

Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian intervensi fisioterapi berupa *Neuromuscular Electrical Stimulation* (NMES) dan terapi latihan efektif dalam menurunkan tingkat nyeri pada pasien.

3.3. Evaluasi Lingkup Gerak Sendi (LGS)



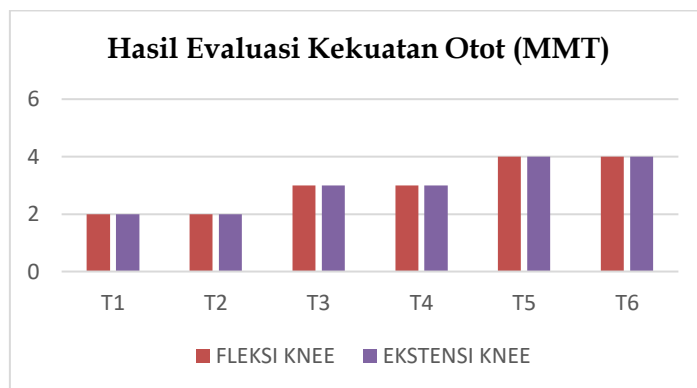
Gambar 4. Evaluasi Lingkup Gerak Sendi dengan Goniometer

Evaluasi mobilitas sendi lutut kanan (*knee dextra*) menggunakan goniometer mencatat adanya perbaikan rentang gerak yang bertahap pasca-intervensi. Pada pengukuran awal (T1), pasien mengalami keterbatasan gerak yang cukup signifikan dengan pola LGS $-25^\circ - 0^\circ -$

30°, mengindikasikan adanya defisit ekstensi sebesar 25° serta hambatan pada gerakan fleksi. Setelah menerima 6 kali sesi penanganan (T6), mobilitas sendi membaik menjadi -15° – 0° – 65°.

Hasil ini menunjukkan bahwa intervensi fisioterapi berupa *Neuromuscular Electrical Stimulation* (NMES) dan terapi latihan mampu meningkatkan mobilitas dan fleksibilitas gerak pada pasien dengan *post-ORIF fracture tibial spine dextra*.

3.4. Evaluasi Kekuatan Otot



Gambar 5. Evaluasi Kekuatan Otot dengan MMT

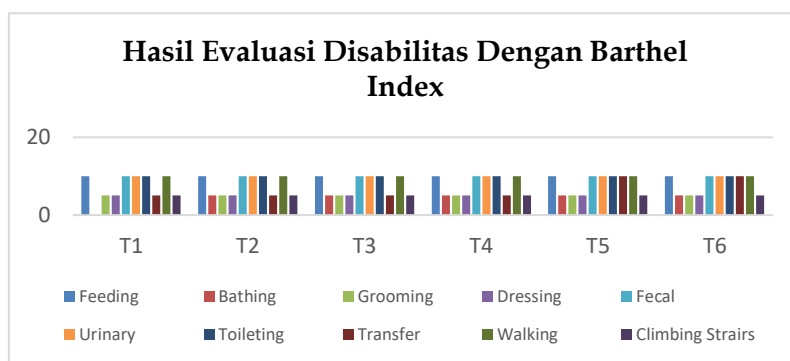
Evaluasi kekuatan otot lutut kanan (*knee dextra*) melalui *Manual Muscle Testing* (MMT) mencatat adanya perkembangan positif pasca-intervensi. Pada pengukuran awal (T1), otot *quadriceps femoris* berada pada skala MMT 2, di mana pasien baru sanggup mengeksekusi gerakan aktif pada bidang horizontal dengan mengeliminasi gravitasi. Setelah menyelesaikan 6 sesi terapi (T6), kekuatan otot membaik ke skala MMT 4, ditandai dengan kemampuan pasien melakukan gerakan fleksi maupun ekstensi lutut secara mandiri melawan gravitasi tanpa tahanan tambahan.

Hasil ini menunjukkan bahwa intervensi fisioterapi berupa *Neuromuscular Electrical Stimulation* (NMES) dan terapi latihan mampu memutus rantai *Arthrogenic Muscle Inhibition* (AMI) serta meningkatkan rekrutmen serat otot pada pasien dengan *post-ORIF fracture tibial spine dextra*.

3.5. Evaluasi Aktivitas Fungsional

Pengukuran tingkat kemandirian fungsional menggunakan *Barthel Index* mengindikasikan adanya perbaikan yang bermakna pada kondisi pasien. Sebelum penanganan (T1), pasien memperoleh skor 75/100 yang masuk dalam kategori ketergantungan sedang saat beraktivitas sehari-hari (*Activity of Daily Living / ADL*). Setelah merampungkan 6 sesi terapi (T6), capaian tersebut naik menjadi 85/100.

Hasil ini menunjukkan adanya peningkatan kemandirian pasien dalam melakukan aktivitas sehari-hari seperti mandi dan berpindah. Peningkatan skor *Barthel Index* tersebut menegaskan bahwa intervensi fisioterapi berupa *Neuromuscular Electrical Stimulation* (NMES) dan terapi latihan mampu meningkatkan kemampuan fungsional pasien dengan baik pada kasus *post-ORIF fracture tibial spine dextra*.



Gambar 6. Evaluasi Disabilitas Gerak dengan Barthel Index

Penelitian ini mengindikasikan bahwa kombinasi NMES dan terapi latihan efektif mengoptimalkan pemulihan pasca-ORIF *fracture tibial spine dextra*. Penurunan nyeri (VAS) terjadi berkat efek arus listrik NMES dan gerak aktif yang melancarkan sirkulasi lokal, meredakan *Arthrogenic Muscle Inhibition* (AMI), serta merelaksasi jaringan pasca-bedah.

Peningkatan Lingkup Gerak Sendi (LGS) dan kekuatan otot (MMT) didorong oleh aplikasi latihan *heel slides* serta *seated leg extension*. Intervensi bertahap ini terbukti mengurangi kekakuan jaringan, memperluas mobilitas, dan meningkatkan rekrutmen serat otot *quadriceps*. Dampaknya, skor *Barthel Index* turut membaik, mengindikasikan kembalinya kemandirian fungsional pasien dalam beraktivitas (ADL).

Kesimpulan

Penatalaksanaan fisioterapi pada An. E dengan diagnosis *Post-ORIF Fracture Tibial Spine Dextra* melalui 6 kali sesi penanganan menggunakan kombinasi NMES dan terapi latihan mencatat perkembangan klinis sebagai berikut: Penurunan Nyeri (VAS): Aplikasi NMES berguna dalam meredakan nyeri pasien. Terlihat perbaikan pada nyeri diam dari skala 1 ke 0, nyeri tekan dari 5 ke 1, serta nyeri gerak dari 6 turun menjadi skala 1 pada evaluasi T6. Peningkatan LGS (Goniometer): *Exercise therapy* terbukti memperluas rentang gerak lutut kanan pasien. Fleksi lutut membaik dari 30° ke 65°, disertai pengurangan defisit ekstensi dari -25° menjadi -15°. Peningkatan Kekuatan Otot (MMT): Kekuatan otot *quadriceps* mengalami progresivitas dari skala MMT 2 (*gravity eliminated*) pada sesi awal, naik ke MMT 3 (*against gravity*), hingga mencapai MMT 4 (*moderate resistance*) di akhir sesi. Peningkatan Kapasitas Fungsional (Barthel Index): Tingkat kemandirian pasien dalam beraktivitas (ADL) meningkat dengan skor Barthel Index yang naik dari 75/100 (T1) menjadi 85/100 (T6), mengindikasikan berkurangnya ketergantungan fisik. Keluhan awal pasien (T1) meliputi nyeri lutut kanan pasca-bedah, keterbatasan LGS fleksi-ekstensi, kelemahan *quadriceps*, serta hambatan ADL (transfer, tangga, dan berjalan). Setelah 6 kali sesi penanganan (T6), terjadi perbaikan klinis secara menyeluruh yang ditandai dengan penurunan nyeri, perluasan LGS, peningkatan MMT, serta pemulihan kemandirian fungsional pasien. Pemberian intervensi NMES dan *exercise therapy* sebanyak 6 kali sesi terbukti efektif memulihkan kondisi pasien *Post-ORIF Fracture Tibial Spine Dextra*. Kombinasi ini berhasil menekan tingkat nyeri (VAS), memperluas mobilitas sendi (goniometer), menguatkan otot *quadriceps* (MMT), serta mengembalikan kemandirian fungsional pasien (*Barthel Index*).

Daftar Pustaka

- Ardern, C. L., Glasgow, P., Schneiders, A., Witvrouw, E., Clarsen, B., Cools, A., Gojanovic, B., Griffin, S., Khan, K. M., Moksnes, H., Phillips, N., Reurink, G., Sadler, R., Silbernagel, K. G., Thorborg, K., Wangensteen, A., Wilk, K. E., & Bizzini, M. (2016). 2016 Consensus statement on return to sport from the First World Congress in Sports Physical Therapy. *British Journal of Sports Medicine*, 50(14), 853–864. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096278>
- Bleakley, C. M., Glasgow, P., & MacAuley, D. C. (2012). PRICE needs updating, should we call the POLICE? *British Journal of Sports Medicine*, 46(4), 220–221. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090297>
- Grindem, H., Snyder-Mackler, L., Moksnes, H., Engebretsen, L., & Risberg, M. A. (2016). Simple decision rules reduce reinjury risk after anterior cruciate ligament reconstruction. *British Journal of Sports Medicine*, 50(13), 804–808. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096031>
- Kim, K. M., Croy, T., Hertel, J., & Saliba, S. (2022). Effects of neuromuscular electrical stimulation after knee injury: A systematic review. *Journal of Sport Rehabilitation*, 31(4), 512–520. <https://doi.org/10.1123/jsr.2021-0215>
- Konrath, G. A., Chen, D., Lock, T., Goitz, H. T., Scheidler, J., Watson, J. T., & Moed, B. R. (1998). Outcomes following tibial eminence fracture fixation. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 12(2), 98–103.
- Logerstedt, D., Lynch, A., Axe, M. J., & Snyder-Mackler, L. (2013). Pre-operative quadriceps strength predicts functional outcomes after ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 21(4), 897–906. <https://doi.org/10.1007/s00167-012-1982-y>
- Mouton, C., Seil, R., & Theisen, D. (2023). Muscle inhibition after knee injury: Mechanisms and rehabilitation strategies. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 31(5), 1780–1790. <https://doi.org/10.1007/s00167-022-07185-4>
- Palmieri-Smith, R. M., Thomas, A. C., & Karvonen-Gutierrez, C. (2008). Isometric quadriceps strength in patients with ACL reconstruction. *Journal of Athletic Training*, 43(4), 373–381.
- Pietrosimone, B., Lepley, A. S., Ericksen, H. M., Gribble, P. A., & Palmieri-Smith, R. M. (2015). Quadriceps strength predicts self-reported function post knee injury. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 47(8), 1671–1677.
- Snyder-Mackler, L., Delitto, A., Bailey, S. L., & Stralka, S. W. (1995). Strength of the quadriceps femoris muscle and functional recovery after reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 77(8), 1166–1173.
- Thomas, A. C., Wojtys, E. M., Brandon, C., & Palmieri-Smith, R. M. (2016). Muscle atrophy contributes to quadriceps weakness after ACL injury. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(1), 7–11. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.12.010>
- Zeng, C., Gao, S. G., Wei, J., et al. (2014). The influence of neuromuscular electrical stimulation on rehabilitation after knee surgery: A meta-analysis. *PM&R*, 6(7), 602–610. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2014.01.013>

CC BY-SA 4.0 (Attribution-ShareAlike 4.0 International).

This license allows users to share and adapt an article, even commercially, as long as appropriate credit is given and the distribution of derivative works is under the same license as the original. That is, this license lets others copy, distribute, modify and reproduce the Article, provided the original source and Authors are credited under the same license as the original.

