



## **BAB II**

# **TINJAUAN PUSTAKA**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Indeks Massa Tubuh

##### 2.1.1 Definisi Indeks Massa Tubuh

Indeks massa tubuh adalah alat yang dipakai untuk menentukan seorang individu memiliki berat yang proporsional dengan tinggi badan mereka. IMT memiliki fungsi krusial dalam mendeteksi kemungkinan masalah kesehatan di kemudian hari dan telah diakui sebagai salah satu tolak ukur utama dalam merumuskan kebijakan di sektor kesehatan masyarakat (Zierle-Ghosh & Jan, 2025).

##### 2.1.2 Kategori dan Alat Ukur Indeks Massa Tubuh

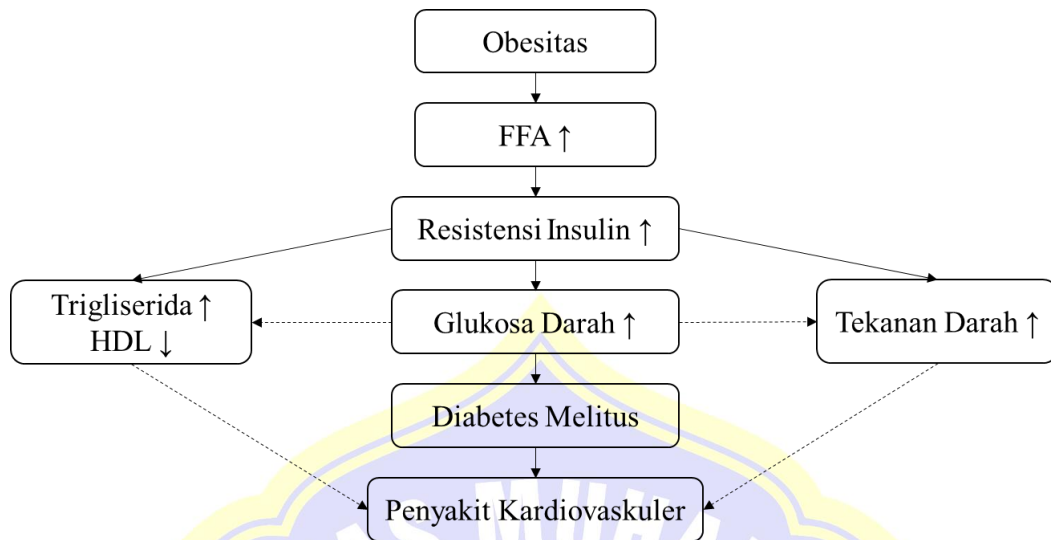
*National Institutes of Health* (NIH) menggunakan Indeks Massa Tubuh (IMT) sebagai metode utama untuk mengklasifikasikan seseorang. Dengan demikian, ada penyesuaian yang diterapkan pada klasifikasi IMT. Meskipun demikian, IMT bukanlah satu-satunya ukuran yang dapat digunakan untuk mengevaluasi status gizi atau kesehatan seseorang, dikarenakan faktor individu yang sangat bervariasi (Weir & Jan, 2023).

$$\text{Rumus pengukuran indeks massa tubuh} = \frac{\text{Berat badan (Kg)}}{\text{Tinggi Badan (m}^2\text{)}}$$

**Tabel 2. 1** Klasifikasi Indeks Massa Tubuh (IMT) menurut WHO

No.	Klasifikasi	BMI
1.	Berat Badan Kurang	<18,5 Kg/m <sup>2</sup>
2.	Normal	18,5 – 22,9 Kg/m <sup>2</sup>
3.	Berat Badan Berlebih	23 – 24,9 Kg/m <sup>2</sup>
4.	Obesitas I	25 – 29,9 Kg/m <sup>2</sup>
5.	Obesitas II	>30 Kg/m <sup>2</sup>

### 2.1.3 Hubungan Antara Status Gizi Terhadap Sindroma Metabolik



**Gambar 2. 1** Patomekanisme Sindrom Metabolik (Bevis & Blackburn, 2014)

Resistensi insulin dan hiperinsulinemia berperan dalam sindrom metabolik, namun faktor lain seperti obesitas visceral, inflamasi, *adipositokin*, kortisol, stres oksidatif, genetika, dan gaya hidup turut berkontribusi. Kelebihan kalori dan gaya hidup sedentari menyebabkan akumulasi lemak, terutama lemak visceral yang lebih metabolik aktif dibandingkan lemak subkutan. Resistensi insulin meningkatkan lipolisis trigliserida di lemak abdominal, melepaskan asam lemak bebas (FFA) yang masuk ke hati, memicu pembentukan VLDL dan hipertrigliseridemia. FFA juga mengganggu sinyal insulin, meningkatkan glukoneogenesis, dan menurunkan penggunaan glukosa perifer, berkontribusi terhadap hiperglikemia dan DMT2. Dislipidemia pada obesitas ditandai dengan hipertrigliseridemia, rendahnya HDL, serta peningkatan *small dense LDL*, yang lebih aterogenik dan rentan teroksidasi, meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular. Hipertensi pada sindrom metabolik disebabkan oleh disfungsi endotel akibat FFA dan *reactive oxygen species* (ROS), hiperinsulinemia yang

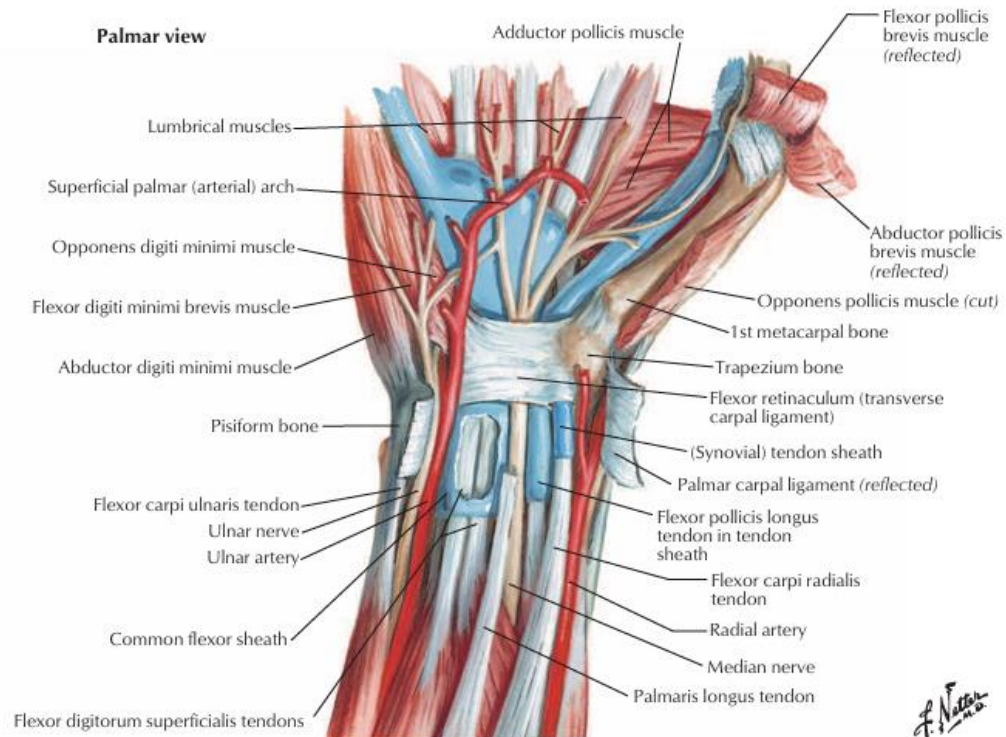
mengaktivasi sistem saraf pusat, inhibisi *nitric oxide*, sitokin proinflamasi dari jaringan lemak, dan hiperaktivitas sistem *renin-angiotensin-aldosteron* (RAA). Kombinasi kondisi ini meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular.

#### **2.1.4 Patomekanisme Sindroma Metabolik Terhadap *Vasculopathy***

Obesitas visceral merupakan komponen penting lainnya dari sindrom metabolik. Asam lemak bebas yang berasal dari jaringan lemak meningkatkan resistensi insulin serta mengganggu pelepasan insulin dari sel beta di pankreas. Kadar asam lemak bebas yang tinggi menghalangi penyerapan glukosa di otot rangka dan merangsang glukoneogenesis di hati serta sintesis lipid dengan memicu *protein kinase*. Resistensi insulin atau asam lemak bebas berkontribusi signifikan terhadap perkembangan hipertensi, kondisi protrombotik, dan peradangan jangka panjang. Jaringan adiposa visceral juga melepaskan beragam metabolit aktif serta berbagai sitokin yang bersifat pro-inflamasi, termasuk protein C-reaktif, leptin, dan resistin, yang merangsang peradangan kronis, sebuah kemungkinan jalur kemunculan berbagai komplikasi yang terkait dengan sindrom metabolik, serta peradangan kronis yang menjadi ciri utama sindrom metabolik.

## 2.2 Sindroma Terowongan Karpal

### 2.2.1 Anatomi Pergelangan Tangan



**Gambar 2. 2** Anatomi Pergelangan Tangan (Netter, 2019)

Terowongan karpal merupakan struktur anatomi yang terletak di tengah pergelangan tangan, terbentuk dari susunan tulang dan ligamen yang membentuk jalur sempit untuk lewatnya beberapa tendon dan saraf medianus. Bagian bawah dan samping terowongan ini tersusun oleh tulang karpal yang keras dan tidak fleksibel, sedangkan bagian atasnya ditutup oleh flektor retinakulum yang terdiri dari ligamen karpal *transversal* dan ligamen karpal *palmar* berbentuk lengkungan kuat yang menampung tulang-tulang tersebut. Pada terowongan ini, saraf median berperan penting dalam menyalurkan sinyal sensorik ke ibu jari, jari telunjuk, jari tengah, dan jari manis, serta mengatur fungsi motorik otot *thenar* yang terletak di

pangkal ibu jari. Selain saraf tersebut, terowongan karpal juga membawa sejumlah tendon yang bertanggung jawab untuk pergerakan jari (Netter, 2019).

### 2.2.2 Definisi Sindroma Terowongan Karpal

Sindrom terowongan karpal (STK) adalah kelainan saraf tepi yang umum terjadi, menyebabkan nyeri, mati rasa, kesemutan, dan kelemahan pada tangan dan pergelangan tangan (Huntley & Shannon, 2020). Kompresi saraf median seringkali dipicu oleh penumpukan lemak, terutama pada penderita obesitas. Gejala muncul pada ibu jari, jari telunjuk, jari tengah, dan setengah jari manis, dengan nyeri yang dapat menjalar hingga ke lengan. Jika tidak ditangani, kondisi ini berpotensi menyebabkan tangan lemas, kaku, dan gangguan koordinasi gerakan halus (Huntley & Shannon, 2020).

Dalam hal ini penyebab utamanya adalah kompresi saraf medianus sehingga mengganggu fungsi sensorik (indera peraba) dan motorik (gerakan tangan). Kompresi ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti patah tulang pergelangan tangan, peradangan jaringan ikat akibat *rheumatoid arthritis*, edema berlebihan pada lengan bawah, atau penyumbatan di sekitar terowongan karpal (Sangaonkar *et al.*, 2020).

Gejala sindrom terowongan karpal cenderung memburuk pada malam hari, sedangkan pada siang hari muncul rasa kaku saat melakukan aktivitas yang melibatkan fleksi pergelangan tangan atau peninggian tangan, seperti mengemudi atau memegang ponsel dalam waktu lama.

Sindrom Terowongan Karpal dapat diklasifikasikan menjadi tiga tahap berdasarkan tanda dan gejala:

1. Tahap 1: Pasien sering terbangun di malam hari karena sensasi tangan bengkak dan mati rasa.
2. Tahap 2: Gejala di siang hari terjadi ketika mempertahankan posisi yang sama dalam waktu lama atau melakukan gerakan berulang pada tangan/pergelangan tangan.
3. Tahap 3: Fase terakhir ditandai dengan atrofi (pengurangan) *eminentia thenar* dan saraf medianus memberikan respon yang buruk terhadap dekompresi bedah. Gejala sensorik menurun, disertai nyeri hebat, komprei parah, kelemahan dan atrofi abduktor pollicis brevis dan opponens pollicis.

### 2.2.3 Alat Ukur Sindroma Terowongan Karpal

#### Anamnesis

##### a. *Boston Carpal Tunnel Synrome Questionnaire*

*Boston carpal tunnel questionnaire* (BCTQ) merupakan kuesioner khusus sindrom terowongan karpal yang terbagi menjadi dua bagian, yaitu *Symptom Severity Scale* (SSS) dengan 11 pertanyaan untuk menilai gejala seperti nyeri, lemas, mati rasa, kesemutan dan gangguan nokturnal (bangun malam), dan *Functional Status Scale* (FSS) dengan 8 pertanyaan untuk mengukur gangguan fungsional dalam aktivitas sehari-hari. Setiap pertanyaan mempunyai skor 1-5, skor yang lebih tinggi menunjukkan tingkat keparahan gejala atau gangguan fungsional yang lebih besar.

Berdasarkan penelitian, untuk sindrom terowongan karpal ringan hingga sedang, skala SSS memiliki sensitivitas sebesar 80,77% dan spesifisitas 55,56%, sedangkan skala FSS memiliki sensitivitas sebesar 88,46% dan spesifisitas 50%.

Sebaliknya pada STK berat hingga sangat berat, skala SSS menunjukkan sensitivitas 55,56% dan spesifisitas 80,77%, sedangkan skala FSS memiliki sensitivitas 50% dan spesifisitas 88,46%.

#### Pemeriksaan Fisik

Beberapa test spesifik yang dapat dilakukan pada kasus STK antara lain:

a. Pemeriksaan *Phalen's Test*

Tes Phalen dilakukan dengan fleksi pergelangan tangan maksimal hingga satu menit untuk meningkatkan tekanan di terowongan karpal. Pasien menyatukan punggung tangannya selama satu menit. Hasil positif ditunjukkan jika pasien merasakan nyeri, parestesia, atau mati rasa pada distribusi saraf median (Cahya *et al.*, 2024). Tes Phalen memiliki sensitivitas 57-68% dan spesifisitas 58-73% (Zhang, D. *et al.*, 2020).

b. Pemeriksaan *Tinnel Test*

Tes Tinel dilakukan dengan memeriksa ketukan ligamen karpal volar di sepanjang saraf median di terowongan karpal hingga 60 detik. Hasil positif (tanda Tinel) ditunjukkan jika pasien merasakan kesemutan atau sengatan listrik pada distribusi saraf medianus. Pemeriksa melakukan ketukan berulang-ulang pada ligamen volar carpal hingga 60 detik (Cahya *et al.*, 2024). Tes Tinel memiliki sensitivitas 36–50% dan spesifisitas 77% (Zhang, D. *et al.*, 2020).

#### Pemeriksaan Penunjang

a. Pemeriksaan Ultrasonografi

Pemeriksaan ini dilakukan sebagai salah satu bentuk penunjang diagnosis sindrom terowongan karpal yang disebabkan oleh penebalan atau penipisan *nervus medianus* dan kelainan pada fleksor retinakulum. Pemeriksaan ini

memiliki tingkat sensitivitas sebesar 64,7%. Sensitivitas ini dapat meningkat hingga 76,5% jika pemeriksaan USG dipadukan dengan studi elektrodagnostik (EDS) (Huntley dan Shannon, 2020).

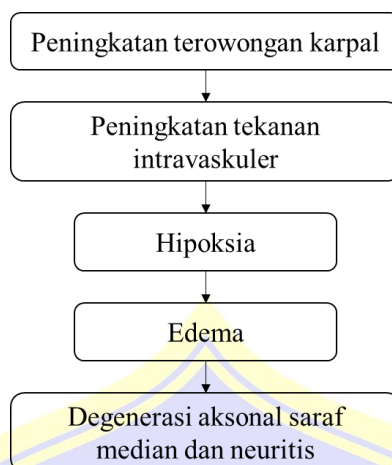
b. Pemeriksaan *Electrodiagnostic Studies* (EDS)

Pemeriksaan elektrodagnostik sindrom terowongan karpal memiliki sensitivitas 56-85% dan spesifisitas 94-99%. Pada kasus sindrom terowongan karpal ringan, 1-3 pasien mungkin menunjukkan hasil normal. Oleh karena itu, pemeriksaan ini berfungsi sebagai konfirmasi pada kasus atipikal atau untuk menyingkirkan penyebab lain. Elektrodagnostik membantu membedakan sindrom terowongan karpal dari kondisi seperti polineuropati dan radikulopati, serta mengevaluasi tingkat keparahannya. Pemeriksaan ini dianjurkan sebelum operasi untuk memastikan diagnosis dan memperkirakan prognosis, karena sindrom terowongan karpal yang parah memiliki peluang sembuh total yang lebih rendah. Studi konduksi saraf berulang yang menunjukkan perbaikan dapat meyakinkan pasien. EDS mencakup studi konduksi saraf dan elektromiografi (Zhang, D. *et al.*, 2020).

Tabel 2. 2 Alat Ukur Sindrom Terowongan Karpal

<b>Nama Alat Ukur</b>	<b>Indikator Penilaian</b>	<b>Metode Penilaian</b>	<b>Sensitivitas</b>	<b>Spesifitas</b>	<b>Uji Validitas</b>
<i>Boston carpal tunnel syndrome</i>	Skor gejala (nyeri, mati rasa)	Laporan mandiri kuesioner	80%	55%	Akbar, J., Fatimah, N., & Kasim, B. I. (2021). Perbandingan pemeriksaan antara kuesioner BCTQ dengan ENMG terhadap kecepatan hantar saraf pasien carpal tunnel syndrome. <i>Sriwijaya Journal of Medicine</i> , 4(1), 30–37.
<i>Phalen's test</i>	Gejala nyeri setelah fleksi pergelangan tangan	Pemeriksaan provokatif dengan fleksibel pergelangan	85%	90%	Wainner RS, Fritz JM, Irrgang JJ, Delitto A, Allison S, Boninger ML. Sensitivity and specificity of clinical testing for carpal tunnel syndrome. <i>Arch Phys Med Rehabil</i> . 2005;86(8):1600–1607.
<i>Tinnel test</i>	Respon parestesia saat ketukan saraf median	Ketuk pergelangan tangan	62%	93%	Zhang, D., <i>et al.</i> (2020). Accuracy of provocative tests for carpal tunnel syndrome. <i>Journal of Hand Surgery Global Online</i> , 2(6), 298–304.
Ultra-sonografi	Penebalan atau penipisan saraf median	Pengukuran saraf median	87%	91%	Ratasvuori, M., Sormaala, M., Kinnunen, A., & Lindfors, N. (2021). Ultrasonografi untuk diagnosis sindrom terowongan karpal: Korelasi gejala klinis, area penampang, dan elektroneuromiografi.
<i>Electro-diagnostic studies</i>	Kecepatan konduksi saraf median	Mengukur impuls saraf	85%	97%	Ginsberg MR, Morren JA, Levin K. Using and interpreting electrodiagnostic tests. <i>Cleveland Clinic Journal of Medicine</i> . 2020;87(11):671–682.

### 2.2.4 Patomekanisme Sindroma Terowongan Karpal



**Gambar 2. 3** Patomekanisme Terjadinya Sindroma Terowongan Karpal (Aboonq, 2015)

Sindrom terowongan karpal (STK) terjadi akibat peningkatan tekanan di terowongan karpal dan iskemia saraf median. Tekanan normal di terowongan karpal berkisar 2-10 mmHg, namun gerakan pergelangan tangan dapat meningkatkannya secara signifikan—ekstensi lebih dari 10 kali lipat dan fleksi 8 kali lipat. Gerakan berulang menjadi faktor risiko utama. Tekanan berulang menyebabkan perlambatan aliran darah vena, gangguan nutrisi, dan iskemia yang merusak endotel, memicu edema epineural. Kondisi ini memperburuk iskemia, menyebabkan vasodilatasi, edema, gangguan sawar darah-saraf, degenerasi aksonal, dan neuritis. Neuropati jebakan terjadi akibat kombinasi kompresi dan traksi saraf, yang menyebabkan gangguan mikrosirkulasi, kerusakan mielin, akson, serta perubahan jaringan ikat. STK merupakan contoh paling umum dari jebakan saraf perifer akibat penyempitan kompartemen anatomi. Mekanisme utama STK meliputi peningkatan tekanan, cedera mikrosirkulasi, kompresi

jaringan ikat saraf median, dan hipertrofi jaringan sinovial (Tarfusser, I. *et al.* (2022).

### **2.2.5 Hubungan Sindroma Terowongan Karpal Terhadap *Neuropathy Diabetic***

Diabetes menyebabkan hiperglikemia, yang memicu stres oksidatif dan jalur metabolik yang rusak. Peningkatan glikolisis meningkatkan kadar *free fatty acids* (FFA) menyebabkan oksidasi berlebihan dan produksi *reactive oxygen species* (ROS) yang merusak mitokondria serta menurunkan efisiensi energi seluler. Stres oksidatif meningkatkan *advanced glycation end products* (AGEs), yang berikatan dengan reseptor RAGE dan memicu disfungsi vaskular serta perubahan ekspresi gen. Hiperglikemia juga mengaktifkan jalur polioliol dan *hexosamine*, menyebabkan stres osmotik dan inflamasi seluler. Aktivasi *Protein Kinase C* (PKC) akibat *Diacylglycerol* (DAG) meningkatkan *TGF- $\beta$* , yang memicu fibrosis dan oklusi vaskular. Selain itu, aktivasi *Nuclear Factor- $\kappa$ B* (NF- $\kappa$ B) meningkatkan inflamasi dan permeabilitas vaskular, sementara gangguan eNOS dan TET-1 memperburuk disfungsi endotel. Kombinasi inflamasi kronis, stres oksidatif, dan gangguan mikrovaskular ini berkontribusi pada neuropati diabetik serta meningkatkan risiko sindrom terowongan karpal pada penderita diabetes (Malin, *et al.*, 2022).

### **2.2.6 Hubungan *Reumatoid Arthritis* dengan Sindroma Terowongan Karpal**

*Reumatoid arthritis* (RA) adalah penyakit autoimun inflamasi kronis yang menyerang sendi dan organ lain, dengan prevalensi sekitar 1% populasi dunia terutama pada wanita. RA dapat menyebabkan sindrom terowongan karpal (STK) akibat peningkatan tekanan intrakarpal, pembesaran sinovial, erosi sendi, dan

kelonggaran ligament yang menekan saraf median. *American College of Radiology* (ACR) dan *European League Against Rheumatism* mengklasifikasikan RA dalam tiga fase untuk mendorong diagnosis dini dan terapi tepat guna mencegah komplikasi. STK terjadi pada sekitar 30% pasien RA, terutama akibat peradangan sinovial seperti tenosinovitis dan sinovitis sendi radiokarpal, bukan pembengkakan saraf median seperti pada STK idiopatik. Ultrasonografi (USG) memiliki akurasi tinggi dalam mendiagnosis STK berdasarkan *Combined Sensory Index* (CSI), tetapi tidak dapat membedakan tingkat keparahannya. Studi menunjukkan kombinasi CSI dan *Bland* dapat memprediksi hasil pembedahan dengan baik. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi dampak RA terhadap saraf median dan akurasi USG sebagai modalitas diagnostik utama bagi sonografer dan radiologis (Abdullah *et al.*, 2023).

### **2.2.7 Hubungan *Mononeuropathy Multiplex* dengan Sindroma Terowongan Karpal**

*Mononeuropathy multiplex* merupakan gangguan saraf perifer yang ditandai dengan kerusakan pada dua atau lebih saraf perifer yang terpisah, biasanya dengan pola asimetris. Mekanisme utama yang mendasari kondisi ini adalah adanya vaskulitis pada *vasa nervorum*, yaitu pembuluh darah kecil yang menyuplai saraf. Proses inflamasi pada pembuluh darah menyebabkan penyempitan lumen, trombosis, hingga oklusi. Suplai oksigen dan nutrisi ke saraf terganggu sehingga terjadi iskemia dan infark segmental pada saraf yang terkena. Bagian distal dari area infark kemudian mengalami degenerasi aksonal (*axonopathy*), termasuk degenerasi *Wallerian* yang menyebabkan gangguan fungsi saraf baik sensorik maupun motoric, karena kerusakan terjadi secara fokal dan acak, gambaran

klinisnya khas berupa defisit sensorik dan motorik yang asimetris serta terdistribusi tidak merata sesuai saraf yang terkena. Pada tahap awal, pasien dapat mengalami nyeri neuropatik akut, kelemahan, atau baal pada area tertentu. Progresi dari penyakit yaitu, kerusakan dapat melibatkan saraf lain secara bertahap sehingga gejalanya tampak “lompat-lompat” (*patchy neuropathy*). Bila dibiarkan, kerusakan dapat meluas dan menyerupai polineuropati difus. Proses ini paling sering ditemukan pada penyakit autoimun sistemik seperti *polyarteritis nodosa*, granulomatosis dengan *poliangiitis*, *rheumatoid arthritis*, *systemic lupus erythematosus*, serta vaskulitis terkait hepatitis B atau C (Hartiansyah, 2025).

