Madu Jurnal Kesehatan
Vol 14, No 2 (2025), 135-147
ISSN 2301-5683 (print) 2775-9423 (online)
DOI: 10.31314/mjk. 14.2.135-147.2025

Available Online at http://journal.umgo.ac.id/index.php/madu

HUBUNGAN DURASI HIPERTENSI TERHADAP POLA ELEKTROKARDIOGRAM: KAJIAN KLINIS UNTUK DETEKSI DINI PERUBAHAN JANTUNG

Relationship of Hypertension Duration to Electrocardiogram Pattern: A Clinical Study for Early Detection of Cardiac Changes

Marwono [1*], Muh. Asrul Apris[1], Muhammad Asri[2]
[1]Teknik Kardiovaskuler, Fakultas Teknologi Kesehatan, Universitas Megarezky
[2]Sarjana Sains Biomedis, Fakultas Teknologi Kesehatan, Universitas Megarezky
*Korespondensi: marwono@unimerz.ac.id

ABSTRACT

Hypertension is a major risk factor contributing to cardiovascular disorders, including left ventricular hypertrophy, making early detection through an ECG crucial for preventing complications. This study aimed to analyze the association between duration of hypertension and findings of left/right ventricular hypertrophy (LVH/RVH) and the overall ECG findings. This quantitative, cross-sectional study was conducted at the Lacasino Clinic in Makassar, involving 67 hypertensive patients selected using purposive sampling. Data were obtained through blood pressure measurements, standard 12-lead ECG recordings, and a demographic questionnaire. Analysis included descriptive statistics, Pearson correlation as an initial exploration, Chi-square test, and binary logistic regression controlling for age, sex, systolic blood pressure, and body mass index. Results showed a significant association between duration of hypertension and ECG abnormalities (p = 0.020), with a higher proportion of abnormalities in the hypertension group >5 years. Logistic regression identified duration of hypertension as a significant predictor of LVH/RVH incidence, while other covariates showed no significant association. It is concluded that the duration of hypertension is an important determinant of electrocardiographic changes and is relevant in cardiovascular risk stratification of hypertensive patients.

Keywords: Hypertension, ECG, Left ventricular hypertrophy, Hypertension duration, Early detection

ABSTRAK

Hipertensi merupakan faktor risiko utama yang berkontribusi pada gangguan kardiovaskular, termasuk hipertrofi ventrikel kiri, sehingga deteksi dini melalui EKG menjadi penting dalam pencegahan komplikasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan antara lama hipertensi dengan temuan hipertrofi ventrikel kiri/kanan (LVH/RVH) serta gambaran kesimpulan EKG secara keseluruhan. Penelitian kuantitatif dengan desain *cross-sectional* ini dilakukan di Klinik Lacasino, Makassar, melibatkan 67 pasien hipertensi yang dipilih secara *purposive sampling*. Data diperoleh melalui pengukuran tekanan darah, perekaman EKG standar 12 sadapan, dan kuesioner demografi. Analisis mencakup statistik deskriptif, korelasi Pearson sebagai eksplorasi awal, uji *Chi-square*, dan regresi logistik biner dengan pengendalian usia, jenis kelamin, tekanan darah sistolik, dan indeks massa tubuh. Hasil menunjukkan adanya hubungan bermakna antara durasi hipertensi dan kelainan EKG (p = 0,020), dengan proporsi abnormalitas lebih tinggi pada kelompok hipertensi >5 tahun. Regresi logistik mengidentifikasi durasi hipertensi sebagai

Copyright © 2025, Madu Jurnal Kesehatan, Under the license CC BY-SA 4.0

Madu Jurnal Kesehatan
Vol 14, No 2 (2025), 135-147
ISSN 2301-5683 (print) 2775-9423 (online)
DOI: 10.31314/mjk. 14.2.135-147.2025

Available Online at http://journal.umgo.ac.id/index.php/madu

prediktor signifikan terhadap kejadian LVH/RVH, sedangkan kovariat lain tidak menunjukkan hubungan bermakna. Disimpulkan bahwa lama hipertensi merupakan determinan penting perubahan elektrokardiografi dan relevan dalam stratifikasi risiko kardiovaskular pasien hipertensi.

Kata kunci: Hipertensi, EKG, Hipertrofi ventrikel kiri, Durasi hipertensi, Deteksi dini

PENDAHULUAN

Hipertensi atau tekanan darah tinggi merupakan kondisi dimana darah dalam arteri secara konsisten lebih tinggi dari batas normal. Tekanan darah tinggi merupakan salah satu faktor risiko utama kematian dan kecacatan di dunia.[1] Hipertensi berkontribusi signifikan terhadap beban penyakit global, meskipun pengendaliannya masih menjadi tantangan yang belum terpecahkan[2]. Menurut WHO (2023), ada 1,28 miliar orang dewasa berusia 30–79 tahun yang menderita hipertensi di seluruh dunia.[3] Hipertensi memengaruhi lebih dari 30% populasi orang dewasa di dunia,[4,5] dan prevalensinya semakin meningkat, terutama di kawasan perkotaan Asia Tenggara dengan angka sekitar 33,82%.[6]

Di Indonesia, penyakit hipertensi masih merupakan masalah kesehatan utama yang berpotensi menyebabkan berbagai penyakit serius. Hasil SKI 2023 melaporkan prevalensi hipertensi mencapai 30,8%.[7] Prevalensi penderita hipertensi di Sulawesi Selatan sebesar 31,68 % dari 8.928.002 jiwa sedangkan prevalensi tertinggi berada di kota makassar dengan jumlah kasus 29,35 % [8]. Sementara itu hasil laporan kinerja tahun dinas kesehatan sulawesi selatan tahun 2023 menyebutkan bahwa hipertensi dan pendarahan merupakan penyebab terbanyak kematian ibu.[9]

Hipertensi merupakan salah satu faktor risiko utama penyakit jantung dan pembuluh darah. Penyakit ini dapat menyebabkan kondisi serius seperti penyakit jantung koroner, gagal jantung, dan stroke.[10] Hipertensi berperan besar dalam meningkatnya morbiditas dan mortalitas akibat penyakit kardiovaskular dan ginjal di seluruh dunia, serta memberikan beban finansial yang berat bagi masyarakat.[11] Dampak jangka panjang hipertensi pada jantung dapat menyebabkan penebalan otot jantung, yang memicu gagal jantung. Jika hipertensi tidak diobati dengan baik, perubahan struktural pada jantung, seperti hipertrofi ventrikel kiri (LVH), bisa terjadi tanpa gejala yang jelas.[12] Hal Ini dapat menyebabkan gagal jantung, serangan jantung, dan bahkan stroke.[13] Lebih dari 30% pasien hipertensi di dunia diperkirakan mengalami LVH, yang tingkat keparahannya berkorelasi dengan tingginya insiden dan risiko kematian akibat penyakit kardiovaskular.[14] LVH yang disebabkan oleh hipertensi dikenal sebagai prediktor utama gagal jantung, kematian mendadak, dan peningkatan risiko aritmia jantung.[15]

Untuk mendeteksi kelainan jantung akibat hipertensi, salah satu alat yang digunakan adalah elektrokardiogram (EKG). EKG adalah alat diagnostik non-invasif yang merekam aktivitas listrik jantung dan memberikan gambaran kesehatan jantung seseorang.[16] EKG telah lama digunakan untuk mendeteksi hipertrofi ventrikel kiri (LVH) yang disebabkan oleh hipertensi.[17] Selain itu, EKG juga dapat mendeteksi perubahan struktural pada jantung, seperti pembesaran atrium dan hipertrofi ventrikel.[18] Hipertensi yang berlangsung lama dapat menyebabkan LVH, yang akan terlihat pada gambaran EKG sebagai gelombang R yang lebih tinggi dan terdistorsi.[19]

Copyright © 2025, Madu Jurnal Kesehatan, Under the license CC BY-SA 4.0

Madu Jurnal Kesehatan
Vol 14, No 2 (2025), 135-147
ISSN 2301-5683 (print) 2775-9423 (online)
DOI: 10.31314/mjk. 14.2.135-147.2025

Available Online at http://journal.umgo.ac.id/index.php/madu

Penelitian menunjukkan bahwa pasien hipertensi dengan riwayat penyakit yang lama berisiko mengalami perubahan gambaran EKG berupa hipertrofi ventrikel kiri yang disertai aritmia dan fibrilasi atrial.[20] Temuan serupa yang menyatakan bahwa EKG pada pasien dengan riwayat hipertensi kurang dari 5 tahun umumnya normal, sementara pada pasien dengan riwayat lebih dari 5 tahun, gambaran EKG sudah tidak normal.[21] Prevalensi hipertrofi ventrikel kiri pada pemeriksaan EKG meningkat seiring bertambahnya usia, dengan sedikit dominasi pada pria. Diperkirakan satu dari sepuluh orang yang berusia antara 30 hingga 62 tahun akan mengalami LVH dalam waktu 12 tahun.[22] Selain itu, hipertensi yang berlangsung lama juga dapat memengaruhi ukuran ruang atrium kiri jantung, yang sering terdeteksi melalui EKG. Oleh karena itu, EKG menjadi alat yang penting untuk mendeteksi kelainan jantung akibat hipertensi dan memungkinkan diagnosis yang lebih dini.[23]

Upaya pencegahan dan pengendalian hipertensi sejak dini sangat penting untuk menurunkan komplikasi kardiovaskular seperti penyakit jantung dan stroke. Pemantauan tekanan darah yang konsisten disertai skrining non-invasif awal membantu mengidentifikasi individu berisiko sehingga intervensi dapat dilaksanakan lebih cepat. Dalam konteks skrining awal di fasilitas primer, elektrokardiogram (EKG) tetap berperan sebagai alat diagnostik yang mudah diakses untuk mendeteksi tanda-tanda perubahan struktural jantung, meskipun sensitivitas kriteria voltase klasik relatif rendah sehingga interpretasi EKG perlu dikombinasikan dengan penilaian klinis dan, bila memungkinkan, pemeriksaan lanjutan atau algoritma berbasis kecerdasan buatan untuk meningkatkan akurasi deteksi.[24]

Penelitian ini berbeda dengan penelitian terdahulu karena menawarkan pendekatan yang lebih komprehensif melalui penggabungan kajian literatur, data klinis pasien hipertensi dengan durasi berbeda, serta analisis EKG yang lebih terfokus pada perubahan jantung akibat hipertensi, termasuk mempertimbangkan faktor klinis seperti usia dan jenis kelamin. Selain itu, penelitian ini mengedepankan deteksi dini yang lebih efektif dengan penggunaan EKG terstandarisasi yang diintegrasikan dengan model prediktif, sehingga diagnosis perubahan jantung dapat dilakukan lebih awal dan risiko komplikasi seperti gagal jantung maupun stroke dapat diminimalkan. Keunggulan lain yang menjadi kebaruan adalah pengembangan model prediktif berbasis durasi hipertensi yang dibangun dari data EKG dan riwayat hipertensi pasien, sehingga mampu memberikan gambaran lebih jelas mengenai dampak lama hipertensi terhadap perubahan jantung sekaligus membantu upaya pencegahan gangguan kardiovaskular yang lebih serius.

Selain itu, konteks fasilitas pelayanan kesehatan juga mempengaruhi efektivitas deteksi awal. Klinik Lacasino sebagai fasilitas kesehatan tingkat pertama belum memiliki layanan diagnostik kardiovaskuler yang lengkap, sehingga EKG menjadi instrumen utama dalam skrining awal. Keterbatasan sumber daya ini mendorong perlunya pemanfaatan EKG secara optimal untuk menilai risiko awal perubahan jantung terutama pada pasien hipertensi dengan berbagai durasi penyakit. Melalui pendekatan yang terstandarisasi, data EKG di faskes tingkat pertama dapat menjadi alat yang strategis untuk deteksi dini dan rujukan tepat waktu.

Oleh karena itu, penelitian ini disusun untuk menjawab kebutuhan klinis dan akademik terkait dampak durasi hipertensi terhadap perubahan elektrik jantung. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan antara lama hipertensi dengan temuan LVH atau RVH pada pemeriksaan

Copyright © 2025, Madu Jurnal Kesehatan, Under the license CC BY-SA 4.0

Madu Jurnal Kesehatan
Vol 14, No 2 (2025), 135-147
ISSN 2301-5683 (print) 2775-9423 (online)
DOI: 10.31314/mjk. 14.2.135-147.2025

Available Online at http://journal.umgo.ac.id/index.php/madu

EKG serta menilai keterkaitan antara durasi hipertensi dengan gambaran kesimpulan EKG secara keseluruhan. Pendekatan ini diharapkan memberikan wawasan yang lebih komprehensif mengenai pola perubahan jantung pada hipertensi kronis dan mendukung peningkatan pelayanan skrining kardiovaskuler pada fasilitas kesehatan tingkat pertama.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan studi kuantitatif dengan desain *cross-sectional* yang dilaksanakan di Klinik Lacasino, Makassar, selama satu tahun. Responden terdiri atas pasien hipertensi berusia 18–59 tahun (dewasa) dan ≥60 tahun (lansia), dengan penetapan rentang usia tersebut karena usia merupakan variabel konfunder potensial pada hubungan antara durasi hipertensi dan perubahan elektrokardiogram. Sampel diperoleh melalui *purposive sampling* berdasarkan kriteria inklusi yaitu pasien hipertensi yang telah terdiagnosis minimal enam bulan sebelumnya, berada pada rentang usia penelitian, dan bersedia mengikuti penelitian melalui penandatanganan *informed consent*. Adapun kriteria eksklusi meliputi riwayat penyakit jantung kongenital, gangguan irama jantung signifikan yang dapat memengaruhi interpretasi EKG, serta penyakit metabolik berat yang tidak terkontrol. Durasi hipertensi dihitung berdasarkan diagnosis pertama oleh dokter dan dikategorikan menjadi ≤5 tahun dan >5 tahun.

Pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran tekanan darah menggunakan *digital sphygmomanometer*, perekaman elektrokardiogram standar 12-lead, serta kuesioner untuk memperoleh data demografi dan faktor risiko kardiovaskular. Interpretasi EKG mencakup pengukuran interval PR, durasi QRS, interval QT/QTc, gelombang T, serta penentuan adanya LVH/RVH berdasarkan kriteria Sokolow–Lyon. Seluruh parameter elektrokardiografi diklasifikasikan sebagai variabel kategorik sesuai kebutuhan analisis inferensial.

Analisis data dilakukan menggunakan statistik deskriptif untuk menggambarkan karakteristik responden dan distribusi temuan elektrokardiogram. Hubungan antara lama hipertensi dan kejadian LVH/RVH dianalisis menggunakan uji korelasi Pearson sebagai tahap eksplorasi awal untuk menilai kecenderungan hubungan linier antarvariabel. Inferensi utama terhadap peran lama hipertensi selanjutnya ditentukan melalui analisis inferensial. Hubungan antara durasi hipertensi dan gambaran kesimpulan EKG (normal dan abnormal) diuji menggunakan uji *Chi-square*. Untuk mengevaluasi pengaruh lama hipertensi sebagai faktor prediktor terhadap kejadian LVH/RVH, dilakukan analisis regresi logistik biner dengan mengontrol variabel perancu potensial, yaitu usia, jenis kelamin, tekanan darah sistolik, dan indeks massa tubuh. Hasil analisis disajikan dalam bentuk *odds ratio* (OR) dan *confidence interval* 95%. Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS dengan tingkat signifikansi ditetapkan pada nilai $p < 0,05$.

HASIL

Responden dalam penelitian ini berjumlah 67 pasien hipertensi dari total 70 partisipan terdaftar. Tiga responden tidak diikutsertakan karena data tidak lengkap. Karakteristik responden mencakup usia, jenis kelamin, tekanan darah, dan lama menderita hipertensi. Data diperoleh melalui wawancara terstruktur, pemeriksaan tekanan darah langsung, serta telaah rekam medis di Klinik Lacasino, kemudian dianalisis secara deskriptif dengan menampilkan distribusi frekuensi, persentase, rata-rata (*mean*), dan simpangan baku (*standard deviation*).

Copyright © 2025, Madu Jurnal Kesehatan, Under the license CC BY-SA 4.0

Madu Jurnal Kesehatan
Vol 14, No 2 (2025), 135-147
ISSN 2301-5683 (print) 2775-9423 (online)
DOI: 10.31314/mjk. 14.2.135-147.2025

Available Online at http://journal.umgo.ac.id/index.php/madu

Tabel 1. Gambaran Umum Karakteristik Subjek Penelitian (n = 67)

Variabel	n (%) / Mean ± SD	Min–Max
Usia (tahun)	59,03 ± 11,99	37–88
SBP (mmHg)	142,93 ± 18,87	130–196
DBP (mmHg)	88,19 ± 11,45	60–132
BMI (kg/m²)	24,43 ± 3,92	17–35
Jenis Kelamin		
Laki-laki	23 (34,3%)	-
Perempuan	44 (65,7%)	-
Durasi hipertensi		
≤ 5 tahun	35 (52,2%)	-
> 5 tahun	32 (47,8%)	-
LVH/RVH (Sokolow–Lyon)	13 (19,40%)	-
Gambaran Hasil EKG		
Normal	34 (50,75%)	-
Abnormal	33 (49,25%)	-

*Sumber: Data Primer Klinik Lacasini, 2025

Penelitian ini melibatkan 67 responden dengan rentang usia 37 hingga 88 tahun, dengan rata-rata usia 59,03 ± 11,99 tahun. Komposisi usia ini menggambarkan bahwa masalah hipertensi tidak hanya menjadi beban kesehatan pada kelompok lanjut usia, namun juga mulai mengakar kuat pada individu usia produktif. Tekanan sistolik menunjukkan nilai rata-rata 142,93 ± 18,87 mmHg dengan kisaran 130–196 mmHg, sedangkan tekanan diastolik rata-rata adalah 88,19 ± 11,45 mmHg dengan rentang 60–132 mmHg. Nilai BMI responden berada dalam kisaran 17 hingga 35 kg/m² dengan rata-rata 24,43 ± 3,92 kg/m².

Dari sisi jenis kelamin, perempuan mendominasi jumlah responden sebanyak 44 orang (65,7%), sedangkan laki-laki tercatat 23 orang (34,3%). Dominasi responden perempuan dapat memberi gambaran bahwa kelompok ini lebih mudah dijangkau dalam kegiatan skrining ataupun lebih aktif dalam mengikuti pemeriksaan kesehatan berkala. Sementara itu, Durasi hipertensi responden terbagi relatif seimbang. Sebanyak 35 orang (52,2%) memiliki riwayat hipertensi ≤ 5 tahun, sedangkan 32 orang (47,8%) telah mengalami hipertensi > 5 tahun. Keseimbangan ini memberikan peluang untuk melihat dinamika perubahan elektrokardiogram secara lebih objektif berdasarkan lamanya penyakit berlangsung.

Temuan berdasarkan kriteria Sokolow–Lyon menunjukkan bahwa 13 responden (19,40%) mengalami LVH/RVH, yang menggambarkan adanya proporsi peserta dengan hipertrofi atau pembesaran ventrikel berdasarkan penilaian EKG. Sementara itu, hasil pemeriksaan EKG menunjukkan bahwa 34 responden (50,75%) memiliki gambaran EKG abnormal dan 33 responden (49,25%) berada dalam kategori abnormal. Distribusi ini mengindikasikan bahwa meskipun prevalensi LVH/RVH relatif rendah, masih terdapat kelompok responden dengan kelainan EKG lain yang cukup bermakna, sehingga tetap menunjukkan adanya potensi gangguan elektrofisiologis pada sebagian populasi penelitian.

Analisis regresi logistik biner dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berhubungan dengan kejadian LVH/RVH pada responden. Hasil analisis menunjukkan bahwa durasi hipertensi merupakan satu-satunya variabel yang memiliki hubungan bermakna secara statistik terhadap kejadian LVH/RVH (p = 0,026). Responden dengan

Copyright © 2025, Madu Jurnal Kesehatan, Under the license CC BY-SA 4.0

Madu Jurnal Kesehatan
Vol 14, No 2 (2025), 135-147
ISSN 2301-5683 (print) 2775-9423 (online)
DOI: 10.31314/mjk. 14.2.135-147.2025

Available Online at http://journal.umgo.ac.id/index.php/madu

durasi hipertensi yang lebih lama memiliki odds lebih rendah mengalami LVH/RVH (OR = 0,150; 95% CI: 0,028–0,797), yang mengindikasikan bahwa peningkatan durasi hipertensi dalam model ini berasosiasi dengan penurunan odds kejadian LVH/RVH.

Variabel lain, seperti usia, jenis kelamin, tekanan darah sistolik, dan indeks massa tubuh, tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan kejadian LVH/RVH ($p > 0,05$). Usia memiliki OR sebesar 1,036 (95% CI: 0,969–1,107), sedangkan jenis kelamin menunjukkan OR 2,885 (95% CI: 0,757–10,97), namun keduanya tidak mencapai signifikansi statistik. Tekanan darah sistolik (OR = 1,018; 95% CI: 0,965–1,072) dan indeks massa tubuh (OR = 1,008; 95% CI: 0,845–1,203) juga tidak berhubungan secara signifikan dengan LVH/RVH.

Berdasarkan distribusi frekuensi, responden dengan lama hipertensi ≤5 tahun sebagian besar menunjukkan gambaran EKG normal, yaitu 22 dari 35 orang (62,86%), sementara 13 orang (37,14%) mengalami kelainan EKG. Sebaliknya, pada kelompok dengan hipertensi >5 tahun, mayoritas responden justru mengalami kelainan EKG, yaitu 21 dari 32 orang (65,63%), sedangkan hanya 11 orang (34,38%) yang memiliki hasil EKG normal.

Hasil uji Chi-Square menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara lama hipertensi dan kelainan EKG pada pasien hipertensi ($\chi^2 = 5.426$, $df = 1$, $p = 0.020$). Temuan ini mengindikasikan bahwa proporsi kelainan EKG lebih tinggi pada responden dengan hipertensi >5 tahun dibandingkan dengan mereka yang mengalami hipertensi ≤5 tahun.

Tabel 2. Hasil Regresi Logistik Biner terhadap Kejadian LVH/RVH

	OR	95% CI	p-value
Durasi hipertensi	0,150	0,028 – 0,797	0,026*
Usia (tahun)	1,036	0,969 – 1,107	0,295
Jenis kelamin	2,885	0,757 – 10,97	0,120
Tekanan darah sistolik	1,018	0,965 – 1,072	0,512
Indeks massa tubuh	1,008	0,845 – 1,203	0,933

*Korelasi signifikan pada tingkat signifikansi $p < 0,05$.

Tabel 3. Hubungan Lama Hipertensi dengan Kelainan EKG (n = 67)

Lama Hipertensi	Normal (n=30)	Abnormal (n=37)	Total
≤ 5 tahun	22 (62,86%)	13 (37,14%)	35
> 5 tahun	11(34,38%)	21 (65,63%	32
Total	33	34	67

*Sumber: Data Primer Klinik Lacasini, 2025

Tabel 4. Hasil Uji Chi-Square antara Lama Hipertensi dan Kelainan EKG

Variabel Independen	Kategori	Kelainan EKG (%)	χ^2	df	p
Lama Hipertensi	≤ 5 tahun	37,14%	5.426	1	0.020
	> 5 tahun	65,63%			

*Korelasi signifikan pada tingkat signifikansi $p < 0,05$.

Copyright © 2025, Madu Jurnal Kesehatan, Under the license CC BY-SA 4.0

Madu Jurnal Kesehatan
Vol 14, No 2 (2025), 135-147
ISSN 2301-5683 (print) 2775-9423 (online)
DOI: 10.31314/mjk. 14.2.135-147.2025

Available Online at http://journal.umgo.ac.id/index.php/madu

PEMBAHASAN

Penelitian ini menegaskan bahwa durasi hipertensi memiliki peran penting terhadap terjadinya perubahan struktur jantung yang terdeteksi melalui pemeriksaan elektrokardiografi, khususnya hipertrofi ventrikel kiri dan kanan. Lama paparan terhadap tekanan darah tinggi mencerminkan beban hemodinamik jangka panjang yang dialami miokard, sehingga berkontribusi terhadap proses *cardiac remodeling* yang bersifat progresif dan kumulatif.[25] Secara patofisiologis, hipertensi kronis menyebabkan peningkatan *afterload* yang menetap dan mendorong miokard beradaptasi melalui penebalan dinding ventrikel. Namun, hubungan yang diamati dalam penelitian ini mengindikasikan bahwa proses tersebut dipengaruhi oleh faktor lain, terutama pengelolaan hipertensi jangka panjang. Hal ini senada dengan penelitian menyebutkan bahwa terapi antihipertensi yang adekuat dan berkesinambungan dapat memperlambat bahkan meregresi hipertrofi ventrikel melalui penurunan beban tekanan dan modulasi sistem renin-angiotensin-aldosteron.[26]

Hasil uji korelasi Pearson menunjukkan adanya hubungan negatif yang signifikan antara lama hipertensi dan temuan LVH maupun RVH pada pemeriksaan elektrokardiogram. Meskipun kekuatan korelasinya lemah, temuan ini menegaskan bahwa perubahan struktural miokard tidak hanya ditentukan oleh durasi paparan hipertensi, tetapi juga dipengaruhi oleh variabilitas fisiologis individu serta efektivitas pengendalian tekanan darah selama periode tersebut. Hubungan negatif yang terlihat dapat mengindikasikan bahwa sebagian responden dengan hipertensi jangka panjang telah mendapatkan terapi yang lebih stabil, sehingga beban hemodinamik pada miokard menjadi lebih terkelola. Kondisi ini semakin relevan ketika mempertimbangkan bahwa EKG konvensional memiliki keterbatasan dalam mendeteksi hipertrofi struktural, terutama pada fase remodelisasi lanjut ketika fibrosis dan disorganisasi jaringan miokard mulai mendominasi.[27]

Beberapa studi mendukung temuan ini. Misalnya, pengembangan model deep learning berbasis CNN-LSTM yang mampu memprediksi LVH dari EKG dengan performa yang lebih baik dibandingkan kriteria voltase tradisional.[28] Senada dengan penelitian yang menyebutkan bahwa model *machine learning* dapat mengidentifikasi remodel geometri ventrikel (abnormal left ventricular geometry) sebelum berkembang menjadi LVH penuh, sesuatu yang sulit dideteksi hanya dengan EKG konvensional.[29]

Di sisi lain, masih ada penelitian yang menunjukkan hubungan kuat antara durasi hipertensi dan perubahan struktural ventrikel berdasarkan pencitraan (misalnya ekokardiografi atau MRI). Perbedaan ini bisa disebabkan oleh sensitivitas EKG yang rendah sedangkan pencitraan langsung dapat menangkap hipertrofi dan fibrosis secara anatomis, EKG lebih mencerminkan fungsi elektrik yang bisa terpengaruh oleh faktor-faktor lain seperti konduktivitas jaringan (bias konduksi, disipasi listrik akibat fibrosis).[30]

Proses terjadinya LVH maupun RVH pada hipertensi secara teoritis telah banyak dijelaskan melalui mekanisme adaptasi miokard terhadap tekanan berlebih. Pada fase awal hipertensi, sel otot jantung cenderung mengalami penebalan dinding ventrikel sebagai respons terhadap peningkatan *afterload*. Mekanisme kompensasi ini bertujuan menjaga curah jantung tetap adekuat meskipun resistensi pembuluh darah meningkat. Konsep ini sejalan dengan penjelasan dalam buku *Braunwald's Heart Disease* menekankan bahwa hipertrofi pada ventrikel merupakan respons adaptif awal yang memungkinkan ventrikel mempertahankan

Copyright © 2025, Madu Jurnal Kesehatan, Under the license CC BY-SA 4.0

Madu Jurnal Kesehatan
Vol 14, No 2 (2025), 135-147
ISSN 2301-5683 (print) 2775-9423 (online)
DOI: 10.31314/mjk. 14.2.135-147.2025

Available Online at http://journal.umgo.ac.id/index.php/madu

fungsi pemompaan dalam kondisi tekanan sistemik yang meningkat secara kronis.[31]

Namun, adaptasi struktural tersebut tidak berlangsung tanpa batas. Ketika hipertensi menetap dalam durasi yang panjang, terjadi perubahan lanjutan pada jaringan miokard berupa peningkatan deposisi kolagen, penurunan elastisitas dinding, dan gangguan konduksi listrik. Studi oleh Tadic dan Cuspidi (2021) dalam *Journal of Clinical Hypertension* menegaskan bahwa seiring bertambahnya usia hipertensi, kualitas hipertrofi berubah dari adaptif menjadi maladaptif. Perubahan ini bukan hanya berdampak pada struktur ventrikel, tetapi juga memengaruhi pola aktivasi listrik sehingga temuan EKG dapat menjadi kurang sensitif dibandingkan modalitas pencitraan seperti ekokardiografi.[32] Hal tersebut dapat menjelaskan mengapa hubungan lama hipertensi dan LVH/RVH tidak meningkat secara linear dalam penelitian ini.

Perkembangan patofisiologis ini diperkuat oleh temuan penelitian dari Díez, Javier, and Javed Butler (2023) yang dipublikasikan dalam *Hypertension Research*. Mereka menjelaskan bahwa hipertrofi ventrikel tidak hanya bergantung pada durasi penyakit, tetapi juga dipengaruhi oleh stabilitas tekanan darah harian, derajat *arterial stiffness*, dan keberlanjutan terapi antihipertensi. Pasien yang menerima terapi teratur dan mencapai kontrol tekanan darah yang baik cenderung memiliki penurunan progresivitas hipertrofi meskipun riwayat hipertensi sudah berlangsung bertahun-tahun.[33] Prinsip ini juga relevan dengan kondisi responden pada penelitian ini, yang mungkin memiliki variasi pengobatan dan kepatuhan yang berbeda sehingga pola EKG tidak sepenuhnya mengikuti pola durasi penyakit.

Selain itu, sensitivitas EKG dalam mendeteksi *left ventricular hypertrophy* (LVH) memang memiliki keterbatasan inheren. EKG lebih peka terhadap hipertrofi yang bersifat elektrik dibandingkan perubahan anatomis yang berkembang secara bertahap. Pada hipertensi kronis, proses *remodeling* seperti fibrosis dan disorganisasi jaringan menyebabkan propagasi listrik melemah sehingga voltase tidak lagi meningkat sebagaimana pada fase awal hipertrofi. Kondisi ini menjelaskan mengapa pada tahap lanjut, gelombang dan voltase EKG dapat tampak normal meskipun terjadi penebalan dinding ventrikel secara struktural. Temuan tersebut sejalan dengan laporan Liu et al. (2023) yang menunjukkan bahwa voltase EKG kehilangan sensitivitas saat miokard mengalami perubahan morfologi yang kompleks [27], serta kajian Faggiano dan Cuspidi (2024) yang menegaskan perlunya kriteria EKG modern untuk meningkatkan akurasi deteksi LVH [27]. Fenomena ini memperkuat kemungkinan bahwa korelasi negatif dalam penelitian dapat disebabkan oleh keterbatasan EKG konvensional dalam mencerminkan perubahan struktural jantung.

Dengan demikian, temuan penelitian ini memperkuat gagasan bahwa durasi hipertensi memang memengaruhi kondisi jantung, tetapi dampaknya pada gambaran EKG sangat dipengaruhi oleh aspek hemodinamik, terapi, dan remodel mikroskopis yang tidak selalu terdeteksi secara listrik. Hal ini menegaskan pentingnya pendekatan diagnostik multimodal selain EKG, pemeriksaan lanjutan seperti ekokardiografi atau pencitraan lainnya sangat dianjurkan untuk menilai hipertrofi ventriculer secara komprehensif.

Temuan penelitian ini juga memperlihatkan bahwa peningkatan durasi hipertensi berkaitan dengan meningkatnya proporsi kelainan kesimpulan akhir EKG pada pasien hipertensi. Pola ini sejalan dengan konsep bahwa hipertensi merupakan faktor risiko progresif yang menimbulkan dampak kumulatif terhadap sistem kardiovaskular.

Copyright © 2025, Madu Jurnal Kesehatan, Under the license CC BY-SA 4.0

Madu Jurnal Kesehatan
Vol 14, No 2 (2025), 135-147
ISSN 2301-5683 (print) 2775-9423 (online)
DOI: 10.31314/mjk. 14.2.135-147.2025

Available Online at http://journal.umgo.ac.id/index.php/madu

Pada fase awal, hipertensi sering kali belum menimbulkan perubahan listrik jantung yang nyata, namun seiring waktu, tekanan hemodinamik yang persisten akan memicu adaptasi miokard yang dapat terdeteksi melalui pemeriksaan elektrokardiografi.[34]

Secara statistik, hubungan yang bermakna antara lama hipertensi dan kelainan EKG (χ^2 = 5,426; p = 0,020) menunjukkan bahwa durasi penyakit berperan sebagai determinan penting dalam munculnya abnormalitas EKG. Hasil ini konsisten dengan berbagai laporan sebelumnya yang menyatakan bahwa hipertensi kronik berkontribusi terhadap terjadinya hipertrofi ventrikel, gangguan konduksi, serta perubahan segmen ST–T sebagai manifestasi awal keterlibatan organ target jantung. Dengan kata lain, semakin lama seseorang hidup dengan hipertensi yang tidak terkontrol secara optimal, semakin besar kemungkinan terjadinya remodeling jantung yang bersifat patologis.[35]

Dari perspektif klinis, dominasi kelainan EKG pada kelompok hipertensi >5 tahun memperkuat urgensi stratifikasi risiko berdasarkan durasi penyakit, bukan semata-mata nilai tekanan darah saat pemeriksaan. Pemeriksaan EKG rutin pada pasien dengan hipertensi jangka panjang menjadi langkah strategis untuk mendeteksi perubahan subklinis sebelum berkembang menjadi komplikasi kardiovaskular yang lebih berat, seperti gagal jantung, aritmia bermakna, atau kejadian iskemik miokard. Hal ini senada dengan penelitian yang menyebutkan bahwa pemeriksaan EKG berkala menjadi langkah strategis dalam pemantauan pasien hipertensi jangka panjang.[36]

Secara patofisiologis, hipertensi jangka panjang memicu *remodeling* ventrikel melalui beban mekanik kronis (*pressure overload*) yang menyebabkan hipertrofi awal. Seiring waktu, penebalan dinding ventrikel ini dapat disertai akumulasi kolagen dan fibrosis interstisial, yang mengganggu sebaran impuls listrik dan konduktivitas. Proses ini dapat menghasilkan perubahan voltase EKG atau morfologi gelombang, namun tidak selalu proporsional dengan massa ventrikel yang bertambah. Selain itu, penelitian terbaru menunjukkan bahwa dengan peningkatan massa dan fibrosis ventrikel, parameter kerja miokard seperti *myocardial work* (misalnya global work index, konstruktif work) dapat mengalami pola "puncak lalu menurun" ketika hipertrofi sangat lanjut.[37] Dengan demikian, meskipun EKG merefleksikan adaptasi elektrik, sensitivitasnya terhadap remodel struktural mungkin terbatas karena konduktivitas listrik sudah terganggu oleh fibrosis.

Temuan tersebut sejalan dengan perkembangan bukti ilmiah yang menunjukkan bahwa kemampuan EKG dalam mengenali perubahan struktural jantung terus dievaluasi dan diperbaiki. Beberapa studi sejalan dengan penelitian ini yaitu kriteria EKG klasik (berbasis voltase QRS) memiliki akurasi diagnostik suboptimal dan bahwa kriteria baru seperti *Peguero–Lo Presti* menunjukkan potensi sensitivitas lebih tinggi dibandingkan kriteria konvensional[38]. Selain itu, studi lainnya menegaskan bahwa sensitivitas kriteria voltase ECG terhadap hipertrofi sangat rendah tergantung karakteristik tubuh, usia, dan indeks massa tubuh, yang menunjukkan keterbatasan EKG dalam mendeteksi hipertrofi nyata.[39] Studi lain melaporkan bahwa ventrikel hipertrofik dapat meningkatkan beban jantung meningkat dan efisiensi kerja miokard yang menurun, mencerminkan kontraksi yang kurang efektif meski massa jantung bertambah.[40]

Di sisi lain, bukti ilmiah tidak selalu konsisten dalam menggambarkan pola hubungan tersebut. Penelitian klinis yang berfokus pada regresi LVH setelah terapi antihipertensi menunjukkan bahwa

Copyright © 2025, Madu Jurnal Kesehatan, Under the license CC BY-SA 4.0

Madu Jurnal Kesehatan
Vol 14, No 2 (2025), 135-147
ISSN 2301-5683 (print) 2775-9423 (online)
DOI: 10.31314/mjk. 14.2.135-147.2025

Available Online at http://journal.umgo.ac.id/index.php/madu

pengurangan massa ventrikel melalui terapi dapat dikonfirmasi melalui pencitraan ekokardiografi dan memiliki implikasi prognostik penting.[41] Penelitian menunjukkan bahwa kriteria EKG seperti kriteria Peguero–Lo Presti tidak selalu berkorelasi baik dengan temuan ekokardiografi pada pasien hipertensi, yang mengindikasikan bahwa EKG bisa "melewatkan" hipertrofi meskipun durasi hipertensi panjang.[42]

Temuan penelitian ini mempunya implikasi klinis penting dimana evaluasi jantung sebaiknya dilakukan secara komprehensif. selain EKG, perlu dipertimbangkan penggunaan ekokardiografi untuk menilai geometri ventrikel dan fibrosis, serta pemantauan klinis lainnya seperti kontrol tekanan darah secara ketat dan kepatuhan terapi. Karena itu, meskipun massa jantung bertambah, tidak semua perubahan struktural akan langsung terekam sebagai voltase tinggi di EKG terutama bila remodel sudah jauh maju dan konduktivitas listrik terganggu.[43] Strategi ini sesuai rekomendasi terkini bahwa pengelolaan penyakit jantung hipertensif (*hypertensive heart disease*) harus menargetkan tidak hanya tekanan darah, tetapi juga proses remodeling struktural dan fibrosis.[44]

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa lama hipertensi merupakan indikator klinis yang relevan dalam evaluasi kardiovaskular pasien hipertensi. Integrasi data durasi hipertensi dengan temuan EKG dapat membantu klinisi dalam menentukan pendekatan pemantauan dan intervensi yang lebih tepat sasaran, khususnya pada pasien dengan risiko tinggi mengalami perubahan struktural dan fungsional jantung. Oleh karena itu, interpretasi EKG pada pasien hipertensi harus dilakukan dalam konteks klinis yang luas, dan idealnya dipadukan dengan modalitas diagnostik lain seperti ekokardiografi atau pengukuran kerja miokard untuk mendapatkan gambaran struktur dan fungsi jantung yang lebih akurat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Durasi hipertensi berhubungan secara bermakna dengan peningkatan proporsi kelainan elektrokardiogram, sehingga menegaskan bahwa lamanya penyakit merupakan faktor penting dalam terjadinya perubahan elektrik jantung pada pasien hipertensi. Meskipun durasi hipertensi juga berasosiasi dengan temuan LVH/RVH berdasarkan kriteria EKG konvensional, arah dan kekuatan hubungan tersebut mencerminkan kompleksitas proses remodeling miokard yang dipengaruhi oleh pengendalian tekanan darah serta keterbatasan sensitivitas EKG dalam mendeteksi perubahan struktural lanjut. Temuan ini menekankan pentingnya mempertimbangkan durasi hipertensi dalam stratifikasi risiko kardiovaskular dan mendukung perlunya pemantauan EKG berkala yang, bila memungkinkan, dikombinasikan dengan modalitas pencitraan seperti ekokardiografi untuk memperoleh penilaian jantung yang lebih komprehensif pada pasien dengan hipertensi jangka panjang. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain longitudinal dengan pemeriksaan pencitraan jantung yang lebih komprehensif serta memasukkan variabel klinis tambahan guna memperkuat interpretasi temuan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Mills KT, Stefanescu A, He J. The global epidemiology of hypertension. *Nat Rev Nephrol*. 2020;16(4):223-237. doi:10.1038/s41581-019-0244-2
2. Brouwers S, Sudano I, Kokubo Y, Sulaica EM. Arterial hypertension. *Lancet*. 2021;398(10296):249-261. doi:10.1016/S0140-6736(21)00221-X

Copyright © 2025, Madu Jurnal Kesehatan, Under the license CC BY-SA 4.0

Madu Jurnal Kesehatan
Vol 14, No 2 (2025), 135-147
ISSN 2301-5683 (print) 2775-9423 (online)
DOI: 10.31314/mjk. 14.2.135-147.2025

Available Online at http://journal.umgo.ac.id/index.php/madu

3. WHO. *Global Report on Hypertension*. Vol 01.; 2023.
4. Pan American Health Organization. World Hypertension Day 2020. Pan American Health Organization. Published 2020. https://www.paho.org/en/campaigns/world-hypertension-day-2020
5. Mills KT, Bundy JD, Kelly TN, et al. Global disparities of hypertension prevalence and control: a systematic analysis of population-based studies from 90 countries. *Circulation*. 2016;134(6):441-450.
6. Mohammed Nawi A, Mohammad Z, Jetly K, et al. The Prevalence and Risk Factors of Hypertension among the Urban Population in Southeast Asian Countries: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Hypertens*. 2021;2021. doi:10.1155/2021/6657003
7. BKPK. Prevalensi, Dampak, serta Upaya Pengendalian Hipertensi & Diabetes di Indonesia. *Kementeri Kesehat*. Published online 2023:1-2. https://drive.google.com/file/d/1RGiLjySxNy4gvJLWG1gPTXs7QQRnkS--/view
8. Dinkes SulSel. Laporan Kinerja Tahun 2023. Published online 2023.
9. Riskesdas. Laporan Riskesdas 2018 Nasional.pdf. *Lemb Penerbit Balitbangkes*. Published online 2018.
10. Bozkurt B, Aguilar D, Deswal A, et al. Contributory Risk and Management of Comorbidities of Hypertension, Obesity, Diabetes Mellitus, Hyperlipidemia, and Metabolic Syndrome in Chronic Heart Failure: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*. 2016;134(23):e535-e578. doi:10.1161/CIR.0000000000000450
11. Collaborators GBD 2016 RF. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *Lancet (London, England)*. 2017;390(10100):1345. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5614451/
12. Yetis B, Ali S. Left Ventricular Hypertrophy : Etiology-Based Therapeutic Options. *Cardiol Ther*. 2022;11(2):203-230. doi:10.1007/s40119-022-00260-y
13. Schumacher K, Kornej J, Shantsila E, Lip GYH. Heart Failure and Stroke. Published online 2018:287-296.
14. Leache L, Gutiérrez-Valencia M, Finizola RM, et al. Pharmacotherapy for hypertension-induced left ventricular hypertrophy. *Cochrane database Syst Rev*. 2021;10(10):CD012039. doi:10.1002/14651858.CD012039.pub3
15. Saheera S. Cardiovascular Changes Associated with Hypertensive Heart Disease and Aging. 2020;29:1-10. doi:10.1177/0963689720920830
16. Sattar Y, Chhabra L. Electrocardiogram. In: ; 2025.
17. Bird K, Chan G, Lu H, et al. Assessment of Hypertension Using Clinical Electrocardiogram Features : A First-Ever Review. *Assess Hypertens Using Electrocardiogram*. 2020;7(December):1-17. doi:10.3389/fmed.2020.583331
18. Rafie N, Kashou AH, Noseworthy PA. ECG Interpretation : Clinical Relevance , Challenges , and Advances. *MDPI*. 2021;2:505-513.

Copyright © 2025, Madu Jurnal Kesehatan, Under the license CC BY-SA 4.0

Madu Jurnal Kesehatan
Vol 14, No 2 (2025), 135-147
ISSN 2301-5683 (print) 2775-9423 (online)
DOI: 10.31314/mjk. 14.2.135-147.2025

Available Online at http://journal.umgo.ac.id/index.php/madu

19. Wu Y, Xin B, Wan Q, Ren Y, Jiang W. Heliyon Risk factors and prediction models for cardiovascular complications of hypertension in older adults with machine learning : A cross-sectional study. *Heliyon*. 2024;10(6):e27941. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e27941
20. Fira S. ECG Profile of Hypertension patients in Outpatient Cardiac Uni. *J Ners Indones*. 2016;11 No 1.
21. Taufikurrahman T, Wahid A, Rizany I. Perbedaan Gambaran Ekg Pada Pasien Hipertensi Dengan Lama Riwayat Menderita< 5 Tahun Dan ≥5 Tahun Di Poli Penyakit Dalam Rumah Sakit H. Damanhuri Barabai. *Din Kesehat J Kebidanan dan Keperawatan*. 2019;10(1):427-439.
22. Ayu Pratiwi Hasari D. Karakteristik Gambaran EKG Pasien Hipertensi di Rumah Sakit Ibnu Sina Makassar Periode Januari-Juni 2017. *Umi Med J*. 2019;3(2):71-80.
23. Puthenpura MM, Sipko J, Sankar PR, et al. Correlating Left Atrial Enlargement and Left Ventricular Hypertrophy on ECG With Echocardiography and Cardiac Magnetic Resonance Imaging. *J Am Heart Assoc*. 2025;14(6):e037772. doi:10.1161/JAHA.124.037772
24. Evangelos Oikonomou. Diagnostic performance of electrocardiographic criteria in echocardiographic diagnosis of different patterns of left ventricular hypertrophy. *Oikonomou Theofilis Contrib Equal to this Work This*. 2019;(August):1-9. doi:10.1111/anec.12728
25. Franz H. Messerli. The Transition From Hypertension to Heart Failure. *JACC Hear Fail*. 2017;5(8). doi:10.1016/j.jchf.2017.04.012
26. Ying JC, Li PC, Yu QWJ. Comparative efficacy of different types of antihypertensive drugs in reversing left ventricular hypertrophy as determined with echocardiography in hypertensive patients : A network meta-analysis of randomized controlled trials. *J Clin Hypertens*. 2020;(July):2175-2183. doi:10.1111/jch.14047
27. Liu CW, Wu FH, Hu YL, Pan RH, Lin CH. Left ventricular hypertrophy detection using electrocardiographic signal. *Sci Rep*. Published online 2023:1-13. doi:10.1038/s41598-023-28325-5
28. Zhao X, Huang G, Wu L, et al. Deep learning assessment of left ventricular hypertrophy based on electrocardiogram. *Front Cardiovasc Med*. Published online 2022. doi:10.3389/fcvm.2022.952089
29. Angelaki E, Marketou M, Barmparis G, et al. Detection of left ventricular hypertrophy on the ECG through machine learning with a focus on obesity ESC Congress 2022 – Barcelona , Spain. 2022;(August):2772.
30. Huang J, Tseng C, Huang W, et al. Comparison of machine learning and conventional criteria in detecting left ventricular hypertrophy and prognosis with electrocardiography. *Eur Hear J - Digit Heal*. 2025;6(2):252-260. doi:10.1093/ehjdh/ztaf003
31. Zipes DP. *Braunwald's Heart Disease e-Book: A Textbook of Cardiovascular Medicine*. Elsevier Health Sciences; 2018.
32. Amar J, Touront N, Ciron AM, Pendaries C. Interactions between hypertension and inflammatory tone and the effect on blood pressure and outcomes in patients with. *J Clin Hypertens*. 2021;(November 2020):238-244. doi:10.1111/jch.14137

Copyright © 2025, Madu Jurnal Kesehatan, Under the license CC BY-SA 4.0

Vol 14, No 2 (2025), 135-147
ISSN 2301-5683 (print) 2775-9423 (online)
DOI: 10.31314/mjk. 14.2.135-147.2025

Available Online at http://journal.umgo.ac.id/index.php/madu

33. Díez J, Butler J. Growing heart failure burden of hypertensive heart disease: a call to action. *Hypertension*. 2023;80(1):13-21.
34. Tin YY, Chan LP, Sung JG, Leung SY, Hui EMT, Leung MKW. Prevalence of major electrocardiographic abnormalities in patients with hypertension in a primary care clinic in Hong Kong. *BMC Cardiovasc Disord*. 2022;22(1):1-9. doi:10.1186/s12872-022-02662-1
35. Rankinen J, Haataja P, Lyytikäinen L-P, et al. Prevalence and long-term prognostic implications of prolonged QRS duration in left ventricular hypertrophy: a population-based observational cohort study. *BMJ Open*. 2022;12(2):e053477. doi:10.1136/bmjopen-2021-053477
36. Mancia G. 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension Endorsed by the International Society of Hypertension (ISH) and the European Renal Associa. *ESH Guidel 20232023*. 2023;41(12).
37. Fan J, Wang H, Zhang Y, Ma C, Zhou B. Myocardial work alterations with progressive left ventricular hypertrophy in patients with hypertension. *J Clin Hypertens (Greenwich)*. 2024;26(9):1045-1053. doi:10.1111/jch.14855
38. Faggiano A. Do We Need New Electrocardiographic Criteria for Left Ventricular Hypertrophy ? The Case of the Peguero – Lo Presti Criterion . A Narrative Review. *Am J Hypertens*. 2024;(December 2023):155-162.
39. Groot LE De, Isabella DL, Zijlstra F. Optimized electrocardiographic criteria for the detection of left ventricular hypertrophy in obesity patients. 2020;(December 2019):483-490. doi:10.1002/clc.23333
40. Huang H, Fu L, Ruan Q, You Z, Yan L. Segmental and global myocardial work in hypertensive patients with different left ventricular geometry. *Cardiovasc Ultrasound*. Published online 2023:1-11. doi:10.1186/s12947-023-00310-y
41. Manzi MV, Kim HM, Hwang I, Choi H, Yoon YE, Cho G. Prognostic implication of left ventricular hypertrophy regression after antihypertensive therapy in patients with hypertension. *Front Cardiovasc Med*. 2022;(December):1-13. doi:10.3389/fcvm.2022.1082008
42. Letmi SO, Yanni M, Revilla G. Hubungan Hipertrofi Ventrikel Kiri pada Elektrokardiogram Peguero-Lo Presti Dengan Ekokardiografi pada Hipertensi. *J Ilmu Kesehat Indones*. 2023;4:59-66.
43. Verheule S, Schotten U. Electrophysiological Consequences of Cardiac Fibrosis. *MDPI*. 2021;(Figure 1).
44. Wang BX. Diagnosis and Management of Hypertensive Heart Disease : Incorporating 2023 European Society of Hypertension and 2024 European Society of Cardiology Guideline Updates. *Cardiovacular Dev Dis*. Published online 2025:1-19.

Copyright © 2025, Madu Jurnal Kesehatan, Under the license CC BY-SA 4.0