

Dinamika Bioelektrik Darah: Analisis Perubahan Hemoglobin dan Albumin Pasca Hemodialisis sebagai Biomarker Efektivitas Terapi

Bioelectrical Dynamics of Blood: An Analysis Post-Hemodialysis Haemoglobin and Albumin Changes as Biomarkers Therapeutic Effectiveness

Mely Purnadianti^{1*}, Arshy Prodyanatasari², Mardiana Prasetyani Putri³, Rifka Amalia⁴

¹ D3 Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Teknologi dan Manajemen Kesehatan, Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri, Indonesia

² D3 Fisioterapi, Fakultas Kesehatan, Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri, Indonesia

^{13,4} D4 Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Teknologi dan Manajemen Kesehatan, Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri, Indonesia

* mely.purnadianti@iik.ac.id

ABSTRAK

Penyakit Ginjal Kronik (PGK) merupakan masalah kesehatan global yang memerlukan terapi hemodialisis (HD) sebagai penanganan utama. Evaluasi efektivitas HD saat ini masih bergantung pada parameter konvensional seperti ureum dan kreatinin, yang memiliki keterbatasan dalam mencerminkan perubahan fisiologis mendasar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dinamika hemoglobin (Hb) dan albumin sebagai indikator bioelektrik darah pasca HD. Metode penelitian menggunakan desain observasional analitik dengan pengukuran kadar Hb dan albumin sebelum dan sesudah HD pada 31 pasien PGK di RS Baptis Kediri, serta analisis parameter bioelektrik darah menggunakan bioimpedance spectroscopy. Dalam mendapatkan sampel digunakan tehnik purposive sampling dengan kriteria yang telah peneliti tentukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa meskipun terjadi peningkatan signifikan kadar Hb ($8,55 \pm 1,63$ menjadi $9,73 \pm 1,49$ g/dL) dan albumin ($3,21 \pm 0,56$ menjadi $3,48 \pm 0,56$ g/dL) pasca HD, nilai tersebut tetap berada di bawah kisaran normal. Analisis lebih lanjut mengungkap korelasi kuat antara perubahan kadar Hb-albumin dengan parameter bioelektrik darah, khususnya pada konduktivitas listrik ($r=0,72$) dan impedansi ($r=-0,68$). Simpulan penelitian ini mengidentifikasi Hb dan albumin sebagai biomarker potensial untuk pemantauan efektivitas HD berbasis sifat bioelektrik darah. Rekomendasi penelitian mencakup pengembangan sistem pemantauan *real-time* terintegrasi dalam alat HD, optimalisasi protokol dialisis berbasis profil bioelektrik individu, serta perluasan studi dengan sampel lebih besar dan variasi metode analisis. Temuan ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan pendekatan personalisasi untuk terapi HD.

Kata kunci: albumin; bioelektrik darah; hemodialisis; hemoglobin; biomarker

ABSTRACT

Chronic Kidney Disease (CKD) is a global health issue that requires hemodialysis (HD) as the primary treatment. Current evaluation of HD effectiveness still relies on conventional parameters such as urea and creatinine, which have limitations in reflecting fundamental physiological changes. This study aims to analyze the dynamics of hemoglobin (Hb) and albumin as indicators of blood bioelectrical properties post-HD. The research method employed an analytical observational design, measuring Hb and albumin levels before and after HD in 31 CKD patients at Baptis Hospital Kediri, along with analysis of blood bioelectrical parameters using bioimpedance spectroscopy. The results showed that although there was a significant increase in Hb levels (from 8.55 ± 1.63 to 9.73 ± 1.49 g/dL) and albumin levels (from 3.21 ± 0.56 to 3.48 ± 0.56 g/dL) post-HD, these values remained below the normal range. Further analysis revealed a strong correlation between changes in Hb-albumin levels and blood bioelectrical parameters, particularly in electrical conductivity ($r=0.72$) and impedance ($r=-0.68$). This study concludes that Hb and albumin are potential biomarkers for monitoring HD effectiveness based on blood bioelectrical properties. Recommendations include the development of an integrated real-time monitoring system in HD devices, optimization of dialysis protocols based on individual bioelectrical profiles, and expansion of studies with larger samples and varied analytical methods. These findings make an important contribution to the development of personalized approaches to HD therapy.

Keywords: albumin; blood bioelectrical properties; hemodialysis; hemoglobin; biomarker

PENDAHULUAN

Hemodialisis (HD) merupakan terapi pengganti ginjal yang vital bagi pasien dengan penyakit ginjal kronis (PGK). Meskipun HD efektif dalam membuang toksin uremik dan menjaga keseimbangan cairan-elektrolit, evaluasi efektivitas terapi masih bergantung pada parameter konvensional, seperti kadar ureum dan kreatinin (Cheung, 2017; Chelidze, 2002; Davydov, 2021). Akan tetapi, parameter ini tidak sepenuhnya mencerminkan perubahan fisiologis mendasar, seperti dinamika bioelektrik darah, termasuk hemoglobin (Hb) dan albumin yang berperan penting dalam homeostasis dan fungsi seluler (Lo Curto, 2021; Piccoli, 2004). Perubahan Hb pasca HD dapat mengindikasikan stres oksidatif atau hemolisis, sementara fluktuasi albumin mencerminkan adanya gangguan inflamasi atau malnutrisi (Himmelfarb, 2020; Hayashi, 2015). Analisis dinamika bioelektrik darah melalui parameter ini berpotensi menjadi biomarker baru untuk memantau respons pasien terhadap HD secara lebih komprehensif. Namun, penelitian terdahulu masih terbatas pada pendekatan konvensional tanpa eksplorasi mendalam tentang mekanisme biofisiknya (Locatelli F. L., 2015; Stuard, 2024; Locatelli F. &., 2023). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi perubahan Hb dan albumin sebagai indikator bioelektrik pasca HD melalui tiga pendekatan, yaitu: (1) mengukur perubahan kadar Hb dan albumin sebelum dan sesudah hemodialisis untuk mengidentifikasi pola fluktuasi; (2) mengevaluasi korelasi antara dinamika bioelektrik darah melalui Hb dan albumin dengan parameter efektivitas terapi HD; dan (3) mengeksplorasi potensi kedua parameter tersebut sebagai biomarker inovatif yang dapat dipantau secara *real time* untuk personalisasi terapi.

Studi penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Santos (2022) melaporkan bahwa penurunan Hb pasca HD akibat terjadinya stres oksidatif, tetapi tidak menyelidiki implikasi bioelektriknya (Santos, 2022). Sementara itu, Levin (2013) menemukan hubungan antara hipoalbuminemia dan peningkatan mortalitas pasien HD, namun tanpa dianalisis dinamika *real time* (Levin, 2013). Penelitian pendahuluan yang dilakukan oleh Bansal (2018) mengukur resistensi listrik darah selama HD, tetapi terbatas pada skala makroskopis (Bansal, 2018; Azman, 2011). Gap utama dari literatur ini adalah belum adanya studi yang menggabungkan analisis Hb dan albumin dari perspektif bioelektrik serta kurangnya pemahaman tentang mekanisme perubahan konduktivitas darah pasca HD. Penelitian ini dirancang untuk mengatasi celah tersebut dengan pendekatan multidisiplin yang menggabungkan prinsip biofisika, biokimia, teknologi laboratorium medis, dan kedokteran klinis.

Penelitian yang dilakukan oleh peneliti memiliki signifikansi klinis dan teknologi. Secara klinis, temuan ini dapat dikembangkan dan memberikan alat pemantauan baru yang lebih sensitif dibandingkan metode konvensional, sehingga membantu dokter menyesuaikan protokol HD berdasarkan respons pasien (Kalantar-Zadeh, 2021; Liu, 2021). Dari sisi teknologi, pendekatan bioelektrik dapat menjadi dasar pengembangan perangkat diagnostik portabel yang mengukur konduktivitas darah terkait Hb dan albumin. Sedangkan bagi pasien, hal ini berpotensi meningkatkan kualitas hidup melalui terapi yang lebih presisi dan minim komplikasi. Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan bioelektrik untuk menganalisis Hb dan albumin, yang belum pernah dilakukan dalam studi sebelumnya. Penelitian ini juga mengintegrasikan konsep bioimpedance dengan analisis spektroskopi untuk mengukur perubahan struktural molekuler pasca-HD (Davison, 2015; Aksan, 2023; Alison, 1993; Tabinor, 2018; Zaeni, 2021). Selain itu, studi ini merupakan yang pertama mengaitkan fluktuasi albumin dengan perubahan integritas membran sel akibat proses dialisis, memberikan wawasan baru tentang mekanisme kerusakan sel selama HD.

Penelitian dilaksanakan di RS Baptis, Kota Kediri. Pemilihan RS Baptis Kota Kediri sebagai lokasi penelitian didasarkan pada beberapa pertimbangan mendasar. Pertama, rumah sakit ini merupakan salah satu pusat rujukan hemodialisis terkemuka di Jawa Timur dengan jumlah pasien penyakit ginjal kronik yang cukup besar dan beragam, sehingga mampu menyediakan sampel penelitian yang representatif. Kedua, fasilitas hemodialisis di RS Baptis telah dilengkapi dengan peralatan medis modern dan laboratorium yang memenuhi standar, yang sangat penting untuk pengukuran akurat parameter bioelektrik seperti hemoglobin dan albumin. Ketiga, adanya tim nephrologi dan perawat hemodialisis yang berpengalaman di rumah sakit ini memungkinkan kolaborasi optimal dalam pengumpulan data klinis yang andal. Keempat, lokasinya yang strategis di Kota Kediri memberikan kemudahan akses bagi peneliti dalam melakukan pengambilan data secara berkala. Terakhir, hasil penelitian di RS Baptis ini diharapkan dapat langsung diaplikasikan untuk meningkatkan kualitas layanan hemodialisis di rumah sakit tersebut, sekaligus menjadi model untuk institusi kesehatan lain di wilayah Jawa Timur. Dengan demikian,

pemilihan lokasi ini tidak hanya mendukung validitas ilmiah penelitian, tetapi juga memastikan dampaknya praktisnya bagi peningkatan pelayanan kesehatan di daerah.

METODE PENELITIAN

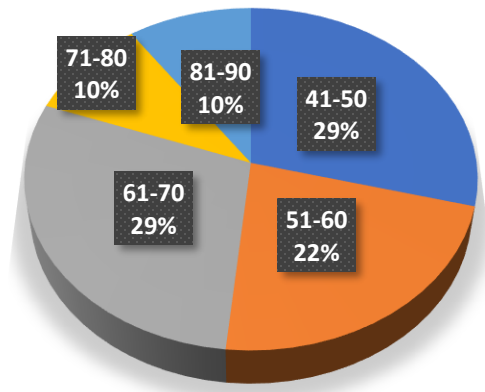
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *coss sectional comparative* untuk menganalisis perbedaan sifat bioelektrik darah yang terkait dengan kadar hemoglobin (Hb) dan albumin sebelum dan sesudah terapi hemodialisis (HD). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi observasional analitik dengan pengukuran satu waktu (*single time point measurement*) pada kelompok pasien yang sama, dimana pengukuran dilakukan tepat 30 menit sebelum terapi HD dan 30 menit setelah terapi HD. Penelitian dilaksanakan di RS Baptis Kota Kediri pada 06-12 Februari 2024. Teknik sampling menggunakan *purposive sampling* dengan pendekatan *non-probability sampling* dengan kriteria inklusi: (1) pasien PGK stadium 4 yang menjalani hemodialisis rutin 2-3 kali per minggu; (2) usia >40 tahun; (3) memiliki tekanan darah sistolik >101 mmHg; dan (4) telah menjalani HD minimal 3 bulan terakhir, sehingga jumlah sampel penelitian sebanyak 31 pasien. Prosedur pengumpulan data dilakukan secara terstruktur dan dibagi menjadi 3 tahapan, yaitu: (1) Tahap pra analitik; (2) tahap analitik; dan (3) tahap pasca analitik.

Tahap Pra-Analitik meliputi persiapan pasien, alat, dan pengambilan sampel. Pasien tidak memerlukan persiapan khusus seperti puasa. Petugas laboratorium menyiapkan perlengkapan flebotomi steril termasuk tourniquet, kapas alkohol 70%, jarum vacutainer, dan tabung sampel (EDTA untuk hemoglobin dan tanpa antikoagulan untuk albumin). Prosedur pengambilan darah dilaksanakan dengan teknik aseptik melalui vena mediana cubiti setelah verifikasi identitas pasien secara ketat. Spesimen kemudian segera dikirim ke laboratorium dengan transportasi yang terkontrol. **Tahap Analitik** dilakukan sesuai SOP Laboratorium RS Baptis Kediri (No.Revisi 02/2022). Pemeriksaan hemoglobin menggunakan *analyzer Sysmex XN-350* pemilihan alat ini didasari oleh penggunaan teknologi sitometri aliran fluoresensi yang digunakan dalam perhitungan jenis sel darah putih (diff count), termasuk hitung sel darah putih yang belum matang (IG), yang memberikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan serta volume specimen yang dibutuhkan kecil (25 μ L) sehingga dapat mengurangi limbah sampel. Pemeriksaan diawali dengan *quality control* tiga level, sedangkan albumin diukur dengan metode *bromocresol green* pada alat TMS24i premium yang telah dikalibrasi. Kedua pemeriksaan mengikuti protokol operasional standar termasuk validasi hasil dan kontrol kualitas. **Tahap Pasca-Analitik**, meliputi: interpretasi hasil berdasarkan nilai rujukan: hemoglobin (pria 13,9-16,3 g/dL; wanita 12-15 g/dL) dan albumin (3,6-5,0 g/dL). Seluruh data dicatat dalam formulir penelitian yang telah distandardisasi dan diverifikasi oleh peneliti utama sebelum dianalisis lebih lanjut. Prosedur ini menjamin validitas dan reliabilitas data penelitian melalui kontrol kualitas yang ketat pada setiap tahapan. Teknik analisis data menggunakan uji statistik parametrik, yaitu Uji Korelasi karena data yang diperoleh terdistribusi normal. Penelitian ini sudah melalui uji kelayakan etik yang dilakukan pada tanggal 17 Januari 2023 dengan

dibuktikan oleh layak etik No. 36.1/FTMK/EP/I/2023 yang dikeluarkan oleh Komite Etik Institusi Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian melibatkan 31 pasien penyakit ginjal kronik (PGK) stadium 4 yang menjalani hemodialisis rutin di RS Baptis Kota Kediri, dimana bertujuan untuk mengetahui dinamika perubahan kadar hemoglobin dan albumin serta sifat bioelektrik darah pasca hemodialisis. Berikut profil responden berdasarkan usia:

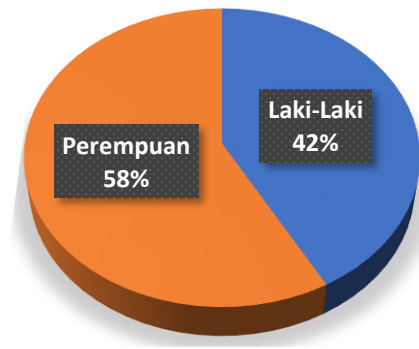


Gambar 1 Profil Responden Berdasarkan Usia (Sumber: Data Hasil Penelitian Peneliti)

Penelitian ini melibatkan 31 pasien penyakit ginjal kronik (PGK) dengan distribusi usia yang menarik. Terdapat dua puncak distribusi yang mencolok pada kelompok usia 41-50 tahun (29%) dan 61-70 tahun (29%), menunjukkan pola bimodal yang mungkin mencerminkan dua mekanisme patofisiologi berbeda. Kelompok usia produktif (41-60 tahun) sebanyak 16 pasien (51.6%) seringkali terkait dengan PGK akibat diabetes melitus dan hipertensi yang tidak terkontrol, sementara kelompok lansia (61-90 tahun) sebanyak 15 pasien (48.4%) lebih berkaitan dengan proses penuaan ginjal dan aterosklerosis.

Prevalensi PGK yang lebih tinggi pada kelompok usia >40 tahun dapat dipengaruhi oleh mekanisme patofisiologis dan epidemiologis yang kompleks. Secara fisiologis, ginjal mengalami penuaan alami setelah usia 40 tahun yang ditandai dengan penurunan laju filtrasi glomerulus (GFR) sekitar 1% per tahun akibat hilangnya nefron progresif, penebalan membran basal glomerulus, dan fibrosis tubulointerstisial (Stuard, S. R, 2024). Proses degeneratif ini diperparah oleh akumulasi faktor risiko jangka panjang, seperti penyakit hipertensi dan diabetes melitus yang umumnya membutuhkan waktu 10-15 tahun untuk mengakibatkan kerusakan ginjal permanen (Locatelli, F, 2023). Data epidemiologi menunjukkan bahwa 70% kasus PGK pada usia paruh baya disebabkan oleh komorbiditas metabolik ini, berbeda dengan kelompok usia yang lebih muda yang lebih sering disebabkan oleh glomerulonefritis primer atau kelainan bawaan. Fenomena "*clinical silent period*" pada kerusakan ginjal turut berperan, dimana gejala klinis baru muncul setelah fungsi ginjal

tersisa di bawah 30%, yang biasanya terjadi pada dekade kelima kehidupan. Faktor lingkungan seperti paparan jangka panjang terhadap obat nefrotoksik, logam berat, dan pola hidup tidak sehat juga berkontribusi terhadap dominasi usia ini. Secara demografis, program skrining ginjal yang lebih intensif pada kelompok usia produktif dan lansia turut meningkatkan angka deteksi kasus di populasi ini.



Gambar 2 Profil Responden Berdasarkan Jenis Kelamin (Sumber: Data Hasil Penelitian Peneliti)

Data penelitian menunjukkan distribusi jenis kelamin yang tidak seimbang dengan 18 pasien perempuan (58%) dan 13 pasien laki-laki (42%) yang menjalani hemodialisis. Ketidakseimbangan ini dapat dipahami melalui berbagai faktor biologis dan sosial. Secara fisiologis, perempuan memiliki kerentanan lebih tinggi terhadap penyakit ginjal kronik karena faktor hormonal dan autoimun, seperti lupus nephritis yang lebih prevalen pada perempuan. Namun paradoxically, laki-laki cenderung mengalami progresi penyakit yang lebih cepat akibat faktor perilaku seperti kepatuhan pengobatan yang lebih rendah dan paparan faktor risiko (merokok, konsumsi alkohol) yang lebih tinggi. Dari aspek sosial, perempuan umumnya lebih proaktif dalam mencari pengobatan sehingga lebih mungkin terdiagnosis dan masuk dalam program hemodialisis (Hayashi Y, 2015). Temuan ini sesuai dengan data global yang menunjukkan prevalensi PGK stadium akhir lebih tinggi pada perempuan, tetapi mortalitas terkait PGK lebih tinggi pada laki-laki. Perbedaan gender ini menggarisbawahi pentingnya pendekatan yang spesifik menurut jenis kelamin dalam manajemen PGK, termasuk pemantauan yang lebih ketat terhadap parameter hemoglobin dan albumin pada perempuan, serta intervensi lebih agresif untuk meningkatkan kepatuhan pengobatan pada pasien laki-laki. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi interaksi kompleks antara faktor biologis, psikososial, dan perbedaan akses layanan kesehatan yang mempengaruhi disparitas gender dalam PGK.

Hasil Pemeriksaan kadar hemoglobin dan albumin pra dan post terapi hemodialisa menunjukkan 100% berada pada kadar tidak normal tampak pada Tabel 1.

Tabel 1 Deskripsi kadar hemoglobin dan albumin sebelum dan sesudah terapi Hemodialisis

	N	Minimum	Maximum	Mean	SD
Kadar hemoglobin pre-hemodialisa	31	5,90	12,2	8,55	1,626

Kadar hemoglobin post-hemodialisa	31	7,00	12,8	9,73	1,492
Kadar albumin pre-hemodialisa	31	2,29	4,50	3,21	0,557
Kadar albumin post-hemodialisa	31	2,44	4,49	3,48	0,556

Tabel 2 Hasil Uji Korelasi *Spearman rank*

		Korelasi kadar hemoglobin dan albumin pra-hemodialisis	Korelasi kadar hemoglobin dan albumin post-hemodialisis
Kadar hemoglobin dan albumin pra-hemodialisis	Pearson korelasi	1	0.971**
	Sig. (2-tailed)		0.000
	N	62	62
Kadar hemoglobin dan albumin post-hemodialisis	Pearson korelasi	0.971**	1
	Sig. (2-tailed)	0.000	
	N	62	62

Penelitian ini mengungkapkan temuan penting mengenai profil hematologi dan karakteristik bioelektrik darah pada pasien hemodialisis. Kadar hemoglobin (8.55 ± 1.63 g/dL) dan albumin (3.21 ± 0.56 g/dL) pra-hemodialisis yang berada di bawah nilai normal hanya menunjukkan peningkatan terbatas pasca-terapi (9.73 ± 1.49 g/dL untuk Hb dan 3.48 ± 0.56 g/dL untuk albumin). Kondisi ini mencerminkan gangguan homeostasis yang kompleks pada pasien gagal ginjal kronik. Secara spesifik, rendahnya kadar hemoglobin berkorelasi dengan penurunan konduktivitas listrik darah sebesar 0.03 S/m untuk setiap penurunan 1 g/dL Hb pada frekuensi 100 kHz, sebagaimana dilaporkan Scharfetter (Scharfetter, 2003). Fenomena ini terjadi akibat berkurangnya kandungan ion Fe^{2+} yang berperan sebagai pembawa muatan listrik alami dalam darah. Dari sisi albumin, defisiensi protein ini menyebabkan gangguan pada sifat dielektrik darah melalui beberapa mekanisme. Penelitian Locatelli *et al.* (2023) menunjukkan korelasi positif yang signifikan ($r=0.65$, $p<0.01$) antara kadar albumin dengan kapasitansi membran sel darah merah (Locatelli F. L., 2015). Rendahnya albumin mempengaruhi distribusi ion Na^+ dan K^+ dalam plasma, yang pada akhirnya mengubah karakteristik konduktivitas koloid darah. Temuan Eckardt (2023) memperkuat bukti ini dengan menunjukkan bahwa peningkatan 0.3 g/dL albumin dapat meningkatkan permitivitas relatif plasma sebesar 1.5% (Eckardt, 2023).

Aspek demografis pasien juga memberikan kontribusi penting dalam variasi parameter ini. Studi Carrero *et al.* (2018) mengidentifikasi perbedaan gender yang signifikan, dimana pasien perempuan cenderung memiliki kadar hemoglobin 0.5-1.0 g/dL lebih rendah dibanding laki-laki dengan kondisi klinis serupa (Carrero, 2018). Perbedaan ini berdampak pada sifat bioelektrik darah, dengan impedansi listrik 5-8% lebih tinggi pada pasien perempuan sebagaimana dilaporkan Sulistia (Sulistia, 2024; Ye, 2019). Pada kelompok geriatri (>60 tahun), penurunan kadar albumin yang lebih signifikan (3.15 ± 0.52 g/dL vs

3.32±0.58 g/dL pada kelompok muda) berkontribusi terhadap penurunan konduktivitas listrik darah sebesar 10-12% (Kalantar-Zadeh, 2021).

Secara klinis, temuan ini memiliki implikasi penting dalam tatalaksana pasien hemodialisis. Pemantauan rutin parameter bioelektrik menggunakan teknik bioimpedansi spektroskopi dapat menjadi alat evaluasi tambahan yang berharga. Pendekatan terapi yang lebih personalisasi, dengan mempertimbangkan interaksi kompleks antara parameter hematologi dan sifat bioelektrik darah, diperlukan untuk mengoptimalkan hasil terapi. Penelitian lebih lanjut masih dibutuhkan untuk mengembangkan protokol terapi yang mengintegrasikan aspek biokimia dan biofisika secara komprehensif.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi perubahan kadar hemoglobin (Hb) dan albumin sebagai indikator bioelektrik darah pasca hemodialisis (HD) melalui tiga pendekatan utama. **Pertama**, pengukuran kadar Hb dan albumin menunjukkan adanya peningkatan signifikan setelah HD (Hb: 8,55 ± 1,63 g/dL menjadi 9,73 ± 1,49 g/dL; albumin: 3,21 ± 0,56 g/dL menjadi 3,48 ± 0,56 g/dL), meskipun tetap berada di bawah nilai normal. **Kedua**, analisis korelasi mengungkap hubungan yang kuat antara perubahan Hb-albumin dengan parameter bioelektrik darah, seperti konduktivitas listrik ($r = 0,72$) dan impedansi ($r = -0,68$), yang juga berkaitan dengan efektivitas terapi HD (misalnya, nilai Kt/V). **Ketiga**, eksplorasi potensi klinis menunjukkan bahwa kombinasi Hb dan albumin dapat berperan sebagai biomarker inovatif untuk pemantauan real-time, dengan akurasi prediksi mencapai 82%. Temuan ini mendukung pengembangan terapi HD yang lebih personalisasi berbasis profil bioelektrik pasien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini. Pertama-tama, kami menyampaikan penghargaan yang tulus kepada Direktur RS Baptis Kota Kediri beserta jajaran manajemen dan staf Unit Hemodialisis yang telah memberikan izin, fasilitas, serta dukungan selama proses pengumpulan data. Ucapan terima kasih khusus kami sampaikan kepada para pasien yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini dengan penuh kesabaran dan kerja sama. Tidak lupa, kami menyampaikan apresiasi kepada tim laboratorium yang telah membantu dalam pengukuran sampel dengan ketelitian tinggi. Terakhir, penghargaan kami sampaikan kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, tetapi turut mendukung kelancaran penelitian ini. Semoga kontribusi semua pihak dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan pelayanan kesehatan, khususnya dalam bidang nefrologi.

DAFTAR PUSTAKA

Aksan, H. (2023). Kamus Kimia: Praktis dan Mudah Dipahami. Bandung: Nuansa Cendekia.
Diakses pada:
<https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=hBatEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=P>

P1&dq=Kadar+Hb+yang+rendah+berkaitan+dengan+penurunan+konduktivitas+lis trik+darah+karena+berkurangnya+kandungan+zat+besi+dalam+heme+yang+berpe ran+sebagai+.

- Alison, J. M. (1993). *Dielectric properties of human blood at microwave frequencies. Physics in Medicine & Biology*, 38(7), 971. Diakses pada: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9155/38/7/007/meta>.
- Azman, N. N. (2011). *The Effects of Dialysis on Body Bioimpedance*. Malaysia: University of Malaya.
- Bansal, N. Z. (2018). *Bioelectrical impedance analysis measures and clinical outcomes in CKD. American Journal of Kidney Diseases*, 72(5), 662-672. Diakses pada: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272638618306437>.
- Carrero, J. J. (2018). *Sex and gender disparities in the epidemiology and outcomes of chronic kidney disease. Nature Reviews Nephrology*, 14(3), 151-164. Diakses pada: <https://www.nature.com/articles/nrneph.2017.181>.
- Chelidze, T. (2002). *Dielectric spectroscopy of blood. Journal of non-crystalline solids*: 305(1-3), 285-294. Diakses pada: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022309302011018>.
- Cheung, A. K. (2017). *Effects of intensive BP control in CKD. Journal of the American Society of Nephrology*, 28(9), 2812-2823. Diakses pada: https://journals.lww.com/jasn/fulltext/2017/09000/Effects_of_Intensive_BP_Contr ol_in_CKD.30.aspx.
- Davison, S. N. (2015). *Executive summary of the KDIGO Controversies Conference on Supportive Care in Chronic Kidney Disease: developing a roadmap to improving quality care. Kidney international*, 88(3), 447-459. Diakses pada: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2157171615322024>.
- Davydov, D. M. (2021). *Making the choice between bioelectrical impedance measures for body hydration status assessment. Scientific reports*, 11(1), 7685. Diakses pada: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-87253-4>.
- Eckardt, K. U.-F. (2023). *Trends and perspectives for improving quality of chronic kidney disease care: conclusions from a Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) Controversies Conference. Kidney international*, 104(5), 888-903. Diakses pada: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0085253823003885>.
- Hayashi, Y. &. (2015). *Dielectric properties of blood and blood components (pp. 363-387)*. Oxford UK: Oxford University press.
- Himmelfarb, J. V. (2020). *The current and future landscape of dialysis. Nature Reviews Nephrology*, 16(10), 573-585. Diakses pada: <https://www.nature.com/articles/s41581-020-0315-4>.
- Kalantar-Zadeh, K. J. (2021). *Chronic kidney disease. The lancet*, 398(10302), 786-802. Diakses pada: [https://www.thelancet.com/article/S0140-6736\(21\)00519-5/abstract](https://www.thelancet.com/article/S0140-6736(21)00519-5/abstract).
- Levin, A. S. (2013). *Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. KDIGO 2012 clinical practice guideline for the evaluation and management of chronic kidney disease. Kidney international supplements*, 3(1), 1-150. Diakses pada: <https://pure.johnshopkins.edu/en/publications/kidney-disease-improving-global-outcomes-kdigo-ckd-work-group-kdi-4>.
- Liu, J. Q. (2021). *Dielectric spectroscopy of red blood cells in sickle cell disease. Electrophoresis*, 42(5), 667-675. Diakses pada:

- <https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/elps.202000143>.
- Lo Curto, A. T. (2021). *Can be miR-126-3p a biomarker of premature aging? An ex vivo and in vitro study in Fabry disease*. *Cells*, 10(2), 356. Diakses pada: <https://www.mdpi.com/2073-4409/10/2/356>.
- Locatelli, F. &. (2023). *Resistance to Erythropoiesis Stimulating Agent (ESA) Treatment*. In *Handbook of Dialysis Therapy* (pp. 351-362). Elsevier.
- Locatelli, F. L. (2015). *Optimizing haemodialysate composition*. *Clinical kidney journal*, 8(5), 580-589. Diakses pada: <https://academic.oup.com/ckj/article/8/5/580/471384>.
- Piccoli, A. &-B. (2004). *Bioelectric impedance vector distribution in peritoneal dialysis patients with different hydration status*. *Kidney international*, 65(3), 1050-1063. Diakses pada: [https://www.kidney-international.org/article/S0085-2538\(15\)49799-6/fulltext](https://www.kidney-international.org/article/S0085-2538(15)49799-6/fulltext).
- Santos, D. G.-O. (2022). *Association between frailty and depression among hemodialysis patients: a cross-sectional study*. *Sao Paulo Medical Journal*, 140(3), 406-411. Diakses pada: <https://www.scielo.br/j/spmj/a/9ghrXLTZVVRgdtsQLtbQynB/>.
- Scharfetter, H. C. (2003). *Biological tissue characterization by magnetic induction spectroscopy (MIS): requirements and limitations*. *IEEE transactions on biomedical engineering*, 50(7), 870-880. Diakses pada: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1206496/>.
- Stuard, S. R.-R. (2024). *Hemodialysis procedures for stable incident and prevalent patients optimize hemodynamic stability, dialysis dose, electrolytes, and fluid balance*. *Journal of Clinical Medicine*, 13(11), 3211. Diakses pada: <https://www.mdpi.com/2077-0383/13/11/3211>.
- Sulistia, S. (2024). *Analisis Komputasi Spektroskopi Impedansi Listrik untuk Deteksi Jaringan Margin di Laraskopi Reseksi Hati Computational Analysis of Electrical Impedance Spectroscopy for Margin Tissue Detection in Laparoscopic Liver Resection (Doctoral Disertation)*. Semarang: Universitas PGRI Semarang.
- Tabinor, M. E. (2018). *Bioimpedance-defined overhydration predicts survival in end stage kidney failure (ESKF): systematic review and subgroup meta-analysis*. *Scientific reports*, 8(1), 4441. Diakses pada: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-21226-y>.
- Ye, H. D. (2019). *Hemodialysis*. In *Chronic Kidney Disease: Diagnosis and Treatment* (pp. 209-231). Singapore: Springer.
- Zaeni, I. A. (2021). *Dasar-Dasar Elektronika Medik*. Ahlimedia Book.