

PENATALAKSANAAN FISIOTERAPI PADA KASUS DUCHENNE MUSCULAR DYSTROPHY POST OPERASI TENDON ACHILLES BILATERAL DENGAN MODALITAS ULTRASOUND DAN TERAPI LATIHAN DI RSUD BANDUNG KIWARI

Kurnia Sidik¹, Lona Thesalonika³, Ika Rahman²
^{1,2,3} Program Studi Fisioterapi, Politeknik Piksi Ganesha, Indonesia
E-mail: ksidik996@gmail.com

ABSTRACT

Duchenne Muscular Dystrophy (DMD) is one of the most common genetic neuromuscular diseases that occur in children, particularly in boys. This condition is characterized by progressive weakness of skeletal muscles caused by mutations in the gene encoding the dystrophin protein. Such mutations lead to a gradual decline in motor abilities, including walking, standing, and climbing stairs. Over time, DMD may also affect cardiac and respiratory functions, resulting in a significant decrease in the patient's quality of life. This case aims to determine the physiotherapy management in reducing pain, maintaining muscle strength, and preserving the range of motion in a patient with Duchenne Muscular Dystrophy using ultrasound modalities and isotonic-isometric exercise therapy. The exercises administered included bridging, hip extension, hip march, straight leg raises, side-lying hip abduction, standing hip abduction, and side-lying hip adduction. After six physiotherapy sessions, there was a decrease in pain on pressure from T1: 4 to T6: 3 and in movement pain from T1: 3 to T6: 2. Muscle strength showed relatively stable results, with hip flexion T1=3 to T6=3-, hip extension T1=2 to T6=2-, hip abduction T1=3 to T6=3-, and hip adduction T1=2+ to T6=2. The range of motion remained stable, with left ankle dorsiflexion T1: 10° to T6: 9° and plantarflexion T1: 35° to T6: 34°. Functional activity assessment using the NSAA showed a stable score of 20 from T1 to T6.

Keywords: *Duchenne Muscular Dystrophy, Physiotherapy, Ultrasound, Exercise Therapy.*

ABSTRAK

Duchenne Muscular Dystrophy (DMD) merupakan salah satu penyakit neuromuskular genetik yang paling sering terjadi pada anak-anak, khususnya pada anak laki-laki. Penyakit ini ditandai dengan kelemahan progresif pada otot rangka akibat adanya mutasi pada gen yang mengkode protein dystrophin. Kondisi tersebut menyebabkan penurunan kemampuan motorik seperti berjalan, berdiri, dan menaiki tangga. Seiring berjalannya waktu, DMD juga dapat memengaruhi fungsi jantung dan pernapasan sehingga menurunkan kualitas hidup penderita secara signifikan. Kasus ini bertujuan untuk mengetahui penatalaksanaan fisioterapi dalam penurunan rasa nyeri, mempertahankan kekuatan otot, dan mempertahankan lingkup gerak sendi pada penderita Duchenne Muscular Dystrophy dengan menggunakan modalitas ultrasound serta terapi latihan isotonik dan isometrik. Latihan yang diberikan meliputi bridging, hip extension, hip march, straight leg raises, side-

lying hip abduction, standing hip abduction, dan side-lying hip adduction. Setelah pemberian tindakan fisioterapi sebanyak enam kali pertemuan, terjadi penurunan nilai nyeri tekan dari T1: 4 menjadi T6: 3 dan nyeri gerak dari T1: 3 menjadi T6: 2. Nilai kekuatan otot menunjukkan hasil relatif stabil dengan hip fleksi T1=3 menjadi T6=3-, hip ekstensi T1=2 menjadi T6=2-, hip abduksi T1=3 menjadi T6=3-, dan hip adduksi T1=2+ menjadi T6=2. Lingkup gerak sendi menunjukkan kestabilan dengan dorsifleksi ankle kiri T1: 10° menjadi T6: 9° dan plantarfleksi T1: 35° menjadi T6: 34°. Hasil pemeriksaan aktivitas fungsional menggunakan NSAA menunjukkan skor stabil pada T1–T6 dengan nilai 20

Katakunci : Duchenne Muscular Dystrophy, Fisioterapi, Ultrasound, terapi latihan

PENDAHULUAN

Menurut World Health Organization (WHO 2020) kesehatan bukan sekadar ketiadaan penyakit atau kelemahan, melainkan merupakan suatu keadaan sejahtera yang menyeluruh, mencakup aspek fisik, mental, dan sosial. Definisi ini menekankan bahwa kesehatan memiliki makna yang lebih luas daripada kondisi medis semata, karena juga mencakup kemampuan seseorang untuk berfungsi secara optimal dalam kehidupan sehari-hari, menjaga hubungan sosial yang baik, serta memiliki keseimbangan mental dan emosional.

Fisioterapi merupakan bentuk pelayanan kesehatan yang ditujukan kepada individu atau kelompok untuk mengembangkan, memelihara, dan memulihkan gerak serta fungsi tubuh sepanjang rentang kehidupan melalui penanganan manual, peningkatan gerak, penggunaan peralatan fisik, elektroterapeutik, dan mekanis, serta pelatihan fungsi dan komunikasi (Permenkes No. 65 Tahun 2015 Pasal 1). Salah satu cabang fisioterapi adalah fisioterapi neurologi, yang berfokus pada penanganan gangguan sistem saraf pusat dan perifer yang memengaruhi fungsi gerak, kekuatan otot, serta keseimbangan tubuh. Salah satu kondisi neurologis yang dapat ditangani dengan fisioterapi adalah Duchenne Muscular Dystrophy (DMD), yaitu gangguan neuromuskular progresif yang menyebabkan kelemahan otot dan

penurunan kemampuan fungsional pada anak-anak (Birnkran et al., 2023).

Duchenne Muscular Dystrophy (DMD) merupakan penyakit neuromuskular genetik yang ditandai dengan kelemahan otot progresif akibat mutasi pada gen dystrophin yang terletak pada kromosom X (Crisafulli et al., 2020). DMD hampir secara eksklusif menyerang anak laki-laki, dengan onset gejala biasanya muncul sebelum usia 5 tahun dan berkembang menjadi kehilangan kemampuan berjalan pada usia 10–15 tahun (Landfeldt et al., 2020). Salah satu manifestasi umum yang terjadi adalah kontraktur pergelangan kaki akibat pemendekan tendon Achilles, yang menyebabkan perubahan pola berjalan pada anak dengan DMD (Willcocks et al., 2022). Prevalensi global Duchenne Muscular Dystrophy (DMD) dilaporkan sekitar 5,3 per 100.000 laki-laki dan 21,4 per 100.000 kelahiran hidup laki-laki, sehingga menjadikannya bentuk paling umum dari distrofi otot yang diturunkan secara resesif terkait kromosom X dan hampir secara eksklusif mengenai laki-laki (Crisafulli et al., 2020). Di Indonesia, data prevalensi Duchenne Muscular Dystrophy belum terdokumentasi secara luas melalui survei nasional. Oleh karena itu, angka insidensi global masih sering dijadikan acuan dalam konteks epidemiologi di Indonesia (UGM 2020). Namun, laporan kasus klinis di RSUD Bandung Kiwari, Jawa Barat yang merupakan salah satu rumah sakit rujukan

dalam pelayanan rehabilitasi medik selama praktik klinik lapangan selama 6 bulan pada tahun 2025 mendapati 2 pasien dengan diagnosis DMD yang menjalani fisioterapi di rumah sakit tersebut.

Banyak modalitas yang dimiliki fisioterapi untuk menangani kasus Duchenne Muscular Dystrophy (DMD). Pada kasus ini, terapis menggunakan dua modalitas utama yaitu Ultrasound dan Terapi Latihan. Ultrasound digunakan untuk membantu mengurangi ketegangan otot dan mempertahankan elastisitas jaringan lunak, sedangkan terapi latihan diterapkan untuk mempertahankan kekuatan otot serta kemampuan fungsional pasien (Birnkranz et al., 2023). Intervensi terpilih pada kasus Duchenne Muscular Dystrophy ini adalah Ultrasound dan terapi latihan.

Ultrasound (US) adalah modalitas fisioterapi non-invasif yang menggunakan gelombang suara frekuensi tinggi (biasanya 1 MHz atau 3 MHz) untuk menghasilkan efek termal dan mekanik pada jaringan tubuh. US efektif dalam menembus jaringan lunak seperti otot, tendon, dan ligamen, serta berperan penting dalam mengurangi nyeri dan mempercepat proses penyembuhan jaringan (Haile et al., 2021; Li et al., 2024). Mekanisme kerja US melibatkan peningkatan suhu jaringan dalam yang dapat mempercepat metabolisme sel, meningkatkan sirkulasi darah, dan mempercepat regenerasi jaringan yang rusak. Selain itu, efek mekanik US membantu meningkatkan permeabilitas membran sel, memperlancar difusi ion dan nutrisi, serta mengurangi inflamasi lokal sehingga mempercepat proses penyembuhan. Dalam penerapannya, US diberikan dengan frekuensi 1 MHz untuk jaringan yang lebih dalam dan 3 MHz untuk jaringan yang lebih superfisial, dengan intensitas sekitar 1,0–1,5 W/cm² secara kontinu atau pulsatil sesuai fase penyembuhan. Durasi terapi biasanya

berlangsung selama 5–8 menit per sesi, dilakukan 2–3 kali seminggu tergantung pada kondisi dan toleransi pasien. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan ultrasound secara rutin dapat membantu mempercepat pemulihan jaringan pasca trauma atau operasi dengan cara meningkatkan suplai oksigen dan aliran darah lokal, mengurangi spasme otot, serta memperbaiki elastisitas jaringan lunak (Qin et al., 2022; Sobolewski, 2024; Martínez-Fernández et al., 2025). Dengan demikian, penggunaan modalitas Ultrasound diharapkan mampu mendukung proses rehabilitasi fisioterapi secara optimal. Penerapan terapi Ultrasound ini dilakukan di RSUD Bandung Kiwari sebagai bagian dari intervensi fisioterapi terpadu untuk mempertahankan fungsional pasien.

Penatalaksanaan fisioterapi pada kasus Duchenne Muscular Dystrophy (DMD) tidak hanya menggunakan modalitas ultrasound, tetapi juga mencakup terapi latihan. Terapi latihan merupakan aktivitas fisik yang dilakukan secara terencana untuk mempertahankan kekuatan otot, mencegah kontraktur, serta meningkatkan kemampuan fungsional pasien. Terapi latihan yang diberikan meliputi bridging, hip extension, hip march, straight leg raise, side-lying hip abduction, standing hip abduction, dan side-lying hip adduction. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui manfaat penggunaan Ultrasound dalam penurunan rasa nyeri dan pemberian Terapi Latihan dalam mempertahankan kekuatan otot, lingkup gerak sendi, serta kemampuan fungsional. mampu memberikan serta mengevaluasi tindakan fisioterapi pada penderita Duchenne Muscular Dystrophy.

METODE PENELITIAN

- A. Teknologi Intervensi Fisioterapi
Modalitas yang diaplikasikan pada kasus duchenne muscular

dystrophy adalah *Ultrasound* dan terapi latihan berupa latihan *bridging, hip extension, hip march, straight leg raises, side-lying hip abduction, standing hip abduction, dan side-lying hip adduction*.

Ultrasound adalah salah satu modalitas fisik yang digunakan dalam pengobatan nyeri muskuloskeletal. Ultrasound bekerja dengan menghasilkan gelombang suara berfrekuensi tinggi yang menembus jaringan tubuh untuk menghasilkan efek termal dan mekanik. Efek termal meningkatkan aliran darah lokal dan metabolisme jaringan, sedangkan efek mekanik membantu dalam proses penyembuhan jaringan lunak dengan meningkatkan permeabilitas membran sel dan merangsang produksi kolagen. Penelitian menunjukkan bahwa ultrasound efektif dalam mengurangi nyeri dan meningkatkan fungsi pada kondisi seperti osteoarthritis lutut dan tendinopati. Namun, efektivitasnya dapat bervariasi tergantung pada jenis kondisi, parameter yang digunakan, dan respons individu pasien. Secara umum, ultrasound dianggap aman dengan efek samping minimal, seperti iritasi kulit ringan (Wang et al., 2024; Yoo et al., 2025; Uddin et al., 2021).

Terapi latihan adalah gerakan tubuh, postur, atau aktivitas fisik yang dilakukan secara sistematis dan terencana guna memberikan manfaat bagi pasien atau klien untuk memperbaiki atau mencegah gangguan, meningkatkan, mengembalikan, dan menambah fungsi fisik, mencegah atau mengurangi faktor risiko terkait kesehatan, serta mengoptimalkan kondisi kesehatan, kebugaran, dan

rasa sejahtera secara keseluruhan (Pedersen & Saltin, 2020).

Pada pasien dengan Duchenne Muscular Dystrophy (DMD), terapi latihan difokuskan untuk mempertahankan kekuatan otot, mencegah kontraktur, serta menjaga kemampuan fungsional. Program latihan yang diberikan meliputi beberapa gerakan, antara lain *bridging* yang berfungsi mempertahankan kekuatan otot panggul dan punggung bawah serta membantu kontrol panggul, *hip extension* untuk melatih otot ekstensor panggul agar postur berdiri tetap stabil, dan *hip march* yang membantu melatih kontrol gerak panggul serta koordinasi antara otot panggul dan tungkai bawah. Selain itu, latihan *straight leg raises* dilakukan untuk mempertahankan kekuatan otot *quadriceps* tanpa memberikan tekanan berlebih pada sendi lutut, sedangkan *side-lying hip abduction* digunakan untuk melatih otot abduktor panggul agar keseimbangan saat berdiri dan berjalan tetap terjaga. *Standing hip abduction* dilakukan dalam posisi berdiri guna melatih stabilitas dinamis dan kontrol postural tubuh, sementara *side-lying hip adduction* bertujuan menjaga kekuatan otot adduktor panggul agar keseimbangan otot di area panggul tetap seimbang. Seluruh latihan ini diberikan secara bertahap dan terarah sesuai kemampuan pasien untuk membantu mempertahankan fungsi gerak dan kemandirian dalam aktivitas sehari-hari.

B. Deskripsi Problematika Fisioterapi
Problematika yang terjadi mengacu pada klasifikasi **International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF)** yang terdiri atas

tiga tingkatan, yaitu **Impairment**, **Functional Limitation**, dan **Participation Restriction** (Kienbacher et al., 2021).

1. *Impairment*

Impairment adalah gangguan atau kelemahan yang dialami oleh pasien. Pada kasus Duchenne Muscular Dystrophy, pasien mengalami pseudohypertrofi otot betis, kelemahan otot, serta adanya nyeri akibat proses degeneratif pada serabut otot yang menyebabkan penurunan fungsi kontraksi otot.

2. *Functional limitation*

Functional Limitation merupakan keterbatasan dalam melakukan aktivitas fungsional sehari-hari. Pada kasus ini, pasien mengalami kesulitan dalam mempertahankan posisi berdiri dalam waktu lama serta tidak mampu melakukan gerakan duduk ke berdiri tanpa bantuan, yang menunjukkan penurunan kekuatan otot ekstremitas bawah.

3. *Participation restriction*

Participation Restriction adalah keterbatasan dalam berpartisipasi pada kegiatan sosial. Pasien mengalami hambatan dalam bermain dan berinteraksi dengan teman sebaya karena keterbatasan mobilitas dan cepat mengalami kelelahan saat melakukan aktivitas fisik.

Populasi Dan Sampel

1. Nyeri dengan VAS

Pengukuran nyeri dengan Visual Analogues Scales (VAS) berupa sebuah garis lurus dengan panjang

10cm/100mm. dalam pelaksanaan pengukuran nyeri pasien diminta untuk memberi tanda pada garis sesuai yang dirasakan pasien. Penentuan nilai VAS dilakukan dengan mengukur jarak antara titik / ujung garis yang menunjukkan tidak nyeri hingga ke titik yang ditunjukkan pasien, nilai range vas adalah 0 s.d 10. Pada pemeriksaan ini terdapat hasil:

Tabel 1. Pemeriksaan Nyeri

Pemeriksaan Nyeri	Nilai
Nyeri diam	0/10
Nyeri tekan	4/10
Nyeri gerak	3/10

2. Kekuatan Otot dengan MMT

Manual Muscle Testing (MMT) merupakan suatu pemeriksaan kekuatan otot dengan menggunakan metode gerakan melawan tahanan dengan skala penilaian dari angka 0 sampai 5 dan masing-masing memiliki tingkatan nilai yang berbeda. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan pada otot hip dan knee dengan gerakan Hip fleksi, ekstensi, knee fleksi, ekstensi, ankle dorsiflexion dan ankle plantarflexion. Dari hasil pemeriksaan kekuatan otot dengan MMT terdapat hasil:

Tabel 2. Gerakan

Gerakan	Nilai
Hip Fleksi	3
Hip Ekstensi	2
Knee fleksi	3
Knee ekstensi	2+
Ankle Dorsiflexion	2-
Ankle Plantarflexion	3+

3. LGS dengan Goniometer

Goniometer merupakan alat ukur untuk mengetahui adanya

keterbatasan lingkup gerak sendi. Lingkup gerak sendi (LGS) adalah luas lingkup gerakan sendi yang mampu dicapai/ dilakukan oleh sendi. Dari pemeriksaan LGS menggunakan goniometer terdapat hasil:

Tabel 3. Jenis Gerak

Jenis Gerak	Ankle Kiri (Sagital)	Ankle Kanan (Sagital)
Gerak Aktif	S 10°-0°-35°	S 15°-0°-35°
Gerak Pasif	S 10°-0°-35°	S 15°-0°-35°

4. Fungsional Aktivitas dengan NSAA
Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan pasien dalam melakukan aktivitas sehari hari, dengan hasil yang didapatkan sebagai berikut:

Tabel 4. Kegiatan

No	Kegiatan	Skor
1	Berdiri (Stand)	2
2	Berjalan (Walk)	1
3	Bangun dari Kursi (Rise)	1
4	Naik Tangga – Kanan	1
5	Naik Tangga – Kiri	1
6	Berdiri Satu Kaki – Kanan	2
7	Berdiri Satu Kaki – Kiri	1
8	Berdiri di Atas Tumit	1
9	Bangun dari Lantai	1
10	Mengangkat Kepala	1
11	Melompat Kaki Kanan	1
12	Melompat Kaki Kiri	1
13	Turun Tangga Kanan	1
14	Turun Tangga Kiri	1
15	Duduk dari Berdiri	2
16	Melompat dengan Kedua Kaki	1
17	Berlari	1
	Total Skor	20

Metode Pengumpulan Data

Prosedur pengumpulan data dalam penyusunan studi kasus ini dibagi menjadi dua, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

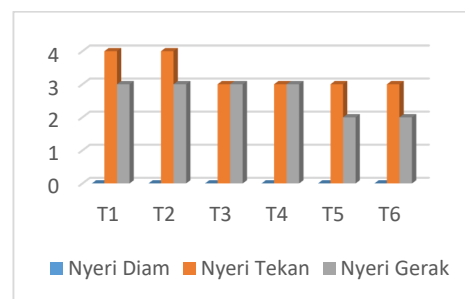
Data primer terbagi menjadi tiga bagian, yaitu pemeriksaan fisik, wawancara/Interview dan observasi. Pemeriksaan fisik bertujuan untuk mengetahui kondisi fisik pasien. Pemeriksaan ini terdiri dari: vital sign, inspeksi, palpasi, pemeriksaan gerak dasar, kemampuan fungsional dan lingkungan aktivitas. Wawancara/Interview adalah metode pengumpulan data yang dilakukan dengan cara sesi tanya jawab antara terapis dengan pasien. Observasi dilakukan sebagai bentuk pengamatan pasien selama diberikan program fisioterapi.

2. Data Sekunder

Data sekunder terbagi menjadi dua bagian, yaitu studi dokumentasi dan data pustaka, didapatkan dari buku-buku fisioterapi dan kumpulan jurnal yang berkaitan dengan kasus cedera *duchenne muscular dystrophy*

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pemeriksaan Evaluasi Nyeri dengan menggunakan VAS

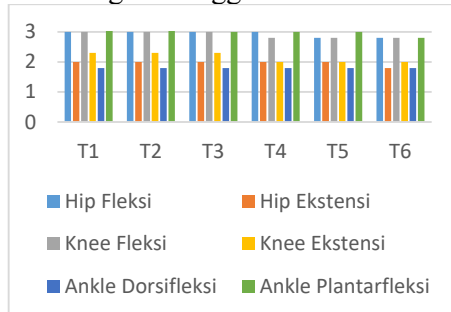


Grafik 1. Hasil Evaluasi Nilai Nyeri

Pada grafik 1 menunjukkan adanya penurunan nyeri setelah menjalani 6 kali terapi di RSUD bandung kiwari, dimana nyeri tekan T1=4 menjadi

T6=3, dan nyeri gerak T1=3 menjadi T6=2.

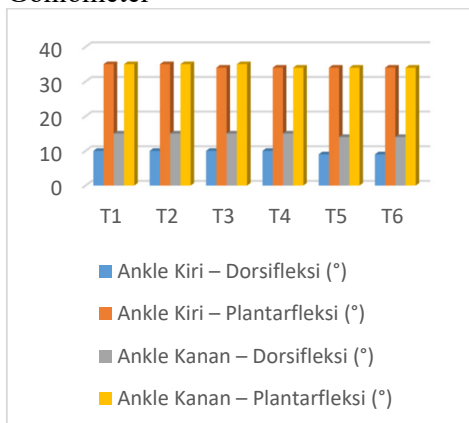
2. Hasil Pemeriksaan Evaluasi Kekuatan Otot dengan menggunakan MMT



Grafik 2. Hasil Evaluasi nilai kekuatan otot

Pada grafik 2 diatas Hasil MMT menunjukkan bahwa kekuatan otot relatif stabil selama periode terapi di RSUD bandung kiwari, pada gerakan hip fleksi, hip ekstensi, knee fleksi, knee ekstensi, ankle dorsiflexion, dan ankle plantarflexion. Pada gerakan hip fleksi, nilai MMT T1=3 menjadi T6=3-, hip ekstensi T1=2 menjadi T6=2-, knee fleksi T1=3 menjadi T6=3-, knee ekstensi T1=2+ menjadi T6=2, ankle dorsiflexion T1=2- tetap stabil di T6=2-, dan ankle plantarflexion T1=3+ menjadi T6=3-

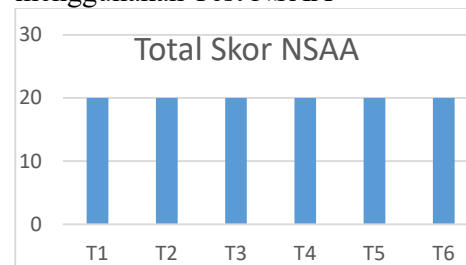
3. Hasil Pemeriksaan Evaluasi Lingkup Gerak Sendi dengan menggunakan Goniometer



Grafik 3. Hasil Evaluasi nilai LGS

Pada grafik 3 diatas menggambar hasil evaluasi lingkup gerak sendi LGS dengan goniometer selama terapi di RSUD bandung kiwari, Mulai dari T1 hingga T6, dapat disimpulkan bahwa lingkup gerak sendi (LGS) ankle kiri dan kanan relatif stabil baik pada gerakan aktif maupun pasif dalam bidang sagittal. Pada LGS ankle kiri aktif pada bidang sagittal, nilai T1= S 10°-0°-35° tetap terjaga hingga T6= S 9°-0°-34°. Sedangkan pada LGS ankle kiri pasif, nilai T1= S 10°-0°-35° juga relatif stabil hingga T6= S 9°-0°-34°. Untuk ankle kanan aktif pada bidang sagittal, nilai T1= S 15°-0°-35° bertahan hingga T6= S 14°-0°-34°, dan pada LGS ankle kanan pasif, nilai T1= S 15°-0°-35° tetap relatif stabil hingga T6= S 14°-0°-34°.

4. Hasil pemeriksaan Evaluasi Aktifitas Fungsional dengan menggunakan Test NSAA



Grafik 4. Hasil Evaluasi dengan Test NSAA

Hasil evaluasi nilai pemeriksaan aktivitas fungsional dengan menggunakan NSAA mulai dari T1 sampai dengan T6 di RSUD bandung kiwari. Dinyatakan stabil nilai hasil test NSAA 20 dari T1 sampai T6.

SIMPULAN

Setelah dilakukan tindakan fisioterapi pada Tn A, Usia 8 tahun dengan *duchenne muscular dystrophy* yang diberikan terapi dengan menggunakan *US* dan terapi latihan, sebanyak 6 kali yaitu pada tanggal

03 Mei 2025 sampai 07 Juni 2025 yang di peroleh hasil evaluasi berupa:

1. Setelah melakukan pemberian *Ultrasound* didapatkan penurunan nyeri dengan hasil pemeriksaan nyeri yang dibuktikan dengan pemeriksaan dan evaluasi menggunakan VAS.
2. Setelah melakukan pemberian terapi latihan didapatkan kestabilan lingkup gerak sendi dengan hasil pemeriksaan lingkup gerak sendi *ankle sinistra* dan *dextra* menggunakan *Goniometer*.
3. Setelah melakukan pemberian terapi latihan didapatkan kestabilan kekuatan otot pada *hip* dan *knee*, dibuktikan dengan pemeriksaan dan evaluasi MMT.
4. Setelah melakukan pemberian terapi latihan didapatkan kestabilan kemampuan fungsional, dibuktikan dengan pemeriksaan dan evaluasi menggunakan *Test NSAA*.
5. Setelah dilakukan tindakan fisioterapi pada kasus *duchenne muscular dystrophy*, didapatkan hasil evaluasi yang relatif stabil. Tindakan fisioterapi yang diberikan terbukti mampu mempertahankan fungsional pasien, mampu memperlambat terjadinya kontraktur serta mampu memperlambat pemakaian kursi roda, sehingga kemandirian pasien tetap terjaga tanpa ketergantungan penuh dalam aktivitas sehari-hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Risafulli, S., Sultana, J., Fontana, A., Salvo, F., Messina, S., & Trifirò, G. (2020). Global epidemiology of Duchenne muscular dystrophy: An updated systematic review and meta-analysis. *Orphanet Journal of Rare Diseases*,
- Landfeldt, E., Thompson, R., Sejersen, T., McMillan, H. J., Kirschner, J., & Lochmüller, H. (2020). Life expectancy at birth in Duchenne muscular dystrophy: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Epidemiology*, 35(7), 643–654
- Willcocks, R. J., Barnard, A. M., Wortman, R. J., Senesac, C. R., Lott, D. J., Harrington, A. T., ... Vandenberghe, K. (2022). Development of contractures in DMD in relation to MRI-determined muscle quality and ambulatory function. *Journal of Neuromuscular Diseases*, 9(2), 289–302.
- Birnkrant, D. J., et al. (2023). Diagnosis and management of Duchenne muscular dystrophy, part 2: Implementation of multidisciplinary care. *The Lancet Neurology*, 22(5), 345–356.
- Haile, G., Hailemariam, T. T., & Haile, T. G. (2021). Effectiveness of ultrasound therapy on the management of chronic non-specific A systematic review. *Journal of Pain Research*, 14, 1251–1257
- Yoo, J., Heo, D., Hwang, Y., Kim, C., & Park, B. (2025). Ultrasound-mediated membrane modulation for biomedical applications. *Nanomaterials*, 15(12), 884
- Kienbacher, T., Fehrmann, E., Tuechler, K., Habenicht, R., Mair, P., Friedl, A., ... Ebenbichler, G. (2021). Changes in the international classification of functioning, disability, and health components “activity/participation” as predicted through patient-reported outcomes along with comprehensive back pain rehabilitation. *The Clinical Journal of Pain*, 37(11), 812–819
- Qin, H., Du, L., Luo, Z., He, Z., Wang, Q., Chen, S., & Zhu, Y. L. (2022). The therapeutic effects of low-intensity pulsed ultrasound in

musculoskeletal soft tissue injuries: Focusing on the molecular mechanism. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10, 1080430.

Sobolewski, E., Topham, W., Hosey, R., Waheeba, N., & Rett, T. (2024). Acute Effects of Soft Tissue Modalities on Muscular Ultrasound Characteristics and Isometric Performance. *Applied Sciences* (2076-3417), 14(17).

Martínez-Fernández, R., Paschen, S., Del Álamo, M., Rodríguez-Rojas, R., Pineda-Pardo, J. A., Blesa, J., ... & Obeso, J. A. (2025). Focused ultrasound therapy for movement disorders. *The Lancet Neurology*, 24(8), 698-712.