

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Anatomi Punggung Bawah

Secara anatomi, tulang belakang manusia tersusun atas 33 ruas tulang (*vertebra*) yang terbagi menjadi lima bagian: servikal (leher), torakal (punggung atas), lumbal (punggung bawah), *sakrum*, dan *koksigis* (tulang ekor). Bagian lumbal sendiri terdiri atas lima ruas tulang (L1–L5) yang berfungsi untuk menopang sebagian besar berat tubuh bagian atas serta menjadi pusat pergerakan tubuh ketika membungkuk, duduk, atau berdiri hal ini sejalan seperti yang dijelaskan dalam jurnal *Surgical and Radiologic Anatomy* karya Bonczar, *et. al.* (2025). Di antara ruas-ruas tulang tersebut terdapat bantalan elastis yang disebut diskus intervertebralis, berfungsi untuk menyerap tekanan dan menjaga kelenturan tulang belakang saat bergerak.

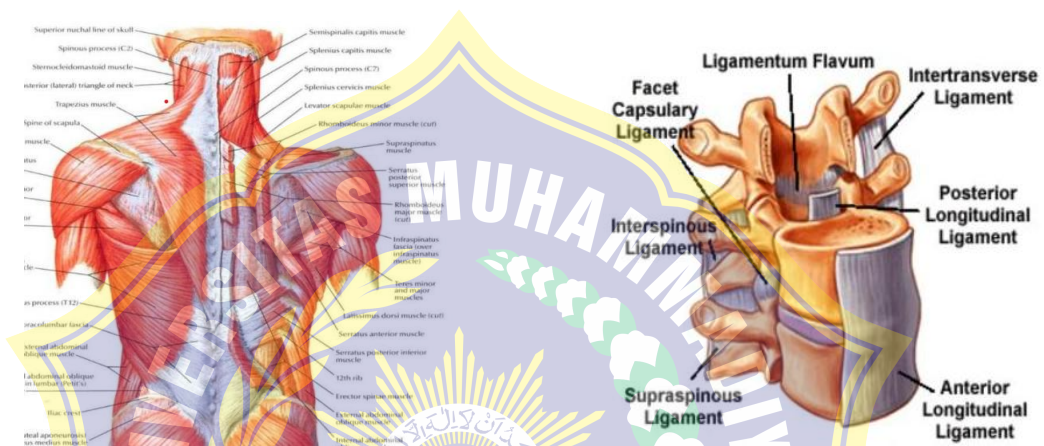


Gambar 2. 1 Gambar tulang belakang manusia

sumber : buku ajar *fisioterapi pada nyeri punggung bawah miogenik* (2023)

Selain tulang, bagian lumbal dilapisi oleh jaringan otot besar seperti *erector spinae*, *multifidus*, dan *quadratus lumborum* yang berfungsi untuk menjaga postur

dan membantu pergerakan punggung. Ligamen dan tendon di sekitar area ini juga memiliki peran penting untuk menjaga stabilitas. Ketika salah satu struktur ini terganggu, misalnya karena kelemahan otot atau cedera ligamen, keseimbangan tubuh dapat menurun dan menimbulkan nyeri punggung bawah (low back pain) (Ma et al., 2025)



Gambar 2. 2 Gambar otot manusia

Gambar 2. 3 Gambar ligamen tulang belakang manusia

Sumber : buku ajar fisioterapi pada nyeri punggung bawah miogenik (2023)

2.2. Biomekanika Punggung Bawah

Biomekanika berperan penting dalam memahami mekanisme terjadinya *Low Back Pain* (LBP). Secara umum, biomekanika mempelajari hubungan antara gaya, gerakan, dan respons struktur tubuh terhadap beban mekanis. Pada tulang belakang *lumbal*, interaksi antara tulang, *diskus intervertebralis*, ligamen, serta otot-otot stabilisator menentukan bagaimana beban didistribusikan dan bagaimana gerakan dihasilkan secara efisien. Ketika salah satu komponen mengalami gangguan, pola distribusi beban dan koordinasi gerak akan berubah dan berpotensi menimbulkan nyeri seperti yang diungkapkan oleh jurnal terbitan Hilaris Publisher, (2020) dan Jorr, (2021). Oleh karena itu, pemahaman biomekanika

sangat krusial dalam menjelaskan bagaimana LBP dapat berkembang menjadi kondisi kronis maupun berulang.

Secara anatomi, segmen lumbal terdiri dari lima vertebra dengan struktur penunjang seperti *facet joints*, diskus, dan jaringan ligamentosa yang bekerja menjaga stabilitas dan mobilitas. Salah satu konsep biomekanis yang penting adalah *center of rotation* (COR), yaitu titik pusat pergerakan antar segmen. Studi *in vivo* terbaru menunjukkan bahwa pada individu sehat, COR bergerak dengan pola yang konsisten sesuai arah gerak dan beban. Namun pada individu dengan LBP, COR cenderung bergeser dari posisi fisiologis, sehingga menyebabkan distribusi tekanan yang tidak merata dan meningkatkan stres mekanik pada struktur pasif seperti diskus dan *facet joints* (Zhang *et al.*, 2025). Pergeseran ini menjadi salah satu mekanisme terjadinya ketidakstabilan segmental dan pemicu nyeri punggung bawah.

Perubahan kinematika merupakan salah satu temuan biomekanis yang paling menonjol pada pasien LBP. *Systematic review* terbaru menunjukkan bahwa pasien dengan LBP mengalami penurunan rentang gerak, perlambatan kecepatan gerak, serta pola gerak segmental yang kurang harmonis, terutama saat aktivitas seperti membungkuk dan mengangkat beban. Temuan ini juga menunjukkan adanya strategi “*movement avoidance*,” di mana pasien cenderung mengurangi kontribusi gerak dari segmen lumbal dan mengalihkannya ke sendi lain sebagai mekanisme protektif (*Systematic Review of Lumbar Spine Kinematics During Lifting*, 2023). Pola ini memperburuk efisiensi gerak dan dapat meningkatkan beban kumulatif pada struktur tertentu.

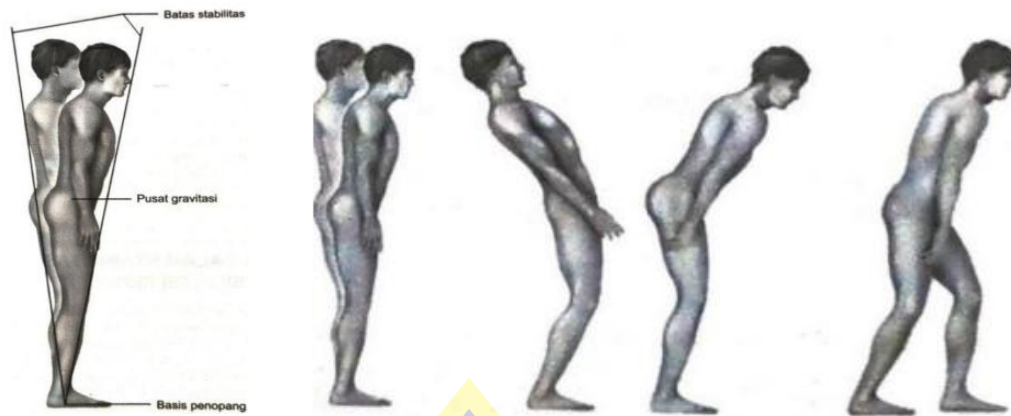
Dari sisi kinetik, penelitian menunjukkan bahwa LBP mempengaruhi pola gaya dan distribusi beban selama aktivitas fungsional. Individu dengan LBP cenderung menghasilkan gaya aksial yang lebih tinggi dan strategi kompensasi yang meningkatkan tekanan mekanis pada segmen lumbar, terutama saat melakukan gerakan membungkuk atau mengangkat beban, seperti yang diungkapkan oleh Wang *et al.*, (2024). Selain itu, tinjauan sistematik terbaru mengenai *hip biomechanics* menemukan bahwa pasien LBP sering memiliki penurunan mobilitas dan kekuatan sendi *hip*, meningkatkan anterior *pelvic tilt*, serta menunjukkan kompensasi pelvis yang lebih besar saat melakukan aktivitas fungsional. Kondisi ini menunjukkan bahwa gangguan biomekanis pada LBP tidak hanya bersifat lokal, tetapi merupakan masalah rantai kinetik yang melibatkan pelvis dan ekstremitas bawah seperti yang dijabarkan dalam jurnal *Hip Biomechanics in Individuals with Low Back Pain: A Systematic Review* (2024).

Gangguan pada pola aktivasi otot trunk juga menjadi aspek penting dalam penjelasan biomekanika LBP. Meta-analisis terbaru menunjukkan adanya penurunan aktivasi pada otot stabilisator dalam seperti *multifidus* dan *transversus abdominis*, serta peningkatan aktivasi otot superfisial seperti *erector spinae*. Selain itu, terdapat keterlambatan *anticipatory postural adjustments* (APAs) yang berfungsi untuk menstabilkan tulang belakang sebelum gerakan dimulai. Pola rekrutmen yang tidak seimbang ini menyebabkan ketidakstabilan segmental, menurunkan efisiensi gerak, dan meningkatkan risiko provokasi nyeri selama aktivitas sejalan dengan yang diungkapkan dalam *Muscle Activation Patterns in Chronic LBP: A Systematic Review & Meta-analysis* (2021).

Perubahan biomekanika tersebut berkontribusi langsung terhadap penurunan fungsi sehari-hari. Kombinasi antara penurunan kontrol motorik, strategi kompensasi, keterbatasan mobilitas hip, hingga peningkatan trunk stiffness menyebabkan pasien LBP mengalami gangguan dalam aktivitas seperti berdiri lama, membungkuk, berjalan, dan mengangkat. Dalam konteks biopsikososial, perubahan biomekanika ini juga meningkatkan resiko munculnya perilaku *fear-avoidance* yang selanjutnya memperburuk pola gerak maladaptif dan mempertahankan kondisi kronis.

Pemahaman mengenai perubahan biomekanika ini memiliki implikasi penting dalam praktik fisioterapi. Evaluasi yang komprehensif berdasarkan analisis gerak, distribusi beban, pola koordinasi *lumbopelvic*, serta aktivasi otot menjadi landasan dalam merancang intervensi. Pendekatan seperti motor control training, latihan stabilisasi lumbal, penguatan otot hip, hingga edukasi teknik mengangkat beban secara ergonomis telah terbukti efektif dalam mengembalikan pola gerak yang lebih efisien dan menurunkan nyeri. Dalam konteks fisioterapi komunitas, pendampingan mengenai postur kerja, manajemen aktivitas, dan pencegahan cedera sangat penting untuk meminimalkan risiko kekambuhan.

Dengan demikian, biomekanika memberikan dasar teoritis yang kuat untuk memahami mekanisme terjadinya LBP. Perubahan kinematika, kinetik, distribusi beban, dan aktivasi otot membentuk interaksi kompleks yang memengaruhi stabilitas dan fungsi lumbal. Pemahaman ini sangat penting dalam pengembangan intervensi fisioterapi berbasis bukti agar penanganan lebih tepat sasaran dan efektif.



Gambar 2. 4 Gambar biomekanik manusia
 sumber : buku ajar fisioterapi pada nyeri punggung bawah miogenik (2023)

2.3 Patologi Pasien Penderita LBP

Patologi *Low Back Pain* (LBP), khususnya yang terkait dengan *intervertebral disc degeneration*, kini dipahami sebagai proses biologis yang kompleks, melibatkan interaksi antara kerusakan struktur diskus, peradangan, dan aktivasi sistem *nociceptive*. Degenerasi diskus biasanya dimulai dengan penurunan kandungan proteoglikan dan dehidrasi *nucleus pulposus*, yang menyebabkan penurunan kemampuan diskus menahan tekanan aksial seperti yang dijabarkan oleh Zhang *et al.* (2022). Kerusakan ini kemudian diikuti robekan *annulus fibrosus*, disfungsi *endplate*, serta perubahan biomekanik yang memicu pelepasan mediator inflamasi, seperti $\text{TNF-}\alpha$, $\text{IL-1}\beta$, dan IL-6 hal sejalan dengan yang disampaikan oleh Wang & Chen (2024). Studi *scoping review* terbaru menegaskan bahwa pelepasan sitokin proinflamasi tersebut merupakan pemicu utama neuroinflamasi yang mendasari LBP diskogenik menurut Chiu, Arendt-Nielsen & Curatolo (2024).

Dalam konteks *intervertebral disc degeneration*, neuroinflamasi memegang peranan penting dalam menciptakan sensitisasi perifer dan sentral.

Mediator inflamasi mengaktivasi jalur pensinyalan seperti NF- κ B dan MAPK, yang kemudian meningkatkan ekspresi neuropeptida nyeri, seperti substance P dan CGRP, pada sel-sel diskus serta serabut saraf di sekitarnya hal ini sejalan dengan apa yang dijelaskan oleh Peng *et al.* (2025). Artikel “*Neuroinflammation and Nociception in Intervertebral Disc Degeneration*” (2025) juga menekankan bahwa kondisi inflamasi kronis dapat menyebabkan perubahan fenotip pada sel disc, termasuk peningkatan ekspresi *nociceptive receptors* (misalnya TRPV1, ASIC3), yang membuat diskusi menjadi lebih peka terhadap rangsangan mekanik maupun kimia. Lebih jauh lagi, inflamasi jangka panjang memicu neovaskularisasi dan ingrowth serabut saraf ke area discus yang sebelumnya avaskular dan neural, sehingga daerah tersebut menjadi sumber nyeri baru sebagaimana yang diungkapkan oleh Zhang *et al.* (2022) dan Chiu *et al.* (2024).

Selain perubahan biologis dalam jaringan diskus, proses inflamasi juga berdampak pada struktur pendukung tulang belakang. Studi terbaru juga menemukan bahwa degenerasi diskus berhubungan erat dengan infiltrasi lemak otot multifidus, yang berperan dalam menurunkan stabilitas segmen lumbal seperti yang diungkapkan oleh Jiang, Huang & He (2024). Ketidakstabilan mekanik ini pada akhirnya memperkuat lingkaran nyeri melalui peningkatan beban pada jaringan yang sudah mengalami inflamasi. Secara keseluruhan, temuan terkini menunjukkan bahwa LBP bersifat multifaktorial, memadukan kerusakan struktural, inflamasi kronis, aktivasi *nociceptor*, serta perubahan muskuloskeletal pendukung. Oleh karena itu, pendekatan fisioterapi modern perlu pula mempertimbangkan kombinasi strategi yang menargetkan aspek biomekanik,

anti-inflamasi, neuromodulasi, dan stabilisasi otot seperti yang disebutkan oleh Peng *et al.* (2025) dan Zhang *et al.* (2022).

Low Back Pain (LBP) sendiri acapkali ditandai oleh berbagai tanda dan gejala yang bersifat subjektif maupun objektif, yang muncul akibat gangguan pada struktur muskuloskeletal dan neuromuskular regio lumbal. Dalam kasus *Low Back Pain* (LBP) sendiri gejala utama yang paling sering dilaporkan adalah nyeri pada area punggung bawah, yang dapat bersifat akut maupun kronis, dengan intensitas ringan hingga berat. Maher *et al.* (2021) sendiri menyebut bahwa nyeri ini umumnya terlokalisasi di regio lumbal, namun pada beberapa kasus dapat pula menjalar ke daerah gluteal atau ekstremitas bawah tergantung keterlibatan struktur saraf.

Selain nyeri, keterbatasan gerak merupakan gejala yang umum ditemukan pada pasien LBP. Individu dengan LBP sering mengalami penurunan rentang gerak (*range of motion*) pada fleksi, ekstensi, dan rotasi tulang belakang lumbar akibat nyeri, kekakuan jaringan, serta mekanisme protektif tubuh untuk menghindari provokasi nyeri. Studi biomekanika terbaru dari Wang *et al.* (2024) menunjukkan bahwa keterbatasan ini sering disertai dengan perubahan pola gerak, seperti meningkatnya *trunk stiffness* dan berkurangnya koordinasi *lumbopelvic* selama aktivitas fungsional.

Gejala lain yang sering menyertai LBP adalah kekakuan (*stiffness*), terutama setelah periode istirahat atau saat bangun tidur. Kekakuan ini berkaitan dengan perubahan viskoelastis jaringan lunak, penurunan dehidrasi diskus intervertebralis, serta aktivitas otot yang tidak seimbang. Hartvigsen *et al.*, (2021)

menyebutkan pada kasus LBP kronis, kekakuan sering menetap dan mempengaruhi kemampuan individu dalam melakukan aktivitas sehari-hari seperti berdiri lama, membungkuk, atau mengangkat beban.

Dari aspek *neuromuscular*, LBP juga ditandai dengan gangguan kontrol motorik dan pola aktivasi otot trunk. Penelitian terkini dari Triantafyllou *et al.*, (2023) menunjukkan adanya keterlambatan aktivasi otot stabilisator dalam, seperti *multifidus* dan *transversus abdominis*, serta peningkatan aktivitas kompensatorik pada otot superfisial seperti *erector spinae*. Pola ini jugalah yang menyebabkan berkurangnya stabilitas segmental lumbal dan meningkatkan beban mekanik pada struktur pasif tulang belakang.

Pada beberapa individu, LBP disertai dengan gejala sensorik dan fungsional tambahan, seperti rasa tidak stabil pada punggung bawah, kelelahan otot yang cepat, serta penurunan toleransi aktivitas. Steffens *et al.*, (2021) menyebutkan kondisi ini acapkali berkaitan dengan munculnya perilaku *fear-avoidance*, di mana pasien menghindari gerakan tertentu karena takut menimbulkan nyeri, sehingga memperburuk penurunan fungsi dan mempertahankan siklus nyeri kronis.

Secara keseluruhan, tanda dan gejala LBP mencerminkan interaksi kompleks antara nyeri, perubahan biomekanika, gangguan neuromuskular, dan faktor psikososial. Pemahaman yang komprehensif mengenai gejala-gejala ini sangat penting sebagai dasar dalam penegakan diagnosa, perencanaan intervensi fisioterapi, serta evaluasi keberhasilan terapi pada pasien dengan LBP.

Low Back Pain (LBP) adalah sindrom klinis yang ditandai oleh nyeri atau sensasi tidak nyaman lainnya di daerah punggung bagian bawah, yaitu antara batas bawah tulang rusuk sampai lipatan gluteal, dan merupakan salah satu gangguan muskuloskeletal yang paling umum dijumpai di masyarakat (Koes, van Tulder, & Thomas, 2006; RSUI, 2023). Gejala utama LBP berupa nyeri lokal di punggung bawah, yang dapat terasa tumpul, tajam, atau seperti sensasi tersetrum, serta dapat menjalar ke bokong, paha, atau tungkai bawah (radiasi) pada kasus dengan keterlibatan saraf (RSUI, 2023; Mutmainna, Ali & Loho, 2014). Selain itu, penderita LBP sering mengalami kekakuan otot, keterbatasan gerak, dan spasme otot yang dapat membatasi fungsi tubuh seperti berdiri dan berjalan (RSUD Sulbar, 2022; Direktorat Jenderal Kesehatan Lanjutan, 2025). Pada beberapa kasus yang lebih berat, dapat timbul sensasi kesemutan, mati rasa, atau kelemahan otot, terutama jika terjadi kompresi saraf (Direktorat Jenderal Kesehatan Lanjutan, 2025). Gejala ini dapat muncul secara akut maupun kronis dan sering memburuk akibat postur yang tidak ergonomis atau aktivitas berat, sehingga berpotensi mengganggu kualitas hidup dan produktivitas kerja (Jurnal Bhakti Civitas Akademika, 2023; Direktorat Jenderal Kesehatan Lanjutan, 2025).

2.4 Fisiologi Efek Kombinasi TENS dan Pelvic Tilt terhadap Penurunan Nyeri

Kombinasi TENS dan *pelvic tilt exercise* merupakan intervensi fisioterapi yang bekerja secara berurutan dan saling melengkapi dalam menurunkan nyeri punggung bawah melalui mekanisme fisiologis pada jaringan otot dan sistem muskuloskeletal. Pemberian TENS berperan dalam menurunkan intensitas nyeri

awal sehingga mengurangi spasme otot refleks pada regio lumbal. Penurunan spasme ini menyebabkan otot menjadi lebih relaks, meningkatkan aliran darah lokal, serta mengurangi kondisi iskemia dan penumpukan metabolit nyeri pada jaringan otot, yang secara fisiologis berkontribusi terhadap penurunan nyeri (Ulandari & Puspitasari, 2020; Gerhanawati & Siwi, 2024).

Penurunan nyeri dan ketegangan otot akibat TENS memungkinkan pasien melakukan pelvic tilt exercise secara lebih optimal. Pelvic tilt exercise secara fisiologis meningkatkan aktivasi otot stabilisator lumbal, terutama otot abdominal dan gluteal, serta membantu menurunkan dominasi otot superfisial seperti erector spinae yang sering mengalami overaktivitas pada kondisi low back pain. Aktivasi otot yang lebih seimbang ini berperan dalam memperbaiki hubungan panjang-tegangan otot dan meningkatkan efisiensi kontraksi, sehingga beban mekanik pada struktur pasif tulang belakang dapat dikurangi (Gerhanawati & Siwi, 2024; Sariana et al., 2022).

Selain itu, peningkatan stabilitas aktif segmen lumbal melalui pelvic tilt exercise berkontribusi pada penurunan tekanan berlebih pada diskus intervertebralis dan ligamen. Dengan berkurangnya beban mekanik tersebut, rangsangan nyeri mekanik pada jaringan penyangga tulang belakang dapat ditekan. Oleh karena itu, kombinasi TENS dan pelvic tilt exercise tidak hanya efektif menurunkan nyeri dalam jangka pendek, tetapi juga membantu mempertahankan penurunan nyeri secara berkelanjutan melalui peningkatan stabilitas dan fungsi otot lumbal (Rouuf et al., 2021; Sariana et al., 2022; Gerhanawati & Siwi, 2024).

2.5 Lansia dan Hubungannya dengan Lower Back Pain (LBP)

Lansia (usia 50–79 tahun) merupakan kelompok yang mulai mengalami perubahan biomekanik dan fisiologis yang berdampak langsung pada risiko terjadinya *Low Back Pain* (LBP). Pada rentang usia ini, struktur *muskuloskeletal* mengalami proses penuaan awal, seperti penurunan elastisitas jaringan, degenerasi diskus intervertebralis, dan berkurangnya kemampuan otot dalam mempertahankan stabilitas lumbar. Wang *et al.*, (2024) dan Zhang & Li (2024) dalam penelitiannya masing-masing menyebutkan bahwa perubahan-perubahan ini kerap berkontribusi terhadap menurunnya kemampuan tulang belakang dalam mendistribusikan beban secara efisien, sehingga individu lansia menjadi lebih rentan terhadap stres mekanik yang memicu LBP. Selain itu, data global menunjukkan bahwa kelompok usia menengah merupakan kontributor terbesar terhadap beban penyakit LBP secara populasi, menandakan bahwa fase lansia adalah periode kritis dalam perkembangan gangguan muskuloskeletal ini GBD (2024).

Dari perspektif biomekanika, lansia mulai menunjukkan perubahan pola gerak dan kontrol segmental yang sebelumnya stabil pada usia muda. Studi meta-analisis terbaru menemukan bahwa individu dengan LBP cenderung memiliki penurunan rentang gerak lumbar serta kecepatan gerak yang lebih lambat dibandingkan individu tanpa LBP, terutama saat melakukan aktivitas fungsional seperti fleksi dan ekstensi (Mazda *et al.*, 2022). Temuan ini sejalan dengan penelitian kinematika yang menunjukkan bahwa lansia dengan LBP mengalami peningkatan variabilitas gerak saat melakukan tugas repetitif seperti mengangkat beban, menunjukkan menurunnya konsistensi kontrol motorik (Han *et al.*, 2023).

Variabilitas yang meningkat ini mencerminkan strategi kompensasi tubuh untuk mengurangi rasa sakit, namun justru berpotensi menambah ketegangan pada struktur pasif tulang belakang.

Aspek lain yang sangat berpengaruh adalah kemampuan neuromuskular. Memasuki usia lansia, terjadi awal penurunan massa otot (*pre-sarcopenia*) yang berdampak pada kemampuan otot-otot stabilisator *trunk*, seperti *multifidus* dan *transversus abdominis*, dalam mempertahankan stabilitas segmental. Studi oleh Chen *et al.* (2022) menunjukkan bahwa penurunan massa otot terkait erat dengan peningkatan kejadian LBP serta penurunan kualitas hidup. Penurunan kapasitas otot ini menyebabkan kompensasi berlebih pada otot superfisial seperti *erector spinae*, sehingga meningkatkan beban aksial pada segmen lumbar. Selain itu, penelitian berbasis *inertial measurement unit* (IMU) tahun 2023 menemukan bahwa lansia dengan LBP mengalami gangguan pola aktivasi otot yang tercermin dari koordinasi lumbopelvic yang kurang stabil selama aktivitas dinamis hal ini seperti yang diungkapkan oleh Triantafyllou *et al.*, (2023).

Dari sisi *postural control*, lansia juga mulai menunjukkan perubahan keseimbangan yang signifikan. Meta-analisis oleh Silva *et al.* (2021) menunjukkan bahwa individu usia menengah hingga lanjut dengan LBP memiliki performa keseimbangan yang lebih buruk, yang ditandai dengan peningkatan sway area dan penurunan kemampuan mempertahankan stabilitas dalam berbagai kondisi pengujian. Hal ini mengindikasikan bahwa penurunan kontrol postural tidak hanya terjadi pada lansia, tetapi juga pada fase lansia sebagai bagian dari proses degeneratif bertahap. Ketidakstabilan postural ini meningkatkan beban

mekanik pada tulang belakang lumbal selama aktivitas sehari-hari, sehingga risiko LBP semakin besar.

Perubahan biomekanika pada lansia tidak dapat dipisahkan dari perubahan struktural pada tulang belakang. Penelitian dengan pendekatan *in vivo* menunjukkan bahwa pergerakan pusat rotasi (*center of rotation*/COR) lumbal dapat berubah akibat degenerasi usia, sehingga menyebabkan distribusi tekanan yang tidak optimal pada diskus dan *facet joints* seperti yang dijelaskan oleh Dong *et al.*, (2023). Pada individu lansia dengan LBP, COR cenderung bergeser dari posisi fisiologis, menciptakan pola gerak yang kurang efisien dan meningkatkan gaya kompresi serta geser pada segmen lumbal. Selain itu, studi dari *Clinical Biomechanics* (2023) melaporkan bahwa adanya LBP pada kelompok usia menengah berkaitan dengan strategi *lifting* yang kurang efektif, di mana individu cenderung meningkatkan fleksi lumbal dan mengurangi kontribusi pinggul, sehingga meningkatkan stres pada tulang belakang.

Keseluruhan temuan ini menegaskan bahwa lansia berada pada fase transisi biomekanis yang membuat mereka lebih rentan terhadap LBP. Perubahan struktur, penurunan massa otot, gangguan kontrol motorik, serta penurunan stabilitas postural berinteraksi secara kompleks dalam menciptakan lingkungan mekanik yang tidak stabil pada tulang belakang lumbal. Oleh karena itu, pemahaman mengenai hubungan antara lansia dan LBP sangat penting dalam menentukan strategi pencegahan serta intervensi fisioterapi yang tepat, terutama melalui pendekatan stabilisasi trunk, latihan penguatan otot hip, kontrol motorik, dan edukasi ergonomi.

2.6 Pelvic Tilt & Latihannya Bagi lansia Penyintas LBP

Pelvic tilt merupakan gerakan dasar yang berfokus pada kemampuan individu untuk mengontrol posisi panggul dalam orientasi anterior, posterior, maupun netral. Gerakan ini berperan penting dalam menjaga stabilitas segmen lumbal–pelvis dan sangat relevan pada lansia penyintas *Low Back Pain* (LBP), mengingat kelompok usia ini mulai mengalami penurunan fleksibilitas, kekuatan otot inti, dan kontrol postural. Menurut Suits *et al.* (2021), kemampuan menggerakkan pelvis secara terkontrol memiliki hubungan langsung dengan beban mekanik pada tulang belakang lumbal, terutama pada hubungan antara sudut anterior pelvic tilt dan perubahan kurva lordosis. Cruz-Medel *et al.* (2024) juga menegaskan bahwa perubahan kecil pada posisi panggul dapat mempengaruhi aktivasi otot seperti *gluteus maximus*, *transversus abdominis*, dan *erector spinae*.

Kontrol *lumbopelvic* sangat berkaitan dengan patomekanisme nyeri punggung bawah. Pada lansia, degenerasi sendi, penurunan kekuatan otot stabilisator, serta perubahan biomekanika tubuh dapat memicu peningkatan anterior pelvic tilt yang kemudian memperbesar tekanan pada *facet joint* lumbal. Beberapa penelitian menunjukkan adanya hubungan antara *abnormal pelvic tilt* dengan munculnya gejala LBP, meskipun sebagian penelitian lain menemukan bahwa perubahan sudut tilt tidak selalu signifikan setelah intervensi. Hal ini digarisbawahi dalam temuan Pardo, *et al.* (2025) yang menunjukkan bahwa meskipun fleksibilitas meningkat pasca-program latihan *resistence training* (RCT), sudut pelvic tilt tidak mengalami perubahan berarti, menandakan bahwa komponen kontrol motorik lebih berpengaruh dibanding perubahan struktural.

Pelvic tilt exercise dikembangkan untuk meningkatkan stabilitas inti dan mengajarkan ulang kontrol panggul melalui aktivasi otot-otot kunci seperti transversus abdominis dan gluteal. Hemdan *et al.* (2023) menjelaskan bahwa latihan ini dapat dilakukan dalam berbagai posisi, termasuk *supine*, *sitting*, maupun *quadruped*. Latihan ini terbukti membantu mengurangi nyeri dan meningkatkan fungsi pada individu dengan LBP. Pada populasi lansia, latihan ini sangat sesuai karena termasuk latihan *low impact* yang aman, mudah dimodifikasi, dan dapat dilakukan mandiri di rumah. Gerhanawati *et al.* (2025) menunjukkan bahwa variasi *knee-to-chest* yang dikombinasikan dengan *pelvic tilting* dapat meningkatkan fleksibilitas dan kenyamanan gerak lumbal.

Efektivitas latihan ini juga didukung oleh beberapa studi lain. Hemdan *et al.* (2023) melaporkan bahwa duduk dengan latihan pelvic tilt memberikan dampak signifikan terhadap penurunan nyeri, sedangkan Si *et al.* (2025) menemukan bahwa kombinasi latihan inti dan pelvic floor training mampu meningkatkan fungsi lumbal secara lebih optimal. Pada studi lokal, Rouuf *et al.* (2021) menemukan penurunan nyeri bermakna pada pasien HNP setelah program pelvic tilt. Hal ini menegaskan bahwa latihan ini berkontribusi terhadap peningkatan stabilitas dan pengurangan beban pada struktur lumbal.

Secara keseluruhan, pelvic tilt exercise merupakan intervensi yang efektif dan aman untuk lansia penyintas LBP. Latihan ini memiliki dasar teoritis yang kuat dalam biomekanika, mudah diaplikasikan, serta didukung oleh sejumlah penelitian terkini. Meskipun demikian, sebagian studi mencatat bahwa durasi intervensi yang pendek dan variasi protokol latihan yang tidak seragam dapat

menjadi keterbatasan dalam pembuktian efektivitas jangka panjang. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dengan desain yang lebih konsisten dan follow-up lebih panjang sangat dibutuhkan untuk memperkuat bukti ilmiah mengenai manfaat latihan pelvic tilt pada populasi lansia.



Gambar 2. 5 Gerakan awal pelvic tilt exercise mengangkat pinggul ke atas
Sumber: Dokumentasi pribadi peneliti



Gambar 2. 6 Gerakan akhir pelvic tilt exercise
Sumber: Dokumentasi pribadi peneliti



Gambar 2. 7 Gambar gerakan tambahan 1 pelvic tilt exercise dengan menghimpit bantal
Sumber: Dokumentasi pribadi peneliti



Gambar 2. 8 Gambar gerakan tambahan 2 pelvic tilt exercise meluruskan satu kaki
Sumber: Dokumentasi pribadi peneliti

2.7 Terapi dengan Metode TENS

Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) merupakan modalitas elektroterapi yang bekerja dengan memberikan rangsangan listrik melalui kulit untuk memodulasi sinyal nyeri pada sistem saraf perifer dan pusat. Menurut Mediana dkk. (2025), stimulasi listrik pada TENS mengaktifasi serabut saraf A-beta yang kemudian menutup gerbang transmisi nyeri di dorsal horn, sesuai dengan teori Gate Control yang juga telah dijelaskan oleh Melzack dan Wall dalam studi neurofisiologis klasik mereka dan terus dikonfirmasi oleh

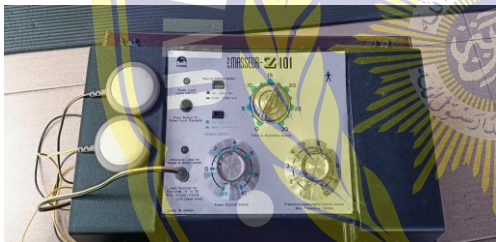
penelitian modern. Aktivasi ini tidak hanya menghambat impuls nociceptif, tetapi juga memicu pelepasan endorfin dan opioid endogen, sehingga memberikan efek analgesik yang lebih stabil. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Karisa et. al. dalam *International Journal of Nursing and Health Services (IJNHS)* (2022) bahwa, TENS bekerja melalui kombinasi mekanisme segmental dan supraspinal sehingga efektif digunakan untuk nyeri muskuloskeletal kronis, termasuk nyeri punggung bawah.

Efektivitas klinis TENS didukung oleh berbagai penelitian terbaru. Menurut Mahardani et. al. (2022), TENS terbukti menurunkan intensitas nyeri sebesar hampir 50% pada pasien dengan nyeri punggung non-spesifik melalui modulasi aferen somatosensorik dan peningkatan ambang nyeri. Dalam studi lain, Hidayat dkk. (2023) menyatakan bahwa penggunaan TENS yang dikombinasikan dengan latihan Williams Fleksi memberikan hasil lebih baik dibanding latihan saja, karena stimulasi listrik membantu mengurangi spasme otot dan meningkatkan toleransi latihan. Hal ini sejalan dengan pendapat klinis Sinaga & Yusuf (2025), yang menyebutkan bahwa TENS dapat meningkatkan efektivitas intervensi exercise therapy dengan cara menurunkan iritasi jaringan dan memungkinkan pasien bergerak lebih optimal tanpa rasa takut akan nyeri.

Selain menurunkan tingkat nyeri, TENS juga berperan dalam meningkatkan fungsi dan mobilitas pasien LBP. Penelitian oleh Arifin dkk. (2025) menemukan bahwa kombinasi TENS dan infra merah meningkatkan fleksibilitas lumbal secara signifikan melalui relaksasi jaringan lunak dan pengurangan nyeri gerak. Sementara itu, Lubis & Karmila (2022) melaporkan bahwa terapi TENS pada 53 pasien LBP menunjukkan penurunan skala nyeri yang sangat signifikan

($p = 0,000$), sehingga TENS dinilai sebagai modalitas yang aman, tidak menimbulkan efek samping mayor, dan mudah disesuaikan dengan kebutuhan klinis pasien. Para penulis juga menegaskan bahwa TENS dapat menjadi terapi pendukung yang ideal untuk rehabilitasi muskuloskeletal karena meningkatkan kenyamanan selama latihan dan meningkatkan kemampuan fungsional sehari-hari.

Dengan demikian, berdasarkan berbagai pendapat ahli dan peneliti, TENS dapat disimpulkan sebagai metode terapi yang efektif, aman, dan relevan untuk mengatasi LBP, terutama ketika dikombinasikan dengan latihan rehabilitatif. Kombinasi mekanisme fisiologis yang kuat dan hasil klinis yang konsisten menjadikan TENS sebagai salah satu modalitas dengan dasar *evidence-based* yang jelas dalam fisioterapi modern.



Gambar 2. 9 Gambar alat TENS
Sumber: Dokumentasi pribadi peneliti



Gambar 2. 10 Gambar penggunaan alat TENS
Sumber: Dokumentasi pribadi peneliti

2.8 Alat pengukuran nyeri dengan VAS

Visual Analogue Scale (VAS) merupakan instrumen pengukuran nyeri yang paling banyak digunakan dalam penelitian klinis maupun praktik fisioterapi karena memiliki sensitivitas tinggi dalam mendeteksi perubahan intensitas nyeri. Menurut Hawker et al. (2021), VAS dinilai unggul karena mampu mengubah pengalaman nyeri subjektif menjadi data kuantitatif yang reliabel sehingga

memudahkan evaluasi efektivitas terapi. Lebih lanjut, Bijur et al. (2022) menjelaskan bahwa VAS memiliki validitas yang kuat ($r > 0.70$) dan dapat digunakan pada berbagai kelompok usia, termasuk populasi lansia dan lansia. Studi klinis terbaru oleh Karcioğlu et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan VAS sangat efektif dalam memonitor perubahan nyeri akut maupun kronis, khususnya pada kondisi muskuloskeletal seperti low back pain. Selain itu, penelitian oleh Kahl & Cleland (2020) menyatakan bahwa VAS memiliki tingkat responsivitas yang tinggi dibandingkan skala nyeri lainnya seperti NRS dan FPS, sehingga direkomendasikan sebagai alat evaluasi utama dalam intervensi fisioterapi. Pada populasi lansia dengan LBP, VAS terbukti mampu menangkap perubahan nyeri setelah pemberian modalitas terapi seperti TENSE, exercise therapy, maupun kombinasi keduanya (Silva et al., 2022), sehingga menjadikan instrumen ini sangat relevan sebagai outcome measure dalam penelitian dan praktik klinis.



Gambar 2. 11 Gambar alat ukur VAS

Sumber : liniknyeritulangbelakang.com/wajah-umum-digunakan-tenaga-kesehatan-menghitung-skala-nyeri/

2.9 Alat Ukur Fungsional

Oswestry Disability Index (ODI) merupakan instrumen gold standard yang digunakan secara luas untuk menilai tingkat disabilitas fungsional pada pasien

dengan *Low Back Pain* (LBP) dan telah terbukti memiliki validitas serta reliabilitas yang tinggi pada berbagai populasi. Koivunen *et al.* (2024) melaporkan bahwa ODI menunjukkan konsistensi internal yang sangat baik (Cronbach's $\alpha = 0,89$), struktur faktor yang stabil, serta korelasi signifikan dengan tingkat nyeri dan kualitas hidup. Temuan tersebut sejalan dengan penelitian Amjad *et al.* (2021) yang menemukan reliabilitas *test-retest* yang sangat baik (ICC = 0,92) serta validitas konstruk yang kuat pada pasien LBP kronis. Selain itu, laporan dalam *European Spine Journal* (2024) menyatakan bahwa ODI memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan klinis dengan nilai *Minimal Important Change* (MIC) sebesar 9–13 poin, sehingga efektif dalam mengevaluasi berbagai intervensi terapeutik. Hal ini diperkuat oleh El-Hady *et al.* (2023) yang menunjukkan hubungan kuat antara skor ODI dan temuan radiologis pada kondisi degeneratif lumbal, serta Park *et al.* (2022) yang melaporkan korelasi signifikan antara perubahan skor ODI dan peningkatan kontrol motorik setelah latihan stabilisasi lumbal. Secara keseluruhan, ODI terbukti sebagai alat ukur fungsional yang reliabel, valid, sensitif terhadap perubahan, dan relevan secara klinis pada pasien LBP dengan berbagai tingkat keparahan.

Bagian 1 : Intensitas Nyeri / Sakit	
Saya masih bisa mentoleransi rasa nyeri yang saya rasakan tanpa harus menggunakan obat penghilang rasa sakit (seperti pil anti nyeri, freshcare, balsem, counterpain,dll)	
Saya merasa sangat nyeri, tapi masih mampu menahannya tanpa harus mengkonsumsi obat penghilang rasa sakit (seperti pil anti nyeri, freshcare, balsem, counterpain, dll)	
Obat penghilang rasa sakit menghilangkan rasa nyeri secara keseluruhan	
Obat penghilang rasa sakit lumayan bisa menghilangkan rasa nyeri	
Obat penghilang rasa sakit kurang mampu menghilangkan rasa nyeri	
Obat penghilang rasa sakit tidak ampuh dalam menghilangkan rasa nyeri dan saya tidak menggunakannya	

Bagian 2 : Perawatan Diri (Mandi, Mencuci, Berpakaian, dst)	
Saya dapat merawat diri saya secara normal tanpa harus merasakan semakin nyeri	
Saya dapat merawat diri saya sendiri dengan normal tetapi saya merasa semakin nyeri	
Saya merasakan sakit saat merawat diri saya sendiri dan cenderung lambat serta hati-hati dalam beraktivitas	
Saya membutuhkan bantuan orang lain tapi masih mampu untuk merawat diri saya sendiri	
Saya membutuhkan bantuan setiap harinya dalam segala hal yang berhubungan dengan kesehatan diri saya	
Saya tidak mampu berpakaian sendiri, mandi pun sulit dan selalu berada ditempat tidur	
Bagian 3 : Mengangkat benda / Beban	
Saya mampu mengangkat beban tanpa disertai timbulnya nyeri	
Saya mampu mengangkat beban, tetapi disertai timbulnya nyeri	
Rasa nyeri yang saya rasakan membuat saya tidak dapat mengangkat beban berat dari lantai, tetapi saya masih bisa mengangkat beban tersebut bila terletak di tempat yang mudah diakses, misalnya di atas meja	
Rasa nyeri yang saya rasakan membuat saya tidak dapat mengangkat beban berat dari lantai, tetapi saya masih mengangkat beban yang lebih ringan jika diletakkan di tempat yang nyaman untuk diangkat	
Saya hanya dapat mengangkat beban yang ringan-ringan saja	
Saya tidak dapat mengangkat atau membawa beban apapun ukurannya	
Bagian 4 : Berjalan	
Saya mampu berjalan sejauh apapun jaraknya tanpa disertai timbulnya nyeri	
Saya tidak bisa berjalan berjalan lebih dari 1 mil karena nyeri yang saya alami	
Saya tidak bisa berjalan lebih dari ¼ mil karena rasa nyeri yang saya alami	
Saya tidak bisa berjalan lebih dari 100 yard karena rasa nyeri yang saya alami	
Saya hanya bisa berjalan dengan menggunakan alat bantu tongkat atau penopang	
Saya selalu terbaring di tempat tidur dan harus merangkak apabila hendak ke toilet	
Bagian 5 : Duduk	
Saya bisa duduk di kursi manapun yang saya mau	
Saya hanya bisa duduk di kursi tertentu/khusus selama yang saya mau	
Rasa nyeri menyebabkan saya tidak bisa duduk lebih dari 1 jam	
Rasa nyeri menyebabkan saya tidak bisa duduk lebih dari 30 menit	
Rasa sakit menyebabkan saya tidak bisa duduk lebih dari 10 menit	
Saya hanya bisa duduk kurang dari 10 menit karena rasa nyeri yang saya alami	
Bagian 6 : Berdiri	
Saya bisa berdiri selama apapun tanpa rasa nyeri(punggung)	
Saya bisa berdiri selama apapun tapi hal tersebut menimbulkan rasa sakit (punggung)	
Rasa nyeri menyebabkan saya tidak bisa berdiri lebih dari 1 jam	

Rasa nyeri menyebabkan saya tidak bisa duduk lebih dari 30 menit	
Rasa sakit menyebabkan saya tidak bisa berdiri lebih dari 10 menit	
Saya hanya bisa berdiri kurang dari 10 menit karena rasa nyeri yang saya alami	
Bagian 7 : Tidur	
Tidur saya tidak pernah terganggu karena timbulnya nyeri	
Saya hanya bisa tidur nyenyak apabila saya mengkonsumsi obat	
Saya hanya bisa tidur selama kurang dari 6 jam	
Saya hanya bisa tidur selama kurang dari 4 jam	
Saya hanya bisa tidur selama kurang dari 2 jam	
Saya tidak bisa tidur sama sekali karena nyeri	
Bagian 8 : Hubungan seksual	
Hubungan seksual saya normal dan tidak menyebabkan rasa sakit pinggang	
Hubungan seksual saya normal tapi menimbulkan rasa sakit pinggang	
Hubungan seksual saya hampir normal tapi sangat menyakitkan	
Hubungan seksual saya sangat terbatas karena rasa sakit	
Hubungan seksual saya hampir tidak pernah karena rasa sakit	
Saya sama sekali tidak melakukan segala kegiatan seksual	
Bagian 9 : Aktivitas sosial Kemasyarakatan	
Aktivitas sosial saya dengan tetangga normal tanpa adanya nyeri	
Aktivitas sosial saya dengan tetangga normal walaupun menimbulkan nyeri	
Aktivitas sosial saya dengan tetangga hampir normal tapi sangat menyakitkan	
Aktivitas sosial saya terbatas dengan tetangga karena rasa nyeri	
Saya hampir tidak pernah bersosialisasi dengan tetangga Karena nyeri yang saya alami	
Saya menghabiskan waktu dirumah dibandingkan dengan bersosialisasi dengan tetangga	
Bagian 10 : Berpergian	
Saya bisa bepergian tanpa timbulnya nyeri	
Saya bisa bepergian kemana saja tetapi hal tersebut dapat menambah rasa nyeri (punggung)	
Saya masih dapat bepergian lebih dari 2 jam walaupun sakitnya sangat menyiksa	
Rasa sakit membatasi saya dalam bepergian kurang dari 1 jam	
Rasa sakit membatasi saya untuk bepergian dengan perjalanan pendek kurang dari 30 menit	
Rasa sakit membuat saya tidak bisa bepergian kemanapun kecuali untuk menemui dokter atau ke rumah sakit	

Tabel 2. 1 Alat Ukur ODI