



Hubungan antara *Plantar Acceleration Time* dengan *Ankle Brachial Index* sebagai Alternatif Pemeriksaan dalam Mendiagnosis *Chronic Limb Threatening Ischemia* pada Pasien Diabetes Melitus

Rizky Natanael Adam¹, Yuansun Khosama², Billy Karundeng³, Fima L.F.G. Langi⁴

^{1,2,3,4} Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

E-mail: rizky.natanael24@yahoo.com, yuansunkhosama@gmail.com,
karundeng_billy@yahoo.com, flangi2@unsrat.ac.id

ABSTRAK

Kata Kunci:
plantar acceleration time; ankle brachial index; chronic limb threatening ischemia; diabetes melitus

Latar Belakang: *Chronic Limb Threatening Ischemia* (CLTI) merupakan tahap lanjut dari Penyakit Arteri Perifer (PAD), yang sering kali diperburuk pada pasien Diabetes Melitus (DM). Diagnosis dini menjadi tantangan, terutama karena keterbatasan metode standar seperti *Ankle Brachial Index* (ABI), terutama pada pasien DM dengan pembuluh darah yang kaku. Oleh karena itu, diperlukan alternatif metode pemeriksaan seperti *Plantar Acceleration Time* (PAT).

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk meneliti hubungan antara PAT dan ABI sebagai metode alternatif dalam mendiagnosis CLTI pada pasien DM.

Metode: Penelitian ini menggunakan desain observasional *cross-sectional* dengan 50 pasien DM yang menjalani pemeriksaan ABI dan PAT di RSUP Prof. Dr. R. D. Kandou Manado. Data demografik dan klinis pasien dianalisis menggunakan uji statistik deskriptif dan regresi linear untuk menilai hubungan antara PAT dan ABI.

Hasil: Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat hubungan signifikan antara PAT dan ABI. Nilai PAT lebih tinggi pada pasien dengan ABI abnormal, mengindikasikan adanya peningkatan resistensi aliran darah pada pasien CLTI.

Kesimpulan: PAT dapat menjadi metode tambahan yang berguna untuk mendiagnosis CLTI, khususnya pada pasien DM yang memiliki keterbatasan dalam penggunaan ABI. Kombinasi PAT dan ABI dapat meningkatkan akurasi diagnosis CLTI dan membantu dalam perencanaan terapi yang lebih tepat.

ABSTRACT

Keywords:
plantar acceleration time; ankle brachial index; chronic limb threatening ischemia; diabetes melitus

Background: *Chronic Limb Threatening Ischemia* (CLTI) is an advanced stage of peripheral artery disease (PAD), which is often exacerbated in patients with diabetes mellitus (DM). Early diagnosis is challenging, especially due to the limitations of standard methods such as *Ankle Brachial Index* (ABI), especially in DM patients with stiff blood vessels. Therefore, alternative examination methods such as *Plantar Acceleration Time* (PAT) are needed.

Purpose: This study aims to examine the relationship between PAT and ABI as an alternative method in diagnosing CLTI in DM patients.

Methods: This study used a cross-sectional observational design with 50 DM patients undergoing ABI and PAT examinations at Prof. Dr. R. D. Kandou Manado Hospital.

Demographic and clinical data of patients were analyzed using descriptive statistical tests and linear regression to assess the relationship between PAT and ABI.

Results: *The results showed that there was a significant relationship between PAT and ABI. PAT values are higher in patients with abnormal ABI, indicating an increase in blood flow resistance in CLTI patients.*

Conclusions: *PAT can be a useful additional method for diagnosing CLTI, particularly in DM patients who have limitations in the use of ABI. The combination of PAT and ABI can improve the accuracy of CLTI diagnosis and aid in more precise therapy planning.*

PENDAHULUAN

Chronic limb-threatening ischemia (CLTI) adalah manifestasi dari *peripheral artery disease (PAD)* yang ditandai dengan keadaan kronis, dan perfusi jaringan yang tidak memadai saat istirahat. Di seluruh dunia, perkiraan orang yang menderita PAD adalah 202 juta orang. Prevalensi PAD meningkat dengan bertambahnya usia. Pada pasien berusia di atas 40 tahun, prevalensi PAD adalah 5,9%. Prevalensi diperkirakan meningkat menjadi 15% - 20% orang di atas 70 tahun. Di antara orang dengan PAD yang diketahui, dilaporkan prevalensi CLTI adalah 1% - 2% hingga 11% (Ardiana, 2024; Kleruk & Habibie, 2021; Krisnasari et al., 2021; Sommerset et al., 2020).

CLTI terjadi sebagai akibat dari berkurangnya aliran darah arteri yang mengakibatkan: (1) nyeri iskemik tungkai saat istirahat, (2) ulserasi iskemik yang tidak sembuh-sembuh, atau (3) gangren. Patofisiologi CLTI terkait dengan perfusi arteri ekstremitas yang tidak memadai yang berada di bawah ambang batas yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan metabolisme ekstremitas, yang mengakibatkan iskemia pada keadaan istirahat dengan kerusakan kulit dan akhirnya nekrosis jaringan. Jika tidak diobati, gangrene akhirnya dapat menyebabkan hilangnya ekstremitas (dari amputasi atau mumifikasi) dan mungkin kematian (dari sepsis) (Abu Rahma et al., 2020; Krisnasari et al., 2021; Organization, 2019).

CLTI terjadi dari beberapa minggu hingga bulan, merupakan spektrum paling akhir dari PAD (klasifikasi Rutherford 4–6, Fontaine kelas III/IV). Namun, pentingnya adalah karena risiko kehilangan anggota badan dan kejadian kardiovaskular yang jauh lebih tinggi daripada PAD tanpa gejala (Brownrigg et al., 2015; Organization, 2019).

Diabetes Mellitus (DM) adalah kondisi metabolik yang ditandai dengan hiperglikemia kronis akibat gangguan sekresi insulin, aksi insulin, atau keduanya. Secara global, DM tidak hanya menjadi masalah kesehatan masyarakat yang besar karena prevalensinya yang tinggi tetapi juga karena komplikasinya yang dapat mengganggu kualitas hidup dan meningkatkan mortalitas. Salah satu komplikasi serius yang sering menjadi perhatian adalah CLTI, kondisi yang ditandai dengan penurunan aliran darah ke ekstremitas yang dapat mengancam viabilitas anggota tubuh. Penelitian menunjukkan bahwa pasien dengan DM memiliki risiko yang signifikan lebih tinggi untuk mengembangkan CLTI, yang berhubungan dengan percepatan terjadinya aterosklerosis dan perubahan mikrovaskular akibat hiperglikemia kronis (Alam et al., 2021; Katwal & Dokun, 2011).

Mekanisme patofisiologis yang menghubungkan DM dengan CLTI melibatkan serangkaian perubahan vaskular dan inflamasi yang kompleks. Hiperglikemia kronis menyebabkan akumulasi produk akhir glikasi lanjut (AGEs), stres oksidatif, dan aktivasi jalur inflamasi yang berkontribusi pada disfungsi endotelial dan pembentukan plak

aterosklerotik. Pada pasien DM, ketebalan dinding arteri meningkat, elastisitas menurun, dan resistensi terhadap aliran darah menjadi lebih tinggi, yang semuanya berkontribusi terhadap pengembangan CLTI. Selain itu, neuropati diabetik, yang sering terjadi bersamaan, dapat memperburuk kondisi dengan mengurangi sensasi nyeri, sehingga penundaan diagnosis dan penanganan CLTI (Alam et al., 2021; Katwal & Dokun, 2011).

Mengingat hubungan erat antara DM dan CLTI, serta tantangan diagnostik dan manajemen yang terkait, terdapat kebutuhan mendesak untuk metode deteksi awal yang lebih efisien dan sensitif. *Ankle Brachial Index* (ABI) saat ini adalah alat diagnostik yang banyak digunakan, tetapi memiliki keterbatasan, terutama pada pasien DM dengan pembuluh darah yang kaku akibat proses kalsifikasi ABI umumnya digunakan sebagai alat skrining noninvasif untuk mendeteksi PAD pada ekstremitas bawah. ABI menawarkan perbandingan tekanan darah sistolik antara pergelangan kaki dan lengan yang cepat, nyaman, di mana tekanan ekstremitas dikelompokkan, dari nilai ambang hingga sangat berkurang, untuk mengkarakterisasi tingkat keparahan PAD (Darling et al., 2018; Katwal & Dokun, 2011; Kleruk & Habibie, 2021).

Ketidakstandaran dalam metode pengukuran dan perhitungan ABI saat ini menghasilkan hasil yang tidak sesuai dengan dampak yang signifikan dari perspektif klinis, kesehatan masyarakat, dan ekonomi. Terdapat kontroversi mengenai nilai batas ABI yang digunakan untuk mendiagnosis PAD. Nilai batas ABI yang paling umum digunakan adalah 0,90, berdasarkan penelitian yang melaporkan sensitivitas dan spesifisitas sebesar 90% dalam mendeteksi PAD dibandingkan dengan hasil angiografi. Sebuah meta-analisis terbaru dari 8 penelitian yang melibatkan populasi yang beragam, meliputi pasien diabetes, mengonfirmasi tingginya tingkat spesifisitas tetapi sensitivitas yang lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya (Abraham et al., 2012; Brownrigg et al., 2015).

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap abnormalitas ABI pada individu DM meliputi jenis kelamin, usia, ras, lama DM, tekanan darah, aktivitas fisik, dan status merokok. Sebagian besar kasus DM akan mengalami abnormalitas ABI setelah perjalanan penyakitnya >5 tahun. Patomekanisme ini terjadi akibat kondisi glukotoksikosis dalam waktu lama sehingga menyebabkan disfungsi endotel yang memicu terbentuknya aterosklerosis (Kartikadewi et al., 2022; Rhee & Kim, 2015).

Dalam konteks pengelolaan dan diagnosis CLTI pada pasien dengan DM, penemuan dan integrasi metode diagnostik baru sangat diperlukan untuk meningkatkan hasil klinis. Salah satu metode yang menjanjikan dan sedang mendapat perhatian adalah pengukuran *Plantar Acceleration Time* (PAT). PAT merupakan teknik non-invasif yang mengukur waktu yang dibutuhkan untuk gelombang denyut darah untuk bergerak dari area jantung ke telapak kaki. Konsep ini didasarkan pada pemahaman bahwa perubahan dalam waktu perjalanan gelombang denyut dapat mencerminkan adanya hambatan atau gangguan dalam aliran darah, yang merupakan indikator penting dari kondisi vaskular seperti CLTI. Dengan sensitivitasnya yang tinggi terhadap perubahan dinamika aliran darah, PAT menawarkan potensi besar untuk mendeteksi CLTI lebih awal, terutama pada pasien DM yang sering mengalami komplikasi vaskular yang kompleks (Kartikadewi et al., 2022; Teso et al., 2021).

PAT adalah pencitraan dupleks langsung dari pembuluh darah plantar yang dapat memberikan informasi fisiologis waktu nyata tentang hemodinamik aliran plantar. Teknik ini dapat dilakukan dengan menggunakan pencitraan dupleks arteri standar yang tersedia di sebagian besar laboratorium vaskular. Sementara nilai absolut PAT penting, PAT dapat dikategorikan ke dalam empat kelas: Kelas 1 (20-120 ms), Kelas 2 (121-180 ms), Kelas 3 (181-224 ms), dan Kelas 4 (Lebih besar dari 225 ms). PAT dapat menilai tingkat keparahan PAD berdasarkan seberapa cepat atau lambat sel darah merah bergerak. Akselerasi waktu juga digunakan pada pembuluh darah anatomi lain seperti arteri karotis (Kartikadewi et al., 2022; Krisnasari et al., 2021).

Penelitian mengenai hubungan antara *plantar acceleration time* (PAT) dengan *ankle brachial index* (ABI) sebagai alternatif pemeriksaan dalam mendiagnosis *chronic limb threatening ischemia* (CLTI) pada pasien diabetes melitus (DM) di Indonesia bahkan dunia masih terbatas (Habibie, 2020). Berdasarkan uraian di atas, peneliti tertarik untuk mengetahui hubungan antara PAT dengan ABI sebagai alternatif pemeriksaan dalam mendiagnosis CLTI pada pasien DM di RSUP Prof. dr. R. D. Kandou Manado (Syed et al., 2020).

Penelitian ini bertujuan untuk umum mengetahui hubungan antara *Plantar Acceleration Time* (PAT) dengan *Ankle Brachial Index* (ABI) sebagai alternatif pemeriksaan dalam mendiagnosis *Chronic Limb Threatening Ischemia* (CLTI) pada pasien diabetes melitus (DM). Tujuan khususnya untuk mengetahui hubungan antara *plantar acceleration time* (PAT) dengan *ankle brachial index* (ABI) sebagai alternatif pemeriksaan dalam mendiagnosis *Chronic Limb Threatening Ischemia* (CLTI) pada pasien diabetes melitus (DM) serta perbandingan kemampuan diskriminasi kondisi iskemik antara PAT dan ABI pada pasien CLTI pada DM. Manfaat Penelitian yaitu untuk penelitian ini dapat memberikan bahan untuk menetapkan strategi dalam meningkatkan pengelolaan pasien CLTI pada DM yang tidak terdiagnosis dengan ABI, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat mengenai hubungan antara *Plantar Acceleration Time* (PAT) dengan *Ankle Brachial Index* (ABI) sebagai alternatif pemeriksaan dalam mendiagnosis *Chronic Limb Threatening Ischemia* (CLTI) pada pasien *Diabetes Melitus* (DM) dan dapat dipraktekkan dalam pelayanan pasien di poliklinik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi observasional dengan *desain cross-sectional* berbasis rumah sakit di RSUP Prof R.D Kandou (Nurwahyuni et al., 2020). Pengumpulan informasi pasien mencakup data demografik, riwayat penyakit, karakteristik klinik, hasil pemeriksaan USG vaskular, dan laboratorium. Pengambilan data dimulai setelah peneliti mendapatkan persetujuan Komite Etik RSUP Manado. Pemilihan sampel dan pengumpulan data penelitian berlangsung sekitar tiga bulan penuh, dengan catatan bahwa penyesuaian dilakukan bila ternyata interval waktu tersebut terlalu panjang ataupun pendek untuk memenuhi kebutuhan besar sampel.

Pasien CLTI pada DM merupakan populasi target penelitian. Gejala CLTI dapat juga berupa nyeri kaki dalam keadaan istirahat. Tanda klinis mencakup kehilangan rambut, kaki halus atau berkilau, kulit dingin bila disentuh terutama saat nyeri berlangsung, denyut lemah atau menghilang di kaki, luka atau ulkus kaki yang tidak kunjung sembuh, dan jari kaki dingin atau mati rasa. Diagnosis CLTI ditegakkan berdasarkan anamnesis, pemeriksaan fisik, dan pemeriksaan penunjang.

Sampel diambil dari pasien yang mengunjungi Poliklinik Bedah Vaskular RSUP Prof R.D. Kandou Manado.

Kriteria Inklusi:

- a) Usia di atas 18 tahun
- b) Bersedia menjalani pemeriksaan ABI dan PAT.

Kriteria Eksklusi: Pasien dengan riwayat amputasi mayor di eksklusi dari daftar sampel

Aspek Etika Penelitian

Keseluruhan studi dilakukan dengan berpegang teguh pada kaidah-kaidah etik penelitian subjek manusia yang berlaku di RSUP Manado, yang mengikuti Deklarasi Helsinki 2008 tentang penelitian medis melibatkan subjek manusia. Pelaksanaan riset sendiri dilangsungkan setelah peneliti mendapatkan ethical clearance dari Komisi Etik Penelitian RSUP Manado. Semua subjek yang eligible untuk ikut serta terlebih dahulu mendapatkan penjelasan tentang maksud, tujuan, cara kerja dan manfaat penelitian. Setelah itu, para subjek memutuskan apabila mereka berkeinginan untuk didaftarkan sebagai sampel. Saat setuju, individu atau perwakilannya menandatangani Formulir Persetujuan Peserta Penelitian. Mereka yang telah memberikan persetujuan terus mendapat kesempatan untuk menerima informasi dan memberikan izin, baik langsung ataupun melalui wali, atas setiap tindakan yang dilakukan menyangkut dirinya. Data mentah yang memiliki identifikasi pasien disimpan pada ruangan terlindung berakses terbatas di RSUP Manado, dan hanya data yang sudah dihilangkan identifikasi pasiennya digunakan dalam analisis.

Pengolahan Data dan Analisis Statistik

Analisis deskriptif untuk melihat distribusi variabel-variabel penelitian dilakukan secara univariat maupun bivariat. Analisis univariat mencakup penilaian distribusi setiap variabel, termasuk normalitas variabel numerik. Evaluasi ini dilakukan menggunakan grafik seperti histogram, boxplot, dan kurva densitas, di samping uji normalitas Shapiro Wilk. Pada variabel kategori, penilaian distribusi dilakukan melalui tabel frekuensi. Nilai pemusatan dan penyebaran dihitung menurut jenis variabel dan normalitas distribusi untuk yang numerik. Untuk variabel numerik dengan distribusi normal, nilai diberikan dalam bentuk mean dan Standar Deviasi (SD). Bila ketidaknormalan distribusi dapat dibuktikan, nilai median dan rentang antar kuartil (interquartile range, IQR) yang justru diberikan. Untuk variabel kategori, nilai proporsi ditampilkan pada masing-masingnya. Jika nantinya diperlukan, perbedaan setiap variabel menurut jenis kelamin (dan variabel lain yang ditentukan kemudian) selanjutnya diberikan dan diuji menggunakan uji t ataupun Mann-Whitney U untuk variabel numerik, dan uji chi-square atau Fisher's Exact untuk variabel kategori.

Karakteristik hubungan PAT dan ABI ditentukan dengan pemodelan regresi linear di mana nilai PAT merupakan variabel bebas sedangkan ABI sebagai variabel terikat. Analisis ini dilakukan baik dalam bentuk univariat maupun multivariat. Penambahan variabel-variabel lain dalam model dilakukan secara stepwise forward dengan memperhatikan parameter-parameter seperti kemaknaan dari koefisien, variance inflation factor, nilai R² dan AIC (Akaike Information Criteria). Model akhir dilaporkan sebagai koefisien variabel bersama interval kepercayaan 95%, dan nilai p.

Kemampuan diskriminasi PAT atas derajat keparahan PAD berdasarkan pengkategorian ABI serta kondisi iskemik ditentukan dengan kurva *Receiver Operating Characteristics* (ROC) dan dinyatakan sebagai nilai sensitivitas, spesifisitas, akurasi, serta nilai prediksi positif dan negatif. Data training untuk analisis ROC menggunakan data simulasi, sedangkan data asli bertindak sebagai data validasi. Area di bawah kurva (AUC) dinyatakan sebagai statistik c beserta interval kepercayaan 95%. Perbandingan AUC untuk PAT dan ABI dilakukan menggunakan metode DeLong yang memperhitungkan dependensi akibat pengukuran pada pasien yang sama.

Manajemen data penelitian sebagian besar berlangsung dalam aplikasi software statistik R versi 4.0.3, yang juga merupakan perangkat utama analisis statistik. Sebagai langkah pen- dahuluan, data mentah dimasukkan ke komputer sebagai file Microsoft Excel yang memiliki fasilitas yang cukup komprehensif untuk pemasukan data serta relatif mudah digunakan. Setelah menjalani pengecekan dan proses editing terbatas, data dipindahkan ke R environment. Pengolahan data selanjutnya serta seluruh analisis statistik dilakukan melalui software statistik ini. Versi R yang digunakan dalam penelitian memiliki sejumlah prosedur rutin untuk tabulasi deskriptif dan pemodelan regresi (termasuk seleksi variabel). Paket tambahan mencakup pROC untuk kepentingan analisis kurva ROC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Pasien Sampel Penelitian

Analisis data mencakup 50 pasien diabetes melitus yang deskripsinya disajikan dalam Tabel 5.1. Rata-rata individu sampel sudah mencapai usia hampir 60 tahun namun variasinya cukup besar yaitu ± 13 tahun. Perbandingan pria terhadap wanita mencapai angka sekitar 6 banding 4. Adanya riwayat merokok, hipertensi, dan dislipidemia masing-masing ditemukan pada sebagian pasien atau lebih. Hasil pengukuran indeks masa tubuh memiliki rata-rata dalam kategori gizi baik, tetapi 26 (52%) pasien tergolong berat badan lebih ataupun obesitas. Nilai parameter profil lipid secara keseluruhan masih dalam batas normal. Median kadar gula darah di sekitar 101,5 mg/dL, di mana 20 (40%) pasien tercatat berada pada kadar 120 mg/dL atau lebih tinggi. Hampir sebagian pasien tidak memiliki gejala klinik iskemia tungkai, namun pada 16 (32%) pasien keluhannya sudah mengarah kepada adanya iskemia. Perbandingan pasien yang nilai *Ankle-Brachial Index* (ABI)-nya di bawah 0,9 dengan yang di atas angka tersebut relatif proporsional di antara subjek sampel penelitian. Tabel 1 selanjutnya menyajikan pula median *Plantar Acceleration Time* (PAT) dari keempat arteri yang diukur pada masing-masing pasien dalam penelitian, yakni a. arkuata, a. plantaris medialis, a. plantaris lateralis, dan a. dorsalis.

Tabel 1. Karakteristik Pasien Diabetes Melitus dalam Penelitian, N=50

Karakteristik	n (%)	Mean \pm SD	Med (Q1; Q3)
Usia	—	57,4 \pm 13,3	—
Kelamin			
Pria	32 (64)	—	—
Wanita	18 (36)	—	—
Riwayat Merokok	27 (54)	—	—
Riwayat Hipertensi	29 (58)	—	—
Dislipidemia	25 (50)	—	—
IMT (kg/m²)	—	24,2 \pm 4,2	—
< 18,5	3 (6)	—	—
19 - 24,9	21 (42)	—	—

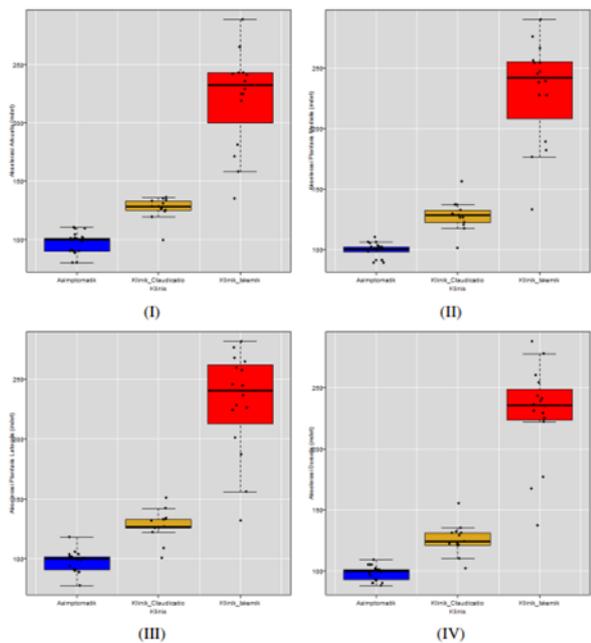
Karakteristik	n (%)	Mean ± SD	Med (Q1; Q3)
25 - 29,9	22 (44)	—	—
≥ 30	4 (8)	—	—
LDL (mg/dL)	—	—	144,0 (122,0; 157,5)
HDL (mg/dL)	—	—	29,5 (22,6; 53,0)
Trigliserida (mg/dL)	—	—	149,0 (123,5; 213,8)
GDP (mg/dL)	—	—	101,5 (89,2; 156,0)
Klinis			
Asimptomatik	21 (42)	—	—
Klaudikasio	13 (26)	—	—
Iskemik	16 (32)	—	—
Ankle-Brachial Index (ABI)			
< 0,9	26 (52)	—	—
≥ 0,9	24 (48)	—	—
Plantar Acceleration Time (PAT, mdett)			
A. Arkuata	—	—	125,5 (100,2; 178,5)
A. Plantaris Medialis	—	—	124,0 (101,0; 187,2)
A. Plantaris Lateralis	—	—	126,0 (101,0; 197,5)
A. Dorsalis	—	—	121,5 (101,0; 210,8)

Catatan: SD = standar deviasi, Q1 = kuartil I, Q3 = kuartil III, IMT = indeks massa tubuh, GDP = gula darah puasa, LDL = low-density lipoprotein, HDL = high-density lipoprotein.

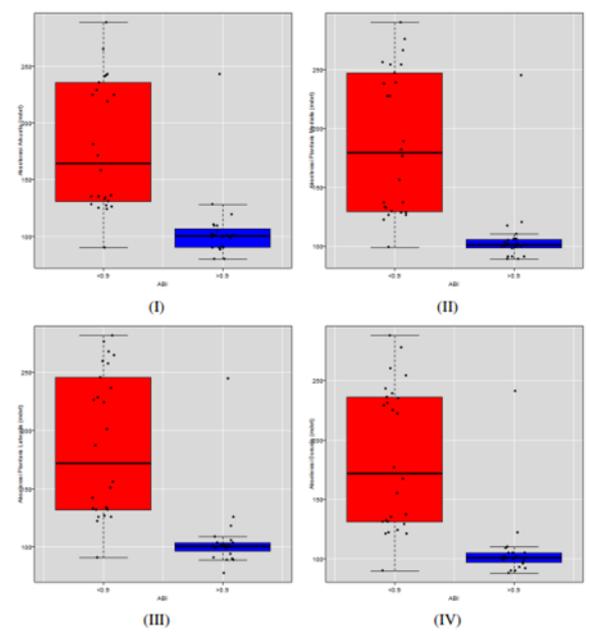
Hubungan Plantar Acceleration Time dan Ankle-Brachial Index

Tabel 7 terlebih dahulu memperlihatkan perbandingan distribusi waktu akselerasi keempat arteri plantaris yang diteliti menurut kategori klinis dari pasien. Pada semua arteri, pasien simptomatik jelas telah mengalami peningkatan waktu akselerasi dibandingkan dengan pasien asimtomatik. Individu yang sudah memperlihatkan klinik iskemia sendiri dalam grafik tampak memiliki waktu akselerasi jauh lebih tinggi daripada pasien dalam kategori klinik lainnya. Gambaran tersebut sangat bersesuaian dengan keadaan yang diperlihatkan Gambar 2. Perbedaan distribusi PAT pada penggolongan pasien menurut ABI < 0,9 vs ≥ 0,9 sangat terlihat secara visual, di mana pasien di kategori pertama memiliki peninggian waktu akselerasi yang cukup visual

Hal menarik menyangkut hubungan PAT dan ABI muncul saat analisis regresi yang hasilnya ditampilkan Tabel 2. Pada pemodelan univariat, semua arteri plantaris yang diteliti memperlihatkan hubungan bermakna antara waktu akselerasi mereka dengan ABI. Perbedaan PAT dari pasien dengan ABI < 0,9 rata-rata antara 76 hingga 81 milidetik terhadap pasien yang ABI-nya di atas angka tersebut. Tetapi saat hasil pengukuran PAT mengontrol variasi variabel-variabel lain dalam penelitian, hanya PAT a. dorsalis yang masih menunjukkan perubahan bermakna mengikuti kategori ABI sekalipun dengan besaran yang jauh lebih kecil daripada hasil pemodelan univariat. Dalam model multivariat, pasien dengan ABI < 0,9 mengalami peningkatan rata-rata sekitar 30 milidetik (95% CI 1,5 - 58 milidetik) jika dibandingkan terhadap pasien dengan ABI ≥ 0,9.



Gambar 1. Distribusi Waktu Akselerasi Plantaris menurut kondisi klinis. Nilai p ANOVA $<0,001$ untuk semua arteri plantaris



Gambar 2. Distribusi waktu akselerasi plantaris menurut Kategori Ankle-Brachial Index (ABI). Nilai p Uji $t < 0,001$ untuk semua arteri plantaris

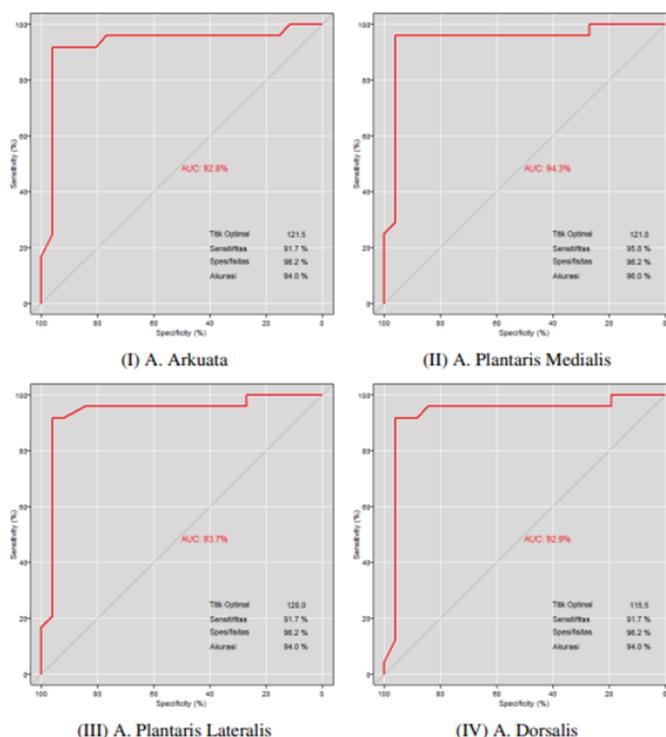
Tabel 2. Analisis Regresi Linear dari *Plantar Acceleration Time* (PAT) berdasarkan Kategori *Ankle-Brachial Index* (ABI)

Perubahan PAT untuk ABI < 0,9 vs ≥ 0,9				
	Univariate		Multivariat	
Arteri Plantaris	B(95% CI)	p	β (95% CI)	p
A. Arkuata	75,77 (48,85; 102,69)	<0,001	20,67 (-8,05; 49,40)	0,165
Variabel Perancu: Usia, Gula Darah Puasa***				
A. Plantaris Medialis	80,42 (52,73; 108,11)	<0,001	27,57 (-0,21; 55,35)	0,058
Variabel Perancu: Usia, Trigliserida, Gula Darah Puasa***				
A. Plantaris Lateralis	80,56 (52,69; 108,43)	<0,001	14,16 (-16,86; 45,19)	0,376
Variabel Perancu: Usia*, Merokok, LDL, HDL, Gula Darah Puasa***				
A. Dorsalis	78,78 (51,42; 106,15)	<0,001	29,69 (1,46; 57,93)	0,046
Variabel Perancu: Usia**, Trigliserida, Gula Darah Puasa***, dan Kategori IMT				

CATATAN: CI = confidence interval. Tingkat kemaknaan variabel perancu: *p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001.

Analisis Kemampuan Diagnostik *Plantar Acceleration Time*

Terlepas dari hasil pemodelan regresi yang mengisyaratkan bahwa hubungan antara PAT dan ABI di antara sampel sangat dipengaruhi faktor lain (khususnya kadar GDP), waktu akselerasi a. arkuata, a. plantaris medialis, a. plantaris lateralis, dan a. dorsalis masing-masing memiliki kemampuan diagnostik relatif besar untuk deteksi ancaman iskemia tungkai pasien diabetes melitus. Hal ini tampak saat PAT digunakan untuk mengklasifikasi pasien antara mereka dengan ABI < 0,9 dan yang ≥ 0,9. Besar AUC dari kurva ROC untuk semua arteri plantaris yang diteliti semuanya di atas 90% dan demikian pula angka sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi diagnostiknya.



Gambar 3. Kurva Receiver Operating Characteristics Kemampuan Plantar Acceleration Time Memprediksi Mendiagnosis Chronic Limb Threatening Ischemia (ABI <0,9 pada Diabetes Melitus)

Pembahasan

Karakteristik Studi

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif korelatif dengan pendekatan *cross-sectional*. Desain ini dipilih untuk mengevaluasi hubungan antara *Plantar Acceleration Time* (PAT) dan *Ankle Brachial Index*(ABI) pada apsien Diabetes Melitus (DM) yang didiagnosis dengan *Chronic Limb- Threatening Ischaemia* (CLTI). Populasi penelitian terdiri dari pasien DM yang dirawat di rumah sakit dengan diagnosis CLTI. Sampel penelitian diambil secara consecutive sampling, melibatkan 65 pasien yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi meliputi pasien dengan DM tipe 2, usia di atas 40 tahun, dan memiliki gejala CLTI. Kriteria eksklusi meliputi pasien dengan kondisi komorbid yang dapat mempengaruhi hasil pengukuran PAT dan ABI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PAT memiliki korelasi signifikan dengan ABI pada pasien dengan DM. Hal ini mungkin disebabkan oleh adanya indeks ABI yang tidak dapat dikompresi pada beberapa pasien, yang mengakibatkan ketidakakuratan dalam pengukuran ABI. Namun, PAT ditemukan memiliki korelasi signifikan dengan arteri inframalleolar yang diteliti. Rata-rata PAT pada pasien dengan ABI abnormal lebih tinggi dibandingkan dengan pasien dengan ABI normal, menunjukkan adanya resistensi aliran darah yang lebih tinggi pada pasien dengan CLTI. Dalam implikasi klinisnya pertimbangan penggunaan PAT sebagai metode tambahan dalam diagnosis CLTI pada pasien DM dapat membantu dalam mengidentifikasi pasien yang berisiko tinggi mengalami komplikasi vaskular. PAT dapat digunakan bersama dengan ABI untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai status vaskular pasien. Dengan demikian, kombinasi PAT dan ABI dapat meningkatkan akurasi diagnosis dan membantu dalam perencanaan terapi yang lebih tepat.

Hubungan antara *Plantar Acceleration Time* (PAT) dengan *Ankle Brachial Index* (ABI) sebagai Pemeriksaan Lanjutan dalam Mendiagnosis CLTI

Chronic Limb-Threatening Ischemia (CLTI) adalah tahap lanjut dari Peripheral Artery Disease (PAD) yang ditandai dengan nyeri saat istirahat, ulkus kaki, atau gangren. Diagnosis dini dan akurat sangat penting untuk mencegah komplikasi serius. Ankle Brachial Index (ABI) adalah metode standar untuk menilai aliran darah di ekstremitas bawah, tetapi memiliki keterbatasan, terutama pada pasien dengan diabetes melitus (DM) yang sering memiliki arteri yang tidak dapat dikompresi. Oleh karena itu, Plantar Acceleration Time (PAT) telah diusulkan sebagai metode tambahan untuk mengevaluasi aliran darah di ekstremitas bawah. PAT adalah waktu yang dibutuhkan dari awal sistole hingga mencapai puncak sistolik maksimum pada gelombang Doppler. Pengukuran PAT dilakukan menggunakan Doppler ultrasound pada arteri inframalleolar seperti arteri dorsalis pedis dan arteri tibialis posterior. PAT memberikan informasi mengenai resistensi aliran darah dan elastisitas arteri, yang dapat membantu dalam me ABI adalah metode non-invasif yang mengukur rasio tekanan darah sistolik di pergelangan kaki dengan tekanan darah sistolik di lengan. ABI digunakan untuk mendeteksi adanya PAD dan menilai keparahannya. Nilai ABI yang rendah menunjukkan adanya penyempitan atau penyumbatan arteri, sementara nilai ABI yang sangat tinggi dapat menunjukkan arteri yang tidak dapat dikompresi, yang sering terjadi pada pasien dengan DM mengidentifikasi adanya obstruksi arteri. Studi ini telah menunjukkan bahwa PAT dan ABI dapat digunakan bersama-sama untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai status vaskular pasien dengan CLTI. Meskipun beberapa studi menemukan bahwa PAT tidak memiliki korelasi signifikan dengan ABI, PAT tetap dapat memberikan informasi tambahan yang berguna, terutama pada pasien dengan DM yang memiliki arteri yang tidak dapat dikompresi (Sosa et al., 2024).

Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Sosa dkk. (2024) melibatkan 65 pasien dengan PAD yang menjalani pemeriksaan PAT dan ABI. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PAT tidak memiliki korelasi signifikan dengan ABI pada pasien dengan DM. Namun, PAT ditemukan memiliki korelasi signifikan dengan arteri inframalleolar yang diteliti, menunjukkan bahwa PAT dapat memberikan informasi tambahan mengenai resistensi aliran darah di arteri distal (Sosa et al., 2024). Penelitian lain oleh Trihan dkk. (2022) menunjukkan bahwa PAT memiliki akurasi diagnostik yang tinggi dalam mendeteksi iskemia ekstremitas bawah yang kritis pada pasien dengan PAD (Trihan et al., 2022). PAT ditemukan memiliki korelasi yang kuat dengan Toe-Brachial Index (TBI), yang merupakan metode lain untuk menilai aliran darah di ekstremitas bawah. Studi penunjang lain melakukan evaluasi hubungan antara PAT dan Abi pada pasien dengan PAD. Hasilnya menunjukkan bahwa PAT tidak memiliki korelasi signifikan dengan ABI, hal ini kemungkinan terjadi karena adanya indeks ABI yang tidak dapat dikompresi pada beberapa pasien. Namun, PAT ditemukan memiliki korelasi signifikan dengan arteri inframalleolar yang diteliti (Trihan et al., 2022).

Penelitian-penelitian di atas menunjukkan bahwa meskipun PAT tidak selalu memiliki korelasi signifikan dengan ABI, PAT tetap dapat memberikan informasi tambahan yang berguna dalam diagnosis CLTI, terutama pada pasien dengan DM yang memiliki arteri yang tidak dapat dikompresi (Sommerset et al., 2019) (Brownrigg et al.,

2015). Dalam implikasi klinisnya penggunaan PAT sebagai metode tambahan dalam diagnosis CLTI pada pasien DM dapat membantu dalam mengidentifikasi pasien yang berisiko tinggi mengalami komplikasi vaskular. PAT dapat digunakan bersama dengan ABI untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai status vaskular pasien. Dengan demikian, kombinasi PAT dan ABI dapat meningkatkan akurasi diagnosis dan membantu dalam perencanaan terapi yang lebih tepat.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengevaluasi hubungan antara *Plantar Acceleration Time* (PAT) dan *Ankle Brachial Index* (ABI) sebagai alternatif pemeriksaan dalam mendiagnosis *Chronic Limb Threatening Ischemia* (CLTI) pada pasien diabetes melitus. Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan bahwa PAT dapat menjadi alat tambahan yang berguna dalam evaluasi PAD, terutama pada pasien dengan ABI yang tidak dapat dikompresi atau dinilai. Meskipun PAT tidak selalu berkorelasi signifikan dengan ABI, PAT tetap memberikan informasi tambahan yang penting mengenai aliran darah di arteri distal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, P., Allison, M. A., Creager, M. A., Diehm, C., Fowkes, F. G. R., Hiatt, W. R., Jönsson, B., Lacroix, P., Marin, B., & McDermott, M. M. (2012). Measurement and interpretation of the ankle-brachial index. *Circulation*, *126*(24), 2890–2909.
- AbuRahma, A. F., Adams, E., AbuRahma, J., Mata, L. A., Dean, L. S., Caron, C., & Sloan, J. (2020). Critical Analysis and Limitations of Resting Ankle-Brachial Index in The Diagnosis of Symptomatic Peripheral Arterial Disease Patients And The Role Of Diabetes Mellitus And Chronic Kidney Disease. *Journal of Vascular Surgery*, *71*(3), 937–945.
- Alam, S., Hasan, M. K., Neaz, S., Hussain, N., Hossain, M. F., & Rahman, T. (2021). Diabetes Mellitus: Insights from Epidemiology, Biochemistry, Risk Factors, Diagnosis, Complications And Comprehensive Management. *Diabetology*, *2*(2), 36–50.
- Ardiana, M. (2024). *Profil Lipid sebagai Penanda Risiko Kardiovaskular*. Airlangga University Press.
- Brownrigg, J. R. W., Schaper, N. C., & Hinchliffe, R. J. (2015). Diagnosis and Assessment of Peripheral Arterial Disease in The Diabetic Foot. *Diabetic Medicine*, *32*(6), 738–747.
- Darling, J. D., Bodewes, T. C. F., Deery, S. E., Guzman, R. J., Wyers, M. C., Hamdan, A. D., Verhagen, H. J., & Schermerhorn, M. L. (2018). Outcomes After First-Time Lower Extremity Revascularization for Chronic Limb-Threatening Ischemia Between Patients with and Without Diabetes. *Journal of Vascular Surgery*, *67*(4), 1159–1169.
- Habibie, Y. A. (2020). Chronic Limb-Threatening Ischemia: Current Perspective. *Adv Clin Med Res*, *1*(1), 1–4.
- Kartikadewi, A., Setyoko, S., Wahab, Z., & Andikaputri, K. (2022). Ankle Brachial Index pada Penderita Diabetes dan Non Diabetes, dan Hubungannya dengan Aktivitas Fisik dan Perilaku Merokok. *Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan*, *18*(1), 57–68.
- Katwal, A. B., & Dokun, A. O. (2011). Peripheral Arterial Disease in Diabetes: Is There A

- Role For Genetics? *Current Diabetes Reports*, 11, 218–225.
- Kleruk, D. S., & Habibie, Y. A. (2021). Chronic Limb-Threatening Ischemia, Successful Infra Popliteal Endovascular Revascularization: A Case Report. *Bali Medical Journal*, 10(2), 692–695.
- Krisnasari, I., Kurnianingsih, N., Rohman, M. S., Satrijo, B., & Rahimah, A. F. (2021). Limb Preservation with Balloon Angioplasty in Critical Limb Threatening Ischemia: A Case Report. *Heart Science Journal*, 2(2), 25–30.
- Nurwahyuni, N. T., Fitria, L., Umboh, O., & Katiandagho, D. (2020). Pengolahan Limbah Medis COVID-19 pada Rumah Sakit. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(2), 52–59.
- Organization, W. H. (2019). *Classification of diabetes mellitus*.
- Rhee, S. Y., & Kim, Y. S. (2015). Peripheral Arterial Disease in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. *Diabetes & Metabolism Journal*, 39(4), 283.
- Sommerset, J., Karmy-Jones, R., Dally, M., Feliciano, B., Veal, Y., & Teso, D. (2019). Plantar Acceleration Time: A Novel Technique to Evaluate Arterial Flow to The Foot. *Annals of Vascular Surgery*, 60, 308–314.
- Sommerset, J., Teso, D., Karmy-Jones, R., Veal, Y., & Feliciano, B. (2020). Pedal Flow Hemodynamics in Patients with Chronic Limb-Threatening Ischemia. *Journal for Vascular Ultrasound*, 44(1), 14–20.
- Sosa, I. P. M., Nicolat, N. E. S., Martínez, J. T., Escartín, M. H. F., Ovaz, E. N., Barrientos-Villegas, S., Martínez, A. del C. R., & Valderrama-Treviño, A. I. (2024). Correlation Between Plantar Acceleration Time and Doppler Ultrasound with The Ankle-Brachial Index in Patients With Peripheral Arterial Disease. *International Surgery Journal*, 11(8), 1215.
- Syed, M. H., Zamzam, A., Valencia, J., Khan, H., Jain, S., Singh, K. K., Abidin, R., & Qadura, M. (2020). Microrna Profile of Patients with Chronic Limb-Threatening Ischemia. *Diagnostics*, 10(4), 230.
- Teso, D., Sommerset, J., Dally, M., Feliciano, B., Veal, Y., & Jones, R. K. (2021). Pedal Acceleration Time (PAT): A Novel Predictor of Limb Salvage. *Annals of Vascular Surgery*, 75, 189–193.
- Trihan, J.-E., Mahé, G., Croquette, M., Coutant, V., Thollot, C., Guillaumat, J., & Lanéelle, D. (2022). Accuracy of Acceleration Time of Distal Arteries to Diagnose Severe Peripheral Arterial Disease. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 8, 744354.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).