

TESIS

**FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI
HANTARAN SARAF PERIFER PADA ANAK
DIABETES MELLITUS TIPE 1**



SALAHUDDIN ALVAYUBY

04022722276002

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS
ILMU KESAHATAN ANAK
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS SRIWIDJAYA
2025**

TESIS
FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI
HANTARAN SARAF PERIFER PADA ANAK
DIABETES MELLITUS TIPE 1

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Dokter
Spesialis Anak pada Program Pendidikan Dokter Spesialis-1
Ilmu Kesehatan Anak (Sp.A)



SALAHUDDIN ALVAYUBY
04022722226002

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN DOKTER SPESIALIS
ILMU KESAHATAN ANAK
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025

HALAMAN PENGESAHAN

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMENGARUHI HANTARAN SARAF PERIFER PADA ANAK DIABETES MELLITUS TIPE 1

TESIS

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Dokter Spesialis Anak pada Program
Pendidikan Dokter Spesialis-1 Ilmu Kesehatan Anak

Palembang, Juli 2025

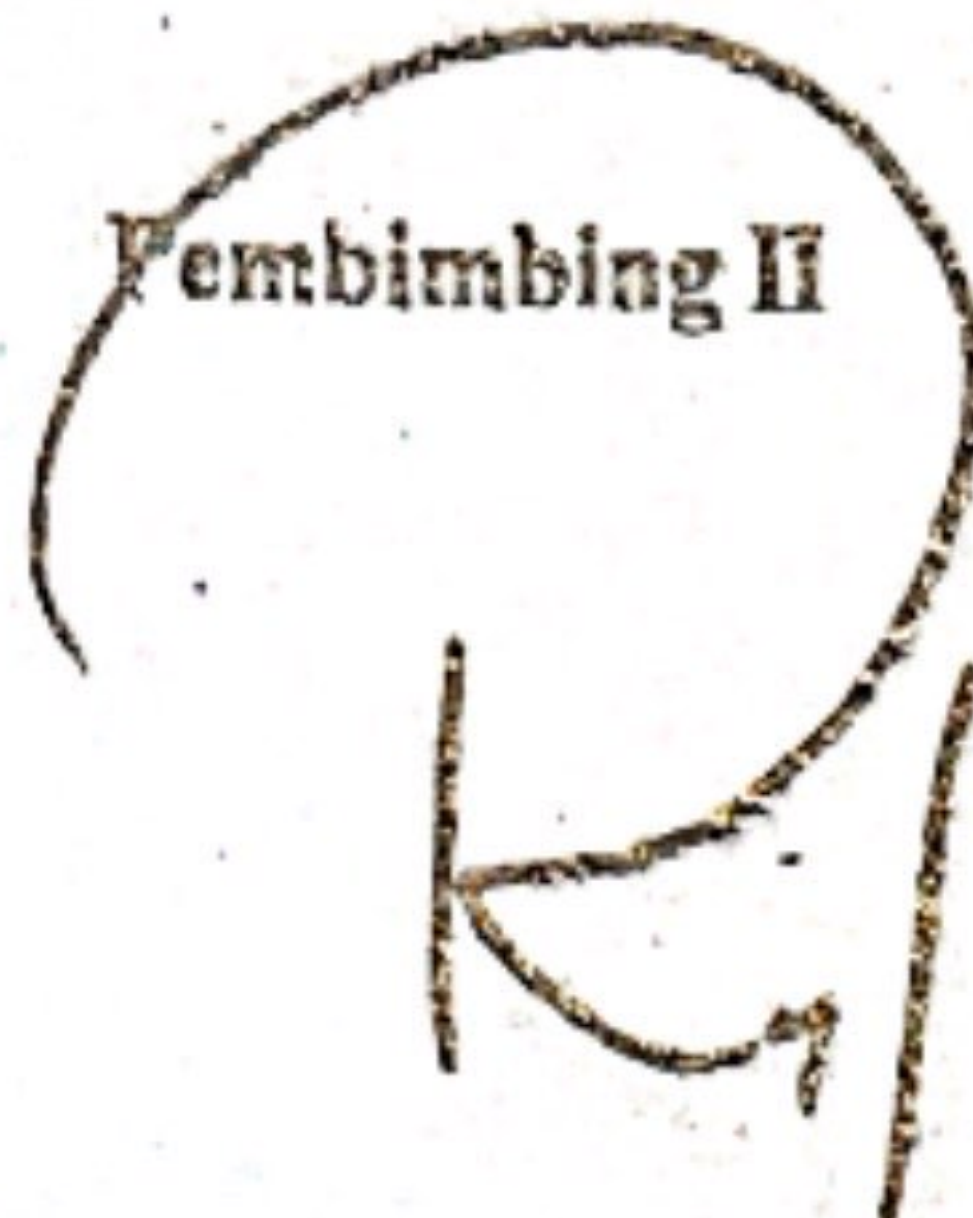
Pembimbing I

Pembimbing II

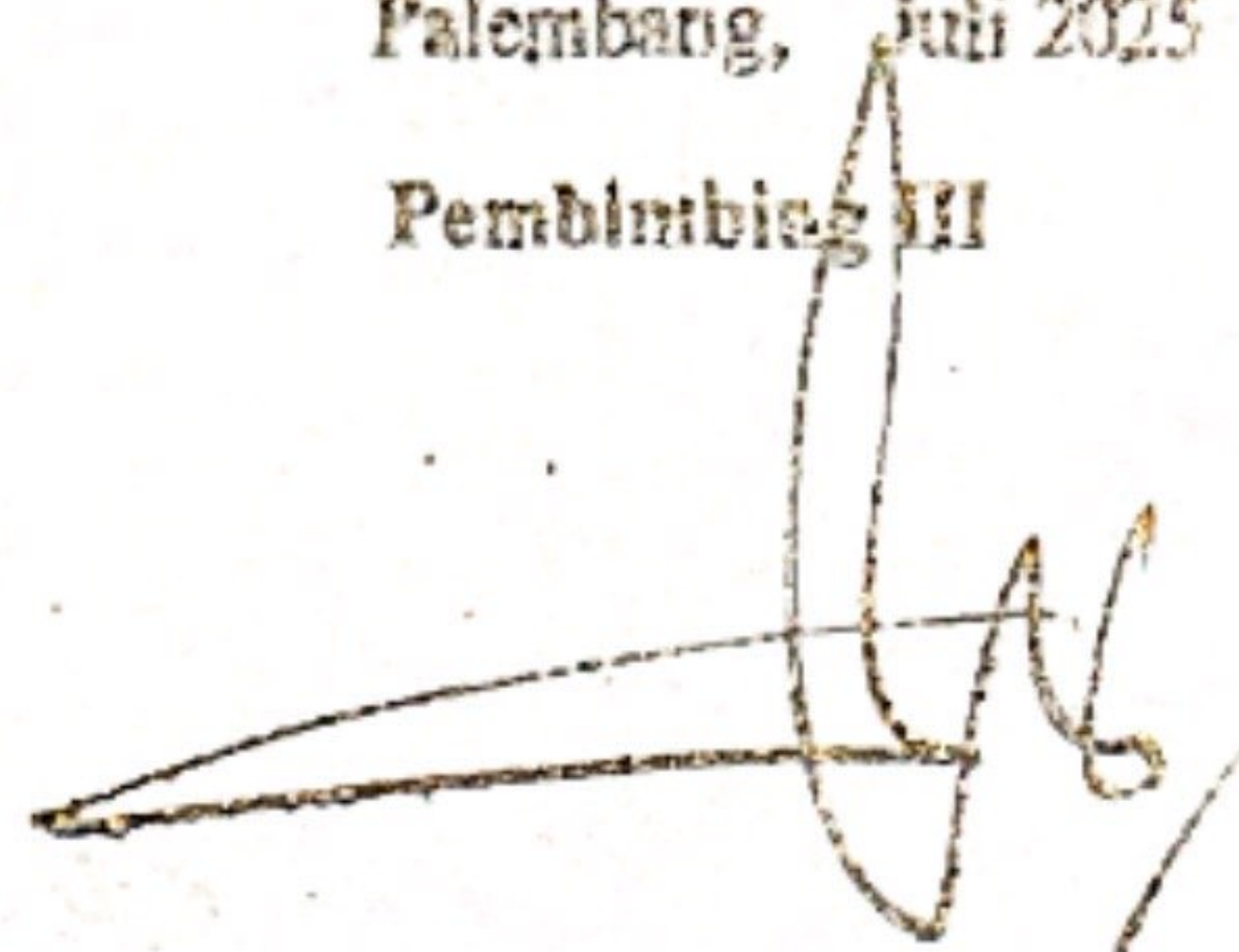
Pembimbing III



dr. Msv. Rita Dewi Mustika, Sp.A(K), MARS
NIP 196611051999032003



dr. RM Indra, Sp.A(K)
NIP 197606212008011020



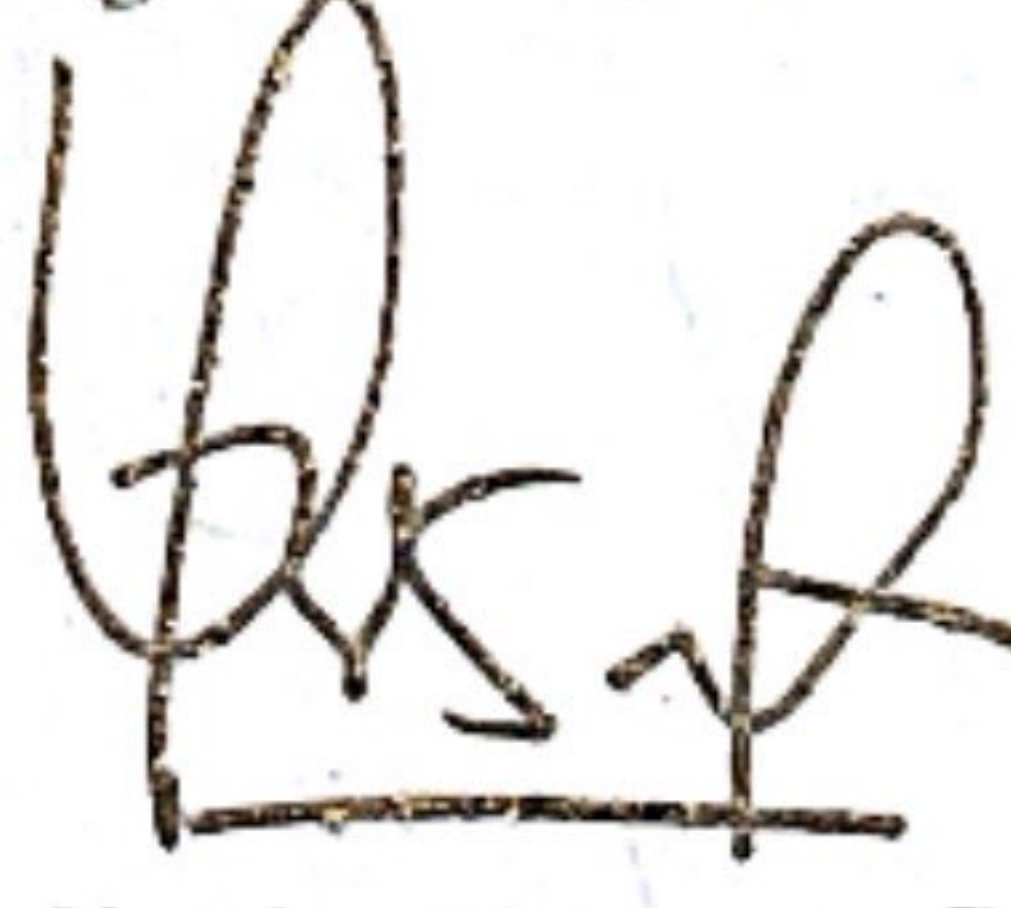
dr. Aditiawati, Sp.A(K)
NIP 196105271988032001

Pembimbing IV

Pembimbing V



dr. Yulisnawati Hasanah, Sp.A(K), M.Kes
NIP 197607152010122001



Dr. dr. Yudianita Kesuma, Sp.A(K), M.Kes
NIP 197003172009122001



Mengetahui,
Dekan Fakultas Kedokteran



Prof. Dr. dr. Mgs. Irsan Saleh, M.Biomed
NIP 196609291996011001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tesis ini dengan judul "Faktor-faktor yang Memengaruhi Hantaran Saraf Perifer pada Anak Diabetes Mellitus Tipe 1" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya pada tanggal 2 Juli 2025.

Palembang, 2 Juli 2025

Tim Penguji Karya tulis ilmiah berupa Tesis

1. dr. Julius Anzar, Sp.A(K)

NIP 196512281995031006



2. Dr. dr. Dian Puspita Sari, Sp.A(K), M.Kes

NIP 197608102010122003



3. dr. Indra Saputra, Sp.A(K), M.Kes

NIP 197501012002121007



Mengetahui,

Dekan Fakultas Kedokteran



Prof. Dr. dr. Mgs. Irsan Saleh, M.Biomed

NIP 196609291996011001

Ketua Program Studi
Ilmu Kesehatan Anak



dr. Ariesti Karmila, Sp.A(K), M.Kes, PhD

NIP 197904112006042021



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : dr. Salahuddin Alvayuby

NIM : 04022722226002

Judul : Faktor-faktor yang Memengaruhi Hantaran Saraf Perifer pada Anak Diabetes Mellitus Tipe 1

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, 2 Juli 2025

dr. Salahuddin Alvayuby

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia yang dilimpahkan sehingga tesis yang berjudul “Faktor-faktor yang Memengaruhi Hantaran Saraf Perifer pada Anak Diabetes Mellitus Tipe 1” dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan tesis ini merupakan bagian dari persyaratan untuk memperoleh gelar spesialis anak (Sp.A) pada Program Studi Pendidikan Dokter Spesialis Anak Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya.

Penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada dr. Msy. Rita Dewi Mustika, Sp.A(K), MARS, dr. RM Indra, Sp.A(K), dr. Aditiawati, Sp.A(K), dr. Yulisnawati Hasanah, Sp.A(K), M.Kes Dr. dr. Yudianita Kesuma, Sp.A(K), M.Kes yang selalu memberikan arahan, motivasi, dan selalu meluangkan waktu untuk membimbing saya dalam menyelesaikan tesis ini.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada para penguji dr. Julius Anzar, Sp.A(K), dr. Indra Saputra, Sp.A(K), M.Kes, Dr. dr. Dian Puspita Sari, Sp.A(K), M.Kes. Terima kasih tak lupa disampaikan kepada seluruh staf di Bagian Ilmu Kesehatan Anak RS Mohammad Hoesin, serta kepada rekan-rekan sejawat di Program Pendidikan Dokter Spesialis (PPDS) yang telah memberikan dukungan moral dan semangat selama pendidikan berlangsung.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada para sejawat residen, dokter muda, paramedis, serta seluruh karyawan dan karyawan di Bagian Ilmu Kesehatan Anak Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya/RSUP Dr. Mohammad Hoesin Palembang, atas kerjasama dan bantuannya.

Terima kasih yang tak terhingga penulis sampaikan kepada orang tua tercinta, yang selalu menjadi sumber kekuatan dan inspirasi Almarhum H. Saidi, S.Pd dan Hj. Suhariyah, Amd, khusus untuk almarhum Abah H. Saidi, S.Pd penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sangat mendalam, yang semasa hidupnya selalu mendoakan dan memotivasi penulis. Kepada abah dan umi, rasa syukur dan terima kasih ini tidak akan pernah cukup untuk membalas segala pengorbanan yang telah diberikan selama ini. Dengan kasih sayang yang tulus, mereka membimbing penulis dari kecil hingga mampu mencapai titik ini, selalu memberikan dukungan dalam segala hal, baik secara materil maupun emosional. Doa-doa yang senantiasa mereka panjatkan telah menjadi cahaya yang menerangi jalan penulis dalam menuntut ilmu dan menghadapi setiap tantangan. Juga kepada kedua mertua Ir. H. Sofyan

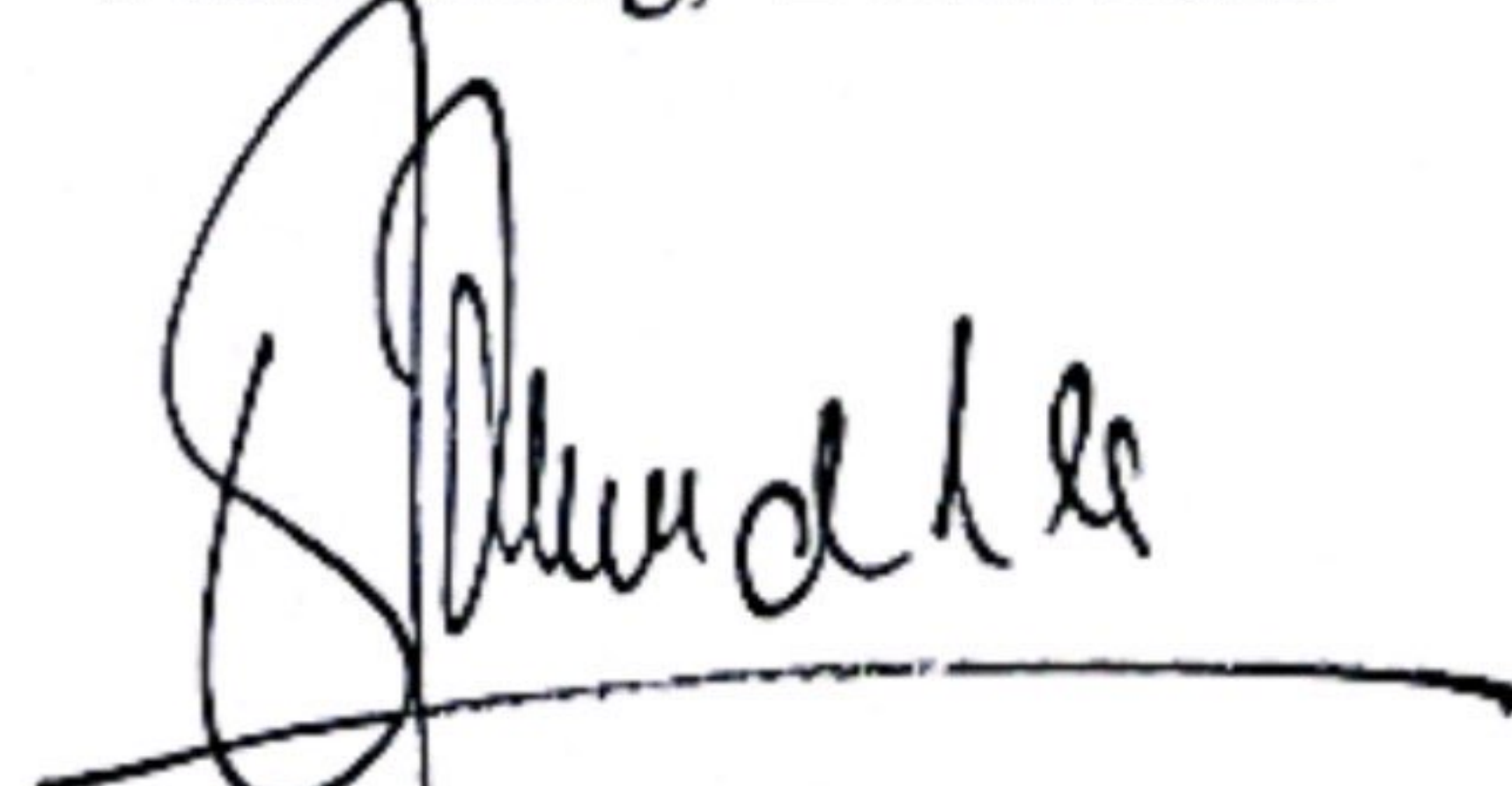
Narta Nawawi, M.Si dan Mama Hj. Sri Widhari atas dukungan dan doanya.

Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih yang mendalam kepada istri tercinta dr. Asri Indriyani Putri, Sp.OG, yang selalu hadir sebagai pilar dukungan dan motivasi selama masa-masa sulit ini. Terima kasih atas pengertian, kesabaran, dan cinta yang tidak pernah surut, meskipun penulis harus membagi waktu antara keluarga dan studi. Dukungan yang diberikan oleh istri, baik secara emosional maupun fisik, telah memberikan kekuatan tambahan bagi penulis untuk terus maju dan menyelesaikan setiap tahapan pendidikan ini dengan baik. Anak-anak Adzkiya Zahira Arasy dan Al Razzaz Maqil Arasy yang selalu menjadi sumber kebahagiaan dan semangat hidup, terima kasih karena telah menjadi inspirasi terbesar bagi penulis untuk terus berusaha menjadi yang terbaik. Adik-adik Zikri Auliya, SH. ICAP & istri Mita Anggraini, A.md. Keb dan Khairunnisa Auliya terima kasih banyak atas bantuan, ridho, dan doanya.

Penulis juga ingin menyampaikan kepada teman-teman seperjuangan dr. Anggoro Adi Wibowo, dr. Krypton Rakehalu Karnadjaja, dr. Marlinawaty ucapan terimakasih atas bantuan dan waktunya selama ini dan terus semangat menggapai cita-cita yang mulia ini. Kita hebat teman-teman. Untuk yang masih berjuang tetap semangat akan ada akhir dari perjuangan kita.

Penulis menyadari bahwa penelitian dan penulisan tesis ini masih memiliki banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat berharap kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak. Akhir kata, terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian tesis ini.

Palembang, 2 Juli 2025



dr. Salahuddin Alvayuby

ABSTRAK

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Hantaran Saraf Perifer pada Anak Diabetes Mellitus Tipe 1

Latar Belakang: Diabetes melitus tipe 1 (DMT1) pada anak disebabkan oleh destruksi autoimun sel β pankreas, yang mengakibatkan defisiensi insulin absolut dan hiperglikemia kronis. Kondisi ini berisiko menimbulkan komplikasi jangka panjang, termasuk neuropati perifer diabetik yang dapat memengaruhi saraf sensorik, motorik, maupun otonom, dan seringkali bersifat subklinis pada tahap awal.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi temuan pemeriksaan hantaran saraf dan mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi pada neuropati perifer pada anak dengan DMT1.

Metode: Penelitian *cross-sectional* dilakukan pada Juli 2024 hingga Mei 2025 terhadap 52 pasien anak usia 1–18 tahun dengan DMT1 pada pasien rawat jalan, di Departemen Ilmu Kesehatan Anak, RSUP Dr. Mohammad Hoesin Palembang. Semua partisipan menjalani pemeriksaan fisik, pemeriksaan laboratorium (HbA1c), serta skrining komplikasi diabetes (neuropati, nefropati, dan pemeriksaan hantaran saraf/NCS). Analisis data dilakukan dengan uji *Chi-square* dan *Fisher's Exact*, dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$.

Hasil: Neuropati perifer ditemukan pada 15 (29,6%) anak dengan DMT1. Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara kejadian neuropati dengan durasi penyakit, kontrol glikemik, maupun keterlibatan organ lain ($p > 0,05$).

Kesimpulan: Neuropati perifer teridentifikasi pada anak dengan diabetes melitus tipe 1, namun tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan durasi penyakit, kontrol glikemik, maupun keterlibatan multisistem.

Kata kunci: KHS, neuropati perifer, diabetes melitus tipe 1

ABSTRACT

Contributing Factors to Peripheral Nerve Conduction in Children with Type 1 Diabetes

Background: (T1DM) in children results from autoimmune destruction of pancreatic β -cells, leading to absolute insulin deficiency and chronic hyperglycemia. This condition poses a risk for long-term complications, including diabetic peripheral neuropathy, which may affect sensory, motor, or autonomic nerves and often remains subclinical in the early stages.

Aim: This study aimed to evaluate nerve conduction findings and identify contributing factors among pediatric patients with T1DM.

Methods: A cross-sectional study was conducted from July 2024 to May 2025, involving 52 pediatric patients aged 1–18 years with type 1 diabetes mellitus from outpatient units at the Department of Pediatrics, Dr. Mohammad Hoesin General Hospital, Palembang. All participants underwent physical examination, laboratory testing (HbA1C), diabetic complication screening [(neuropathy, nephropathy and nerve conduction studies (NCS)]. Data were analyzed using Chi-square and Fisher's exact tests, with statistical significance set at $p < 0.05$.

Results: Peripheral neuropathy was identified in 15 (29.6%) of the children with T1DM. No significant associations were found between neuropathy and factors such as disease duration, glycemic control, or other organ involvement ($p > 0.05$).

Conclusion: Peripheral neuropathy was identified among children with type 1 diabetes, but showed no significant association with disease duration, glycemic control, or multisystem involvement.

Keywords: peripheral nerve conduction, peripheral neuropathy, type 1 diabetes mellitus

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : dr. Salahuddin Alvayuby

NIM : 04022722226002

Judul : Faktor-faktor yang Memengaruhi Hantaran Saraf Perifer pada Anak Diabetes Mellitus Tipe 1

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding author*).

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, 2 Juli 2025

A handwritten signature in black ink is written over a red and white 10000 Rupiah meter stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'METERAI TEMPE' and '285ABAMX30781758'.

dr. Salahuddin Alvayuby
NIM: 04022722226002

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Hipotesis Penelitian.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.4.1 Tujuan Umum.....	3
1.4.2 Tujuan Khusus.....	3
1.4.3 Manfaat Penelitian.....	4
1.4.1 Manfaat Umum.....	4
1.5.2 Manfaat Ilmiah.....	4
1.5.3 Manfaat Terhadap Pasien.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Diabetes Mellitus Tipe 1 (DMT1).....	5
2.2 Neuropati Perifer.....	5
2.2.1 Angka kejadian.....	7
2.2.2 Manifestasi klinis.....	8
2.3 Neuropati Perifer Diabetik.....	9
2.3.1 Epidemiologi.....	9
2.3.2 Patogenesis.....	10

2.3.3 Manifestasi Klinis.....	12
2.3.4 Gejala.....	13
2.3.5 Faktor Risiko.....	13
2.3.6 Diagnosis.....	15
2.4 Hantaran Saraf Perifer.....	18
2.4.1 Pemeriksaan Konduksi Saraf Motorik.....	19
2.4.2 Pemeriksaan Konduksi Saraf Sensorik.....	23
2.5 Kelainan pada Gangguan Konduksi Saraf.....	26
2.5.1 Neuropathic Lesions.....	26
2.5.2 Hambatan Konduksi.....	26
2.6 Kerangka Teori.....	27
2.7 Kerangka Konsep.....	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Desain.....	29
3.2 Tempat dan Waktu.....	29
3.3 Populasi dan Sampel.....	29
3.3.1 Populasi.....	29
3.3.2 Sampel.....	29
3.3.3 Kriteria Inklusi dan Eksklusi.....	30
3.3.4 Kriteria Inklusi.....	30
3.3.5 Kriteria Eksklusi.....	30
3.5. Estimasi Besar Sampel.....	30
3.6. Variabel Penelitian.....	31
3.7. Batasan Operasional.....	31
3.8. Cara Kerja.....	35
3.9. Alur kerja.....	39
3.10 Penolahan dan analisis statistik.....	39
3.11 Tim penelitian.....	40
3.12 Kelayakan etik.....	40
BAB IV HASIL PENELITIAN	41
BAB V PEMBAHASAN.....	56
5.1 Pembahasan.....	56
5.2 Saran.....	67

BAB VI SIMPULAN DAN SARAN.....	68
5.1 Simpulan.....	68
5.2 Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....	70
LAMPIRAN.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Survei Neuropati Pada Anak.....	7
Tabel 2.2	Kriteria elektrofisiologika untuk kerusakan demielinasi atau aksonal pada saraf tepi.....	18
Tabel 2.3	Nilai Normal Saraf Motorik.....	20
Tabel 2.4	Potensial Aksi Saraf Sensorik.....	21
Tabel 3.1	Batasan Operasional.....	31
Tabel 3.2	Tim Penelitian.....	40
Tabel 4.1	Karakteristik Umum Pasien DM Tipe 1 pada anak.....	41
Tabel 4.2	Karakteristik Umum Faktor Risiko DM Tipe 1 pada anak.....	42
Tabel 4.3	Jenis Neuropati Perifer.....	42
Tabel 4.4	Karakteristik Hantaran Saraf Sensori.....	43
Tabel 4.5	Karakteristik Hantaran Saraf Motorik.....	44
Tabel 4.6	Korelasi Faktor-Faktor Risiko dengan Amplitudo Saraf Motorik.....	46
Tabel 4.7	Korelasi Faktor-Faktor Risiko dengan Latensi Distal Saraf Motorik.....	48
Tabel 4.8	Korelasi Faktor-Faktor Risiko dengan KHS Saraf Motorik.....	49
Tabel 4.9	Korelasi Faktor-Faktor Risiko dengan Amplitudo Saraf Sensorik.....	50
Tabel 4.10	Korelasi Faktor-Faktor Risiko dengan Latensi Distal Saraf Sensorik.....	52
Tabel 4.11	Korelasi Faktor-Faktor Risiko dengan KHS Saraf Sensorik.....	52
Tabel 4.12	Hubungan Karakteristik Umum dengan Neuropati Perifer.....	54
Tabel 4.13	Hubungan Faktor-Faktor Risiko dengan Neuropati Perifer.....	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mekanisme biokimia jalur poliol dikaitkan dengan apoptosis dan respon proinflamasi.....	11
Gambar 2.2	Pemeriksaan konduksi saraf motorik.....	19
Gambar 2.3	<i>Compound muscle action potential</i> (CMAP).....	22
Gambar 2.4	Konduksi saraf sensorik.....	24
Gambar 2.5	<i>Sensory nerve action potential</i> (SNAP).....	25
Gambar 2.6	Kerangka Teori penelitian.....	27
Gambar 2.7	Kerangka konsep	28
Gambar 3.1	Alur kerja penelitian.....	38

DAFTAR SINGKATAN

ATP	: Adenosine Triphosphate
AGE	: <i>Advanced glycation end product</i>
ARIs	: <i>Aldose reductase inhibitors</i>
CMAP	: <i>Compound Muscle Action Potential</i>
DCCT	: <i>The Diabetes Control and Complications Trial</i>
DMT1	: Diabetes Mellitus Tipe 1
EMG	: <i>Electromyography</i>
GLP-1	: <i>Glucagon like peptida-1</i>
IENFD	: <i>Intraepidermal nerve fiber density</i>
MNSI	: <i>Michigan Neuropathy Screening Instrument</i>
MUNE	: Motor unit number estimation
mV	: Milivolt
NCS	: <i>Nerve conduction studies</i>
NCV	: <i>Nerve conduction velocity</i>
NMJ	: <i>Neuromuscular junction</i>
NPD	: Neuropati Perifer Diabetik
PSD	: Polineuropati simetris distal
QST	: <i>Quantitative sensory testing</i>
RAGE	: <i>Receptors for AGE</i>
ROS	: <i>Reactive oxygen species</i>
SNAP	: <i>Sensory nerve action potential</i>
SD	: <i>Standard Deviasi</i>
SNAP	: <i>Sensory Nerve Action Potential</i>
TPT	: <i>Thermal perception threshold</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Nilai normal saraf sensorik.....	76
Lampiran 2. Nilai normal saraf motorik.....	77
Lampiran 3. Formulir persetujuan berpartisipasi dalam penelitian klinis2.....	78
Lampiran 4. Izin penelitian.....	81
Lampiran 5. Formulir penelitian.....	82
Lampiran 6. Formulir monitoring evaluasi penelitian.....	83
Lampiran 7. Hasil SPSS	84
Lampiran 8. Surat keterangan selesai data penelitian.....	97

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

World Health Organization (WHO) mendefinisikan diabetes mellitus tipe 1 (DMT1) merupakan suatu kondisi yang disebabkan oleh destruksi sel β sehingga terjadi defisiensi insulin secara absolut. DMT1 melibatkan beberapa faktor namun kelainan genetik dan kerusakan sel beta pankreas akibat reaksi autoimun pada islet sel β pankreas yang mengakibatkan defisiensi yang cukup besar pada produksi insulin (insulin endogen) sehingga kondisi ini menjadi faktor utama sebagai penyebab DMT1 pada anak. Kerusakan sel β pulau langerhans pankreas ini menyebabkan ketergantungan individu secara absolut terhadap insulin dari luar (insulin eksogen) dan mengakibatkan hiperglikemia kronis jika tidak dalam pemantauan dan pengobatan optimal.¹ Kondisi hiperglikemia kronis ini mengakibatkan produksi radikal bebas akibat dari gangguan metabolisme glukosa dapat mengakibatkan komplikasi jangka panjang yang dapat mempengaruhi aliran darah secara makro maupun mikrovaskular seperti neuropati (52%), nefropati (10%), retinopati (6%), penyakit jantung iskemik, dan obstruksi arteri.^{2,3}

Neuropati perifer diabetik (NPD) merupakan penyakit yang ditandai dengan kerusakan saraf perifer dengan gejala berupa parestesia, nyeri (saraf sensorik) yang merupakan komplikasi dari diabetes mellitus.⁴ Selain saraf sensorik, NPD juga dapat mempengaruhi saraf motorik dan otonom. Neuropati perifer diabetik jarang terjadi pada anak-anak, tetapi dapat terdeteksi beberapa tahun setelah diagnosis diabetes. Studi prevalensi pada anak-anak masih sangat terbatas dan sulit untuk digeneralisasikan ke populasi umum. Banyak anak memiliki neuropati subklinis yang tidak terdiagnosis. Neuropati diabetik terjadi pada setengah anak dengan DMT1 dengan durasi 5 tahun atau lebih dan hingga 25% dari pasien pediatrik yang baru didiagnosis dengan diabetes memiliki temuan abnormal pada *nerve conduction studies* (NCS) dengan perbandingan prevalensi neuropati perifer pada dewasa dan anak-anak yaitu 7% dan 57%.⁴

Kontrol diabetes yang buruk dan lamanya durasi menderita DMT1 (>5

tahun) sebagai faktor risiko terpenting untuk neuropati diabetes dan komplikasi diabetes lainnya. Hal ini di dukung oleh penelitian yang di lakukan oleh Nosrat Ghaemi et al didapatkan durasi pasien menderita NPD yang di sebabkan DMT1 adalah $8,38 \pm 3,79$ tahun (usia rata-rata $16,68 \pm 6,68$ tahun) dan dengan kontrol glikemik HbA1c adalah $8,6 \pm 2,1\%$. Dalam penelitian lain yang di lakukan oleh Lee SS et al, menunjukkan bukti elektrofisiologis polineuropati pada setidaknya dua saraf yang dapat terkena sebagai komplikasi dari DMT1. Kontrol metabolisme yang buruk, tinggi badan, durasi diabetes, dan usia onset yang lebih tua terkait dengan perubahan parameter NCS selama 5 tahun. Beberapa faktor risiko lain yang dapat meningkatkan NPD yaitu penambahan umur dan adanya komorbiditas (hipertensi, penyakit ginjal, penyakit kardiovaskular).^{5,6} Kondisi NPD ini secara langsung akan mengganggu kualitas hidup pasien, meningkatnya morbiditas dan mortalitas serta biaya yang mahal dalam perawatan dan pengobatan.^{6,7}

Penegakan diagnosis dilakukan berdasarkan manifestasi klinis, pemeriksaan fisik dan pemeriksaan elektrodagnostik dengan pemeriksaan konduksi hantaran saraf dan elektromiografi. Manifestasi klinis didapatkan kelemahan, kehilangan sensori (*numbness*), dan atau adanya keluhan sensori seperti parastesia, nyeri, atau rasa terbakar, kondisi ini biasanya bilateral, simetris, paling sering keterlibatan bagian distal. Pemeriksaan fisis anak yang tidak kooperatif dilakukan dengan melakukan observasi aktivitas dan perilaku.^{8,9} Pemeriksaan yang digunakan untuk menilai saraf perifer yaitu dengan pemeriksaan konduksi hantaran saraf dimana saraf perifer dapat dengan mudah di stimulasi dan menimbulkan potensial aksi dengan memberikan rangsangan elektrik pada kulit. Temuan yang berbeda dari pemeriksaan hantaran saraf motorik, sensorik atau gabungan, tergantung dari penyebab yang mendasarinya.¹⁰

Penelitian mengenai faktor risiko yang memengaruhi hantaran saraf perifer pada pasien anak dengan DMT1 masih sangat sedikit khususnya di Indonesia dan terdapat perbedaan hasil penelitian terkait durasi, kontrol glikemik dan faktor-faktor resiko lain yang memengaruhi hantaran saraf perifer pada anak DMT1. Data yang didapat dari penelitian tersebut penting untuk mengetahui faktor risiko dan komplikasi dari DMT1 pada anak sebagai upaya deteksi awal komplikasi dan

tatalaksana baik dari preventif hingga rehabilitatif. Oleh karena alasan tersebut maka penelitian ini dibuat.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

Bagaimana hantaran saraf pada pasien anak dengan DMT1 dan apa faktor-faktor risiko yang memengaruhi hantaran saraf pada pasien anak dengan DMT1.

1.3. Hipotesis Penelitian

Terdapat pengaruh lama durasi menderita DMT1, kontrol glikemik yang jelek dan keterlibatan organ sebagai komplikasi DM terhadap konduksi hantaran saraf perifer pada anak dengan DMT1.

1.4. Tujuan Penelitian

1.4.1 Tujuan Umum

Untuk mengetahui gambaran konduksi saraf pada pasien DMT1 anak dan faktor-faktor yang memengaruhinya.

1.4.2 Tujuan Khusus

1. Mengetahui karakteristik umum pasien DMT1 pada anak.
2. Menilai kecepatan hantaran saraf, amplitudo dan latensi distal saraf motorik dan sensorik pada pasien DMT1 pada anak.
3. Untuk mengetahui korelasi antara lama menderita DMT1 pada anak dengan kecepatan hantaran saraf, amplitudo dan latensi distal saraf motorik dan sensorik.
4. Untuk mengetahui korelasi antara kadar HbA1c pasien DMT1 pada anak dengan kecepatan hantaran saraf, amplitudo dan latensi distal saraf motorik dan sensorik.
5. Untuk mengetahui korelasi antara kecepatan hantaran saraf, amplitudo dan latensi distal saraf sensorik dan motorik dengan dan tanpa keterlibatan organ lain pada pasien DMT1 pada anak.
6. Mengetahui kejadian neuropati perifer pada DMT1 pada anak.

7. Mengetahui pengaruh faktor risiko durasi sakit, kontrol glikemik dan keterlibatan organ lain terhadap kejadian neuropati perifer pada DMT1 pada anak.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Umum

1. Mengetahui gambaran konduksi hantaran saraf pada anak dengan DMT1.
2. Mengetahui faktor-faktor risiko yang berperan memengaruhi neuropati perifer pada anak dengan DMT1.

1.5.2 Manfaat Ilmiah

1. Memberi kontribusi ilmiah dalam bentuk publikasi baik secara nasional ataupun internasional.
2. Sebagai landasan untuk penelitian lebih lanjut.

1.5.3 Manfaat Terhadap Pasien

1. Mengidentifikasi adanya gangguan konduksi saraf secara lebih sensitif.
2. Mengetahui komplikasi DMT1 secara dini berupa gangguan saraf yang berhubungan dengan DMT1 pada anak
3. Memungkinkan tatalaksana lebih awal terhadap gangguan saraf yang berhubungan dengan DMT1 pada anak sehingga dapat mencegah morbiditas dan memaksimalkan pemanatauan komplikasi DMT1 serta memaksimalkan terapi pada DMT1 pada anak.

DAFTAR PUSTAKA

1. Katsarou A, Gudbjörnsdottir S, Rawshani A, Dabelea D, Bonifacio E, Anderson BJ, dkk. Type 1 diabetes mellitus. *Nat Rev Dis Primers*. 2017 Dec 21;3(1):17016 DOI: [10.1038/nrdp.2017.16](https://doi.org/10.1038/nrdp.2017.16) .
2. Ebe D'Adamo MD, Sonia Caprio MD, Type 1 and 2 Diabetes in Youth ; Epidemiology and Pathophysiology, *Journal Diabetes Care*, Volume 34, 2021.
3. Akinci G, Savelieff M, Gallagher G, Callaghan B, Feldman EL. Diabetic neuropathy in children and youth: New and emerging risk factors. *Pediatr Diabetes*. 2021;2:132–47.
4. Singh I, Reddy C, Saini AG, Dayal D, Sharawat IK, Kasinathan A, dkk. Prevalence of peripheral neuropathy and associated risk factors in children with type 1 diabetes. *Prim Care Diabetes*. 2022;16:287-92
5. McMillan HJ, Ryan MM. Overview of pediatric peripheral neuropathies. Dalam: Darras BT, Jones Jr HR, Ryan MM, De Vivo DC, penyunting. *Neuromuscular disorders of infancy, childhood, and adolescence*. Edisi ke-3. New York: Elsevier;2018.h. 274–86.
6. Kallinikou D, Soldatou A, Tsentidis C, Louraki M, Gantenbein CK, Kanavakis E, dkk. Diabetic neuropathy in children and adolescents with type 1 diabetes mellitus: Diagnosis, pathogenesis, and associated genetic markers. *Diabetes Metab Res Rev*. 2019;35:e3178.
7. Mah JK, Pacaud D. Diabetic neuropathy in children. Dalam: Zochodne DW, Malik RA, penyunting. *Handbook of clinical neurology*. Edisi ke-2. Philadelphia: Elsevier;2018.h.123-43.
8. Ghaemi N, Hasanabadi H, Ashrafzadeh F, Sarvari S, Rahimi H, Hashemian S. Peripheral neuropathy in children and adolescents with insulin-dependent diabetes mellitus. *Iran J Child Neurology*. 2018;12:83–90.
9. Kang PB. Overview of acquired peripheral neuropathies in children. UptoDate. 9 Februari 2022. Diakses 7 September 2022. Tersedia pada:

<https://www.uptodate.com/contents/overview-of-acquired-peripheral-neuropathies-in-children>

10. Ginsberg L. Acute and chronic neuropathies. *Medicine* 2020;48:612-8.
11. Korinthenberg R, Trollmann R, Plecko B, Stettner GM, Blankenburg M, Weis J, dkk. Differential diagnosis of acquired and hereditary neuropathies in children and adolescents—Consensus-Based Practice Guidelines. *Children*. 2021 Aug 9;8(8):687 doi: 10.3390/children8080687.
12. Kang P. Charcot-Marie-Tooth disease: Genetics, clinical features, and diagnosis. *Uptodate.com*. 20 Januari 2022. Diakses 7 September 2022. Tersedia pada: <https://www.uptodate.com/contents/charcot-marie-tooth-disease-genetics-clinical-features-and-diagnosis>
13. Wilmschurt JM. Diagnosis and management of pediatric peripheral neuropathies in resource-poor settings. *Future Neurol*. 2018;8:133-48
14. Maser RE, Steenkiste AR, Dorman JS, Nielsen VK, Bass EB, Manjoo Q, Drash AL, Becker DJ, Kuller LH, Greene DA, Orchard TJ. Epidemiological correlates of diabetic neuropathy. *Diabetes* 2019;38:1456-61.
15. Nelson D, Mah JK, Adams C, Hui S, Crawford S, Darwish H, Stephure D, Pacaud D. Comparison of conventional and non-invasive techniques for the early identification of diabetic neuropathy in children and adolescents with type 1 diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2016;7(6):305–310.
16. Cho YH, Craig ME, Hing S, Gallego PH, Poon M, Chan A, Donaghue KC. Microvascular complications assessment in adolescents with 2- to 5-yr duration of type 1 diabetes from 1990 to 2006. *Pediatr Diabetes*. 2017;12:682–9.
17. Amer M, Kamal H, Siam A. Study Of peripheral neuropathy in children with type 1 diabetes mellitus At Zagazig University Hospitals. *Zagazig University Med J*. 2019;25:116–125.
18. Effect of intensive diabetes treatment on the development and progression of long-term complications in adolescents with insulin-dependent diabetes mellitus: Diabetes Control and Complications Trial. *Journal Pediatr*. 2018;125(2):177–88.

19. Savelieff MG, Callaghan BC, Feldman EL. The emerging role of dyslipidemia in diabetic microvascular complications. *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.* 2020;27(2):115–23.
20. Moser JT, Langdon DR. Diabetic peripheral neuropathy in youth. *J Pediatr Nurs.* 2018;28:415–7.
21. Balducci S, Iacobellis G, Parisi L, Di Biase N, Calandriello E, Leonetti F, dkk. Exercise training can modify the natural history of diabetic peripheral neuropathy. *J Diabetes Complications.* 2016;20(4):216–23.
22. Alamzede R, Ali O. Type 1 diabetes mellitus (immune mediated). Dalam: Kliegman RM, Stanton BF, Geme JW, Schor NF BR, penyunting. *Nelson textbook of pediatrics.* Edisi ke-21. Philadelphia: Elsevier; 2020. h.1969–90.
23. Khorasani E. Prevalence of peripheral neuropathy and its related factors in diabetic children, Neishabour City, Iran. *Int J Pediatr.* 2018;6(12):8707–14.
24. Mohamed MM, Ali RA, Hamdoon MN. Frequency and determinants of peripheral neuropathy in diabetic children in Sohag. *J Behav Brain Sci.* 2019;9:184–94.
25. Hay, W. William et al : *Chapter 31 Diabetes Mellitus , Current Diagnosis And Treatment 18th edition*, McGraw-Hill Companies Lange Medical Series, CHTML e-Book, 2017, available from digitallibrary
26. Preston DC, Shapiro BE. Electromyography and neuromuscular disorders. Edisi ke-4. Philadelphia:Elsevier; 2021.
27. Kang PB. Pediatric nerve conduction studies and EMG. Dalam: Blum AS, Rutkove SB, penyunting. *The clinical neurophysiology primer.* Edisi ke-3. Totowa: Humana Press;2017. Hal.369-89.
28. Giacco F, Brownlee M. Oxidative stress and diabetic complications. *Circ Res.* 2020. 107 (6): 1058-70.
29. Delamater, AM, Shaw K, Applegate, EB, dkk. Risk for metabolic control problems in minority youth with diabetes. *Diabetes Care.* 2017. 24(6); 1011–1017.
30. Murillo M, Bel J, Pérez J, Corripio R, Carreras G, Herrero X, et al. Health

- literacy in patients with type 1 diabetes mellitus: Influence of parents' education level. *Patient Educ Couns*. 2021;104(2):378–85.
31. Shrestha S, Shrestha A, Shakya S, Shrestha PS. Glycemic control and its predictors among children and adolescents with type 1 diabetes mellitus in a Tertiary Care Center of Nepal. *J Diabetes Res*. 2020;1234567.
 32. Atkinson MA, Eisenbarth GS, Michels AW. Type 1 diabetes. *Lancet*. 2024;383(9911):69–82.
 33. Redondo MJ, Jeffrey J, Fain PR, Eisenbarth GS, Orban T. Concordance for islet autoimmunity among siblings of children with type 1 diabetes. *Diabetes*. 2018;57(9):2347–52.
 34. Patterson CC, Harjutsalo V, Rosenbauer J, Neu A, Cinek O, Skrivarhaug T, et al. Trends and cyclical variation in the incidence of childhood type 1 diabetes in 26 European centres in the 25 year period 1989–2013: a multicentre prospective registration study. *Diabetologia*. 2019;62(3):408–17.
 35. Daneman D. Type 1 diabetes. *Lancet*. 2016;367(9513):847–58.
 36. Tesfaye S, Selvarajah D. Advances in the epidemiology, pathogenesis and management of diabetic peripheral neuropathy. *Diabetes Metab Res Rev*. 2019;35(S1):e3160.
 37. Pop-Busui R, Boulton AJM, Feldman EL, Bril V, Freeman R, Malik RA, et al. Diabetic neuropathy: a position statement by the American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2020;43(3):636–649.
 38. Feldman EL, Nave KA, Jensen TS, Bennett DLH. New horizons in diabetic neuropathy: mechanisms, bioenergetics, and pain. *Neuron*. 2021;109(24): 4375–4395. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2021.10.025>
 39. Callaghan BC, Price RS, Feldman EL. Distal symmetric polyneuropathy: a review. *JAMA*. 2021;324(9):942–951.
 40. England JD, Gronseth GS, Franklin G, Carter GT, Kinsella LJ, Cohen JA, et al. Practice parameter: Evaluation of distal symmetric polyneuropathy: Role of laboratory and genetic testing (an evidence-based review). *Neurology*. 2019;72(2):185–92.
 41. Verrotti A, Chiarelli F, Morgese G, Sabatino G. Peripheral neuropathy in

- diabetic children: a long-term follow-up study. *Pediatr Neurol.* 2018;31(1):47–50.
42. England JD, Gronseth GS, Franklin G, Carter GT, Kinsella LJ, Cohen JA, et al. Distal symmetric polyneuropathy: A definition for clinical research. *Muscle Nerve.* 2016;31(1):113–23.
 43. Verrotti A, Greco R, Chiarelli F. Early detection of diabetic neuropathy: usefulness of electrophysiological tests. *Eur J Pediatr.* 2014;163(1):16–20.
 44. Dyck PJ, Norell JE, Dyck PJ. Neuropathy in diabetes. In: Dyck PJ, Thomas PK, editors. *Peripheral Neuropathy*. 4th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2017. p. 1951–95.
 45. Sommer C, Lindenlaub T. Pathology of peripheral neuropathy in experimental diabetes. *Diabetes.* 2022;51(Suppl 3):S7–12.
 46. Vincent AM, Callaghan BC, Smith AL, Feldman EL. Diabetic neuropathy: cellular mechanisms as therapeutic targets. *Nat Rev Neurol.* 2021;7(10):573–83.
 47. England JD, Gronseth GS, Franklin G, Carter GT, Kinsella LJ, Cohen JA, et al. Evaluation of distal symmetric polyneuropathy: Role of electrodiagnostic testing. *Neurology.* 2019;72(2):177–84.
 48. Dyck PJ, Albers JW, Andersen H, Arezzo JC, Biessels GJ, Bril V, et al. Diabetic polyneuropathies: update on research definition, diagnostic criteria and estimation of severity. *Diabetes Metab Res Rev.* 2021;27(7):620–8.
 49. Oh SJ. *Clinical Electromyography: Nerve Conduction Studies*. 5rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2023.
 50. Weis J, Katona I. Neuroanatomy and pathology of diabetic neuropathy. In: Feldman EL, Russell JW, Vincent AM, Zochodne DW, editors. *Atlas of Diabetic Neuropathy*. American Diabetes Association; 2019. p. 1–30.
 51. Callaghan BC, Feldman EL. The metabolic syndrome and neuropathy: therapeutic challenges and opportunities. *Ann Neurol.* 2020;88(5):861–871
 52. Sloan G, Selvarajah D, Tesfaye S. Pathogenesis, diagnosis and clinical management of diabetic sensorimotor peripheral neuropathy. *Nat Rev Endocrinol.* 2021;17(7):400–420.

53. Jaiswal M, Lauer A, Martin CL, Bell RA, Divers J, Dabelea D, et al. Peripheral Neuropathy in Youth With Type 1 and Type 2 Diabetes: SEARCH for Diabetes in Youth Study. *Diabetes Care*. 2023;36(12):3903–8.
54. Delamater AM. Psychological care of children and adolescents with diabetes. *Pediatr Diabetes*. 2019;10(Suppl 12):175–84.
55. Feldman EL, Nave KA, Jensen TS, Bennett DLH. New horizons in diabetic neuropathy: mechanisms, bioenergetics, and pain. *Neuron*. 2017;93(6):1296–313.
56. The Diabetes Control and Complications Trial Research Group. The effect of intensive treatment of diabetes on the development and progression of long-term complications in insulin-dependent diabetes mellitus. *N Engl J Med*. 1993;329(14):977–86.
57. Dyck PJ, Davies JL, Litchy WJ, O'Brien PC. Longitudinal assessment of diabetic polyneuropathy using a composite score in the Rochester Diabetic Neuropathy Study cohort. *Neurology*. 2017;49(1):229–39.
58. Callaghan BC, Cheng HT, Stables CL, Smith AL, Feldman EL. Diabetic neuropathy: clinical manifestations and current treatments. *Lancet Neurol*. 2019;11(6):521–34.
59. Isabella walter, Daniela seick, Jurg lutschg, et al. High prevalence and incidence of diabetic peripheral neuropathy in children and adolescents with type 1 diabetes mellitus: Results From a Five-Year Prospective Cohort Study. *Pubmed*. 13 Desember 2017. Diakses 12 Maret 2018. Tersedia pada: [https:// www. pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29429781](https://www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29429781)

