

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Nyeri punggung bawah merupakan penyebab utama kecacatan global dan kondisi yang paling banyak memerlukan rehabilitasi. Pada tahun 2020, nyeri punggung bawah telah mempengaruhi 619 juta orang di seluruh dunia dengan proyeksi peningkatan mencapai 843 juta kasus pada tahun 2050 akibat pertumbuhan populasi dan penuaan. Kondisi ini dapat dialami pada semua kelompok usia, dengan mayoritas orang mengalaminya setidaknya sekali seumur hidup. Prevalensinya meningkat seiring bertambahnya usia hingga 80 tahun, dengan puncak kasus terjadi pada usia 50-55 tahun dan lebih sering ditemukan pada wanita. Sekitar 90% kasus NBB merupakan tipe non-spesifik, menjadikannya presentasi klinis yang paling umum ditemukan (WHO, 2023).

Nyeri punggung bawah (LBP) memiliki dampak multidimensional yang signifikan pada kehidupan penderitanya. Secara fisik, LBP menyebabkan disabilitas fungsional sementara yang mengganggu aktivitas sehari-hari dan menurunkan kualitas hidup secara keseluruhan. Kondisi ini juga berdampak pada aspek psikososial, dimana terdapat hubungan erat antara LBP dengan depresi dan kecemasan, serta berpengaruh pada fungsi kognitif terutama pada lansia, yang ditandai dengan penurunan memori dan peningkatan risiko demensia (Wah et al., 2020). Dari perspektif sosial dan ekonomi, LBP merupakan penyebab utama tahun hidup yang hilang akibat disabilitas, memberikan beban berat pada sistem kesehatan dan menyebabkan hilangnya produktivitas di tempat kerja. Permasalahan ini diperparah dengan adanya ketergantungan pada perawatan medis yang tidak selalu efektif, kesenjangan akses layanan kesehatan terutama di negara berpenghasilan rendah dan menengah, serta stigma dan miskonsepsi di masyarakat tentang kondisi ini (Buchbinder et al., 2018).

NPB non-spesifik didefinisikan sebagai nyeri yang tidak dapat dikaitkan dengan patologi spesifik seperti infeksi, tumor, osteoporosis, fraktur, deformitas struktural, penyakit radikular, atau sindrom kauda ekuina (Shashi & Atul, 2024). Kondisi ini memiliki dampak multidimensional yang signifikan pada kualitas hidup penderitanya. Secara fisik, NPB menyebabkan disabilitas fungsional yang mengganggu aktivitas sehari-hari, sementara secara psikososial, terdapat hubungan erat antara NPB dengan depresi dan kecemasan (Ge et al., 2022). Dari perspektif sosial dan ekonomi, NPB memberikan beban berat pada sistem kesehatan dan menyebabkan hilangnya produktivitas di tempat kerja dengan estimasi biaya tahunan mencapai miliaran dolar secara global (Ferreira et al., 2023).

Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya NPB sangat beragam dan bersifat multidimensional. Dari aspek fisik, aktivitas yang melibatkan postur tidak baik seperti bekerja dengan mesin, mengoperasikan alat berat, atau pekerjaan sedentari dapat meningkatkan risiko NPB. Faktor pekerjaan juga berperan penting, dimana individu dalam profesi tertentu seperti pekerja pabrik, pekerja kantoran, dan akademisi universitas memiliki risiko lebih tinggi (Ferreira et al., 2023). Aspek psikososial dan sosioekonomi juga berkontribusi signifikan terhadap kejadian NPB, dimana penderitaan mental dapat memperburuk persepsi terhadap rasa sakit dan akses terbatas terhadap layanan kesehatan dapat mempengaruhi pengelolaan NPB (Bayramoğlu et al., 2016).

Patofisiologi NPB non-spesifik melibatkan interaksi kompleks antara mekanisme inflamasi, neurogenik, dan biomekanik. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa sitokin proinflamasi, khususnya Interleukin-6 (IL-6), memainkan peran krusial dalam proses tersebut (Lim et al., 2020). IL-6 telah diidentifikasi sebagai mediator utama dalam jalur inflamasi yang terkait dengan NPB dan ditemukan dalam konsentrasi yang lebih tinggi pada pasien dengan NPB kronis dibandingkan dengan individu sehat (Hirohata & Kikuchi, 2024). Sebagai sitokin pleiotropik, IL-6 tidak hanya memediasi respons inflamasi tetapi juga berperan dalam sensitivitas nosiseptif dan hiperalgesia, yang berkontribusi pada kronisitas nyeri (Lee et al., 2023).

Terapi konvensional untuk NPB non-spesifik meliputi farmakologi (analgesik, anti-inflamasi), fisioterapi konvensional, dan modifikasi aktivitas. Namun, efektivitas jangka panjangnya masih terbatas dengan tingkat kekambuhan yang tinggi, sehingga mendorong pengembangan metode terapi alternatif yang lebih efektif (Golovacheva & Golovacheva, 2024). Dalam beberapa tahun terakhir, Neuromuscular Taping (NMT) telah muncul sebagai pendekatan terapi non-farmakologis yang menjanjikan untuk pengelolaan NPB non-spesifik (Wah et al., 2020).

Neuromuscular Taping (NMT) adalah teknik terapi yang melibatkan aplikasi pita elastis khusus pada permukaan kulit untuk memberikan stimulasi mekanik pada jaringan lunak. Berbeda dengan kinesiotaping konvensional, NMT didasarkan pada prinsip "decompressive lifting" yang memfasilitasi pemulihan fungsi neuromuskular dengan menciptakan ruang antara kulit dan jaringan di bawahnya (Wah et al., 2020). Mekanisme kerja NMT meliputi: modulasi nyeri melalui aktivasi mekanoreseptor yang menghambat transmisi impuls nyeri sesuai teori gate control; efek biomekanik melalui koreksi postur dan fasilitasi gerakan yang benar; efek sirkulasi dengan meningkatkan aliran darah dan limfatik yang mengurangi edema dan inflamasi; serta modulasi neurofisiologis yang mempengaruhi tonus otot dan kinerja motor (Blow, 2024).

Beberapa penelitian awal telah menunjukkan efektivitas NMT dalam mengurangi intensitas nyeri dan meningkatkan fungsi fisik pada pasien dengan NPB non-spesifik. Namun, investigasi mengenai efek NMT terhadap parameter

biokimia inflamasi, khususnya IL-6, masih sangat terbatas. Penelitian oleh Gonzalez-Iglesias et al. (2021) pada model hewan menunjukkan bahwa aplikasi NMT berkorelasi dengan penurunan ekspresi IL-6 pada jaringan yang mengalami inflamasi, namun belum ada studi komprehensif pada manusia yang mengkonfirmasi temuan ini, terutama dalam konteks NPB non-spesifik (Akhmetyanov et al., 2023).

Berdasarkan latar belakang tersebut, terdapat kebutuhan untuk meneliti lebih lanjut mengenai pengaruh NMT terhadap perbaikan nyeri dan modulasi kadar IL-6 pada pasien NPB non-spesifik. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang mekanisme neurofisiologis dan biokimia di balik efektivitas NMT serta berkontribusi pada pengembangan protokol terapi yang lebih optimal untuk pengelolaan NPB non-spesifik.

### 1.1.1 Nyeri punggung bawah

Nyeri Punggung Bawah (NPB) merupakan nyeri terlokalisir pada area antara batas tulang rusuk bagian bawah dan lipatan gluteus inferior yang dapat disertai kekakuan otot dengan atau tanpa penjaralan ke paha dan/atau tungkai (sciatica) (Harris, S., Wiratman, W., Zairinal, 2023). Klasifikasi Nyeri Punggung Bawah berdasarkan durasi dibagi menjadi akut (<6 minggu), subakut (7-12 minggu), kronik (>12 minggu), dan rekuren. Klasifikasi berdasarkan penyakit dasar meliputi Nyeri Punggung Bawah mekanikal, non-mekanikal, dan nyeri menjalar (Diwan & Melrose, 2023; Soar et al., 2022).

Patofisiologi Nyeri Punggung Bawah berkaitan dengan nyeri nosiseptif dan nyeri neuropatik. Nyeri nosiseptif timbul akibat kerusakan pada jaringan non neural menyebabkan inflamasi dan aktivasi nosiseptor. Impulse ektopik dihasilkan di Ganglion Akar Dorsal Spinal bermanifestasi sebagai nyeri neuropatik sesuai area dermatom yang terpengaruh merupakan bentuk NPB Radikuler. Nyeri neuropatik didefinisikan sebagai nyeri yang disebabkan lesi primer sistem saraf somatosensorik (Chen et al., 2024; Dydyk, A.M., Khan, M.Z., Singh, 2024; Govind, 2007).

Lesi yang memengaruhi integritas akar saraf lumbosakral dapat menyebabkan Nyeri Punggung Bawah Radikuler, Radikulopati, atau keduanya. Radikulopati ditegakkan bila terdapat gejala objektif berupa kehilangan fungsi sensorik, fungsi motorik, dan refleksi fisiologis akibat dari blok konduksi (Govind, 2007). Gejala Nyeri Punggung Bawah Radikuler berupa rasa tajam, tertusuk-tusuk, atau tersetrum listrik yang menjalar dari punggung bawah ke area bokong dan kaki pada satu sisi atau kedua sisi. Selain itu, dapat ditemukan paraesthesia dengan deskripsi gejala seperti kesemutan dan terbakar. Gejala yang lebih berat ditemukan defisit saraf motorik berupa keluhan lemah, mudah lelah, atau kram sesuai distribusi miotom (Soares, 2022).

Perubahan struktur anatomi normal yang memengaruhi akar saraf sensori atau ganglion akar dorsal saraf spinal menyebabkan nyeri radikuler/radikulopati. Struktur anatomi yang berada disekitar akar saraf antara lain tulang vertebra, kapsul sendi apofisial, anulus fibrosus, otot, dan ligamentum. aktivitas seperti beban berat, gerakan memutar tulang belakang, dan cedera *whiplash* menyebabkan kejadian mekanikal seperti peregangan, robekan atau kontusio pada struktur anatomi sekitar akar saraf. Proses patologi pada struktur anatomi tersebut menyebabkan penyempitan atau kompresi pada area perjalanan akar saraf di kanal spinal atau foramina intervertebral Kompresi akut atau kronik pada akar saraf spinal menyebabkan proses iskemi, inflamasi, atau edema (Dydyk, A.M., Khan, M.Z., Singh, 2024; Soar et al., 2022)..

Cedera pada jaringan menyebabkan homeostasis jaringan lokal terganggu dimana mengaktivasi sel mast, neutrophil, dan makrofag untuk melepaskan mediator inflamasi seperti ion hidrogen (proton), ion natrium, serotonin, sitokin, bradykinin, histamin, prostaglandin, dan leukotriene. Ada 2 jalur chanel ion yang penting untuk menghasilkan potensial aksi nosiseptor yaitu *Transient Receptor Potential* (TRP) dan *Voltage-gated ion channels*. Mediator inflamasi mengaktifkan dan membuat TRP-channel lokal peka terhadap nosiseptor. TRP-channel juga dapat teraktivasi dengan stimulus fisik atau kimia. Setelah TRP aktif, chanel ini mengubah stimulus fisik atau kimia menjadi potensi aksi melalui modulasi masuknya ion kalsium dan magnesium ke dalam neuron. TRP kemudian mengaktifkan *Voltage-gated ion channels* yang memulai kaskade pembentukan potensial aksi supra-ambang batas. Melalui jalur ini, stimulus yang berbahaya dikodekan menjadi potensial aksi dengan kecepatan yang bervariasi sesuai dengan intensitas stimulus (Liu & Kelliher, 2022).

Sensitisasi perifer terjadi ketika mediator pro inflamasi seperti substansi P, CGRP, neurokinin A, dan oksida nitrat bekerja pada '*silent*' C untuk menurunkan ambang aktivasi nyeri dan meningkatkan rangsangan neuron. Respons inflamasi juga dapat meluas secara sistemik dengan mengaktifkan sistem simpatis yang mengarah pada pelepasan katekolamin seperti noradrenalin. Noradrenalin kemudian mengaktifkan nosiseptor yang membentuk lingkaran umpan balik positif. Kesimpulan jalur nyeri dimulai dengan aktivasi nosiseptor; pemicuan selanjutnya dari sistem inflamasi, saraf dan endokrin dapat mempotensiasi dan memodulasi respons melalui sejumlah besar perubahan biokimiawi yang kompleks (Liu & Kelliher, 2022).

Nyeri yang berkepanjangan hingga kronik menyebabkan proses patologis berlanjut hingga sensitisasi sentral. Proses sensitisasi sentral merupakan respons neuronal terhadap stimulus dalam Sistem Saraf Pusat yang beramplifikasi sehingga terjadi hipersensitivitas nyeri akibat respons neuron

nosiseptif terhadap input aferen normal meningkat atau ambang batas / *subthreshold* (Harris, S., Wiratman, W., Zairinal, 2023).

### 1.1.2 *Numeric Pain Rating Scale (NPRS)*

NPRS adalah salah satu instrumen yang paling umum digunakan untuk mengukur tingkat nyeri secara subjektif. Skala ini biasanya terdiri dari rentang angka 0 hingga 10, di mana 0 menunjukkan tidak ada nyeri dan 10 menunjukkan nyeri yang sangat parah. NPRS memiliki keunggulan dalam kemudahan penggunaan, validitas, serta sensitivitas dalam mendeteksi perubahan intensitas nyeri (Braw et al., 2024).

NPRS merupakan skala numerik yang sering digunakan dalam penelitian klinis maupun praktik medis untuk mengukur intensitas nyeri pasien. Penggunaannya melibatkan pasien yang diminta untuk memberikan skor nyeri mereka dalam rentang angka tertentu, biasanya dari 0 hingga 10 atau 0 hingga 100 dalam beberapa variasi skala (Pruinelli et al., 2024)

Keunggulan NPRS meliputi :

- Mudah digunakan dan dipahami oleh pasien.
- Memiliki validitas dan reliabilitas yang baik dalam berbagai populasi pasien.
- Sensitif terhadap perubahan kecil dalam intensitas nyeri (Firdous et al., 2017)

Sejumlah penelitian telah mengevaluasi validitas dan reliabilitas NPRS dalam berbagai kondisi medis. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Euasobhon et al. (2022), NPRS memiliki korelasi yang kuat dengan skala pengukuran nyeri lainnya, seperti Visual Analog Scale (VAS) dan Verbal Rating Scale (VRS). Selain itu, NPRS telah terbukti memiliki validitas yang tinggi dalam mengukur nyeri akut maupun kronis (Euasobhon et al., 2022).

Penelitian oleh Froud et al. (2018) menunjukkan bahwa NPRS memiliki tingkat reliabilitas tinggi dalam mengukur perubahan nyeri pada pasien dengan kondisi muskuloskeletal (Froud et al., 2018). Dalam studi lain, NPRS digunakan sebagai alat standar dalam pengukuran efektivitas terapi nyeri, seperti fisioterapi dan terapi farmakologis (Alghadir et al., 2018).

Meskipun NPRS banyak digunakan, ada beberapa kelebihan dan kekurangan yang perlu diperhatikan:

Kelebihan:

- Mudah digunakan dan dapat diaplikasikan pada berbagai kelompok usia.
- Memiliki sensitivitas yang tinggi dalam mendeteksi perubahan nyeri.
- Tidak memerlukan alat khusus.

Kekurangan:

- Rentan terhadap subjektivitas pasien.

- Tidak memberikan informasi mendetail tentang karakteristik nyeri, seperti lokasi dan durasi (Firdous et al., 2017).

Aplikasi NPRS dalam Penelitian dan Praktik Klinis NPRS sering digunakan dalam berbagai penelitian untuk mengevaluasi efektivitas intervensi medis dalam mengurangi nyeri. Misalnya, penelitian oleh Liu et al. (2021) menunjukkan bahwa NPRS dapat digunakan untuk menilai perubahan nyeri pada pasien kanker. Selain itu, dalam praktik klinis, NPRS banyak digunakan dalam manajemen nyeri pascaoperasi, rehabilitasi, dan kondisi nyeri kronis lainnya (Langford et al., 2024).

### 1.1.3 Kadar Interleukin-6

Interleukin-6 (IL-6) adalah salah satu sitokin yang berperan penting dalam respons imun dan inflamasi. Sitokin ini diproduksi oleh berbagai jenis sel, termasuk makrofag, sel epitel, dan fibroblas sebagai respons terhadap infeksi, trauma, atau kondisi inflamasi kronis. IL-6 memiliki efek pleiotropik, berperan dalam diferensiasi sel B, aktivasi sel T, produksi protein fase akut di hati, serta regulasi metabolisme energi dan homeostasis tubuh (Mallick et al., 2025).

#### 1.1.3.1. Peran Biologis Interleukin-6

IL-6 berfungsi dalam berbagai proses fisiologis dan patologis, termasuk:

- Respons imun: IL-6 merangsang produksi antibodi dan meningkatkan aktivasi limfosit T.
- Inflamasi: Sitokin ini berperan dalam reaksi inflamasi akut dan kronis dengan meningkatkan produksi protein fase akut seperti C-reactive protein (CRP).
- Metabolisme dan homeostasis: IL-6 berperan dalam metabolisme lipid dan glukosa serta berkontribusi pada resistensi insulin.
- Proses neuroendokrin: IL-6 memengaruhi regulasi hormon stres seperti kortisol melalui aksis hipotalamus-hipofisis-adrenal (HHA) (Lanong & Kumari, 2024).

#### 1.1.3.2. Kadar IL-6 dalam Berbagai Kondisi Klinis

Kadar IL-6 dapat meningkat secara signifikan dalam berbagai kondisi patologis, termasuk:

- Penyakit infeksi: IL-6 meningkat dalam kondisi infeksi bakteri dan virus, termasuk COVID-19, di mana kadar IL-6 yang tinggi dikaitkan dengan badai sitokin (Paranga et al., 2024).
- Penyakit autoimun: Penyakit seperti rheumatoid arthritis (RA) dan lupus eritematosus sistemik (SLE) menunjukkan kadar IL-6 yang lebih tinggi dibandingkan individu sehat (Roghani et al., 2024).

- Kanker: IL-6 berperan dalam progresi beberapa jenis kanker dengan meningkatkan angiogenesis dan proliferasi sel kanker (Karakasheva et al., 2023).
- Diabetes dan sindrom metabolik: IL-6 berkontribusi terhadap resistensi insulin dan inflamasi kronis yang terkait dengan obesitas (Abdullah et al., 2024).
- Penyakit kardiovaskular: Kadar IL-6 yang tinggi dikaitkan dengan peningkatan risiko aterosklerosis dan penyakit jantung iskemik (Jia et al., 2023).

#### 1.1.3.3. Metode Pengukuran Kadar IL-6

Pengukuran kadar IL-6 dalam darah atau serum dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain :

- ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay): Teknik imunologi berbasis enzim yang sering digunakan karena sensitivitas dan spesifitasnya tinggi.
- PCR (Polymerase Chain Reaction) untuk mRNA IL-6: Digunakan dalam penelitian untuk mengukur ekspresi genetik IL-6.
- Flow cytometry (Cytometric Bead Array - CBA): Digunakan dalam studi sitokin multiplex untuk analisis kadar IL-6 bersama dengan sitokin lainnya.
- Western blot: Digunakan untuk mendeteksi protein IL-6 dalam sampel biologis (Majdinasab et al., 2023).

#### **Kadar Interleukin-6 (IL-6) terhadap Nyeri Punggung Bawah Non-Spesifik (NPB-NS)**

Nyeri punggung bawah non-spesifik (NPB-NS) adalah salah satu kondisi muskuloskeletal yang paling umum dan sering menjadi penyebab utama disabilitas di seluruh dunia. Meskipun penyebabnya tidak dapat diidentifikasi secara jelas melalui pemeriksaan klinis atau pencitraan, berbagai penelitian menunjukkan adanya keterlibatan proses inflamasi dalam patogenesis nyeri punggung bawah ini (Sima et al., 2024).

Interleukin-6 (IL-6) sebagai salah satu sitokin proinflamasi berperan penting dalam modulasi nyeri, terutama melalui aktivasi jalur inflamasi di sistem saraf perifer dan sentral (Kerkis et al., 2024).

#### 1. Peran IL-6 dalam Mekanisme Nyeri

IL-6 memiliki peran multifungsi dalam nyeri kronis, termasuk :

- Sensitisasi perifer: IL-6 dapat meningkatkan sensitivitas nosiseptor di daerah yang mengalami inflamasi, menyebabkan hiperalgesia dan alodinia.

- Sensitisasi sentral: IL-6 meningkatkan eksitabilitas neuron nyeri di sumsum tulang belakang dan otak, berkontribusi terhadap kronifikasi nyeri.
- Regulasi neuroinflamasi: IL-6 berinteraksi dengan mediator inflamasi lain seperti Tumor Necrosis Factor-alpha (TNF- $\alpha$ ) dan Interleukin-1 $\beta$  (IL-1 $\beta$ ), memperburuk kondisi inflamasi yang berkontribusi terhadap nyeri punggung bawah (Yu et al., 2024).

## 2. Hubungan Kadar IL-6 dengan Nyeri Punggung Bawah Non-Spesifik

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kadar IL-6 yang lebih tinggi ditemukan pada pasien dengan NPB-NS dibandingkan dengan individu sehat. Beberapa temuan penting :

- a) Peningkatan IL-6 dalam cairan jaringan dan serum darah
  - Studi menunjukkan bahwa kadar IL-6 dalam darah meningkat pada pasien dengan nyeri punggung bawah, terutama mereka yang mengalami nyeri kronis lebih dari 12 minggu.
  - Peningkatan IL-6 dikaitkan dengan intensitas nyeri yang lebih tinggi dan durasi nyeri yang lebih lama (Hiyama et al., 2024).
- b) IL-6 dan diskus intervertebralis
  - Pada individu dengan degenerasi diskus, IL-6 ditemukan dalam jumlah lebih tinggi di nucleus pulposus dan anulus fibrosus.
  - IL-6 dapat merangsang ekspresi metalloproteinase (MMPs) yang mempercepat degenerasi diskus dan memperburuk nyeri punggung bawah (Peng, 2025).
- c) Hubungan IL-6 dengan obesitas dan sindrom metabolik
  - Pasien dengan NPB-NS yang mengalami obesitas cenderung memiliki kadar IL-6 yang lebih tinggi.
  - IL-6 yang diproduksi oleh jaringan adiposa berkontribusi terhadap inflamasi sistemik yang memperburuk nyeri punggung bawah (Varra et al., 2024).
- d) Respons terhadap terapi
  - Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kadar IL-6 menurun setelah terapi fisik, latihan, atau penggunaan obat antiinflamasi seperti NSAID.
  - Penurunan kadar IL-6 berkorelasi dengan perbaikan gejala nyeri pada pasien dengan NPB-NS (Singh et al., 2015).

## 3. Implikasi Klinis dan Manajemen NPB-NS Berbasis IL-6

- Penggunaan biomarker IL-6: Kadar IL-6 dalam serum dapat digunakan sebagai indikator inflamasi pada pasien dengan NPB-NS, terutama dalam nyeri kronis.

- Intervensi farmakologis: Penggunaan obat antiinflamasi yang menargetkan IL-6, seperti antagonis IL-6 (misalnya tocilizumab), sedang diteliti sebagai potensi terapi untuk nyeri kronis.
- Pendekatan non-farmakologis: Latihan fisik dan terapi rehabilitasi diketahui menurunkan kadar IL-6, sehingga dapat digunakan sebagai terapi untuk NPB-NS (Shanshal et al., 2023).

#### 1.1.4 **Neuromuscular Tapping**

*NeuroMuscular Taping (NMT)* adalah teknik yang mengaplikasikan elastic adhesive tape ke kulit, untuk memberikan efek terapi di area lokal dan langsung maupun tersendiri, melalui jalur refleks. Jika diaplikasikan dengan benar, teknik ini bisa mengurangi nyeri dan memfasilitasi lymphatic drainage melalui pembentukan lipatan-lipatan di kulit.

Teknik NMT tidak seperti taping lama yang tidak elastis maupun elastis, berdasarkan pada konsep fasilitasi kulit dan gerakan otot untuk mencapai efek terapi biomekanik di bagian-bagian yang ditangani. Otot merupakan sasaran yang paling penting dalam NMT, yang juga secara tidak langsung memengaruhi sirkulasi venous dan lymphatic serta suhu tubuh.

Bentuk dasar NMT membedakannya dengan tipe taping dan bandaging lainnya sebagai berikut :

1. Tape yang digunakan memiliki karakteristik khusus
2. Metode aplikasi bersifat spesifik
3. Teknik taping bisa berupa kompresi maupun kompresi

Tape terdiri dari lapisan katun tipis dengan pembungkus yang bisa melekat dan bebas latex. Paper liner yang bisa dilepas melindungi perekat. Elastisitasnya sama seperti kulit, bisa diregangkan (kira-kira 40%) dan tahan air.

Metode aplikasi, dikombinasikan dengan gerakan tubuh, merangsang gerakan mikro pada tape yang menstimulasi receptors di kulit dan lapisan-lapisan bawahnya. Receptor ini mentransmisikan stimulus exteroceptive dan proprioceptive ke sistem saraf pusat, memicu reflex respons otot.

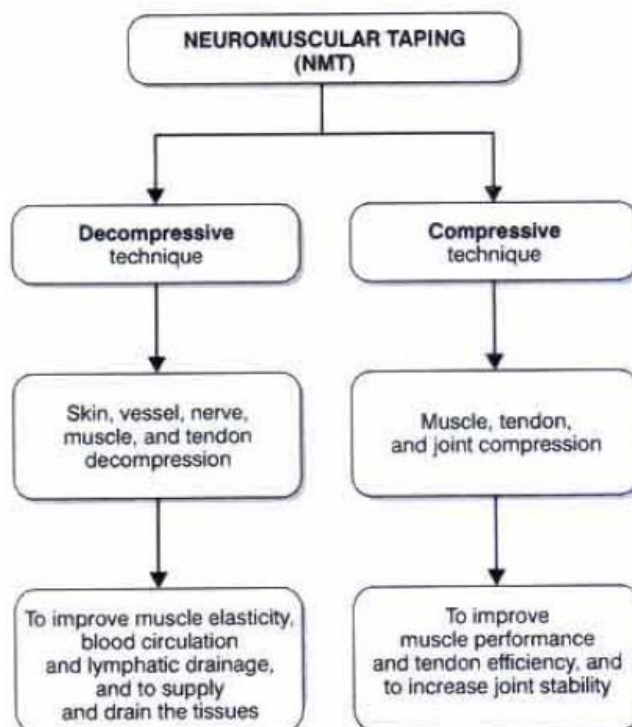
Melalui stimulasi exteroceptive, taping mengurangi blood dan lymph stasis, meningkatkan mikrosirkulasi lokal dan penyerapan. Edema. Dengan mengangkat kulit, taping membesarkan ruang interstitial di jaringan, memperbaiki sirkulasi dan penyerapan cairan sambil mengurangi subcutaneous pressure.

Sebelum mengaplikasikan taping, perlu dicari gerakan otot dan sendi yang akan memunculkan gerakan micro lokal. Ini akan memunculkan gerakan dekompresi melalui pembentukan lipatan-lipatan selama aktivitas normal tubuh.

Sebenarnya, keunikan NMT, yang membuatnya berbeda dengan tipe taping dan bandaging lainnya, adalah metode aplikasinya yang unik, baik dekompresi maupun kompresi. Oleh karena itu, tape bisa diaplikasikan dengan

tingkat ketegangan yang berbeda, atau tidak sama sekali, tergantung pada efek terapi yang diinginkan, sedangkan karakter khususnya yang bergelombang menjamin kenyamanan untuk beberapa pasien.

Penggunaan elastic tape, yang bisa memberikan support pada otot, memperbaiki fungsi otot dan menstimulasi respons sistem saraf ke stimulasi struktural, bio-chemical, emosional, dan energi yang berperan dalam proses penyembuhan. Metode **\*\*neuromuscular taping\*\*** memenuhi standar untuk hasil terapi yang dapat diukur dan dibandingkan selama mengikuti prosedur yang diajarkan dalam pelatihan.



Gambar 1 : Mekanisme kerja neuromuscular taping

### **Fungsi Dasar *Neuromuscular Taping***

NMT memiliki enam tujuan utama :

1. Meredakan nyeri;

2. Menormalkan ketegangan otot;
3. **Menghilangkan penyumbatan** pembuluh darah;
4. Memperbaiki vaskularisasi darah;
5. Mengoreksi *joint alignment*;
6. Memperbaiki postur.

Oleh karena itu, NMT bekerja di level-level yang berbeda sebagai berikut :

1. **Sensory**
  - a. Menstimulasi *cutaneous, muscle, dan joint receptors*;
  - b. Mengontrol nyeri.
2. **Muscular**
  - a. Memperbaiki tonus otot;
  - b. Mengurangi kelelahan otot.
  - c. Meningkatkan kontraksi otot;
  - d. Mengurangi relaksasi otot yang berlebihan;
  - e. Mengurangi kontraksi otot yang berlebihan.
3. **Lymphatic dan Hematic**
  - a. Mengurangi inflamasi lokal;
  - b. Meningkatkan sirkulasi darah;
  - c. Memperbaiki *lymphatic drainage*.
4. **Articular**
  - a. Menstabilkan di level *fasciae*;
  - b. Meningkatkan *Range of Motion (ROM)*;
  - c. Mengurangi nyeri.

Avidence Base Neuromuscular taping mempengaruhi penurunan nyeri punggung belakang :

Neuromuscular taping (NMT) telah terbukti memiliki pengaruh positif terhadap pengurangan nyeri punggung bawah dalam beberapa studi yang dilakukan di berbagai negara. Metode ini bekerja dengan memberikan dukungan pada otot dan mengoreksi posisi sendi, yang berkontribusi pada peningkatan stabilitas dan postur tubuh. Hasil penelitian dari Wah at all (2022) menunjukkan bahwa terapi ini dapat mengurangi indeks nyeri punggung bawah secara signifikan, seperti yang terlihat dalam penelitian multisentra yang melibatkan peserta dari India, Ethiopia, dan Indonesia, di mana pengurangan nyeri tercatat mencapai 47,3% di Indonesia dan 37,1% di India. Meskipun hasil di Malaysia menunjukkan perbaikan yang tidak signifikan, secara keseluruhan, NMT dapat dianggap sebagai modalitas efektif untuk manajemen nyeri punggung bawah, membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut dan penerapan klinis dalam mengatasi masalah ini (Wah et al., 2020).

Sedangkan menurut penelitian Wardani (2016), hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Neuromuscular Taping (NMT) memiliki

pengaruh yang signifikan terhadap pengurangan nyeri pada pasien yang mengalami low back pain (LBP) myogenik. Melalui uji statistik, diperoleh nilai  $p < 0,050$ , yang mengindikasikan bahwa terdapat bukti yang kuat bahwa NMT efektif dalam mengurangi nyeri. Ini menegaskan bahwa teknik NMT tidak hanya memberikan manfaat berupa pengurangan nyeri, tetapi juga dapat meningkatkan kualitas hidup pasien dengan LBP myogenik. Dengan mekanisme aksi yang melibatkan dekompresi dan peningkatan sirkulasi darah, NMT berkontribusi dalam relaksasi otot yang bermasalah, sehingga memberikan dampak positif pada kesehatan dan fungsi fungsional individu yang dirawat (Wardani, 2016).

Hasil penelitian Samosir & Siti Muawanah (2023) menunjukkan bahwa kombinasi intervensi neuromuscular taping (NMT) dan ultrasound secara signifikan mengurangi nyeri pada pasien dengan low back pain non-spesifik. Pengukuran menggunakan Visual Analog Scale (VAS) menunjukkan penurunan skor nyeri dari  $6.7 \pm 1.766$  sebelum intervensi menjadi  $1.7 \pm 0.674$  setelah intervensi, dengan nilai  $p = 0,005$ , yang mengindikasikan signifikansi yang kuat. Penelitian ini mencerminkan bahwa kedua modalitas tersebut tidak hanya efektif dalam mengurangi nyeri, tetapi juga berpotensi meningkatkan fungsi dan kualitas hidup pasien dengan nyeri punggung bawah. Temuan ini mendukung penggunaan NMT sebagai bagian dari pendekatan fisioterapi yang lebih holistik untuk manajemen nyeri (Samosir & Siti Muawanah, 2023).

## 1.2 Rumusan Masalah

Nyeri punggung bawah non-spesifik (NPB-NS) merupakan salah satu masalah muskuloskeletal yang sering terjadi dan dapat mengganggu aktivitas sehari-hari serta menurunkan kualitas hidup pasien. Inflamasi diyakini berperan dalam patogenesis nyeri punggung bawah, salah satunya ditandai dengan peningkatan kadar Interleukin-6 (IL-6) sebagai mediator inflamasi yang berkontribusi terhadap sensitisasi nyeri.

Neuromuscular Taping (NMT) telah digunakan sebagai salah satu metode terapi non-invasif untuk mengurangi nyeri dan meningkatkan fungsi muskuloskeletal. Namun, efektivitas NMT dalam menurunkan intensitas nyeri yang diukur menggunakan Numeric Pain Rating Scale (NPRS) serta hubungannya dengan kadar IL-6 pada pasien dengan NPB-NS masih belum sepenuhnya dipahami. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh NMT terhadap penurunan nyeri dan perubahan kadar IL-6 pada pasien dengan NPB-NS.

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah Neuromuscular Taping (NMT) berpengaruh terhadap penurunan nyeri yang diukur dengan Numeric Pain Rating Scale

(NPRS) pada pasien dengan nyeri punggung bawah non-spesifik (NPB-NS)?

2. Apakah Neuromuscular Taping (NMT) dapat menurunkan kadar Interleukin-6 (IL-6) sebagai indikator inflamasi pada pasien dengan nyeri punggung bawah non-spesifik (NPB-NS)?
3. Adakah hubungan antara penurunan skala nyeri (NPRS) dan penurunan kadar Interleukin-6 (IL-6) setelah pemberian Neuromuscular Taping (NMT)?

### 1.3 Hipotesis Penelitian

Hipotesis Alternatif (Ha) :

1. Neuromuscular Taping (NMT) berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan nyeri yang diukur dengan Numeric Pain Rating Scale (NPRS) pada pasien dengan nyeri punggung bawah non-spesifik (NPB-NS).
2. Neuromuscular Taping (NMT) berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar Interleukin-6 (IL-6) sebagai indikator inflamasi pada pasien dengan nyeri punggung bawah non-spesifik (NPB-NS).
3. Terdapat hubungan yang signifikan antara penurunan skala nyeri (NPRS) dan penurunan kadar Interleukin-6 (IL-6) setelah pemberian Neuromuscular Taping (NMT).

Hipotesis Nol (H0):

1. Neuromuscular Taping (NMT) tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan nyeri yang diukur dengan Numeric Pain Rating Scale (NPRS) pada pasien dengan nyeri punggung bawah non-spesifik (NPB-NS).
2. Neuromuscular Taping (NMT) tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penurunan kadar Interleukin-6 (IL-6) sebagai indikator inflamasi pada pasien dengan nyeri punggung bawah non-spesifik (NPB-NS).
3. Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara penurunan skala nyeri (NPRS) dan perubahan kadar Interleukin-6 (IL-6) setelah pemberian Neuromuscular Taping (NMT).

### 1.4 Tujuan Penelitian

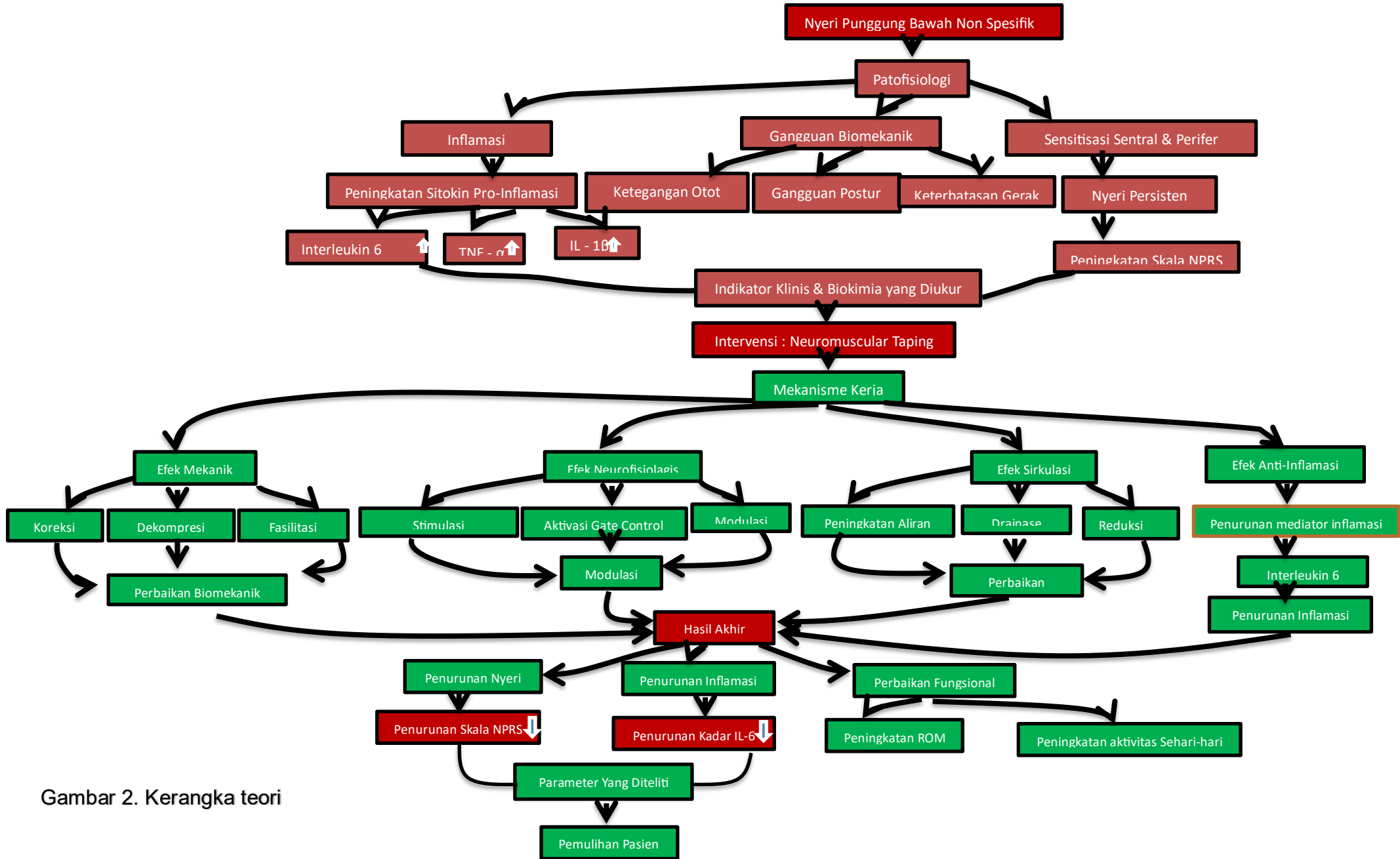
#### 1.4.1 Tujuan Umum

Untuk mengetahui pengaruh Neuromuscular Taping (NMT) terhadap perbaikan nyeri yang diukur menggunakan Numeric Pain Rating Scale (NPRS) dan kadar Interleukin-6 (IL-6) pada pasien dengan nyeri punggung bawah non-spesifik (NPB-NS).

#### 1.4.2 Tujuan Khusus

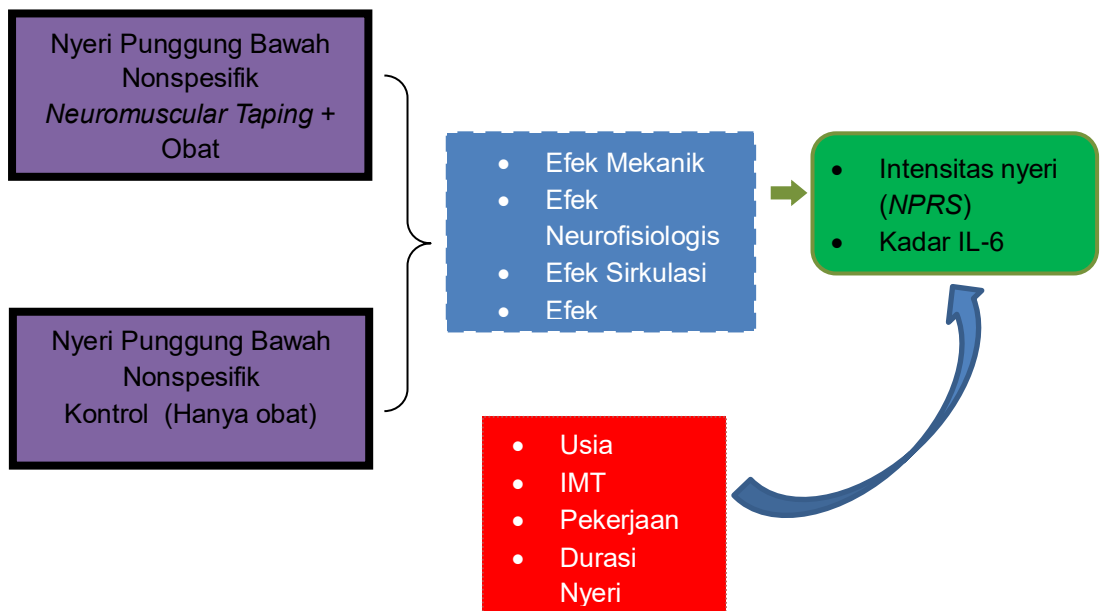
1. Menganalisis pengaruh Neuromuscular Taping (NMT) terhadap penurunan tingkat nyeri yang diukur dengan Numeric Pain Rating Scale (NPRS) pada pasien dengan nyeri punggung bawah non-spesifik (NPB-NS).
2. Menganalisis pengaruh Neuromuscular Taping (NMT) terhadap perubahan kadar Interleukin-6 (IL-6) sebagai indikator inflamasi pada pasien dengan nyeri punggung bawah non-spesifik (NPB-NS).
3. Menganalisis hubungan antara penurunan skala nyeri (NPRS) dan perubahan kadar Interleukin-6 (IL-6) setelah pemberian Neuromuscular Taping (NMT) pada pasien dengan nyeri punggung bawah non-spesifik (NPB-NS)

1.5 Kerangka Teori



Gambar 2. Kerangka teori

## 1.6 Kerangka konsep



### Keterangan

 : Variabel

 : Variabel

 : Variabel

 : Variabel

Gambar 3. Kerangka konsep

## 1.7 Manfaat Penelitian

### 1.7.1 Manfaat Teoritis

- 1.7.1.1 Menambah wawasan ilmiah mengenai hubungan antara neuromuskular, inflamasi, dan nyeri punggung bawah non-spesifik (NPB-NS) melalui mekanisme sitokin proinflamasi, terutama Interleukin-6 (IL-6).

- 1.7.1.2 Memberikan kontribusi dalam ilmu fisioterapi dan rehabilitasi medis terkait efektivitas Neuromuscular Taping (NMT) dalam menurunkan nyeri dan kadar IL-6 sebagai biomarker inflamasi.
  - 1.7.1.3 Menjadi dasar bagi penelitian lebih lanjut dalam bidang manajemen nyeri muskuloskeletal dengan pendekatan non-farmakologis, khususnya terkait penggunaan NMT dalam terapi nyeri kronis.
  - 1.7.1.4 Mendukung teori inflamasi sebagai salah satu mekanisme utama nyeri kronis, sehingga dapat menjadi referensi dalam pengembangan terapi berbasis modulasi inflamasi.
- 1.7.2 Manfaat Aplikatif
- 1.7.2.1 Menyediakan alternatif terapi non-farmakologis dalam mengurangi nyeri punggung bawah melalui penggunaan Neuromuscular Taping (NMT) yang lebih aman dan minim efek samping dibandingkan terapi farmakologis.
  - 1.7.2.2 Membantu fisioterapis dan tenaga medis dalam memilih strategi terapi yang lebih efektif berdasarkan respons inflamasi pasien, terutama dalam kasus nyeri kronis yang berhubungan dengan peningkatan kadar IL-6.
  - 1.7.2.3 Menawarkan pendekatan personalisasi terapi, di mana pasien dengan kadar IL-6 yang tinggi mungkin memerlukan intervensi tambahan selain NMT untuk memperoleh hasil yang optimal.
  - 1.7.2.4 Meningkatkan pemahaman pasien dan tenaga medis mengenai pentingnya kontrol inflamasi dalam pengelolaan nyeri kronis, sehingga dapat mendorong pendekatan multidisiplin dalam terapi NPB-NS.
  - 1.7.2.5 Mengurangi ketergantungan pasien terhadap obat antiinflamasi non-steroid (NSAID) atau analgesik, yang sering digunakan dalam manajemen nyeri punggung bawah tetapi memiliki risiko efek samping jika digunakan dalam jangka panjang.
- 1.7.3 Manfaat Metodologi
- 1.7.3.1 Menjadi model penelitian dalam mengukur efektivitas intervensi fisik terhadap perubahan biomarker inflamasi (IL-6), yang dapat diterapkan dalam studi lain terkait terapi nyeri muskuloskeletal.
  - 1.7.3.2 Mengembangkan metode pengukuran yang lebih objektif dalam mengevaluasi perbaikan nyeri tidak hanya berdasarkan skala subjektif (NPRS), tetapi juga melalui parameter biokimiawi seperti IL-6.

- 1.7.3.3 Mendorong penggunaan pendekatan berbasis bukti (evidence-based practice) dalam pengelolaan nyeri muskuloskeletal, terutama dengan memadukan evaluasi klinis dan laboratorium.
- 1.7.3.4 Dapat dijadikan referensi dalam desain penelitian eksperimental yang mengevaluasi hubungan antara terapi fisik, respon inflamasi, dan nyeri kronis.
- 1.7.3.5 Membantu pengembangan protokol terapi berbasis Neurorestorasi, khususnya dalam penggunaan Neuromuscular Taping (NMT) untuk kondisi muskuloskeletal yang melibatkan inflamasi.

## **BAB II METODOLOGI PENELITIAN**

### **2.1 Desain Penelitian**

Penelitian ini menggunakan desain eksperimental dengan pendekatan pretest-posttest control group design, di mana terdapat kelompok intervensi yang diberikan Neuromuscular Taping (NMT) dan mendapat terapi standar dan kelompok kontrol yang tidak mendapatkan diberikan terapi standar, serta tidak mendapatkan intervensi Neuromuscular Taping .

### **2.2 Tempat dan Waktu Penelitian**

#### **2.2.1 Tempat Penelitian**

Penelitian akan dilaksanakan di RSUP Wahidin Sudirohusodo dan RS jejaring Pendidikan.

#### **2.2.2 Waktu Penelitian**

Penelitian akan dilaksanakan mulai bulan Juli – Agustus 2025

### **2.3 Populasi dan sampel penelitian**

#### **2.3.2 Populasi Penelitian**

Pasien dengan nyeri punggung bawah non-spesifik (NPB-NS) yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi di RSUP Wahidin Sudirohusodo dan RS jejaring Pendidikan

#### **2.3.3 Sampel Penelitian**

Sampel penelitian yaitu pasien didiagnosis nyeri punggung bawah di RSUP Wahidin Sudirohusodo dan RS jejaring Pendidikan yang memenuhi kriteria inklusi dan setuju untuk ikut dalam penelitian. Pengambilan sampel dilakukan berdasarkan pertimbangan tertentu sesuai tujuan penelitian (*purposive sampling*) selama kurun waktu yang ditentukan

#### **2.3.4 Perkiraan besar sampel**

Penentuan ukuran sampel dilakukan dengan menggunakan software Sample Size Determination in Health Studies pada menu 7.2a – Hypothesis Testing for a Population Mean (One-sided Test). Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui jumlah minimum sampel yang dibutuhkan dalam menguji hipotesis perubahan kadar IL-6 pada pasien nyeri punggung bawah nonspesifik setelah intervensi neuromuscular taping.

Rumus yang digunakan:

Untuk paired t-test (uji beda dua rata-rata berpasangan)

$$n = \left( \frac{Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta}}{\Delta/\sigma_d} \right)^2$$

Di mana:

- n = jumlah subjek
- $\Delta$  = perbedaan rerata yang diharapkan (efek yang ingin dideteksi)
- $\sigma_d$  = simpangan baku dari selisih pre-post
- $Z_{1-\alpha/2}$  = nilai Z untuk tingkat signifikansi (misalnya 1.96 untuk  $\alpha = 0.05$ )
- $Z_{1-\beta}$  = nilai Z untuk power (misalnya 0.84 untuk power 80%)

berdasarkan rumus diatas ,didapatkan besar minimal sampel tiap kelompok adalah 22 per kelompok, total sampel 44 subjek .

## 2.4 Kriteria Inklusi Dan Eksklusi

### 2.4.1 Kriteria Inklusi

Adapun kriteria inklusi dalam penelitian ini adalah :

- 2.4.1.1 Pasien berusia 18-65 tahun dengan diagnosis NPB-NS
- 2.4.1.2 Mengalami nyeri punggung bawah dengan NPRS diatas 3
- 2.4.1.3 Pasien dengan onset nyeri punggung bawah lebih dari 1 minggu
- 2.4.1.4 Kemampuan memahami instruksi penelitian dan memberikan informed consent
- 2.4.1.5 Bersedia mengikuti seluruh rangkaian penelitian tanpa mengubah regimen terapi lain selama periode studi.
- 2.4.1.6 Tidak sedang menjalani terapi lain yang dapat memengaruhi kadar IL-6

### 2.4.2 Kriteria Eksklusi

Kriteria eksklusi dalam penelitian ini adalah :

- 2.4.2.1 Pasien dengan riwayat nyeri punggung bawah akibat herniasi diskus, tumor, atau infeksi.
- 2.4.2.2 Pasien yang sedang mengonsumsi NSAID atau kortikosteroid dalam 1 minggu terakhir.
- 2.4.2.3 Pasien dengan penyakit autoimun atau inflamasi sistemik seperti reumathoid arthritis.
- 2.4.2.4 Pasien dengan gejala herniasi diskus intervertebralis

#### 2.4.2.5 Pasien dengan Diabetes Melitus

#### 2.4.3 Kriteria drop out

- 2.4.3.1 Pasien tidak mengikuti terapi intervensi sebanyak 3 kali
- 2.4.3.2 Pasien mengundurkan diri dari penelitian
- 2.4.3.3 Pasien memiliki alergi terhadap pemberian taping
- 2.4.3.4 Pasien merasakan kondisinya semakin memburuk setelah dilakukan terapi,
- 2.4.3.5 Pasien tidak mengikuti pengukuran akhir sebagai evaluasi terapi.

### 2.5 Defenisi Operasional

Tabel 1. Definisi Operasional

Variabel	Definisi	Skala pengukuran
Nyeri punggung bawah Non spesifik	Nyeri pada bagian belakang tubuh, mulai dari batas bawah tulang rusuk kedua belas hingga lipatan bokong bagian bawah, dengan atau tanpa nyeri yang menjalar ke salah satu atau kedua tungkai bawah, yang berlangsung setidaknya selama satu hari.  Nyeri yang tidak dapat dikaitkan dengan patologi spesifik seperti infeksi, tumor, osteoporosis, fraktur, deformitas struktural, penyakit radikular, atau sindrom kauda equina.	Ordinal
Neuromuscular Taping (NMT)	Terapi dengan menggunakan pita elastis khusus yang ditempelkan di daerah punggung	Nominal (Diberikan/Tidak)

	bawah dengan tujuan untuk mengurangi nyeri dan inflamasi	
Nyeri ( Skala NPRS)	Tingkat nyeri yang dirasakan oleh pasien, diukur menggunakan Numeric Pain Rating Scale (NPRS) dengan skala diatas 3 .	Ordinal
Kadar Interleukin-6 (IL-6)	Kadar IL-6 dalam darah yang diukur menggunakan metode ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) dalam satuan pg/mL (picogram per mililiter).	Rasio
Usia	Usia subjek penelitian dalam tahun berdasarkan data yang diberikan oleh pasien.	Rasio
Indeks Massa Tubuh (IMT)	Perhitungan berat badan (kg) dibagi tinggi badan ( $m^2$ ) untuk menentukan status gizi pasien.	Rasio
Penggunaan Obat Anti Inflamasi	Penggunaan NSAID atau kortikosteroid dalam 1 minggu terakhir sebelum intervensi.	Nominal (Ya/Tidak)

## 2.6 Prosedur Penelitian

### 2.6.1 Cara Kerja

#### 2.6.1.1 Tahap Persiapan

- Rekrutmen subjek penelitian berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi.
- Pembagian subjek menjadi kelompok intervensi (NMT) dan kelompok kontrol.

Pengukuran pretest:

- Skala nyeri menggunakan Numeric Pain Rating Scale (NPRS) dan
- Pengambilan darah sebanyak 2 ml, untuk mengukur kadar Interleukin-6 (IL-6) pada hari pertama

#### 2.6.1.2 Tahap Intervensi

- **Kelompok Intervensi:** diberikan Neuromuscular Taping (NMT). Teknik dan prosedur pemasangan dari NMT dengan tahapan Posisi pasien berdiri dengan tangan diatas meja atau kursi kemudian pasien melakukan gerakan fleksi trunk 45° dengan dan posisi kepala forward.  
Pemasangan taping dari superior ke inferior yaitu dari thorak vertebra (m. Illiocostalis Lumborum) sampai gluteal superior sampai dengan Pengaplikasian menggunakan 2 potong taping berbentuk huruf I, masing-masing 30-35 cm, yang disesuaikan dengan tinggi badan pasien. Pemasangan dilakukan tanpa tarikan pada taping. Setelah pemasangan, lakukan gerakan fleksi ekstensi trunk selama 10 kali untuk aktivasi taping. Dilakukan pengulangan pemasangan sebanyak 3 kali, dengan dosis 3 hari sekali pemasangan taping dan masa jeda 24 jam, dengan rincian hari Senin dilakukan pemasangan , Kamis dilepaskan, Jumat dipasang , Senin di lepas ,Selasa dipasang hingga hari ke 3. serta pasien juga mendapatkan paracetamol (generik) 500 mg per 8 jam .
- **Kelompok Kontrol:** diberikan terapi Paracetamol (generik) 500mg per 8 jam, Tidak diberikan NMT,

#### 2.6.1.3 Tahap Evaluasi

- Setelah 3 kali intervensi, dilakukan pengukuran posttest pada hari ke 12
- Evaluasi skala nyeri menggunakan **NPRS**.
- Pengambilan sampel darah ulang sebanyak 2 ml, untuk **pengukuran kadar IL-6**.

#### 2.6.2 Alat dan Bahan

##### 2.6.2.1 Alat

Tabel 2. Daftar Alat

Alat	Fungsi/Penggunaan
<b>Neuromuscular Tape</b>	Pita elastis khusus yang digunakan untuk terapi taping pada pasien nyeri punggung bawah non-spesifik.
<b>Gunting Medis</b>	Untuk memotong Neuromuscular Tape sesuai kebutuhan.
<b>Skala Numeric Pain Rating Scale (NPRS)</b>	Instrumen subjektif berupa skala angka 0-10 yang digunakan untuk

	menilai intensitas nyeri pasien.
<b>Formulir Kuisisioner</b>	Digunakan untuk mencatat data demografi, riwayat medis, aktivitas fisik, dan skala nyeri pasien sebelum dan sesudah intervensi.
<b>Timbangan Digital</b>	Untuk mengukur berat badan pasien guna perhitungan Indeks Massa Tubuh (IMT).
<b>Stadiometer (Alat Ukur Tinggi Badan)</b>	Untuk mengukur tinggi badan pasien guna perhitungan Indeks Massa Tubuh (IMT).
<b>Alat Pengambil Sampel Darah (Syringe dan Vacutainer)</b>	Digunakan untuk mengambil sampel darah pasien sebelum dan sesudah intervensi.
<b>Centrifuge</b>	Digunakan untuk memisahkan plasma darah dari sampel darah pasien sebelum analisis IL-6.
<b>Microplate Reader (ELISA Reader)</b>	Alat untuk mengukur kadar <b>Interleukin-6 (IL-6)</b> dalam sampel darah menggunakan metode <b>Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA)</b> .
<b>Pipet Mikropipet dan Tip</b>	Digunakan dalam analisis ELISA untuk pengambilan dan penambahan reagen secara akurat.

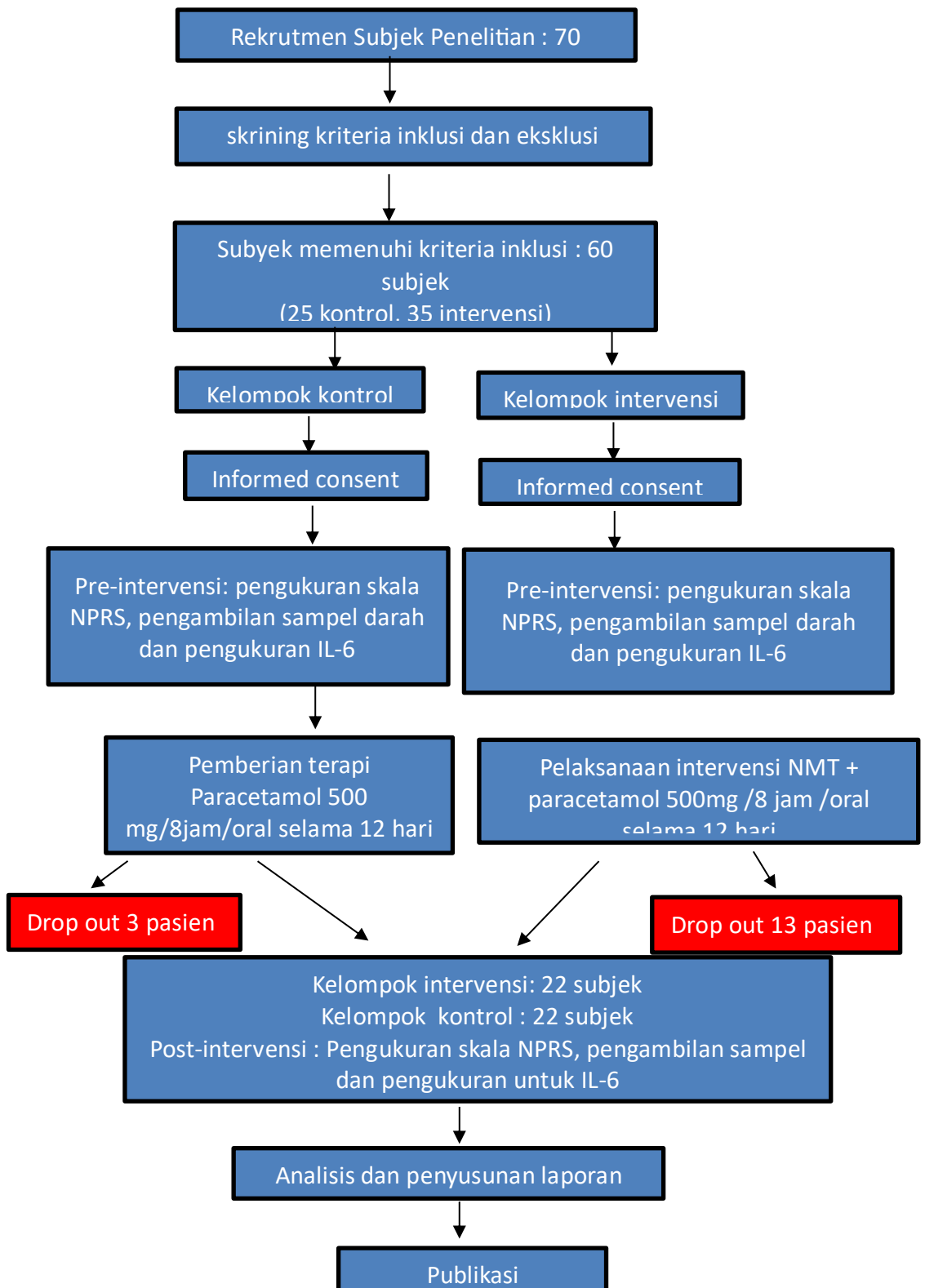
### 2.6.2.2 Bahan Yang Digunakan

Tabel 3. Daftar bahan yang digunakan beserta fungsinya

<b>Bahan</b>	<b>Fungsi/Penggunaan</b>
<b>Neuromuscular Tape (Merk tertentu, misalnya Kinesio Tape atau RockTape)</b>	Digunakan untuk intervensi pada kelompok perlakuan.
<b>Alkohol Swab (70%)</b>	Digunakan untuk

<b>Bahan</b>	<b>Fungsi/Penggunaan</b>
	membersihkan area kulit sebelum pemasangan NMT dan sebelum pengambilan darah.
<b>Sarung Tangan Medis</b>	Digunakan untuk menjaga sterilitas selama prosedur pengambilan darah.
<b>Tabung Vacutainer (EDTA/Serum Tube - SST) Separator</b>	Untuk menyimpan sampel darah yang akan dianalisis kadar IL-6-nya.
<b>Kit ELISA Interleukin-6 (IL-6 ELISA Kit)</b>	Reagen khusus yang digunakan untuk mendeteksi kadar IL-6 dalam sampel darah pasien.
<b>Buffer dan Reagen ELISA</b>	Digunakan dalam analisis ELISA untuk mengoptimalkan reaksi antigen-antibodi dalam mendeteksi IL-6.
<b>Larutan PBS (Phosphate Buffered Saline)</b>	Digunakan dalam proses pencucian saat analisis ELISA.
<b>Substrat TMB (Tetramethylbenzidine)</b>	Digunakan dalam reaksi enzimatik ELISA untuk deteksi kadar IL-6.
<b>Stop Solution (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1N)</b>	Digunakan dalam ELISA untuk menghentikan reaksi enzimatik sebelum pembacaan hasil pada microplate reader.

## 2.7 Alur Penelitian



## 2.8 Parameter Pengamatan

Data yang diperoleh diolah dengan analisis statistik menggunakan program SPSS Versi 27.0. Uji normalitas dilakukan dengan Kolmogorov-Smirnov jika jumlah sampel penelitian lebih dari 50, atau Shapiro-Wilk jika sampel  $\leq 50$ . Untuk menilai efektivitas Neuromuscular Taping (NMT) terhadap penurunan nyeri (NPRS) dan kadar IL-6, dilakukan analisis perbedaan menggunakan :

- Uji T Berpasangan (Paired t-test) jika data terdistribusi normal untuk membandingkan nilai pretest dan posttest dalam kelompok intervensi dan kontrol.
- Uji Wilcoxon jika data tidak terdistribusi normal untuk membandingkan perubahan nilai NPRS dan IL-6 sebelum dan setelah intervensi dalam setiap kelompok.
- Uji T Tidak Berpasangan (Independent t-test) untuk membandingkan hasil intervensi antara kelompok NMT dan kontrol, jika data terdistribusi normal.
- Uji Mann-Whitney jika data tidak terdistribusi normal untuk membandingkan kelompok intervensi dan kontrol.

Selain itu, dilakukan analisis koefisien determinasi ( $R^2$ ) serta perhitungan nilai p-value untuk mengetahui hubungan antara perubahan kadar IL-6 dengan perbaikan nyeri yang diukur dengan NPRS. Hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah interpretasi data.

