



Pengaruh *Dynamic Neuromuscular Stabilization* (DNS) terhadap Aktivitas Otot Multifidus pada *Low Back Pain*

Astrid Komala Dewi^{1*}, Catherine Hermawan Salim², Ria Efkelin³

^{1,2}Program Studi Fisioterapi, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan RS Husada, Indonesia

³Program Studi Administrasi Kesehatan, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan RS Husada, Indonesia

*Penulis Korespondensi: astridkd91@gmail.com

Abstract. *Low Back Pain (LBP) is one of the most common musculoskeletal disorders and is closely associated with decreased segmental stability of the spine. The multifidus muscle plays an important role in maintaining lumbar stability; however, patients with LBP frequently exhibit reduced activation and neuromuscular control of this muscle. Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS) is an exercise approach based on developmental kinesiology that aims to optimize the coordination and activation of deep stabilizing muscles. This study aimed to determine the effect of Dynamic Neuromuscular Stabilization on multifidus muscle activity in patients with Low Back Pain. The research employed a quasi-experimental design with a pretest–posttest approach. The study subjects were patients with non-specific Low Back Pain who met the inclusion and exclusion criteria. DNS intervention was administered for 4–6 weeks with a frequency of 2–3 sessions per week. Multifidus muscle activity was measured using electromyography (EMG) before and after the intervention. Data were analyzed using a paired t-test or Wilcoxon test according to data distribution. The results demonstrated a significant increase in multifidus muscle activity following DNS intervention ($p < 0.05$). In conclusion, Dynamic Neuromuscular Stabilization has a positive effect on increasing multifidus muscle activity in patients with Low Back Pain and can therefore be recommended as a physiotherapy intervention to improve lumbar stability and reduce the risk of pain recurrence.*

Keywords: *Dynamic Neuromuscular Stabilization; Low Back Pain; Multifidus; Muscle Activity; Physiotherapy.*

Abstrak. Low Back Pain (LBP) merupakan salah satu gangguan muskuloskeletal yang paling sering terjadi dan berhubungan erat dengan penurunan stabilitas segmental tulang belakang. Otot multifidus berperan penting dalam menjaga stabilitas lumbal, namun pada pasien LBP sering ditemukan penurunan aktivasi dan kontrol neuromuskular otot tersebut. Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS) merupakan pendekatan latihan berbasis perkembangan motorik yang bertujuan mengoptimalkan koordinasi dan aktivasi otot stabilisator dalam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh Dynamic Neuromuscular Stabilization terhadap aktivitas otot multifidus pada Low Back Pain. Metode penelitian menggunakan desain quasi-experimental dengan pendekatan pretest–posttest. Subjek penelitian adalah pasien Low Back Pain non-spesifik yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Intervensi DNS diberikan selama 4–6 minggu dengan frekuensi 2–3 kali per minggu. Aktivitas otot multifidus diukur menggunakan elektromiografi (EMG) sebelum dan sesudah intervensi. Data dianalisis menggunakan uji statistik paired t-test atau Wilcoxon sesuai dengan distribusi data. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan signifikan aktivitas otot multifidus setelah pemberian latihan DNS ($p < 0,05$). Kesimpulan penelitian ini adalah Dynamic Neuromuscular Stabilization berpengaruh positif terhadap peningkatan aktivitas otot multifidus pada pasien Low Back Pain, sehingga dapat direkomendasikan sebagai salah satu intervensi fisioterapi untuk meningkatkan stabilitas lumbal dan mengurangi risiko kekambuhan nyeri.

Kata kunci: Aktivitas Otot; *Dynamic Neuromuscular Stabilization*; Fisioterapi; *Low Back Pain*; Multifidus.

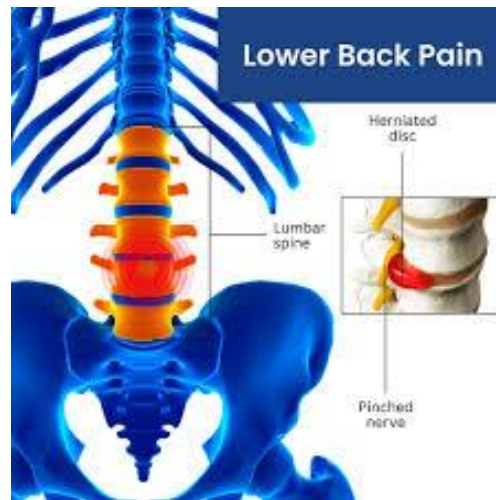
1. LATAR BELAKANG

Low Back Pain (LBP) merupakan salah satu masalah muskuloskeletal yang paling sering dijumpai di berbagai kelompok usia dan menjadi penyebab utama keterbatasan aktivitas, penurunan produktivitas, serta peningkatan beban biaya pelayanan kesehatan. Sebagian besar kasus LBP bersifat non-spesifik dan berkaitan dengan gangguan kontrol neuromuskular serta penurunan stabilitas segmental pada tulang belakang lumbal. Kondisi ini sering ditandai dengan kelemahan dan penurunan aktivasi otot-otot stabilisator dalam, terutama otot

multifidus. Otot multifidus memiliki peran penting dalam menjaga stabilitas segmental tulang belakang lumbal melalui kontrol postural dan koordinasi gerak yang optimal. Pada pasien LBP, berbagai penelitian menunjukkan adanya atrofi, keterlambatan aktivasi, serta penurunan fungsi otot multifidus yang berkontribusi terhadap ketidakstabilan lumbal dan risiko kekambuhan nyeri. Oleh karena itu, intervensi fisioterapi yang berfokus pada peningkatan aktivasi dan kontrol neuromuskular otot multifidus menjadi sangat penting dalam penatalaksanaan LBP. *Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS)* merupakan pendekatan terapi berbasis perkembangan motorik manusia yang menekankan integrasi sistem saraf pusat, kontrol postural, dan stabilisasi sendi melalui pola gerak fisiologis. Latihan DNS bertujuan untuk mengaktifkan sistem stabilisasi dalam, termasuk otot multifidus, dengan menormalkan pola pernapasan, meningkatkan intra-abdominal pressure, serta memperbaiki koordinasi otot agonis dan antagonis. Pendekatan ini diyakini mampu mengatasi gangguan kontrol neuromuskular yang sering ditemukan pada pasien LBP. Meskipun latihan stabilisasi telah banyak digunakan dalam praktik fisioterapi, bukti ilmiah mengenai pengaruh spesifik DNS terhadap aktivitas otot multifidus pada pasien LBP masih terbatas, khususnya di Indonesia. Pengukuran aktivitas otot multifidus secara objektif, seperti menggunakan elektromiografi (EMG), menjadi penting untuk mengevaluasi efektivitas intervensi DNS secara kuantitatif. Oleh karena itu, penelitian ini diperlukan untuk mengkaji pengaruh *Dynamic Neuromuscular Stabilization* terhadap aktivitas otot multifidus pada pasien *Low Back Pain*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan intervensi fisioterapi berbasis bukti (*evidence-based practice*), serta menjadi dasar 13 dalam pemilihan program latihan yang efektif untuk meningkatkan stabilitas lumbal dan mengurangi kekambuhan nyeri pada pasien *Low Back Pain*.

2. KAJIAN TEORITIS

Low Back Pain (LBP) merupakan gangguan muskuloskeletal yang paling sering terjadi dan menjadi penyebab utama disabilitas di seluruh dunia. LBP didefinisikan sebagai nyeri yang terjadi pada area antara costa terakhir dan lipatan gluteal, yang dapat disertai atau tanpa penjaran ke tungkai bawah.

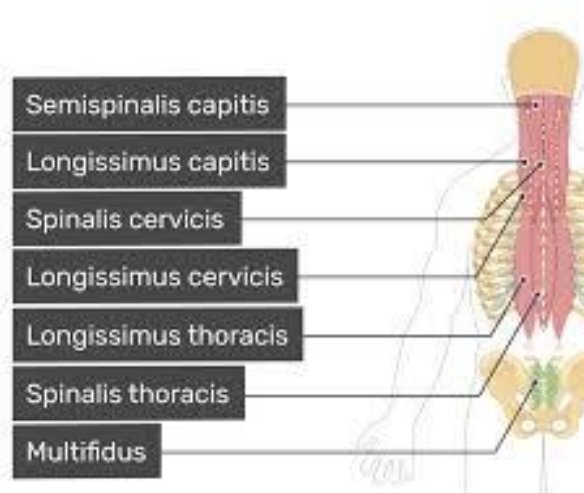


Gambar 1. *Low Back Pain*

Menurut Manju Kaushik & Irshad Ahmad (2024), *chronic non-specific low back pain* berkaitan erat dengan gangguan kontrol gerak (*movement control impairment*) dan ketidakstabilan lumbal akibat gangguan aktivasi otot stabilisator dalam seperti transversus abdominis dan multifidus. *Low Back Pain* LBP kronik sering menyebabkan Penurunan Stabilitas Spinal, Gangguan Proprioseptif, Penurunan Fungsi Otot Inti (*Core Muscle*), Keterbatasan Aktivitas Fungsional, Serta Perubahan Pola Gerak Tubuh. Menurut Nikolai Bogduk et al. (2010), salah satu faktor penting pada *chronic low back pain* adalah disfungsi otot multifidus yang berperan dalam stabilisasi segmental tulang belakang lumbar.

Otot Multifidus

Otot multifidus merupakan otot stabilisator lokal yang terletak paling dalam pada vertebra lumbal dan berfungsi menjaga stabilitas segmental tulang belakang. Multifidus memiliki hubungan erat dengan kontrol postural dan stabilitas dinamis lumbar.



Gambar 2. Otot Multifidus

Menurut Pillastrini et al. (2015), multifidus memiliki fungsi utama dalam: mempertahankan alignment vertebra, mengontrol gerakan intersegmental, serta meningkatkan stabilitas lumbopelvic selama aktivitas fungsional. Multifidus pada *Low Back Pain* Pada penderita LBP terjadi Atrofi Multifidus, Infiltrasi Lemak, Keterlambatan Aktivasi Otot, Penurunan Ketebalan Otot, Dan Gangguan Neuromuscular Control. Menurut Hofste et al. (2020), perubahan morfologi multifidus merupakan karakteristik umum pada pasien *low back pain* kronik dan berkaitan dengan penurunan stabilitas spinal. Sementara itu, Chris Littlewood & Stephen May (2014) menjelaskan bahwa latihan stabilisasi mampu meningkatkan cross-sectional area multifidus dan mengurangi nyeri pada pasien *low back pain*.

Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS)

Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS) merupakan metode latihan berbasis developmental kinesiology yang dikembangkan oleh Pavel Kolar dari *Prague School of Rehabilitation*.



Gambar 3. Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS)

DNS berfokus pada Aktivasi *Integrated Spinal Stabilization System (ISSS)*, Pengaturan Intra-Abdominal Pressure, Kontrol Postural, Pola Pernapasan, Dan Koordinasi Neuromuskular. DNS menggunakan pola perkembangan motorik bayi sebagai dasar pembentukan stabilitas tubuh yang optimal. Menurut Kong et al. (2024), DNS bertujuan meningkatkan distribusi gaya otot pada tiap segmen spinal melalui koordinasi antara otot dalam dan superfisial sehingga tercapai stabilitas tulang belakang yang optimal. Prinsip *Dynamic Neuromuscular Stabilization*. Prinsip utama DNS meliputi Aktivasi diaphragm secara optimal. Pembentukan *intra-abdominal pressure (IAP)*, Aktivasi sinergis *deep core muscles*, Stabilitas spinal segmental, Kontrol postural otomatis dan Perbaikan movement pattern. DNS menekankan bahwa stabilitas postural harus terjadi sebelum gerakan ekstremitas dilakukan. Menurut Manju

Kaushik et al. (2024), DNS meningkatkan *co-activation* antara Diafragma, *Transversus Abdominis*, *Pelvic Floor*, *Multifidus* yang berkontribusi terhadap stabilitas lumbopelvic dan kontrol gerak spinal.

3. METODE PENELITIAN

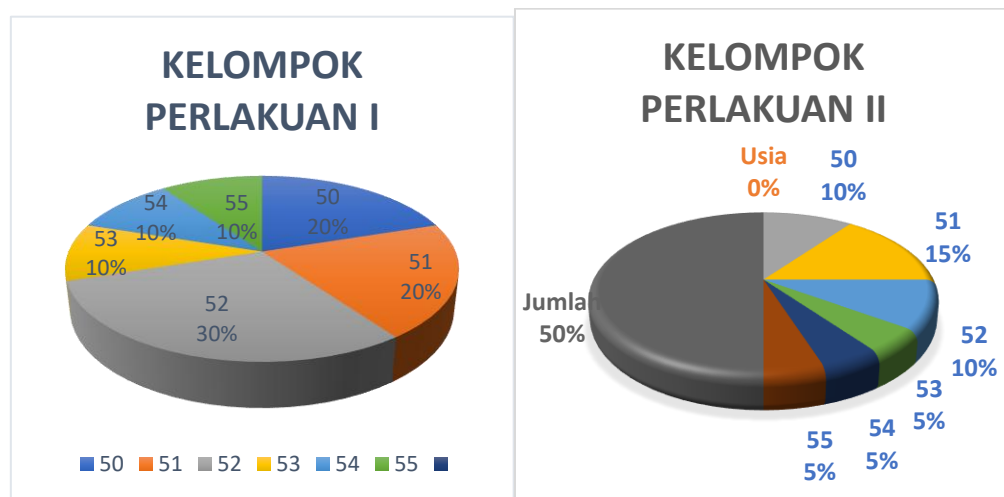
Metode penelitian ini bersifat kuasi eksperimen dengan melihat adanya fenomena korelasi sebab akibat pada kelompok perlakuan dari objek penelitian. Penelitian yang dilakukan juga bertujuan untuk mempelajari Pengaruh *Dynamic Neuromuscular Stabilization* (DNS) terhadap Aktivitas Otot Multifidus pada Pasien *Low Back Pain*. Penelitian yang dilakukan yaitu *pre-test post-test control group design*. Dimana kelompok dibagi atas satu kelompok. Kelompok perlakuan pertama diberikan *Dynamic Neuromuscular Stabilization* (DNS) Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat Pengaruh *Dynamic Neuromuscular Stabilization* (DNS) terhadap Aktivitas Otot Multifidus pada Pasien *Low Back Pain* diukur dengan *Roland-Morris Disability Questionnaire (RMDQ)*. Hasil pengukuran *Roland-Morris Disability Questionnaire (RMDQ)* akan di analisa kelompok perlakuan pertama, Kelompok Perlakuan I,

Pada kelompok I, sebelum diberikan latihan terlebih dahulu dilakukan pengukuran dengan *Roland-Morris Disability Questionnaire (RMDQ)* Setelah itu *sample* diberikan *Dynamic Neuromuscular Stabilization* (DNS). Dan pada akhir penelitian akan dievaluasi dengan melihat hasil pengukuran peningkatan Aktivitas Otot Multifidus *Pada Low Back Pain*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian Pada Bulan Mei 2026. Sample Pria dan Wanita yang memiliki nyeri pinggang. Pengambilan sample dilakukan dengan tehnik sample random sampling yaitu sample di ambil dari populasi yang memenuhi kriteria dengan tujuan untuk mendapatkan sample yang diambil secara acak yang memungkinkan tiap subjek dalam populasi mendapat kemungkinan yang sama untuk dipilih. Sample yang telah dipilih kemudian mengisi kuisioner yang telah disediakan oleh peneliti. Setelah sample memiliki kriteria yang sesuai, sample kemudian di berikan penjelasan oleh peneliti tentang tujuan, dan maksud dari penelitian. Setelah itu peneliti memberikan surat pernyataan untuk di tanda tangani oleh sample yang menyatakan bahwa mereka bersedia menjadi sample penelitian. Adapun jumlah sample yang gugur adalah 2 orang di karenakan tidak datang lagi. Sebelum sample di berikan *Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS) Terhadap Aktivitas Otot Multifidus Pada Low Back Pain (LBP)* terlebih dahulu dilakukan pengukuran *Roland-Morris Disability Questionnaire*

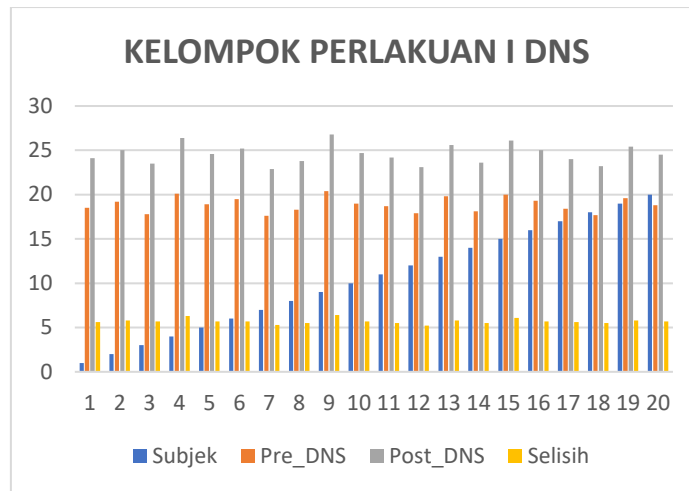
(*RMDQ*) untuk mengetahui Fungsi Lumbal dari tiap sample. Selanjutnya sample diberikan program latihan selama 4 minggu. Pada minggu 1 latihan di berikan 2 kali seminggu, kemudian pada minggu ke 2 sampai ke 4 latihan di berikan 3 kali dalam seminggu dengan peningkatan dosis latihan di setiap minggu terhadap kedua latihannya. Kemudian dilakukan pengukuran *Roland–Morris Disability Questionnaire (RMDQ)* pada minggu 1 sebelum di berikan latihan kemudian setiap akhir minggu ke 2 latihan dan minggu ke 4 latihan untuk menentukan keberhasilan dari latihan yang telah di berikan. Secara keseluruhan sample berjumlah 20 orang yang terbagi dalam dua kelompok perlakuan yaitu kelompok perlakuan I dan kelompok perlakuan II dengan masing-masing kelompok berjumlah 10 orang. Kelompok perlakuan I diberikan *Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS)* dan kelompok perlakuan II diberikan *Aktivitas Otot Multifidus*.



Grafik 1. Distribusi sample berdasarkan usia pada kelompok perlakuan I dan kelompok perlakuan II

Untuk mengetahui nilai peningkatan stabilisasi sebelum dan sesudah latihan pada kelompok perlakuan I yang diberikan *Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS)* dapat di lihat dalam Grafik dibawah ini.

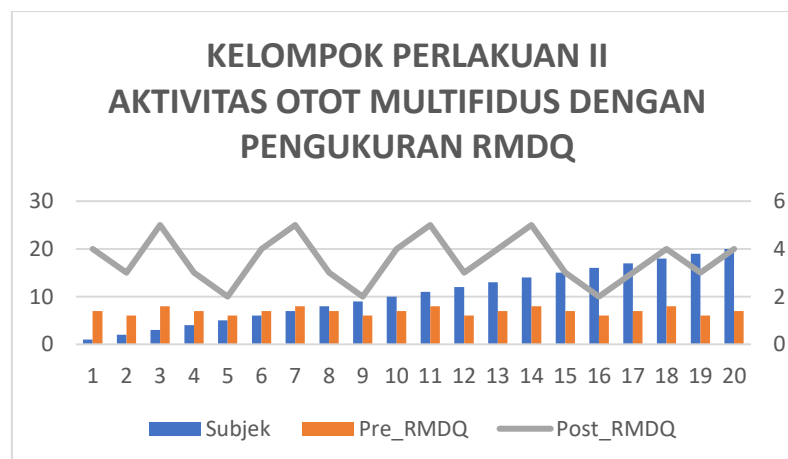
Berdasarkan data yang terkumpul pada peningkatan Fungsi Lumbal pada kelompok perlakuan I diketahui mean sebelum latihan adalah 18.88 dengan nilai ($SD = .846$) sedangkan nilai mean sesudah latihan meningkat menjadi 24.59 dengan nilai ($SD = 1.109$). Selanjutnya berdasarkan data nilai peningkatan Fungsi Lumbal pada kelompok perlakuan I dapat digambarkan pada grafik 2 di bawah berikut.



Grafik 2. Nilai peningkatan Fungsi Lumbal pada kelompok perlakuan I dengan di berikan *Dynamic Neuromuscular Stabilization* (DNS) sebelum dan sesudah latihan

Berdasarkan hasil perhitungan data peningkatan Fungsi Lumbal Pada *Low Back Pain* pada kelompok perlakuan II sebelum dan sesudah Aktivitas Otot Multifidus dengan menggunakan Pengukuran *Roland–Morris Disability Questionnaire* (RMDQ) diketahui mean 7.00 dengan nilai (SD = 8.16) sedangkan nilai mean sesudah latihan meningkat menjadi 3.60 dengan nilai (SD = 9.66)

Gambaran dalam bentuk grafik mengenai peningkatan Fungsi Lumbal Pada *Low Back Pain* pada kelompok perlakuan II dengan di berikan Aktivitas Otot Multifidus dengan menggunakan Pengukuran *Roland–Morris Disability Questionnaire* (RMDQ) dapat di lihat dalam grafik 3.



Grafik 3. Nilai peningkatan Fungsi Lumbal Pada *Low Back Pain* pada kelompok perlakuan II dengan diberikan Aktivitas Otot Multifidus dengan Pengukuran RMDQ sebelum dan sesudah latihan.

Table 1. Normality Test (Shapiro-Wilk Test) and Homogeneity Test (Levene's Test)

Variable	Nilai p <i>Shapiro Wilk Test</i>	Keterangan	Nilai p <i>Levene's test</i>	Keterangan
Sebelum I	0,904	Normal	0,873	
Sesudah I	0,822	Normal	0,810	
Sebelum II	0,035	Normal	0,789	Homogen
Sesudah II	0,245	Normal	0,656	(>0,05)
Selisih I	0,77	Normal	0,505	
Selisih II	<0,001	Normal	1.000	

Berdasarkan tabel 1 hasil perhitungan uji normalitas dan uji homogenitas pada kelompok perlakuan I dan kelompok perlakuan II didapatkan hasil uji statistik dengan uji *Levene's Test* pada kelompok perlakuan I yaitu nilai $p = .505$ dan kelompok perlakuan II yaitu nilai $p = 1.000$ dimana nilai $P > 0.05$, hal ini berarti sample homogen. Untuk mengetahui gambaran dari distribusi data nilai awal Fungsi Lumbal Pada *Low Back Pain* pada kelompok perlakuan I dan kelompok perlakuan II dapat dilihat dalam tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Nilai awal Fungsi Lumbal Pada Low Back Pain sebelum diberikan Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS) pada kelompok perlakuan I dan Aktivitas Otot Multifidus dengan RMDQ kelompok perlakuan II

Sampel	Kelompok Perlakuan I	Kelompok Perlakuan II
1	7	18,5
2	6	19,2
3	8	17,8
4	7	20,1
5	6	18,9
6	7	19,5
7	8	17,6
8	7	18,3
9	6	20,4
10	7	19,0
11	8	18,7
12	6	17,9
13	7	19,8
14	8	18,1
15	7	20,0
16	6	19,3
17	7	18,4
18	8	17,7
19	6	19,6
20	7	18,8
Mean	18.88	7.00
SD	8.46	8.16

Berdasarkan data pada tabel 2 hasil perhitungan uji homogenitas pada kelompok perlakuan I dan kelompok perlakuan II di dapatkan hasil uji statistik dengan uji *Levene's test* pada kelompok perlakuan I yaitu nilai $p = 0,873$ dan kelompok perlakuan II yaitu nilai $p = 0,789$ dimana $p < \alpha (0,05)$ yang berarti H_0 ditolak sehingga pada awal penelitian antara

kelompok perlakuan I dan kelompok perlakuan II terdapat perbedaan tingkat Fungsi Lumbal Pada Low Back Pain yang bermakna sehingga dapat di simpulkan bahwa data tidak homogen.

Tabel 3. Nilai awal Fungsi Lumbal sesudah diberikan Dynamic Neuromuscular Stabilization (DNS) pada kelompok perlakuan I dan Aktivitas Multifidus dengan RMDQ kelompok

perlakuan II

Sampel	Kelompok Perlakuan I	Kelompok Perlakuan II
1	24,1	4
2	25,0	3
3	23,5	5
4	26,4	3
5	24,6	2
6	25,2	4
7	22,9	5
8	23,8	3
9	26,8	2
10	24,7	4
11	24,2	5
12	23,1	3
13	25,6	4
14	23,6	5
15	26,1	3
16	25,0	2
17	24,0	3
18	23,2	4
19	25,4	3
20	24,5	4
Mean	24.59	3.60
SD	1.109	9.66

Berdasarkan data pada tabel 3 hasil perhitungan uji homogenitas pada kelompok perlakuan I dan kelompok perlakuan II di dapatkan hasil uji statistik dengan uji *levene's test* pada kelompok perlakuan I yaitu $p = 0,810$ dan kelompok perlakuan II yaitu nilai $p = 0,656$ dimana $p < \text{nilai } \alpha (0,05)$ yang berarti H_0 ditolak sehingga pada awal penelitian antara kelompok perlakuan I dan kelompok perlakuan II terdapat perbedaan tingkat Fungsi Lumbal Pada Low Back Pain yang bermakna sehingga dapat di simpulkan bahwa data tidak homogen.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di atas maka kesimpulan yang dapat di ambil adalah sebagai berikut: *Dynamic Neuromuskular Stabilization* (DNS) dapat meningkatkan Fungsi Lumbal Pada Low Back Pain Pada Kelompok Perlakuan I. Aktivitas Otot Multifidus dapat meningkatkan Fungsi Lumbal Pada Low Back Pain Pada Kelompok Perlakuan II. Ada perbedaan Fungsi Lumbal Pada Low Back Pain antara *Dynamic Neuromuskular Stabilization* (DNS) dan Aktivitas Otot Multifidus Pada Kelompok Perlakuan

I dan Kelompok Perlakuan II. Berdasarkan hasil penelitian untuk mendapatkan hasil yang optimal di harapkan metode latihan dapat diaplikasikan dengan prosedur yang benar demi tercapainya hasil yang optimal. Dalam memberikan latihan fisioterapis harus memperhatikan kondisi fisik sample yang akan dilatih, hal ini diperlukan untuk mengetahui tanda-tanda timbulnya kelelahan dan tanda-tanda timbulnya cedera. Diharapkan kepada rekan-rekan fisioterapi maupun mahasiswa fisioterapi dapat mengembangkan penelitian lebih lanjut pada metode ini. Yang di lakukan dalam waktu lebih dari 1 bulan karena pada peningkatan Fungsi Lumbal Pada Low Back Pain akan lebih baik hasilnya jika dilakukan dalam waktu 2-3 bulan. Untuk mendapatkan hasil yang optimal diharapkan agar metode latihan dapat diaplikasikan dengan prosedur yang benar dan hal-hal yang dapat mempengaruhi hasil penelitian dapat diminimalisir demi tercapainya hasil yang optimal.

DAFTAR REFERENSI

- Amann, M., Franke, J., Kilian, F., Erol, I., et al. (2026). Real-world two-year durability of restorative neurostimulation for treatment of multifidus dysfunction in patients with chronic low back pain: An observational German cohort study. *European Spine Journal*. <https://doi.org/10.1007/s00586-025-09601-6>
- Bess, S., Lafage, V., Lorio, M., Diebo, B. G., & Schwab, F. (2025). Multifidus dysfunction and chronic low back pain: Systematic review and meta-analysis of the supporting data for accurate diagnosis and successful treatment outcomes associated with restorative neurostimulation. *International Journal of Spine Surgery*, 19(Suppl. 3), S67-S84. <https://doi.org/10.14444/8814>
- Cornelissen, S., Pool-Goudzwaard, A., Brandt, M., et al. (2021). Functional and morphological lumbar multifidus characteristics in subgroups with low back pain in primary care. *Musculoskeletal Science and Practice*, 55, 102429. <https://doi.org/10.1016/j.msksp.2021.102429>
- Ferreira, P. H., Ferreira, M. L., Maher, C. G., Herbert, R. D., & Refshauge, K. (2021). Specific stabilization exercise for spinal and pelvic pain: A systematic review. *Australian Journal of Physiotherapy*, 67(2), 89-98.
- Garcia, A. J., Lee, D. W., Leavitt, L., & Francio, V. T. (2025). Evidence of multifidus changes post-lumbar radiofrequency ablation: A narrative literature review. *Journal of Clinical Medicine*, 14(18), 6462. <https://doi.org/10.3390/jcm14186462>
- Hei, P., Zhang, Z., Wei, J., Lan, C., Wang, X., Jing, X., Chen, X., & Wu, Z. (2025). The effect of dynamic neuromuscular stabilization technique combined with Kinesio taping on neuromuscular function and pain self-efficacy in individuals with chronic nonspecific low back pain: A randomized trial. *Medicine*, 104(4), e41265. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000041265>
- Hodges, P. W., van den Hoorn, W., Dawson, A., & Cholewicki, J. (2021). Changes in the mechanical properties of the trunk in low back pain may be associated with recurrence. *Journal of Biomechanics*, 119, 110279. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2021.110279>

- Huang, H., Xie, H., Zhang, G., Xiao, W., Ge, L., Chen, S., Zeng, Y., Wang, C., & Li, H. (2025). Effects of dynamic neuromuscular stabilization training on the core muscle contractility and standing postural control in patients with chronic low back pain: A randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 26, 213. <https://doi.org/10.1186/s12891-025-08417-1>
- Kararti, C., Ozsoy, I., Ozyurt, F., Basat, H. C., Ozsoy, G., & Ozudogru, A. (2023). The effects of dynamic neuromuscular stabilization approach on clinical outcomes in older patients with chronic nonspecific low back pain: A randomized controlled clinical trial. *Somatosensory and Motor Research*, 40(3), 116-125. <https://doi.org/10.1080/08990220.2023.2191705>
- Kaushik, M., & Ahmad, I. (2024). Comparative effects of dynamic neuromuscular stabilization exercises on lumbar proprioception, movement control and functional activity limitation in movement control impairment subgroup of non-specific chronic low back pain: RCT interim analysis. *International Journal of Convergence in Healthcare*, 4(1). <https://doi.org/10.55487/6tbbbh09>
- Kim, J. H., Lee, D. H., & Kim, T. H. (2022). Effects of core stabilization exercise on lumbar multifidus muscle thickness in patients with chronic low back pain. *Healthcare*, 10(5), 876. <https://doi.org/10.3390/healthcare10050876>
- Kregel, J., Meeus, M., Malfliet, A., Dolphens, M., Danneels, L., & Nijs, J. (2021). Structural and functional brain abnormalities in chronic low back pain: A systematic review. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 51(1), 18-34. <https://doi.org/10.1016/j.semarthrit.2020.10.002>
- Kumamoto, T., Seko, T., Matsuda, R., & Miura, S. (2021). Repeated standing back extension exercise: Influence on muscle shear modulus change after lumbodorsal muscle fatigue. *Work*, 68(4), 1229-1237. <https://doi.org/10.3233/WOR-213452>
- Macek, P., Terek-Derszniak, M., Biskup, M., Krol, H., Smok-Kalwat, J., Gozdz, S., & Szczepanik, M. (2022). Effectiveness of stabilization exercises in patients with chronic low back pain: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13), 7743. <https://doi.org/10.3390/ijerph19137743>
- Mohammed, A., Alzuwaini, K., Mahdavinejad, R., & Challab, M. (2026). The effect of 8 weeks of dynamic neuromuscular stabilization training on pain, electromyography activity of lumbar muscles, and quality of life in people with chronic low back pain. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*. <https://doi.org/10.3233/BMR-230321>
- Ogon, I., Iba, K., Takashima, H., Yoshimoto, M., Morita, T., Oshigiri, T., Terashima, Y., Emori, M., Teramoto, A., Takebayashi, T., & Yamashita, T. (2021). Magnetic resonance spectroscopic analysis of multifidus muscle lipid contents and association with nociceptive pain in chronic low back pain. *Asian Spine Journal*, 15(4), 441-446. <https://doi.org/10.31616/asj.2020.0247>
- Shamsi, M. B., Rezaei, M., Zamanlou, M., Sadeghi, M., & Pourahmadi, M. R. (2022). The effect of stabilization exercises on pain, disability, and multifidus muscle morphology in chronic low back pain: A systematic review. *Physical Treatments*, 12(1), 1-12.
- Vatovec, R., & Voglar, M. (2024). Changes of trunk muscle stiffness in individuals with low back pain: A systematic review with meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 25, 155. <https://doi.org/10.1186/s12891-024-07241-3>

- Wilke, J., Niederer, D., Fleckenstein, J., Vogt, L., & Banzer, W. (2021). Motor control exercises for chronic non-specific low back pain: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 10(7), 1433. <https://doi.org/10.3390/jcm10071433>
- Wirth, B., Zurfluh, S., Muller, R., & Bastiaenen, C. H. G. (2022). Lumbar multifidus muscle morphology and function in chronic low back pain patients: A cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23, 455. <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05392-4>