

HUBUNGAN GAGAL GINJAL KRONIK DENGAN INTERVAL QTc PADA PASIEN HEMODIALISIS DI RSUD RAA SOEWONDO PATI

Muhammad Algifari Mufadhal Alwan^{1*}, Mustika Mahbubi²

Program Profesi Dokter, Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia¹,

Spesialis Penyakit Jantung dan Pembuluh Darah, RSUD RAA Soewondo Pati, Indonesia²

*Corresponding Author : muhammadalgifari026@gmail.com

ABSTRAK

Pada tahun 2017, gagal ginjal kronik (GGK) menempati urutan ke 12 sebagai penyebab utama kematian secara global dan diperkirakan akan naik ke urutan 5 pada tahun 2040. Interval QTc telah diakui sebagai parameter prognostik penting dalam menilai risiko aritmia ventrikel dan kematian jantung mendadak. Prevalensi pemanjangan interval QTc meningkat secara progresif seiring dengan menurunnya fungsi ginjal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara gagal ginjal kronik dengan pemanjangan interval QTc pada pasien yang menjalani hemodialisis. Penelitian observasional dengan desain *cross-sectional* dilakukan di RSUD RAA Soewondo Pati dalam periode September-November 2024. Pengambilan data menggunakan teknik *consecutive sampling*. Dilakukan EKG saat pasien menjalani prosedur dialisis. Uji statistik menggunakan uji T tidak berpasangan. Dari 50 pasien GGK, 58% didominasi oleh laki-laki. Komorbid terbanyak pada pasien GGK adalah diabetes mellitus (38%) diikuti dengan hipertensi (30%). Interval QTc berada dalam rentang 323-610 ms dengan nilai rerata 438 ± 60 ms. Sebanyak 76% mengalami pemanjangan interval QTc saat dilakukan prosedur hemodialisis. Diabetes mellitus dan hipertensi berhubungan secara signifikan dengan GGK ($p = 0.049$; PRR (95% CI) = 1,917 (1,031-3,563)) dan ($p = 0.044$; PRR (95% CI) = 1,878 (1,072-3,292)). Terdapat hubungan antara GGK dengan pemanjangan interval QTc yang secara statistik bermakna ($p = 0,024$) pada pasien yang menjalani hemodialisis dengan pemanjangan QTc jauh lebih besar pada mereka dengan durasi penyakit ≥ 6 bulan.

Kata kunci : diabetes mellitus, gagal ginjal kronik, hemodialisis, hipertensi, interval QTc

ABSTRACT

In 2017, chronic kidney disease (CKD) was ranked 12th as the leading cause of death globally and is expected to rise to 5th by 2040. The prevalence of QTc interval prolongation increases progressively with declining kidney function. This study aims to determine the relationship between chronic kidney disease and QTc interval prolongation in patients undergoing hemodialysis. This observational study with a cross-sectional design was conducted at RAA Soewondo Pati Regional Hospital from September to November 2024. Data collection used a consecutive sampling technique. ECGs were performed while patients were undergoing dialysis procedures. Statistical tests used an unpaired T-test. Of the 50 patients with CKD, 58% were predominantly male. The most common comorbidities in CKD patients were diabetes mellitus (38%), followed by hypertension (30%). The QTc interval ranged from 323 to 610 ms with a mean of 438 ± 60 ms. Seventy-six percent experienced QTc prolongation during hemodialysis. Diabetes mellitus and hypertension were significantly associated with CRF ($p = 0.049$; PRR (95% CI) = 1.917 (1.031-3.563)) and ($p = 0.044$; PRR (95% CI) = 1.878 (1.072-3.292)). A statistically significant association ($p = 0.024$) was observed between CKD and QTc prolongation in hemodialysis patients, with significantly greater QTc prolongation in those with disease duration ≥ 6 months.

Keywords : chronic kidney disease, QTc interval, hemodialysis, diabetes mellitus, hypertension

PENDAHULUAN

Pada abad ke-21, gagal ginjal kronis (GGK) merupakan salah satu tantangan kesehatan global paling signifikan, dengan perkiraan 674 juta kasus di seluruh dunia pada tahun 2021,

yang mewakili tingkat prevalensi standar usia sebesar 8.006 per 100.000 populasi (Guo J et al., 2025). Diabetes mellitus dan hipertensi secara signifikan merupakan faktor penting yang dapat meningkatkan kejadian GJK, dengan *odd ratio* masing-masing sebesar 4,54 pada diabetes mellitus dan 3,00 pada penderita hipertensi (Hidayat M et al., 2023). Secara global pada tahun 1990, GJK menjadi penyebab utama kematian ke-27 dan pada tahun 2017 mengalami peningkatan menjadi penyebab utama kematian ke-12 serta diperkirakan akan menjadi penyebab utama kematian ke-5 pada tahun 2040 (Kovesdy CP, 2022). Jumlah kematian akibat GJK di seluruh dunia adalah 1.527.639 per 100.000 penduduk, atau setara dengan angka kematian standar usia sebesar 18,5 per 100.000 penduduk. Selain itu, jumlah *disability-adjusted life years* (DALY) GJK di seluruh dunia adalah 44.453.684 per 100.000 penduduk, dengan tingkat DALY standar usia sebesar 529,62 per 100.000 penduduk (Guo J et al., 2025). Beban GJK stadium akhir yang memerlukan penggantian ginjal mempengaruhi sekitar 4,9-9,7 juta orang secara global pada tahun 2010 (Thurlow J et al., 2021).

Interval QT yang dikoreksi untuk denyut jantung (QTc) berfungsi sebagai penanda elektrokardiografi (EKG) penting untuk kelainan repolarisasi ventrikel dan merupakan prediktor independen kematian jantung mendadak pada populasi umum dan pasien dengan penyakit ginjal. Pemanjangan interval QT (interval QTc ≥ 440 ms) merupakan temuan EKG umum baik di antara subjek dari populasi umum maupun pasien GJK (Di Iorio & Bellasi A, 2013). Pada pasien GJK, prevalensi pemanjangan interval QTc meningkat secara progresif seiring dengan menurunnya fungsi ginjal, dengan penelitian yang menunjukkan bahwa 65% hingga 75% pasien hemodialisis menunjukkan interval QT yang memanjang (Assimon MM et al., 2020). Risiko pemanjangan interval QTc adalah 1,20 kali, 2,47 kali dan 3,35 kali lebih tinggi masing-masing pada pasien GJK stadium 4, GJK stadium 5, dan hemodialisis dibandingkan pada pasien GJK stadium 3 (Liu P et al., 2020). Sebuah studi melaporkan interval QTc dan dispersi QTc mengalami pemanjangan sebelum hemodialisis (masing-masing sebesar 47% dan 59%), yang meningkat menjadi 50% dan 89% setelah perawatan dialisis. Perubahan intradialisis ini mencerminkan efek akut pergeseran elektrolit dan pembuangan cairan pada repolarisasi jantung (Sohal PM et al., 2018). Sebuah studi retrospektif terhadap 280 pasien yang menjalani dialisis pemeliharaan yang dievaluasi untuk transplantasi ginjal menemukan pemanjangan interval QTc (>460 ms) yang dikaitkan dengan peningkatan risiko mortalitas dalam 5 tahun sebesar 47% (Hage FG et al., 2010).

Penelitian di Indonesia telah memberikan wawasan berharga mengenai komplikasi kardiovaskular dari gagal ginjal kronis dalam populasi Asia Tenggara. Sebuah penelitian di RSUD Dr. Soetomo di Surabaya meneliti kelainan EKG di antara 191 pasien GJK non-dialisis stadium akhir, yang mengungkapkan bahwa 92,1% pasien menunjukkan setidaknya satu bentuk kelainan EKG, dimana pemanjangan interval QTc diidentifikasi sebagai kelainan yang paling umum, yaitu mempengaruhi 36,6% pasien, diikuti oleh kompleks QRS yang terfragmentasi sebesar 29,8%, dan *poor R wave progression* sebesar 24,6% (Mulia EPB et al., 2020). Studi lainnya melaporkan bahwa 49% pasien hemodialisis kronis mengalami peningkatan dispersi QT intradialisis, dengan peningkatan signifikan pada interval QT dan dispersi QT setelah sesi hemodialisis. Nilai interval QT rerata mengalami peningkatan dari 382 ± 29 menjadi 444 ± 26 ms, sedangkan dispersi QT meningkat dari 74 ± 21 menjadi 114 ± 53 ms setelah perawatan dialisis (Oktavia D et al., 2013). Studi yang dilakukan di RSCM menyimpulkan bahwa 35,6% pasien predialisis mengalami pemanjangan dispersi QT dan faktor berupa hipertrofi ventrikel kiri serta disfungsi sistolik mempengaruhi pemanjangan dispersi QT (Pattihha A et al., 2021).

GJK ataupun pemanjangan interval QTc secara independen dikaitkan dengan peningkatan risiko mortalitas, dan bila digabungkan, risiko mortalitas lebih tinggi pada mereka yang menderita GJK. Beban global penyakit kardiovaskular pada pasien GJK, dikombinasikan dengan tingginya prevalensi kelainan QTc pada populasi hemodialisis di seluruh dunia,

menggarisbawahi pentingnya memahami dan memantau perubahan EKG pada populasi pasien yang rentan ini. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui hubungan antara GGK dengan pemanjangan interval QTc pada pasien yang menjalani hemodialisis di RSUD RAA Soewondo Pati.

METODE

Penelitian observasional dengan desain *cross-sectional* dilakukan di RSUD RAA Soewondo Pati dalam periode September-November 2024. Kriteria inklusi berupa seluruh pasien gagal ginjal kronik yang menjalani hemodialisis di RSUD RAA Soewondo Pati selama periode penelitian. Adapun kriteria eksklusi penelitian ini berupa pasien dengan riwayat infark jantung sebelumnya, gagal jantung kronik, penyakit jantung kongenital, kelainan katup jantung, gangguan irama jantung (seperti SVT, atrial fibrilasi), pasien yang mengonsumsi obat antiaritmia yang diketahui dapat memperpanjang interval QT (seperti quinidine dan amiodarone) dan beta bloker. Pengambilan data menggunakan teknik *consecutive sampling*. Dilakukan EKG saat pasien menjalani prosedur dialisis. Jumlah sampel yang dianalisa sebanyak 50 pasien. Kami menggunakan Shapiro-wilk sebagai uji normalitas data dan uji T tidak berpasangan sebagai uji statistik. SPSS versi 25 digunakan untuk menganalisa data.

HASIL

Tabel 1. Karakteristik Subjek Penelitian

Karakteristik	Jumlah (N = 50)	Mean ($\pm$ SD)	Median (Min-Max)
Usia	-	51,1 ($\pm$ 6, 02)	50 (43-65)
Jenis Kelamin			
Laki-laki	29 (58%)	-	-
Perempuan	21 (42%)	-	-
Komorbid			
Hipertensi	15 (30%)	-	-
DM Tipe 2*	19 (38%)	-	-
Hipertensi dan DM Tipe 2*	8 (16%)	-	-
Tidak Memiliki Hipertensi/DM Tipe 2*	8 (16%)	-	-
Durasi Mengalami Gagal Ginjal Kronik			
$\geq$ 6 bulan	26 (52%)	-	-
< 6 bulan	24 (48%)	-	-
Interval QTc	-	438 ($\pm$ 60)	433 (323-610)
Pemanjangan Interval QTc			
Ya	38 (76%)	-	-
Tidak	12 (24%)	-	-

Didapatkan 50 pasien gagal ginjal kronik memenuhi kriteria inklusi. Pasien berada dalam rentang usia 43-65 tahun dan 58% didominasi oleh laki-laki. Komorbid terbanyak pada pasien GGK adalah diabetes mellitus sebesar 38% diikuti dengan hipertensi sebesar 30%. Sebesar 52% pasien mengalami gagal ginjal kronik $\geq$ 6 bulan. Sebanyak 76% pasien GGK mengalami pemanjangan interval QTc pada gambaran EKG saat dilakukan prosedur hemodialisis. Interval QTc berada dalam rentang 323-610 ms dengan nilai rerata 438 ± 60 ms.

Tabel 2. Uji Normalitas Data

Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
Statistik	Sig.	Statistik	Sig.
0,087	0,2	0,972	0,280

Karena subjek penelitian berjumlah 50 orang (≤ 60 orang), maka uji normalitas data menggunakan Shapiro-wilk dengan signifikansi 0,280 yang menyatakan bahwa data terdistribusi normal.

Tabel 3. Hubungan Diabetes Mellitus dengan Gagal Ginjal Kronik

Variabel	Gagal Ginjal Kronik		Total	<i>p-value</i>	PRR (95% CI)
	≥ 6 bulan	< 6 bulan			
Diabetes Mellitus				0,049	1,917 (1,031-3,563)
Ya	18 (66,7%)	9 (33,3%)	27 (100%)		
Tidak	8 (34,8%)	15 (65,2%)	23 (100%)		
Total	26 (52%)	24 (48%)	50 (100%)		

Sebesar 66,7% pasien gagal ginjal kronik ≥ 6 bulan memiliki komorbid berupa diabetes mellitus. Uji *chi-square* digunakan untuk menganalisis hubungan antara diabetes mellitus dan GJK. Diabetes mellitus secara signifikan berhubungan dengan GJK ($p = 0,049$). Pasien dengan diabetes mellitus berisiko 1,9 kali lebih besar mengalami GJK dibandingkan pasien tanpa komorbid diabetes mellitus.

Tabel 4. Hubungan Hipertensi dengan Gagal Ginjal Kronik

Variabel	Gagal Ginjal Kronik		Total	<i>p-value</i>	PRR (95% CI)
	≥ 6 bulan	< 6 bulan			
Hipertensi				0,044	1,878 (1,072-3,292)
Ya	16 (69,6%)	7 (30,4%)	23 (100%)		
Tidak	10 (37%)	17 (63%)	27 (100%)		
Total	26 (52%)	24 (48%)	50 (100%)		

Sebesar 69,6% pasien gagal ginjal kronik ≥ 6 bulan memiliki komorbid berupa hipertensi. Uji *chi-square* digunakan untuk menganalisis hubungan antara hipertensi dan gagal ginjal kronik. Hipertensi secara signifikan berhubungan dengan GJK ($p = 0,044$). Pasien dengan hipertensi berisiko 1,87 kali lebih besar mengalami GJK dibandingkan pasien tanpa komorbid hipertensi.

Tabel 5. Hubungan Durasi Gagal Ginjal Kronik dengan Pemanjangan Interval QTc

Durasi Gagal Ginjal Kronik	Interval QTc	<i>p-value</i>	Mean Difference (95% CI)
	Mean ($\pm$ SD)		
≥ 6 bulan	456 (± 65)	0,024	38 (0,005 – 0,070)
< 6 bulan	418 (± 48)		

Dilakukan uji T tidak berpasangan untuk menganalisa hubungan gagal ginjal kronik dengan pemanjangan interval QTc. Didapatkan hubungan yang secara statistik bermakna antara GJK dengan interval QTc ($p = 0,024$). Selain itu, pasien dengan gagal ginjal kronik ≥ 6 bulan memiliki rerata pemanjangan interval QTc yang lebih besar yaitu 38 ms dibandingkan pasien gagal ginjal kronik < 6 bulan (Lihat Tabel 5).

PEMBAHASAN

Telah dilaporkan hubungan yang secara statistik bermakna antara durasi gagal ginjal kronik (GJK) dengan pemanjangan interval QTc pada pasien yang menjalani hemodialisis di RSUD RAA Soewondo Pati. Sebanyak 76% subjek mengalami pemanjangan interval QTc saat prosedur hemodialisis dengan interval QTc rerata 438 ± 60 ms. Hal ini sejalan dengan Sohal et al (2018) yang menemukan peningkatan signifikan dari rerata interval QTc pada pasien setelah hemodialisis dibandingkan sebelum hemodialisis (Sohal et al., 2018). Pemanjangan interval

QTc pada GJK telah dikaitkan secara erat dengan gangguan repolarisasi ventrikel yang terjadi akibat disfungsi metabolik dan elektrolit yang menyertai progresivitas penyakit ginjal (Sherif et al., 2014). Penurunan fungsi ginjal menyebabkan akumulasi toksin uremik serta ketidakseimbangan elektrolit, khususnya hiperkalemia dan hipokalsemia, yang dapat memengaruhi kanal ion pada membran sel kardiomyosit dan mengubah durasi potensial aksi miokard (Frak et al., 2024; Mozos, 2014). Selain itu, GJK menyebabkan *remodeling* struktural pada jantung, seperti hipertrofi ventrikel kiri dan fibrosis, sebagai akibat dari kelebihan beban volume dan tekanan darah sistemik, yang turut berperan dalam perubahan sifat elektrik miokardium (Di Lullo et al., 2015). Selama prosedur hemodialisis, pergeseran cepat cairan dan elektrolit terutama natrium, kalium, dan kalsium memicu ketidakstabilan repolarisasi ventrikel yang dapat memanjangkan interval QTc secara akut (Mozos, 2014; Yehia et al., 2023).

Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa pasien dengan durasi GJK ≥ 6 bulan memiliki rerata interval QTc yang lebih tinggi (456 ± 65 ms) dibandingkan dengan pasien GJK < 6 bulan (418 ± 48 ms), dengan perbedaan rerata sebesar 38 ms ($p = 0,024$). Temuan ini memperkuat hipotesis bahwa durasi GJK berkontribusi terhadap gangguan progresif fungsi elektrofisiologi jantung. Durasi GJK yang lebih panjang telah terbukti berperan dalam peningkatan risiko komplikasi kardial melalui mekanisme *remodeling* miokard, gangguan regulasi otonom jantung, serta stres oksidatif kronis yang berlangsung terus-menerus (Kaesler et al., 2020; Salman, 2015; Sherif et al., 2014). Proses *remodeling* ini ditandai oleh hipertrofi ventrikel kiri, fibrosis interstisial, dan penurunan kepadatan reseptor β -adrenergik, yang secara kumulatif mengganggu kestabilan elektrofisiologis jantung dan meningkatkan kerentanan terhadap aritmia ventrikel (Di Lullo et al., 2015; Kaesler et al., 2020). Selain itu, disfungsi sistem saraf otonom pada pasien GJK lanjut, termasuk gangguan tonus simpatik dan vagal, turut berkontribusi terhadap variabilitas repolarisasi miokard (Kiuchi et al., 2019; Salman, 2015). Beberapa studi juga melaporkan bahwa pasien GJK lanjut, terutama yang menjalani hemodialisis, memiliki prevalensi pemanjangan QTc yang lebih tinggi serta risiko kematian mendadak jantung yang meningkat secara signifikan (Chander et al., 2024; Jarrar et al., 2025).

Ditemukan juga bahwa durasi GJK berhubungan erat dengan adanya komorbid. Sebanyak 69,6% pasien dengan GJK ≥ 6 bulan memiliki hipertensi, dan analisis *chi-square* menunjukkan hubungan signifikan (PRR = 1,87; 95% CI: 1,072–3,292; $p = 0,044$). Sementara itu, pasien dengan diabetes mellitus (DM) memiliki prevalensi GJK ≥ 6 bulan sebesar 66,7%, dengan risiko yang juga signifikan (PRR = 1,917; 95% CI: 1,031–3,563; $p = 0,049$) dibandingkan pasien non-DM. DM dan hipertensi merupakan dua komorbiditas utama yang terbukti berkontribusi terhadap progresivitas GJK, terutama dalam kaitannya dengan durasi penyakit. Temuan penelitian ini sejalan dengan data global yang melaporkan bahwa diabetes mellitus sebagai penyebab utama GJK. Lebih dari 40% penderita diabetes mengembangkan terjadinya GJK dan jumlah kasus baru GJK pada penderita diabetes tipe 2 meningkat sebesar 74% antara tahun 1990 dan 2017 (IDF, 2023). Secara patofisiologis, DM menyebabkan glukotoksitas kronis yang memicu kerusakan endotel kapiler glomerulus, penebalan membran basal, dan akhirnya nefropati diabetik, yang menjadi penyebab dominan penurunan laju filtrasi glomerulus (GFR) (Jha et al., 2024). Sementara itu, hipertensi kronik meningkatkan tekanan intraglomerular, yang menginduksi cedera glomerulus dan sklerosis progresif, sehingga mempercepat penurunan fungsi ginjal (Bidani & Griffin, 2004). Pada penelitian ini, hubungan yang signifikan antara DM dan hipertensi dengan GJK ≥ 6 bulan menunjukkan kuatnya peran kedua komorbid ini dalam progresivitas derajat GJK. Temuan ini serupa dengan studi Hidayat et al. (2023) dimana DM dapat meningkatkan risiko GJK lebih dari empat kali lipat, serta kajian global oleh Chen et al (2021) yang menempatkan hipertensi sebagai kontributor utama dalam epidemiologi GJK global (Chen et al., 2021; Hidayat et al., 2023).

Interval QT yang dikoreksi terhadap frekuensi jantung (QTc) telah diakui sebagai parameter prognostik penting dalam menilai risiko aritmia ventrikel dan kematian jantung

mendadak, terutama pada pasien GJK (Di Iorio & Bellasi, 2013). Ambang batas normal interval QT yang dikoreksi (QTc) umumnya berada pada <440 milidetik (ms) untuk pria dan <460 ms untuk wanita, di mana pemanjangan interval ini mencerminkan gangguan repolarisasi ventrikel yang dapat memicu terjadinya aritmia fatal seperti *torsade de pointes*. Studi Hage et al. (2010) secara spesifik menunjukkan bahwa pasien dialisis dengan QTc >460 ms memiliki peningkatan risiko mortalitas sebesar 47% dalam lima tahun, menegaskan nilai prediktif QTc sebagai indikator klinis yang signifikan (Hage et al., 2010). Oleh sebab itu, pentingnya dilakukan evaluasi QTc secara berkala sebagai bagian dari manajemen risiko kardiovaskular pasien GJK.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan metodologis yang perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil. Ukuran sampel yang relatif kecil membatasi kekuatan statistik studi ini. Selain itu, studi ini tidak melakukan pemeriksaan kadar elektrolit seperti kalium dan kalsium saat prosedur hemodialisis. Hal ini menjadi faktor *confounding* dalam mengevaluasi secara langsung kontribusi hipokalemia atau hipokalsemia terhadap pemanjangan interval QTc. Studi ini juga tidak mempertimbangkan variabel teknis dalam terapi hemodialisis, seperti durasi dialisis, frekuensi sesi per minggu, volume cairan yang dikeluarkan, maupun jenis filter dialisis yang digunakan. Oleh sebab itu, peneliti menyarankan studi lanjutan dengan desain prospektif, ukuran sampel yang lebih besar, serta kontrol variabel biokimia dan teknis diperlukan untuk menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai hubungan antara GJK dan pemanjangan QTc.

Implikasi klinis dari temuan ini menegaskan pentingnya pemantauan EKG secara berkala, khususnya pada pasien dengan GJK yang telah menjalani hemodialisis ≥ 6 bulan, mengingat peningkatan risiko pemanjangan QTc dan potensi aritmia ventrikel yang menyertainya. Deteksi dini perubahan QTc melalui EKG dapat menjadi langkah preventif terhadap kejadian kardial fatal yang sering bersifat mendadak pada populasi ini. Selain itu, pengendalian komorbid seperti diabetes mellitus dan hipertensi secara optimal terbukti berperan dalam memperlambat laju progresivitas GJK dan secara tidak langsung menurunkan risiko gangguan elektrofisiologis jantung. Penelitian ini memperkuat pentingnya pendekatan multidisipliner dalam pengelolaan pasien GJK, termasuk skrining EKG berkala, kontrol ketat tekanan darah dan glikemik, serta pengawasan jangka panjang terhadap efek dialisis terhadap sistem konduksi jantung.

KESIMPULAN

Studi ini menunjukkan pemanjangan interval QTc dialami oleh pasien gagal ginjal kronik dengan hemodialisis. Terdapat hubungan antara GJK dan interval QTc yang secara statistik bermakna pada pasien yang menjalani hemodialisis dengan pemanjangan QTc jauh lebih besar pada mereka dengan durasi penyakit ≥ 6 bulan. Selain itu, hubungan yang signifikan antara diabetes melitus dan hipertensi dengan GJK menyoroti interaksi yang kompleks antara kondisi-kondisi ini dalam memengaruhi repolarisasi jantung. Temuan ini menekankan pentingnya penilaian dan manajemen risiko jantung yang komprehensif pada pasien hemodialisis, terutama mereka dengan durasi penyakit yang lebih lama dan berbagai penyakit penyerta. Pemantauan EKG secara teratur, perhatian cermat terhadap keseimbangan elektrolit selama dialisis, dan manajemen penyakit penyerta dapat membantu mengurangi beban mortalitas kardiovaskular pada populasi berisiko tinggi ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada RSUD RAA Soewondo Pati dan civitas akademika Universitas Tarumanagara atas dukungan yang telah diberikan hingga penelitian ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Assimon, M.M., Wang, L., Pun, P.H., Winkelmayer, W.C., Flythe, J.E. (2020). *Use of QT Prolonging Medications by Hemodialysis Patients and Individuals Without End-Stage Kidney Disease*. *Journal of the American Heart Association*, 9(13). <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.015969>
- Bidani, A. K., & Griffin, K. A. (2004). *Pathophysiology of Hypertensive Renal Damage*. *Hypertension*, 44(5), 595–601. <https://doi.org/10.1161/01.HYP.0000145180.38707.84>
- Chander, S., Luhana, S., Sadarat, F., Parkash, O., Rahaman, Z., Wang, H. Y., Kiran, F., Lohana, A. C., Sapna, F., & Kumari, R. (2024). *Mortality and mode of dialysis: Meta-analysis and systematic review*. *BMC Nephrology*, 25(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s12882-023-03435-4>
- Chen, A., Zou, M., Young, C. A., Zhu, W., Chiu, H.-C., Jin, G., & Tian, L. (2021). *Disease Burden of Chronic Kidney Disease Due to Hypertension From 1990 to 2019: A Global Analysis*. *Frontiers in Medicine*, 8, 690487. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.690487>
- Di Iorio, B., & Bellasi, A. (2013). *QT interval in CKD and haemodialysis patients*. *Clinical kidney journal*, 6(2), 137–143. <https://doi.org/10.1093/ckj/sfs183>
- Di Lullo, L., Gorini, A., Russo, D., Santoboni, A., & Ronco, C. (2015). *Left Ventricular Hypertrophy in Chronic Kidney Disease Patients: From Pathophysiology to Treatment*. *Cardiorenal Medicine*, 5(4), 254–266. <https://doi.org/10.1159/000435838>
- Frąk, W., Dąbek, B., Balcerczyk-Lis, M., Motor, J., Radzioch, E., Młynarska, E., Rysz, J., & Franczyk, B. (2024). *Role of Uremic Toxins, Oxidative Stress, and Renal Fibrosis in Chronic Kidney Disease*. *Antioxidants*, 13(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/antiox13060687>
- Guo, J., Liu, Z., Wang, P., Wu, H., Fan, K., Jin, J., ... & Li, C. (2025). *Global, regional, and national burden inequality of chronic kidney disease, 1990–2021: a systematic analysis for the global burden of disease study 2021*. *Frontiers in Medicine*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1501175>
- Hage, F. G., de Mattos, A. M., Khamash, H., Mehta, S., Warnock, D., & Iskandrian, A. E. (2010). *QT prolongation is an independent predictor of mortality in end-stage renal disease*. *Clinical Cardiology*, 33(6), 361–366. <https://doi.org/10.1002/clc.20768>
- Hidayat, M., Motulo, F., Chandra, S., Andamari, S., Sulungbudi, J., & Lesmana, R. (2023). *Analysis of influencing factors in chronic kidney disease incidence in Indonesia*. *JKKI : Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan Indonesia*, 296–305. <https://doi.org/10.20885/JKKI.Vol14.Iss3.art10>
- International Diabetes Federation. (2023). *Diabetes and Kidney Disease*. In: *IDF Atlas Reports*. IDF [serial online]. <https://diabetesatlas.org/resources/idf-diabetes-atlas-reports/diabetes-and-kidney-disease/>
- Jarrar, F., Pasternak, M., Harrison, T. G., James, M. T., Quinn, R. R., Lam, N. N., Donald, M., Elliott, M., Lorenzetti, D. L., Strippoli, G., Liu, P., Sawhney, S., Gerds, T. A., & Ravani, P. (2025). *Mortality Risk Prediction Models for People With Kidney Failure: A Systematic Review*. *JAMA Network Open*, 8(1), e2453190. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.53190>
- Jha, R., Lopez-Trevino, S., Kankanamalage, H. R., & Jha, J. C. (2024). *Diabetes and Renal Complications: An Overview on Pathophysiology, Biomarkers and Therapeutic Interventions*. *Biomedicines*, 12(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/biomedicines12051098>
- Kaesler, N., Babler, A., Floege, J., & Kramann, R. (2020). *Cardiac Remodeling in Chronic Kidney Disease*. *Toxins*, 12(3), 161. <https://doi.org/10.3390/toxins12030161>

- Kiuchi, M. G., Ho, J. K., Nolde, J. M., Gavidia, L. M. L., Carnagarin, R., Matthews, V. B., & Schlaich, M. P. (2019). *Sympathetic Activation in Hypertensive Chronic Kidney Disease—A Stimulus for Cardiac Arrhythmias and Sudden Cardiac Death?* *Frontiers in Physiology*, 10, 1546. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01546>
- Kovesdy C. P. (2022). *Epidemiology of chronic kidney disease: an update 2022*. *Kidney international supplements*, 12(1), 7–11. <https://doi.org/10.1016/j.kisu.2021.11.003>
- Liu, P., Wang, L., Han, D., Sun, C., Xue, X., & Li, G. (2020). *Acquired long QT syndrome in chronic kidney disease patients*. *Renal failure*, 42(1), 54–65. <https://doi.org/10.1080/0886022X.2019.1707098>
- Mozos, I. (2014). *Laboratory Markers of Ventricular Arrhythmia Risk in Renal Failure*. *BioMed Research International*, 2014, 509204. <https://doi.org/10.1155/2014/509204>
- Mulia, E. P. B., Nugraha, R. A., A'yun, M. Q., Juwita, R. R., Yofrido, F. M., Julario, R., & Alkaff, F. F. (2020). *Electrocardiographic abnormalities among late-stage non-dialysis chronic kidney disease patients*. *Journal of basic and clinical physiology and pharmacology*, 32(3), 155–162. <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2020-0068>
- Oktavia, D., Suhardjono, Nasution, S. A., & Setiati, S. (2013). *The clinical factors' prediction of increased intradialytic QT dispersion on the electrocardiograms of chronic hemodialysis patients*. *Saudi journal of kidney diseases and transplantation : an official publication of the Saudi Center for Organ Transplantation, Saudi Arabia*, 24(2), 274–280. <https://doi.org/10.4103/1319-2442.109571>
- Pattihha, A., Yamin, M., Lydia, A., Abdullah, M. (2021). *Proportion of Pre-dialysis Prolonged QT Dispersion in Twice Weekly Chronic Hemodialysis Patients and Its Associated Factors*. *Jurnal Penyakit Dalam Indonesia*, 8(2), 93-98. <https://scholarhub.ui.ac.id/jpdi/vol8/iss2/12>
- Salman, I. M. (2015). *Cardiovascular Autonomic Dysfunction in Chronic Kidney Disease: A Comprehensive Review*. *Current Hypertension Reports*, 17(8), 59. <https://doi.org/10.1007/s11906-015-0571-z>
- Sherif, K. A., Abo-Salem, E., Panikkath, R., Nusrat, M., & Tuncel, M. (2014). *Cardiac repolarization abnormalities among patients with various stages of chronic kidney disease*. *Clinical Cardiology*, 37(7), 417–421. <https://doi.org/10.1002/clc.22277>
- Sohal, P. M., Goel, A., Gupta, D., Aslam, N., Sandhu, J., Sandhu, J. S., John, E. E., & Sharma, D. (2018). *Effect of Hemodialysis on Corrected QT Interval and QTc Dispersion*. *Indian Journal of Nephrology*, 28(5), 335–338. https://doi.org/10.4103/ijn.IJN_15_18
- Thurlow, J. S., Joshi, M., Yan, G., Norris, K. C., Agodoa, L. Y., Yuan, C. M., & Nee, R. (2021). *Global Epidemiology of End-Stage Kidney Disease and Disparities in Kidney Replacement Therapy*. *American journal of nephrology*, 52(2), 98–107. <https://doi.org/10.1159/000514550>
- Yehia, H., Youssef, G., Gamil, M., Elsaeed, M., & Sadek, K. M. (2023). *Electrocardiographic substrates of arrhythmias in patients with end-stage and chronic kidney diseases: A case–control study*. *The Egyptian Heart Journal*, 75(1), 13. <https://doi.org/10.1186/s43044-023-00338-5>