

**KETIDAKSESUAIAN HASIL PEMERIKSAAN PROTEIN
TOTAL AKIBAT PENURUNAN STABILITAS REAGEN:
STUDI KASUS**

KARYA TULIS ILMIAH

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Untuk Menyelesaikan Program Pendidikan
Diploma 3 Teknologi Laboratorium Medis

Disusun oleh:

AULIA RAMADANHI OCTO SHIDIQ

KHGE23008



**PROGRAM STUDI D3 TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
FAKULTAS ILMU KESEHATAN
INSTITUT KESEHATAN KARSA HUSADA GARUT
2026**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa Karya Tulis Ilmiah saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik Amd.Kes. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Institut Kesehatan Karsa Husada Garut.

Garut, 21 Mei 2026
Yang membuat pernyataan



Aulia Ramadani Octo Shidiq
KHGE23008

LEMBAR PERSETUJUAN

JUDUL : KETIDAKSESUAIAN HASIL PEMERIKSAAN
PROTEIN TOTAL AKIBAT PENURUNAN
STABILITAS REAGEN
NAMA : AULIA RAMADANHI OCTO SHIDIQ
NIM : KHGE23008

KARYA TULIS ILMIAH

Diajukan untuk menempuh ujian pada
Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis
Fakultas Ilmu Kesehatan Institut Kesehatan Karsa Husada Garut

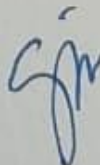
Garut, 25 Mei 2026

Menyetujui,
Pembimbing



Gina Nafsa Mutmaina, S.ST., M.Pd
NIK: 043298.1013.118

Mengetahui,
Ketua Prodi D3 Teknologi Laboratorium Medis



Gina Nafsa Mutmaina, S.ST., M.Pd
NIK: 043298.1013.118

LEMBAR PENGESAHAN

**JUDUL : KETIDAKSESUAIAN HASIL PEMERIKSAAN
PROTEIN TOTAL AKIBAT PENURUNAN
STABILITAS REAGEN**

NAMA : AULIA RAMADANHI OCTO SHIDIQ

NIM : KHGE23008

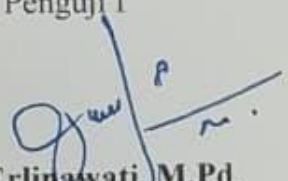
KARYA TULIS ILMIAH

Karya Tulis Ilmiah ini telah disidangkan dihadapan tim penguji Program Studi D3
Teknologi Laboratorium Medis Fakultas Ilmu Kesehatan Institut Kesehatan
Karsa Husada Garut

Garut, 02 Juni 2026

Menyetujui,

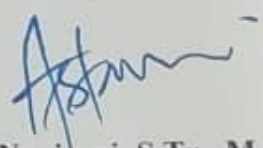
Penguji I


N. Ai Erlinawati, M.Pd
NIK: 043298.1002.022

Mengetahui,
Ketua Prodi D3 Teknologi Laboratorium Medis


Gina Nafsa Mutmaina, S.ST., M.Pd
NIK: 043298.1013.118

Penguji II


Astari Nurisani, S.Tr., M.Kes
NIK: 043298.0917.140

Mengesahkan,
Pembimbing


Gina Nafsa Mutmaina, S.ST., M.Pd
NIK: 043298.1013.118

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Ilmu Kesehatan

Susan Susyanti, S.Kp., M.Kep
NIK: 043298.0910.085



ABSTRAK

KETIDAKSESUAIAN HASIL PEMERIKSAAN PROTEIN TOTAL AKIBAT PENURUNAN STABILITAS REAGEN: STUDI KASUS

Protein total merupakan salah satu parameter kimia klinik yang digunakan untuk menilai kondisi fisiologis tubuh, terutama yang berkaitan dengan fungsi hati, ginjal, dan status nutrisi. Pemeriksaan protein total umumnya dilakukan menggunakan metode Biuret karena prosedurnya sederhana dan memberikan hasil yang stabil. Studi kasus ini memfokuskan pada kejadian ketidaksesuaian hasil pemeriksaan akibat penurunan kualitas reagen selama penyimpanan di dalam alat. Pemeriksaan dilakukan dengan metode Biuret menggunakan instrumen *chemistry analyzer* Mindray BS-480 pada sampel serum pasien. Hasil pemeriksaan awal menunjukkan kadar protein total ekstrem rendah sebesar 0,8 g/dL. Setelah dilakukan tindakan perbaikan berupa penggantian reagen baru dan pengujian ulang, diperoleh hasil kadar protein total yang meningkat signifikan menjadi 4,7 g/dL. Penurunan stabilitas fungsi reagen di dalam alat (*on-board stability*) yang melewati batas 28 hari diduga menyebabkan reaksi pembentukan kompleks warna Biuret tidak berjalan optimal, sehingga intensitas warna yang terbentuk melemah dan menghasilkan nilai pembacaan yang rendah palsu (*false low*). Dengan demikian, lamanya penyimpanan reagen di dalam instrumen secara langsung menurunkan stabilitas fungsinya, sehingga memicu deviasi atau ketidaksesuaian pada akurasi hasil akhir pemeriksaan protein total.

Kata kunci: Biuret, protein total, stabilitas reagen.

ABSTRACT

DISCREPANCY IN TOTAL PROTEIN TEST RESULTS AT THE ANALYTICAL STAGE: CASE STUDY

Total protein is one of the clinical chemistry parameters used to assess the body's physiological condition, especially related to liver and kidney functions, as well as nutritional status. Total protein tests are usually carried out using the Biuret method because the procedure is simple and provides stable results. This case study describes an incident of inconsistent test results due to reagent quality deterioration during storage in the equipment. The test was conducted using the Biuret method on a patient's serum sample with a Mindray BS-480 chemistry analyzer. The initial test results showed an extremely low total protein level of 0.8 g/dL. After corrective action was taken by replacing with new reagents and retesting, the results showed a significant increase in total protein levels to 4.7 g/dL. The decreased stability of the reagents in the instrument (on-board stability) beyond the 28-day limit is suspected to have caused the Biuret color complex formation reaction to not work optimally, resulting in weaker color intensity and falsely low readings. Therefore, storing reagents in the instrument for too long directly reduces their functional stability, which in turn causes deviations or inaccuracies in the final total protein test results.

Keywords: Biuret, total protein, reagent stability.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT Sang Maha Segalanya karena atas izin dan ridho-Nya, kasih sayang serta karunia-Nya saya dapat menyelesaikan Karya Tulis Ilmiah (KTI) yang berjudul **“Ketidaksesuaian Hasil Pemeriksaan Protein Total Akibat Penurunan Stabilitas Reagen”** ini tepat pada waktunya. Penulisan Karya Tulis Ilmiah (KTI) ini ditulis dalam rangka memenuhi syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Diploma III Teknologi Laboratorium Medis Fakultas Kesehatan Institut Kesehatan Karsa Husada Garut.

Dalam penyelesaian penulisan Karya Tulis Ilmiah ini, saya banyak memperoleh bantuan untuk pengajaran, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu saya menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Bapak Dr. H. Hadiat, MA selaku Ketua Pembina Yayasan Dharma Husada Insani Garut.
2. Bapak H. Suryadi, M.Si selaku Ketua Umum Pengurus Yayasan Dharma Husada Insani Garut.
3. Bapak Dr. Iwan Wahyudi, S Kep., Ners., M Kep selaku Ketua Rektor Institut Kesehatan Karsa Husada Garut
4. Susan Susyanti, S Kep., Ners., M Kep selaku Dekan Fakultas Ilmu Kesehatan Institut Kesehatan Karsa Husada Garut
5. Ibu Gina Nafsa Mutmaina, S.ST., M Pd selaku Ketua Program Studi DIII Teknologi Laboratorium Medis sekaligus dosen pembimbing yang telah

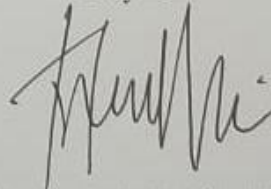
meluangkan waktu di tengah kesibukan beliau untuk memberikan kritik, saran, bimbingan, dan pengarahan kepada saya dalam proses penulisan Karya Tulis Ilmiah ini.

6. Ibu N. Ai Erlinawati, M.Pd selaku dosen penguji I dan ibu Astari Nurisani, S.Tr., M.Kes selaku dosen penguji II yang telah meluangkan waktunya untuk menguji Karya Tulis Ilmiah penulis.
7. Seluruh dosen pengajar Prodi DIII Teknologi Laboratorium Medis Fakultas Kesehatan Institut Kesehatan Karsa Husada Garut.
8. Orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat kepada saya selama penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini.
9. Diri saya sendiri serta teman-teman yang telah memberikan dukungan dan semangat selama penyusunan Karya Tulis Ilmiah ini.

Saya menyadari penyusunan Karya Tulisan Ilmiah ini jauh dari kata sempurna karena keterbatasan dan kemampuan dari ilmu pengetahuan yang saya miliki. Oleh karena itu, atas kesalahan dan kekurangan dalam penulisan Karya Tulis Ilmiah ini saya mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Saya berharap semoga Karya Tulis Ilmiah ini bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Garut 11 Mei 2026

Penyusun



Aulia Ramadhanhi Octo Shidiq

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DARTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.1.1 Protein Total.....	6
2.1.2 Metode Pemeriksaan Protein Total	8
2.1.3 Prinsip Metode Biuret	12
2.1.4 Reaksi Biuret.....	13
2.1.5 Reagen Biuret.....	14
2.1.6 <i>Quality Control</i>	16
2.1.7 Penanganan dan Stabilitas Reagen.....	19
2.1.8 Instrumen Pemeriksaan	22
2.2 Kerangka Penelitian	26
BAB III METODE STUDI KASUS	27
3.1 Rancangan Studi Kasus.....	27
3.2 Objek Studi Kasus	27
3.3 Fokus Studi Kasus.....	27

3.4	Pengumpulan Data Studi Kasus	28
3.5	Etik Studi Kasus.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		30
4.1	Hasil Penelitian.....	30
4.2	Pembahasan.....	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		37
DAFTAR PUSTAKA.....		39
LAMPIRAN.....		42
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		45

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Penurunan Stabilitas Reagen Biuret	15
Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Protein Total	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reagen Protein Total	14
Gambar 2.2 Mindray BS-480	23
Gambar 2.3 Kerangka Penelitian.....	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Dokumentasi Penelitian.....	42
Lampiran 2: Lembar bimbingan.....	44

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemeriksaan laboratorium merupakan salah satu penunjang penting dalam pelayanan kesehatan yang digunakan untuk membantu penegakan diagnosis, pemantauan terapi, serta evaluasi kondisi pasien. Dalam pemeriksaan kimia klinik, protein total merupakan jumlah keseluruhan protein yang terdapat dalam serum atau plasma darah. Pemeriksaan protein total menjadi indikator penting dalam menilai status kesehatan pasien karena berkaitan dengan status gizi, fungsi hati, dan kondisi ginjal. Secara klinis, kadar protein total normal berkisar antara 6,0–8,0 g/dL, meskipun nilai ini dapat bervariasi tergantung metode dan laboratorium yang digunakan (Yong *et al.*, 2024).

Metode yang umum digunakan dalam pemeriksaan protein total adalah metode Biuret. Metode ini bekerja berdasarkan reaksi antara protein dengan ion tembaga (Cu^{2+}) dalam suasana basa yang menghasilkan kompleks berwarna ungu. Intensitas warna yang terbentuk sebanding dengan kadar protein dalam sampel dan akan diukur menggunakan alat kimia *analyzer*. Metode Biuret telah divalidasi sebagai prosedur referensi dalam laboratorium klinik dan diakui oleh *Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine* (JCTLM) sebagai metode rujukan untuk pemeriksaan protein total dalam serum atau plasma (Doumas *et al.*, 1981; Yong *et al.*, 2024).

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk analisis protein yaitu Biuret, Lowry, Bradford, dan Kjeldahl. Metode Lowry dan Bradford memiliki sensitivitas yang lebih tinggi terhadap kadar protein rendah, sedangkan metode Kjeldahl didasarkan pada penetapan nitrogen total dalam sampel (Hayes, 2020). Meskipun demikian, metode Biuret tetap menjadi pilihan utama dalam laboratorium klinik karena prosedurnya sederhana, biaya reagen relatif murah, dan hasilnya stabil. Metode Biuret memiliki keterbatasan berupa sensitivitas yang lebih rendah terhadap kadar protein rendah sehingga hasil pemeriksaan perlu dikaitkan dengan kondisi klinis pasien untuk menghindari kesalahan interpretasi (Lubran, 1978). Selain itu, hasil pemeriksaan protein total dapat dipengaruhi oleh faktor teknis maupun pra-analitik yang menyebabkan hasil tidak selalu mencerminkan kondisi sebenarnya (J. J. H. Hunsaker, Wyness and Genzen, 2016).

Keakuratan hasil pemeriksaan protein total dipengaruhi oleh beberapa faktor pada tahap analitik, antara lain stabilitas dan konsentrasi reagen, pH larutan, waktu inkubasi, serta kondisi instrumen. Penurunan stabilitas reagen dapat mengganggu reaksi Biuret sehingga pembentukan kompleks warna tidak berlangsung optimal dan menyebabkan hasil yang diperoleh lebih rendah dari nilai sebenarnya (R. Wahyuningtyas, 2018). Selain itu, kondisi instrumen seperti kalibrasi alat dan kebersihan kuvet juga dapat memengaruhi akurasi hasil pemeriksaan (Zheng, Li and Wang, 2017). Oleh karena itu, pengendalian mutu pada tahap analitik perlu dilakukan untuk menjaga validitas hasil pemeriksaan protein total (J. J. H. Hunsaker, Wyness and Genzen, 2016).

Faktor analitik yang dapat memengaruhi hasil pemeriksaan protein total dengan metode Biuret meliputi stabilitas reagen, pH larutan, waktu inkubasi, suhu pemeriksaan, kondisi instrumen, serta keberadaan senyawa pengganggu. pH larutan harus dijaga dalam kondisi basa optimal karena perubahan pH dapat mengganggu pembentukan kompleks antara ion Cu^{2+} dan ikatan peptida (Doumas, Bayse, Carter, *et al.*, 1981). Waktu inkubasi dan suhu pemeriksaan yang tidak sesuai juga dapat menyebabkan pembentukan warna tidak berlangsung secara optimal (Chromý, Fischer and Kulhánek, 2021). Selain itu, reagen yang digunakan secara rutin dapat mengalami penurunan kualitas akibat penyimpanan yang kurang tepat atau penggunaan berulang, sehingga pembentukan kompleks warna pada reaksi Biuret menjadi tidak maksimal dan menghasilkan nilai yang lebih rendah dari kondisi sebenarnya (Zheng *et al.*, 2017).

Stabilitas reagen dapat dipengaruhi oleh lama penggunaan setelah kemasan dibuka, frekuensi pemakaian, suhu penyimpanan, serta kemungkinan kontaminasi selama penggunaan rutin di laboratorium. Pada studi kasus ini, reagen telah digunakan selama kurang lebih satu minggu setelah dibuka. Meskipun masih berada dalam rentang masa pakai yang direkomendasikan, faktor penyimpanan dan penggunaan berulang dapat memengaruhi kualitas reagen sehingga perlu dilakukan evaluasi terhadap kemungkinan penurunan stabilitas reagen (Nikolac, 2018).

Fenomena yang mendasari penelitian ini adalah ditemukannya ketidaksesuaian hasil pemeriksaan protein total pada seorang pasien yang diperiksa menggunakan metode Biuret pada alat kimia *analyzer*. Hasil awal menunjukkan

kadar protein total sebesar 0,8 g/dL, yang tidak sesuai dengan kondisi klinis pasien. Setelah dilakukan evaluasi pada tahap analitik dan penggantian reagen, hasil pemeriksaan ulang menunjukkan kadar protein total sebesar 4,7 g/dL. Perbedaan hasil tersebut menimbulkan dugaan bahwa penurunan stabilitas reagen berperan dalam terjadinya ketidaksesuaian hasil pemeriksaan. Oleh karena itu, studi kasus ini dilakukan untuk menganalisis hubungan antara stabilitas reagen dan ketidaksesuaian hasil pemeriksaan protein total pada tahap analitik.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan dengan judul “Ketidaksesuaian Hasil Pemeriksaan Protein Total Akibat Penurunan Stabilitas Reagen.”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah pada studi kasus ini adalah “Bagaimana penurunan stabilitas reagen dapat menyebabkan ketidaksesuaian hasil pemeriksaan protein total?”

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan dari studi kasus ini adalah untuk mengetahui penyebab terjadinya ketidaksesuaian hasil pemeriksaan protein total.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan penulis mengenai pemeriksaan protein total, khususnya faktor-faktor pada tahap analitik yang dapat

mempengaruhi hasil pemeriksaan. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi bagi laboratorium dalam menjaga kualitas pemeriksaan, serta menjadi referensi bagi mahasiswa lain dalam memahami penyebab ketidaksesuaian hasil pemeriksaan laboratorium.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Protein Total

Protein total merupakan jumlah keseluruhan protein yang terdapat dalam serum atau plasma darah, yang secara utama tersusun atas fraksi albumin dan globulin. Albumin merupakan protein plasma dengan konsentrasi tertinggi yang disintesis di hati dan memiliki peran dominan dalam mempertahankan tekanan osmotik koloid darah. Globulin terdiri atas beberapa subfraksi, yaitu alfa, beta, dan gamma globulin, yang masing-masing memiliki fungsi spesifik dalam sistem transport dan pertahanan tubuh. Distribusi dan keseimbangan antara albumin dan globulin mencerminkan kondisi fisiologis tubuh secara keseluruhan. Nilai normal protein total dalam serum umumnya berkisar antara 6,0–8,3 g/dL. Komposisi protein plasma ini bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh proses sintesis, distribusi, serta degradasi protein dalam tubuh (Burtis and Bruns, 2015).

Protein dalam sirkulasi darah memiliki peranan fisiologis yang luas dan kompleks. Protein berfungsi sebagai molekul *transport* yang mengikat dan mengangkut berbagai zat seperti hormon, asam lemak, bilirubin, serta obat-obatan dalam aliran darah. Selain itu, protein berperan dalam sistem *buffer* yang menjaga kestabilan pH darah melalui mekanisme keseimbangan asam basa. Protein juga terlibat dalam sistem imun melalui pembentukan imunoglobulin serta dalam proses hemostasis melalui faktor-faktor pembekuan darah. Fungsi-fungsi tersebut

menunjukkan bahwa protein plasma memiliki kontribusi penting dalam menjaga stabilitas lingkungan internal tubuh. Oleh karena itu, keberadaan protein dalam jumlah yang adekuat merupakan bagian integral dari fungsi fisiologis normal (Nelson and Cox, 2017).

Kadar protein total dalam serum dapat mengalami penurunan (hipoproteinemia) maupun peningkatan (hiperproteinemia) yang memiliki makna klinis tertentu. Hipoproteinemia dapat terjadi akibat penurunan sintesis protein, seperti pada penyakit hati kronis, malnutrisi, serta gangguan absorpsi nutrisi di usus, maupun akibat peningkatan kehilangan protein melalui ginjal pada sindrom nefrotik dan melalui saluran pencernaan pada protein-losing enteropathy (Burtis and Bruns, 2015) (McPherson and Pincus, 2021). Penurunan kadar protein tersebut dapat menyebabkan berkurangnya tekanan osmotik koloid plasma yang berperan dalam mempertahankan keseimbangan cairan intravaskular sehingga dapat menimbulkan edema (Hall, 2021). Sebaliknya, hiperproteinemia dapat terjadi akibat kondisi dehidrasi yang menyebabkan hemokonsentrasi atau peningkatan fraksi globulin pada keadaan infeksi kronis, proses inflamasi, serta gangguan proliferasi seperti multiple myeloma (Robbins and Cotran, 2018). Perubahan kadar protein total tersebut mencerminkan adanya gangguan keseimbangan antara proses sintesis, distribusi, dan degradasi protein dalam tubuh.

Berdasarkan strukturnya, protein tersusun atas rantai asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida dan membentuk struktur primer, sekunder, tersier, hingga kuartener. Struktur ini menentukan sifat fisikokimia dan fungsi biologis protein dalam tubuh. Protein plasma memiliki karakteristik kelarutan dan mobilitas

elektroforesis yang berbeda, sehingga dapat dipisahkan menjadi fraksi-fraksi tertentu berdasarkan sifat tersebut. Albumin memiliki ukuran molekul yang relatif kecil dan mobilitas tinggi, sedangkan globulin memiliki ukuran yang lebih besar dan mobilitas yang lebih rendah. Perbedaan karakteristik ini memungkinkan analisis lebih lanjut terhadap komposisi protein plasma. Dengan demikian, struktur dan sifat protein menjadi dasar dalam memahami fungsi serta distribusinya dalam tubuh (Voet, Voet and Pratt, 2016).

Protein plasma juga mengalami proses metabolisme yang melibatkan sintesis dan degradasi secara terus-menerus. Hati merupakan organ utama dalam sintesis sebagian besar protein plasma, terutama albumin dan beberapa globulin. Sementara itu, degradasi protein terjadi melalui sistem retikuloendotelial dan jaringan tubuh lainnya. Keseimbangan antara proses sintesis dan degradasi menentukan konsentrasi protein dalam sirkulasi darah. Gangguan pada proses tersebut akan menyebabkan perubahan kadar protein dalam plasma. Oleh karena itu, regulasi metabolisme protein menjadi aspek penting dalam mempertahankan keseimbangan fisiologis tubuh (Hall, 2021).

2.1.2 Metode Pemeriksaan Protein Total

Metode pemeriksaan protein total merupakan prosedur analitik yang digunakan untuk menentukan konsentrasi protein dalam serum atau plasma berdasarkan prinsip reaksi kimia tertentu. Metode ini memanfaatkan interaksi antara protein dengan reagen spesifik yang menghasilkan perubahan sifat optik berupa warna. Intensitas warna yang terbentuk berbanding lurus dengan konsentrasi protein dalam sampel sehingga dapat diukur secara kuantitatif. Pengukuran

dilakukan menggunakan instrumen spektrofotometer pada panjang gelombang tertentu. Pendekatan ini menjadikan pemeriksaan protein total sebagai salah satu analisis penting dalam kimia klinik (Burtis and Bruns, 2015).

Metode pemeriksaan protein total terdiri atas beberapa jenis metode, yaitu sebagai berikut:

1. Metode Biuret

Metode Biuret merupakan metode standar dalam pemeriksaan protein total yang bekerja berdasarkan reaksi antara ion tembaga (Cu^{2+}) dengan ikatan peptida dalam suasana basa. Reaksi tersebut menghasilkan kompleks berwarna ungu yang intensitasnya sebanding dengan jumlah protein dalam sampel. Proses pemeriksaan dilakukan dengan mencampurkan sampel dengan reagen Biuret, kemudian diinkubasi untuk memastikan pembentukan kompleks berlangsung optimal. Absorbansi larutan diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang tertentu untuk menentukan konsentrasi protein. Metode ini memiliki keunggulan berupa prosedur yang sederhana, hasil yang stabil, serta *reproducibility* yang tinggi antar laboratorium (Doumas, Bayse, Borner, *et al.*, 1981). Stabilitas reagen berperan dalam menjaga konsistensi reaksi kimia yang terjadi selama proses pemeriksaan protein total.

Metode Biuret memiliki keterbatasan yang berkaitan dengan karakteristik analitiknya. Sensitivitas metode ini relatif lebih rendah dibandingkan metode lain seperti Bradford dan Lowry, sehingga kurang

optimal untuk mendeteksi protein dalam konsentrasi rendah (Bradford, 1976). Reaksi Biuret dapat mengalami interferensi dari senyawa tertentu yang berikatan dengan ion tembaga, seperti amonia dan urea, sehingga mempengaruhi hasil pengukuran (Lubran, 1978). Selain itu, metode ini hanya memberikan nilai protein total tanpa membedakan fraksi albumin dan globulin. Keterbatasan tersebut menyebabkan interpretasi hasil harus mempertimbangkan kondisi klinis dan faktor analitik yang mempengaruhi. Oleh karena itu, penggunaan metode Biuret sering dikombinasikan dengan pemeriksaan lain untuk memperoleh informasi yang lebih lengkap (Lowry *et al.*, 1951).

2. Metode Lowry

Metode Lowry merupakan metode analisis protein yang mengombinasikan reaksi Biuret dengan reduksi reagen *Folin-Ciocalteu*. Reaksi tersebut menghasilkan perubahan warna biru yang dapat diukur secara spektrofotometri untuk menentukan konsentrasi protein. Metode ini memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan metode Biuret sehingga mampu mendeteksi protein dalam konsentrasi rendah. Namun, prosedurnya lebih kompleks dan rentan terhadap interferensi dari berbagai zat kimia dalam sampel. Oleh karena itu, metode Lowry lebih banyak digunakan dalam penelitian dibandingkan pemeriksaan klinik rutin (Lowry *et al.*, 1951).

3. Metode Bradford

Metode Bradford merupakan metode yang menggunakan pewarna *Coomassie Brilliant Blue* yang berikatan dengan protein dan menghasilkan perubahan absorbansi yang dapat diukur. Metode ini memiliki keunggulan berupa proses yang cepat serta sensitivitas yang tinggi terhadap protein. Namun, hasil pengukuran dapat dipengaruhi oleh keberadaan deterjen dan komponen lain dalam sampel. Selain itu, *respons* metode ini dapat bervariasi tergantung jenis protein yang dianalisis. Oleh karena itu, metode Bradford lebih banyak digunakan pada analisis penelitian dibandingkan aplikasi klinik (Bradford, 1976; Kielkopf, Bauer and Urbatsch, 2020).

4. Metode Kjeldahl

Metode Kjeldahl merupakan metode klasik yang digunakan untuk menentukan kadar protein berdasarkan jumlah nitrogen total dalam sampel. Proses analisis dilakukan melalui tahap destruksi menggunakan asam kuat, diikuti dengan destilasi dan titrasi untuk mengukur kandungan nitrogen. Metode ini memiliki keunggulan berupa akurasi yang tinggi dalam penentuan nitrogen total. Namun, metode ini tidak spesifik terhadap protein biologis dan memerlukan waktu analisis yang relatif lama. Selain itu, penggunaan bahan kimia yang bersifat korosif menjadikan metode ini kurang praktis untuk pemeriksaan rutin (Saez-Plaza *et al.*, 2013).

2.1.3 Prinsip Metode Biuret

Prinsip metode Biuret didasarkan pada reaksi kompleksasi antara ion tembaga (Cu^{2+}) dengan gugus peptida dalam molekul protein pada kondisi basa, sehingga terbentuk kompleks koordinasi berwarna ungu yang dapat diukur secara spektrofotometri (Yong *et al.*, 2024). Dalam suasana alkalis, atom nitrogen pada ikatan peptida mengalami deprotonasi dan berperan sebagai ligan yang mengikat ion Cu^{2+} membentuk senyawa kompleks yang stabil (Dumas, Bayse, Borner, *et al.*, 1981). Intensitas warna kompleks yang terbentuk berbanding lurus dengan jumlah ikatan peptida, sehingga memungkinkan penentuan kadar protein secara kuantitatif berdasarkan nilai absorbansi yang dihasilkan (Lubran, 1978). Metode ini memiliki tingkat ketelitian dan keterulangan yang tinggi, sehingga secara luas digunakan sebagai metode standar dalam analisis protein total pada berbagai jenis sampel biologis (Dumas, Bayse, Borner, *et al.*, 1981).

Keberhasilan reaksi dipengaruhi oleh kondisi analitik seperti konsentrasi reagen, waktu inkubasi, serta kinerja instrumen, yang harus dikendalikan secara ketat untuk menjamin keakuratan dan validitas hasil pengukuran (D. Wahyuningtyas, 2018). Evaluasi terhadap ketidakpastian pengukuran menunjukkan bahwa metode Biuret tetap relevan digunakan dalam pemeriksaan klinis rutin meskipun memiliki keterbatasan sensitivitas terhadap konsentrasi protein yang sangat rendah (Zheng *et al.*, 2017).

2.1.4 Reaksi Biuret

Reaksi Biuret merupakan dasar pemeriksaan protein total yang terjadi melalui interaksi antara ion tembaga (Cu^{2+}) dengan ikatan peptida protein dalam suasana basa sehingga membentuk kompleks berwarna ungu (Dumas, Bayse, Borner, *et al.*, 1981). Intensitas warna yang terbentuk berbanding lurus dengan konsentrasi protein dalam sampel dan dapat diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang tertentu (Yong *et al.*, 2024). Keberhasilan reaksi Biuret dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti pH larutan, konsentrasi reagen, waktu inkubasi, dan kestabilan reagen. Kondisi basa yang optimal diperlukan agar pembentukan kompleks warna berlangsung dengan baik. Selain itu, waktu inkubasi yang terlalu singkat dapat menyebabkan warna belum terbentuk sempurna, sedangkan inkubasi yang terlalu lama dapat mempengaruhi kestabilan absorbansi hasil pemeriksaan (Dumas, Bayse, Borner, *et al.*, 1981).

Reaksi Biuret juga dapat dipengaruhi oleh senyawa tertentu seperti urea dan amonia yang dapat mengganggu interaksi ion Cu^{2+} dengan protein sehingga hasil pengukuran menjadi kurang akurat (Lubran, 1978). Selain itu, penurunan kualitas reagen dapat menyebabkan pembentukan warna menjadi kurang optimal dan menghasilkan kadar protein yang lebih rendah dari nilai sebenarnya. Metode Biuret memiliki keunggulan berupa prosedur yang sederhana, hasil yang stabil, dan reproduksibilitas yang baik antar pemeriksaan sehingga banyak digunakan dalam laboratorium klinik (Dumas, Bayse, Borner, *et al.*, 1981). Namun, metode ini memiliki sensitivitas yang lebih rendah dibandingkan metode lain seperti Bradford dan Lowry, terutama pada kadar protein rendah (Bradford, 1976).

2.1.5 Reagen Biuret

Reagen Biuret merupakan reagen yang digunakan dalam pemeriksaan protein total dengan metode Biuret. Reagen ini mengandung beberapa komponen utama, yaitu tembaga sulfat (CuSO_4) sebagai sumber ion Cu^{2+} , natrium atau kalium hidroksida untuk menciptakan suasana basa, serta natrium kalium tartrat yang berfungsi menjaga ion Cu^{2+} tetap stabil dalam larutan (Burtis and Bruns, 2015). Dalam beberapa formulasi, reagen juga mengandung kalium iodida sebagai pelindung untuk membantu mempertahankan kualitas reagen selama penyimpanan.



Gambar 2.1 Reagen Protein Total
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Pada pemeriksaan protein total, ion Cu^{2+} dalam reagen akan bereaksi dengan ikatan peptida protein dalam suasana basa membentuk kompleks berwarna ungu, yang intensitasnya sebanding dengan kadar protein dan diukur secara spektrofotometri (Doumas, Bayse, Carter, *et al.*, 1981). Stabilitas reagen Biuret dapat mengalami penurunan akibat berbagai faktor, seperti degradasi ion Cu^{2+} karena oksidasi, perubahan pH akibat paparan CO_2 dari udara, penguapan pelarut pada kondisi wadah tidak tertutup rapat, serta kontaminasi mikrobiologis atau kimia

dari penggunaan berulang. Selain itu, paparan suhu tinggi, cahaya langsung, serta waktu penyimpanan yang melebihi masa stabilitas (*shelf-life* dan *on-board stability*) juga dapat menyebabkan penurunan aktivitas reagen sehingga intensitas warna yang terbentuk menjadi lebih rendah dan berpotensi menghasilkan hasil pemeriksaan yang tidak akurat (Zheng *et al.*, 2017).

Tabel 2.1 Faktor Penurunan Stabilitas Reagen Biuret

No	Faktor	Mekanisme Terjadinya	Dampak terhadap Reagen	Dampak terhadap Hasil Pemeriksaan
1	Suhu penyimpanan tidak sesuai	Peningkatan suhu mempercepat reaksi degradasi ion Cu^{2+} , suhu rendah dapat menyebabkan presipitasi komponen	Penurunan kestabilan kimia reagen	Intensitas warna menurun → hasil protein lebih rendah (<i>false low</i>)
2	Paparan cahaya (UV/visible)	Oksidasi ion Cu^{2+} akibat fotodegradasi	Perubahan struktur kimia reagen	Reaksi warna tidak optimal
3	Waktu penyimpanan (<i>shelf-life</i> & <i>on-board stability</i>)	Penurunan aktivitas reagen secara bertahap seiring waktu	Penurunan reaktivitas ion Cu^{2+}	Sensitivitas menurun → hasil tidak akurat
4	Evaporasi pelarut	Penguapan akibat wadah tidak tertutup rapat atau sering terbuka	Perubahan konsentrasi reagen (lebih pekat)	Hasil bisa bias tinggi (<i>false high</i>)

5	Kontaminasi (kimia/mikrobiologi)	Masuknya zat asing saat <i>pipetting</i> atau penggunaan berulang	Gangguan reaksi Biuret	Hasil tidak stabil dan tidak <i>reproducible</i>
6	Perubahan pH (CO ₂ dari udara)	CO ₂ larut membentuk asam karbonat yang mengubah pH larutan	Gangguan kondisi basa reaksi Biuret	Pembentukan kompleks Cu–protein tidak optimal
7	Frekuensi penggunaan tinggi	Akumulasi kontaminan dan perubahan komposisi akibat penggunaan berulang	Penurunan kualitas reagen secara progresif	Drift hasil QC dan penurunan akurasi

Reagen Biuret memiliki keunggulan berupa penggunaan yang sederhana, stabil, dan menghasilkan reproduksibilitas yang baik sehingga banyak digunakan dalam pemeriksaan rutin laboratorium klinik. Namun, reagen ini tetap memerlukan pengendalian mutu dan penyimpanan yang sesuai agar hasil pemeriksaan protein total tetap akurat dan dapat dipercaya (Doumas, Bayse, Borner, *et al.*, 1981).

2.1.6 *Quality Control*

Quality control (QC) merupakan komponen penting dalam pemeriksaan laboratorium klinik yang bertujuan untuk menjamin ketepatan (*accuracy*) dan ketelitian (*precision*) hasil pemeriksaan sebelum hasil dilaporkan kepada klinisi. QC digunakan untuk mendeteksi adanya penyimpangan pada sistem analitik, baik yang bersifat kesalahan acak (*random error*) maupun kesalahan sistematis (*systematic error*). Dalam praktiknya, QC dilakukan dengan menggunakan bahan

kontrol yang memiliki nilai target dan rentang penerimaan tertentu sehingga hasil pemeriksaan dapat dibandingkan dengan standar yang telah ditetapkan. Apabila hasil QC berada dalam rentang kontrol, maka sistem analitik dianggap berada dalam kondisi layak digunakan untuk pemeriksaan sampel pasien (Westgard, 2014).

Bahan QC pada pemeriksaan protein total umumnya berupa serum kontrol yang terdiri atas level normal dan abnormal untuk memantau performa metode pada berbagai konsentrasi analit. Bahan kontrol tersebut telah distabilkan dan ditetapkan nilai targetnya oleh produsen sehingga dapat digunakan sebagai acuan evaluasi kinerja analitik. Selain bahan kontrol, sistem quality control juga melibatkan kalibrator, reagen Biuret, serta pemantauan kondisi instrumen spektrofotometri untuk memastikan hasil pengukuran berada dalam kondisi yang valid dan dapat dipercaya (Burtis and Bruns, 2015).

Pelaksanaan QC pada pemeriksaan protein total dengan metode Biuret dilakukan sebelum pemeriksaan sampel pasien sebagai bentuk verifikasi kinerja sistem analitik harian. Prinsip metode Biuret didasarkan pada pembentukan kompleks berwarna ungu antara ion Cu^{2+} dalam suasana basa dengan ikatan peptida protein, yang kemudian diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang tertentu. Stabilitas reagen, terutama ion Cu^{2+} , menjadi faktor penting karena berpengaruh langsung terhadap intensitas warna yang terbentuk dan akurasi hasil pengukuran (Doumas, Bayse, Carter, *et al.*, 1981).

Interpretasi hasil QC tidak hanya dilakukan berdasarkan batas nilai kontrol, tetapi juga menggunakan aturan Westgard untuk mendeteksi adanya penyimpangan sistematis maupun acak. Aturan yang umum digunakan meliputi 1_{2s}, 1_{3s}, 2_{2s}, R_{4s}, 4_{1s}, 10x, dan 7T yang masing-masing menunjukkan pola kesalahan tertentu seperti shift dan trend pada sistem analitik (Westgard, 2014). Apabila hasil QC melanggar aturan tersebut, maka pemeriksaan sampel pasien tidak dapat dilanjutkan sebelum dilakukan tindakan korektif seperti kalibrasi ulang alat, evaluasi sistem optik, pengecekan suhu reaksi, atau penggantian reagen yang telah mengalami penurunan kualitas.

Meskipun hasil QC berada dalam batas kontrol, kondisi tersebut tidak selalu menjamin bahwa sistem analitik berada dalam performa optimal. Penurunan stabilitas reagen secara bertahap selama penggunaan (*on-board stability*) dapat menyebabkan terjadinya kesalahan sistematis yang bersifat gradual sehingga tidak selalu terdeteksi oleh satu titik kontrol QC. Kondisi ini dapat menghasilkan pergeseran (*shift*) atau tren (*trend*) pada hasil pemeriksaan yang hanya dapat diidentifikasi melalui evaluasi grafik Levey-Jennings secara berkelanjutan. Oleh karena itu, QC tidak hanya bersifat verifikasi hasil, tetapi juga monitoring jangka panjang terhadap kestabilan sistem analitik (Westgard, 2014; Ambade et al., 2021).

Pelaksanaan *quality control* yang baik memerlukan integrasi antara pemantauan harian, evaluasi grafik Levey-Jennings, kepatuhan terhadap aturan Westgard, serta pengendalian faktor pra-analitik dan analitik. Selain itu, kalibrasi berkala, pemeliharaan instrumen, dan evaluasi stabilitas reagen juga menjadi bagian penting dalam menjaga validitas hasil pemeriksaan. Dengan penerapan sistem QC

yang terstandarisasi dan berkesinambungan, risiko kesalahan analitik dapat diminimalkan sehingga hasil pemeriksaan laboratorium klinik menjadi lebih akurat, presisi, dan dapat dipercaya untuk pengambilan keputusan klinis (J. J. Hunsaker, Wyness and Genzen, 2016).

2.1.7 Penanganan dan Stabilitas Reagen

Penanganan reagen Biuret dilakukan berdasarkan prinsip penyimpanan bahan kimia laboratorium yang menuntut kondisi terkontrol untuk mempertahankan kestabilan komponen penyusunnya. Reagen ini mengandung tembaga sulfat sebagai sumber ion Cu^{2+} , basa kuat berupa natrium atau kalium hidroksida, serta garam penstabil yang bersifat sensitif terhadap perubahan lingkungan. Suhu penyimpanan yang dianjurkan berada pada kisaran 20–25 °C, karena peningkatan suhu dapat mempercepat degradasi ion Cu^{2+} , sedangkan suhu yang terlalu rendah berpotensi menyebabkan presipitasi komponen garam dalam larutan (B. Raharjo, 2017). Reagen harus disimpan dalam wadah tertutup rapat untuk mencegah kontaminasi dan penguapan yang dapat mengubah konsentrasi larutan. Selain itu, paparan cahaya langsung, khususnya radiasi ultraviolet, perlu dihindari karena dapat memicu proses oksidasi ion tembaga yang berpengaruh terhadap penurunan kualitas reagen (Doumas, Bayse, Borner, *et al.*, 1981).

Stabilitas reagen Biuret ditentukan oleh lama penyimpanan serta kondisi penggunaan setelah reagen disiapkan atau ditempatkan dalam instrumen analitik. Secara teoritis, kestabilan reagen akan mengalami penurunan seiring dengan waktu akibat perubahan komposisi kimia dan kemungkinan terjadinya degradasi komponen aktif. Reagen yang digunakan segera setelah preparasi menunjukkan

performa optimal dalam menghasilkan reaksi yang konsisten. Sebaliknya, penggunaan reagen setelah periode penyimpanan tertentu dapat menyebabkan penurunan intensitas reaksi akibat berkurangnya aktivitas ion Cu^{2+} . Oleh karena itu, meskipun reagen telah memenuhi standar *quality control* awal, pemantauan berkala tetap diperlukan untuk memastikan kestabilan performanya selama penggunaan (Zheng *et al.*, 2017).

Selain stabilitas selama penyimpanan, reagen Biuret juga mengalami penurunan stabilitas saat berada dalam kondisi penggunaan (*on-board stability*), yang dipengaruhi oleh lama reagen dibiarkan dalam alat, frekuensi penggunaan, serta volume pemeriksaan harian. Reagen yang terlalu lama berada dalam sistem analitik dapat mengalami perubahan konsentrasi akibat penguapan, terutama pada wadah yang sering terbuka, sehingga meningkatkan risiko ketidakseimbangan reaksi kimia (Burtis and Bruns, 2015). Selain itu, penggunaan berulang dengan volume sampel yang tinggi dapat mempercepat penurunan kualitas reagen akibat akumulasi kontaminan mikro dan perubahan komposisi kimia secara bertahap. Kondisi ini dapat menyebabkan pergeseran baseline reaksi serta penurunan sensitivitas metode, sehingga kesalahan analitik berpotensi lolos apabila hanya mengandalkan hasil kontrol kualitas tanpa evaluasi kalibrasi yang adekuat dan pemantauan tren QC secara berkala (Westgard, 2014)(McPherson and Pincus, 2021). Oleh karena itu, evaluasi masa pakai reagen dalam instrumen serta kepatuhan terhadap interval penggantian reagen menjadi faktor penting dalam menjaga validitas hasil pemeriksaan.

Kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan paparan cahaya berperan dalam mempengaruhi kestabilan reagen serta hasil reaksi yang dihasilkan. Perubahan kondisi tersebut dapat menyebabkan modifikasi sifat kimia larutan yang berdampak pada kemampuan reagen dalam membentuk kompleks dengan protein. Selain itu, keberadaan senyawa pengganggu dalam sistem reaksi juga dapat mempengaruhi interaksi antara ion Cu^{2+} dan ikatan peptida. Senyawa seperti urea dan amonia diketahui dapat berikatan dengan ion tembaga sehingga menghambat pembentukan kompleks yang diharapkan (Liu *et al.*, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa kestabilan reagen tidak hanya bergantung pada formulasi, tetapi juga pada kondisi lingkungan dan kemurnian sistem reaksi.

Ketidaksesuaian dalam penanganan reagen Biuret dapat berdampak langsung terhadap keakuratan hasil pemeriksaan protein total. Reagen yang mengalami degradasi cenderung menghasilkan intensitas warna yang lebih rendah sehingga menyebabkan nilai pengukuran lebih kecil dari kondisi sebenarnya. Sebaliknya, adanya kontaminasi atau ketidakseimbangan komposisi reagen dapat meningkatkan intensitas warna secara berlebihan dan menghasilkan nilai yang lebih tinggi dari nilai sebenarnya (Liu *et al.*, 2019). Perubahan tersebut berpotensi menurunkan ketepatan dan ketelitian hasil pemeriksaan. Selain itu, variasi kondisi reagen antar waktu penggunaan dapat menyebabkan rendahnya *reproducibility* hasil pemeriksaan (Dumas, Bayse, Borner, *et al.*, 1981). Oleh karena itu, penerapan prosedur penanganan dan penyimpanan yang terstandarisasi, disertai dengan kontrol mutu yang berkesinambungan, merupakan langkah penting untuk menjamin validitas hasil pemeriksaan protein total.

2.1.8 Instrumen Pemeriksaan

Instrumen kimia klinik merupakan perangkat laboratorium yang digunakan untuk mengukur kadar analit dalam spesimen biologis secara otomatis berdasarkan prinsip analisis tertentu. Penggunaan instrumen otomatis bertujuan untuk meningkatkan akurasi, presisi, efisiensi waktu, serta mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh faktor operator. Perkembangan teknologi instrumen kimia klinik memungkinkan seluruh tahapan analisis, mulai dari aspirasi sampel, pencampuran reagen, inkubasi, hingga pembacaan hasil dilakukan secara otomatis sehingga menghasilkan pemeriksaan yang lebih cepat dan konsisten (Burtis and Bruns, 2015).

Pada penelitian ini, pemeriksaan kadar protein total dilakukan menggunakan Mindray BS-480, yaitu instrumen kimia klinik otomatis yang bekerja berdasarkan prinsip spektrofotometri dengan metode Biuret. Prinsip pemeriksaan Biuret didasarkan pada reaksi antara ion tembaga (Cu^{2+}) dalam suasana alkalis dengan ikatan peptida protein sehingga membentuk kompleks berwarna ungu. Intensitas warna yang terbentuk sebanding dengan konsentrasi protein dalam sampel dan diukur sebagai nilai absorbansi pada panjang gelombang sekitar 546 nm. Nilai absorbansi tersebut kemudian diolah oleh sistem instrumen menjadi

konsentrasi protein total berdasarkan faktor atau kurva kalibrasi yang telah ditetapkan (Mindray, 2020).



Gambar 2.2 Mindray BS-480
(Mindray, 2020)

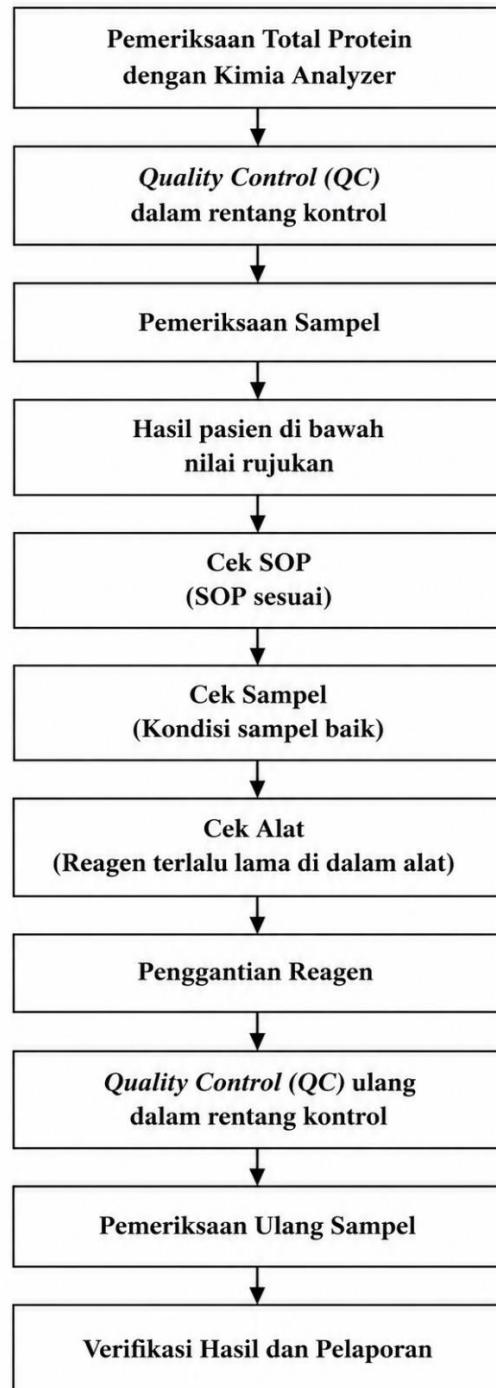
Sistem kerja Mindray BS-480 terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu sistem aspirasi sampel dan reagen, sistem pipet otomatis, mixer, inkubator dengan suhu terkontrol, kuvet reaksi, sistem optik, serta perangkat lunak pengolah data. Setelah sampel dan reagen dipipet secara otomatis ke dalam kuvet, campuran diinkubasi hingga reaksi berlangsung sempurna. Selanjutnya, cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan melalui campuran reaksi dan absorbansi yang dihasilkan diukur menggunakan sistem fotometri. Data absorbansi kemudian dikonversi menjadi konsentrasi analit melalui proses perhitungan yang dilakukan oleh perangkat lunak instrumen. Mindray BS-480 memiliki kapasitas throughput yang tinggi sehingga mampu melakukan ratusan pemeriksaan per jam dengan tingkat presisi dan reproduksibilitas yang baik (Mindray, 2020).

Sebelum digunakan untuk pemeriksaan spesimen pasien, instrumen harus melalui proses kalibrasi untuk memastikan bahwa hasil pengukuran yang diperoleh sesuai dengan nilai sebenarnya. Kalibrasi merupakan proses penyesuaian hubungan antara respons instrumen berupa nilai absorbansi dengan konsentrasi analit yang diketahui menggunakan bahan kalibrator yang memiliki nilai target. Hasil kalibrasi berupa faktor atau kurva kalibrasi yang digunakan instrumen untuk menghitung konsentrasi analit pada sampel pasien. Kalibrasi dilakukan pada saat pemasangan lot reagen baru, pergantian kalibrator, setelah perawatan atau perbaikan instrumen, apabila hasil *quality control* berada di luar batas penerimaan, atau sesuai dengan rekomendasi pabrikan. Setelah proses kalibrasi selesai, dilakukan pemeriksaan *quality control* untuk memastikan bahwa sistem analisis telah bekerja secara akurat sebelum digunakan dalam pemeriksaan rutin (Burtis & Bruns, 2023; Westgard, 2022).

Kinerja instrumen kimia klinik otomatis dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kondisi sistem optik, kebersihan kuvet, efektivitas sistem pencucian otomatis, stabilitas sumber cahaya, serta kondisi mekanik instrumen. Kebersihan kuvet sangat penting karena sisa reagen atau sampel yang tertinggal dapat menyebabkan *carry-over* dan meningkatkan *background absorbance*, sehingga mengganggu ketepatan hasil pengukuran. Selain itu, penurunan intensitas sumber cahaya atau gangguan pada sistem optik dapat menyebabkan pembacaan absorbansi menjadi tidak optimal dan menghasilkan kesalahan sistematis pada hasil pemeriksaan (Harris, Andrie and Taurina, 2022).

Meskipun instrumen telah dikalibrasi dan berfungsi dengan baik, akurasi hasil pemeriksaan tetap dipengaruhi oleh kualitas reagen yang digunakan. Pada metode Biuret, kestabilan ion Cu^{2+} sebagai komponen utama reagen sangat menentukan terbentuknya kompleks berwarna dengan ikatan peptida protein. Penurunan stabilitas reagen akibat penyimpanan yang tidak sesuai atau penggunaan yang melewati masa stabilitas dapat mengurangi kemampuan reaksi pembentukan kompleks sehingga menghasilkan absorbansi yang lebih rendah dibandingkan kondisi sebenarnya. Oleh karena itu, validitas hasil pemeriksaan protein total tidak hanya bergantung pada kinerja instrumen, tetapi juga pada mutu reagen yang digunakan. Pengendalian terhadap kedua komponen tersebut merupakan bagian penting dari sistem penjaminan mutu laboratorium klinik untuk memperoleh hasil pemeriksaan yang akurat, presisi, dan dapat dipertanggungjawabkan (B. Raharjo, 2017; Burtis & Bruns, 2023).

2.2 Kerangka Penelitian



Gambar 2.3 Kerangka Penelitian

BAB III

METODE STUDI KASUS

3.1 Rancangan Studi Kasus

Studi kasus ini mendeskripsikan tentang kasus di bidang kimia klinik mengenai adanya hasil yang tidak sesuai pada pemeriksaan protein total serum yang dilakukan menggunakan alat kimia *analyzer*.

3.2 Objek Studi Kasus

Objek studi kasus yang digunakan adalah sampel serum pasien.

3.3 Fokus Studi Kasus

Studi kasus ini berfokus pada temuan hasil pemeriksaan protein yang tidak sesuai dengan nilai rujukan normal. Hasil pemeriksaan awal menunjukkan kadar protein total yang sangat rendah sehingga validator mencurigai adanya faktor yang mempengaruhi hasil pemeriksaan, baik dari alat, prosedur, maupun bahan pemeriksaan yang digunakan. Selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap proses pemeriksaan laboratorium, termasuk penilaian kondisi reagen yang digunakan. Meskipun secara makroskopis reagen Biuret yang digunakan tampak dalam kondisi baik (jernih, tidak berendapan, dan belum kedaluwarsa), penggantian reagen tetap dilakukan sebagai bagian dari prosedur pelacakan masalah (*troubleshooting*). Setelah dilakukan tindakan perbaikan berupa penggantian reagen dan pemeriksaan ulang, diperoleh hasil yang meningkat dan lebih mendekati nilai rujukan.

Perubahan hasil tersebut menunjukkan adanya pengaruh faktor pemeriksaan terhadap hasil protein total.

3.4 Pengumpulan Data Studi Kasus

Data pada studi kasus ini diperoleh dari adanya hasil pemeriksaan protein total yang tidak sesuai, sehingga dilakukan penelusuran pada setiap tahapan pemeriksaan mulai dari pra-analitik, analitik, hingga pasca-analitik.

3.4.1 Pra Analitik

1. Menerima sampel dari ruang pelayanan
2. Mengkonfirmasi identitas pasien
3. Memberi label pada sampel sesuai identitas pasien
4. Melakukan pengecekan kondisi sampel (tidak hemolisis, tidak beku)
5. Melakukan crosscheck antara identitas sampel dengan data pada alat

3.4.2 Analitik

1. Menyiapkan alat kimia analyzer sesuai prosedur
2. Memastikan kondisi alat dalam keadaan siap digunakan
3. Melakukan *Quality Control* (QC) awal sebelum pemeriksaan
4. Memasukkan data pasien ke dalam alat
5. Melakukan pemeriksaan protein total menggunakan reagen yang tersedia
6. Mengamati hasil yang diperoleh dan membandingkan dengan nilai rujukan
7. Melakukan penelusuran kemungkinan penyebab pada tahap analitik, termasuk kondisi reagen

8. Melakukan pergantian reagen dengan reagen baru
9. Memastikan reagen baru telah terpasang dengan benar pada alat
10. Melakukan QC ulang setelah pergantian reagen
11. Melakukan pemeriksaan ulang sampel pasien

3.4.3 Pasca Analitik

1. Mencatat hasil pemeriksaan
2. Melakukan verifikasi hasil
3. Melaporkan hasil kepada validator

3.5 Etik Studi Kasus

Penelitian studi kasus ini dilakukan dengan prinsip adil, baik, dan hormat. Adil dilakukan dengan tidak membedakan objek penelitian, baik dilakukan dengan tidak menimbulkan kerugian pada objek penelitian, dan hormat dilakukan dengan menjaga kerahasiaan identitas pasien serta meminta izin kepada pihak terkait sesuai dengan etika yang berlaku.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pada tanggal 16 Februari 2026 pukul 07.00 WIB, pasien berinisial Ny. E melakukan pemeriksaan protein total di Laboratorium X menggunakan sampel serum. Sebelum pemeriksaan sampel dilakukan, petugas terlebih dahulu menjalankan *quality control* (QC) pada alat kimia *analyzer* untuk memastikan sistem pemeriksaan dapat digunakan. Hasil QC awal masih berada dalam rentang kontrol sehingga dapat dilanjutkan ke pemeriksaan sampel. Hasil pemeriksaan awal protein total menunjukkan kadar yang berada di bawah nilai rujukan normal. Karena hasil yang diperoleh tidak sesuai, dilakukan evaluasi terhadap proses pemeriksaan dan ditemukan adanya penurunan stabilitas reagen sehingga dilakukan penggantian reagen. Setelah dilakukan QC ulang dan hasil masih berada dalam rentang kontrol, pemeriksaan sampel diulang menggunakan sampel yang sama dan diperoleh hasil yang meningkat serta lebih mendekati nilai rujukan. Hasil pemeriksaan protein total dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Protein Total

Tahap Pemeriksaan	Hasil (g/dL)	Nilai Rujukan (g/dL)	Nilai Kritis	Keterangan
QC Awal	5,0	4,22–5,72	$< 4,0$ dan $\geq 10,0$	Dalam rentang kontrol
Pemeriksaan Protein Total (Reagen lama)	0,8	6,0–8,3	$< 4,0$ dan $\geq 10,0$	Di bawah nilai rujukan
QC Akhir	5,2	4,22–5,72	$< 4,0$ dan $\geq 10,0$	Dalam rentang kontrol
Pemeriksaan Protein Total (Reagen baru)	4,7	6,0–8,3	$< 4,0$ dan $\geq 10,0$	Masih di bawah nilai rujukan

Berdasarkan tabel diatas, hasil *quality control* (QC) awal dan QC akhir masih berada dalam rentang kontrol sehingga pemeriksaan dapat dilanjutkan. Hasil pemeriksaan protein total menggunakan reagen lama dan reagen baru menunjukkan nilai yang masih berada di bawah nilai rujukan 6,0–8,3 g/dL. Namun, hasil pemeriksaan menggunakan reagen baru menunjukkan peningkatan dibandingkan hasil pemeriksaan menggunakan reagen lama

4.2 Pembahasan

Protein Total merupakan salah satu parameter kimia darah yang menggambarkan jumlah keseluruhan protein dalam serum, yang terdiri atas albumin dan globulin, serta berfungsi penting dalam menjaga tekanan osmotik koloid dan mencerminkan status nutrisi maupun fungsi organ tubuh. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh hasil pemeriksaan protein total yang berada di bawah nilai rujukan normal. Kondisi tersebut memerlukan penelusuran lebih lanjut karena hasil pemeriksaan laboratorium dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor pada setiap tahapan pemeriksaan. Penelusuran dilakukan pada tahap pra-analitik, analitik, dan

pasca-analitik untuk mengetahui kemungkinan faktor yang mempengaruhi hasil pemeriksaan pada kasus ini. Setiap tahapan dievaluasi secara bertahap agar faktor yang mempengaruhi hasil pemeriksaan dapat diketahui dengan lebih jelas. Dengan demikian, evaluasi dilakukan terhadap seluruh proses pemeriksaan laboratorium dan tidak hanya berfokus pada satu faktor saja (Burtis and Bruns, 2015).

Tahap pra-analitik dan pasca-analitik pada kasus ini tidak ditemukan adanya faktor yang mempengaruhi hasil pemeriksaan. Identitas pasien telah dikonfirmasi dengan benar sebelum pemeriksaan dilakukan dan sampel berada dalam kondisi baik, tidak hemolisis, tidak lipemik, serta tidak mengalami pembekuan. Selain itu, sistem informasi laboratorium telah terintegrasi mulai dari proses pendaftaran pasien, pemeriksaan dengan alat, hingga pelaporan hasil pemeriksaan. Kondisi tersebut menyebabkan data pasien dan hasil pemeriksaan langsung terhubung dengan sistem informasi laboratorium sehingga kemungkinan kesalahan input data maupun kesalahan pelaporan hasil menjadi lebih kecil. Oleh karena itu, kemungkinan kesalahan pada tahap pra-analitik dan pasca-analitik dapat diminimalkan pada kasus ini (Burtis and Bruns, 2015).

Tahap analitik pada pemeriksaan protein total masih dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor karena pada tahap ini proses pemeriksaan melibatkan alat, reagen, metode pemeriksaan, serta *quality control* (QC). Faktor-faktor tersebut meliputi kondisi reagen, pemeliharaan alat, kalibrasi, dan proses pemeriksaan selama analisis sampel berlangsung. Oleh karena itu, tahap analitik menjadi salah satu tahap yang masih berpotensi menimbulkan kesalahan apabila proses pemeriksaan

tidak berjalan secara optimal. Pemeriksaan protein total pada kasus ini dilakukan dengan metode Biuret menggunakan kimia analyzer Mindray BS-480. Metode Biuret bekerja berdasarkan reaksi antara ion tembaga (Cu^{2+}) dengan ikatan peptida protein dalam suasana basa sehingga membentuk kompleks berwarna ungu yang kemudian dibaca secara spektrofotometri (Dumas, Bayse, Borner, *et al.*, 1981).

Instrumen yang digunakan pada pemeriksaan ini adalah kimia analyzer Mindray BS-480. Instrumen tersebut bekerja secara otomatis mulai dari proses pemipetan sampel, pencampuran reagen, inkubasi, hingga pembacaan absorbansi sehingga proses pemeriksaan dapat berlangsung secara konsisten. Selain itu, alat dilengkapi sistem pembacaan optik, pemipetan otomatis, dan pengaturan suhu inkubasi untuk membantu menjaga kestabilan reaksi selama pemeriksaan berlangsung. Pemeliharaan alat dan kalibrasi dilakukan secara rutin sesuai prosedur laboratorium untuk menjaga performa instrumen tetap optimal. Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa instrumen masih dapat digunakan dengan baik untuk pemeriksaan rutin (Mindray, 2020).

Sebelum pemeriksaan sampel dilakukan, laboratorium terlebih dahulu melaksanakan *quality control* (QC) menggunakan reagen yang berada di dalam instrumen dan diperoleh hasil sebesar 5,0 g/dL yang masih berada dalam rentang kontrol. Hasil QC tersebut memperlihatkan bahwa instrumen dan sistem pemeriksaan masih berfungsi dengan baik untuk pemeriksaan rutin. Setelah pemeriksaan sampel pasien dilakukan, diperoleh hasil protein total sebesar 0,8 g/dL yang berada di bawah nilai rujukan normal. Kondisi tersebut memperlihatkan

bahwa meskipun hasil QC masih berada dalam rentang kontrol, masih terdapat faktor lain yang dapat mempengaruhi hasil pemeriksaan pasien. Oleh karena itu, dilakukan evaluasi lebih lanjut terhadap faktor-faktor yang berhubungan dengan tahap analitik pemeriksaan (Westgard, 2014).

Reagen Biuret mengandung ion Cu^{2+} yang berperan dalam pembentukan kompleks warna pada reaksi Biuret. Stabilitas reagen dapat dipengaruhi oleh lamanya reagen berada di dalam instrumen selama penggunaan rutin di laboratorium. Pada kondisi tertentu, reagen yang mulai mengalami penurunan kualitas masih dapat memberikan hasil QC dalam rentang kontrol, tetapi hasil pemeriksaan pasien dapat mengalami perubahan. Kondisi tersebut menyebabkan pembentukan kompleks warna pada reaksi Biuret menjadi tidak optimal sehingga intensitas warna yang terbentuk menjadi lebih rendah. Akibatnya, hasil pemeriksaan protein total yang diperoleh menjadi lebih rendah dari kadar yang seharusnya (S. B. Raharjo, 2017).

Penurunan kualitas reagen secara fungsional yang berkaitan dengan stabilitas di dalam instrumen (*on-board stability*) dapat terjadi secara bertahap selama reagen berada di dalam instrumen dalam jangka waktu tertentu, meskipun secara visual tidak menunjukkan perubahan fisik. Berdasarkan lembar panduan resmi (*package insert*) reagen Mindray Protein Total, batas optimal *on-board stability* reagen setelah dibuka di dalam kompartemen alat adalah selama 28 hari. Kondisi tersebut dapat menyebabkan reaksi Biuret tidak berlangsung secara optimal sehingga absorbansi yang terbentuk menjadi lebih rendah. Selain itu, perubahan kualitas

reagen tidak selalu langsung terdeteksi melalui pemeriksaan QC karena hasil QC masih dapat berada dalam batas kontrol. Hal tersebut menyebabkan hasil pemeriksaan pasien dapat mengalami perubahan meskipun instrumen masih berada dalam kondisi baik. Oleh karena itu, evaluasi lebih difokuskan pada kondisi reagen yang digunakan selama proses pemeriksaan berlangsung (Westgard, 2014).

Untuk memastikan kondisi sistem pemeriksaan tetap baik, dilakukan penggantian reagen dan *quality control* (QC) ulang sebelum pemeriksaan dilakukan kembali. Hasil QC ulang menunjukkan nilai sebesar 5,2 g/dL dan masih berada dalam rentang kontrol sehingga memperlihatkan bahwa instrumen dan sistem pemeriksaan masih berfungsi dengan baik. Setelah dilakukan pemeriksaan ulang menggunakan reagen baru, diperoleh hasil protein total sebesar 4,7 g/dL yang lebih tinggi dibandingkan hasil pemeriksaan sebelumnya sebesar 0,8 g/dL. Hasil awal sebesar 0,8 g/dL tersebut merupakan nilai ekstrem yang tidak akurat (rendah palsu), yang jika dilaporkan dapat mengakibatkan kesalahan diagnosis klinis serta pemberian terapi yang tidak tepat bagi pasien.

Meskipun kedua hasil pemeriksaan masih berada di bawah nilai rujukan normal, terdapat perbedaan kadar yang diperoleh setelah penggunaan reagen berbeda. Kondisi kadar protein total yang berada di bawah nilai rujukan ini secara klinis disebut sebagai hipoproteinemia. Pada pasien, hipoproteinemia yang nyata dapat mengecoh klinisi dalam menegakkan diagnosis gangguan fungsi organ atau status nutrisi, serta berisiko memicu kesalahan penanganan medis yang fatal akibat data laboratorium yang tidak akurat. Berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan,

lamanya reagen berada di dalam instrumen hingga melewati batas kedaluwarsa alat (*on-board stability*) selama 28 hari diduga menyebabkan penurunan stabilitas reagen sehingga pembentukan reaksi Biuret tidak berlangsung optimal dan hasil pemeriksaan yang diperoleh menjadi lebih rendah dari kadar yang seharusnya. Kondisi ini memberikan gambaran nyata akan pentingnya pemantauan lama penyimpanan reagen di instrumen, pemeriksaan *quality control* (QC), dan pemeliharaan alat secara berkala guna mencegah ketidaksesuaian hasil pemeriksaan serupa.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Berdasarkan hasil penelitian, ketidaksesuaian hasil pemeriksaan protein total pada kasus ini dipengaruhi oleh penurunan stabilitas reagen pada tahap analitik. Lamanya reagen berada di dalam instrumen hingga melewati batas *on-board stability* selama 28 hari menyebabkan reaksi Biuret tidak berlangsung optimal sehingga hasil pemeriksaan yang diperoleh menjadi lebih rendah dari kadar yang seharusnya. Penurunan stabilitas reagen tersebut menyebabkan hasil pemeriksaan awal menjadi rendah palsu secara ekstrem yaitu sebesar 0,8 g/dL, namun setelah dilakukan tindakan perbaikan berupa penggantian reagen baru, hasil pemeriksaan meningkat dan lebih mendekati nilai rujukan menjadi 4,7 g/dL. Hal ini membuktikan bahwa penurunan stabilitas fungsi reagen di dalam alat (*on-board stability*) secara langsung menyebabkan deviasi atau ketidaksesuaian pada akurasi hasil akhir pemeriksaan protein total.

5.2 Saran

Laboratorium disarankan untuk melakukan pemantauan serta pencatatan lama penyimpanan reagen di dalam instrumen agar stabilitas reagen tetap terjaga selama penggunaan rutin. Selain itu, pemeriksaan *quality control* (QC), evaluasi kondisi reagen, serta pemeliharaan alat perlu dilakukan secara berkala untuk meminimalkan terjadinya ketidaksesuaian hasil pemeriksaan. Reagen yang telah digunakan dalam

jangka waktu tertentu sebaiknya segera diganti sesuai prosedur laboratorium agar kualitas hasil pemeriksaan tetap terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- Bradford, M.M. (1976) "A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding," *Analytical Biochemistry*, 72(1–2), pp. 248–254. Available at: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3).
- Burtis, C.A. and Bruns, D.E. (2015) *Tietz Fundamentals of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics*. 7th ed. St. Louis: Elsevier Saunders.
- Chromý, V., Fischer, J. and Kulháněk, V. (2021) "Re-evaluation of EDTA-Chelated Biuret Reagent," *Clinical Chemistry*, 20(10), pp. 1362–1368. Available at: <https://doi.org/10.1093/clinchem/20.10.1362>.
- Doumas, B.T., Bayse, D.D., Carter, R.J., *et al.* (1981) "A Candidate Reference Method for Determination of Total Protein in Serum," *Clinical Chemistry*, 27(10), pp. 1642–1650.
- Doumas, B.T., Bayse, D.D., Borner, K., *et al.* (1981) "A candidate reference method for determination of total protein in serum I. Development and validation," *Clinical Chemistry*, 27(10), pp. 1642–1650.
- Hall, J.E. (2021) *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology*. Edited by 14. Philadelphia: Elsevier.
- Harris, A.R., Andrie, M. and Taurina, W. (2022) "Uji stabilitas kadar protein dalam sediaan kapsul freeze dry fase air ekstrak ikan gabus (*Channa striata*) menggunakan metode Biuret," *Jurnal Mahasiswa Farmasi Fakultas Kedokteran UNTAN*, 6(1).
- Hayes, M. (2020) "Measuring Protein Content in Food : An Overview of Methods."
- Hunsaker, J.J., Wyness, S.P. and Genzen, J.R. (2016) "Clinical Laboratory Quality Practices and Quality Control Systems," *Clinics in Laboratory Medicine*, 36(1), pp. 91–99.
- Hunsaker, J.J.H., Wyness, S.P. and Genzen, J.R. (2016) "Clinical performance evaluation of total protein measurement by digital refractometry," *Practical Laboratory Medicine*, 6, pp. 14–24.
- Liu, Y. *et al.* (2019) "Interference factors in Biuret protein assay and optimization strategies," *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, 33(5), p. e22876. Available at: <https://doi.org/10.1002/jcla.22876>.
- Lowry, O.H. *et al.* (1951) "Protein measurement with the Folin phenol reagent," *Journal of Biological Chemistry*, 193(1), pp. 265–275.
- Lubran, M.M. (1978) "The measurement of total serum proteins by the biuret method," *Annals of Clinical and Laboratory Science*, 8(2), pp. 106–110.

- McPherson, R.A. and Pincus, M.R. (2021) *Henry's Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods*. Edited by 24. Elsevier.
- Mindray (2020) *BS-480 Clinical Chemistry Analyzer Technical Report*. Shenzhen: Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd.
- Nelson, D.L. and Cox, M.M. (2017) *Lehninger Principles of Biochemistry*. Edited by 7. New York: W.H. Freeman.
- Nikolac, N. (2018) "Lipemia: Causes, interference mechanisms, detection and management," *Biochemia Medica*, 24(1), pp. 57–67. Available at: <https://doi.org/10.11613/BM.2014.008>.
- Raharjo, B. (2017) "Evaluasi penggunaan metode Biuret pada pemeriksaan protein total di laboratorium klinik," *Jurnal Teknologi Laboratorium*, 6(1), pp. 12–18.
- Raharjo, S.B. (2017) "Perbedaan kadar total protein dalam serum menggunakan reagen Biuret yang diletakkan dalam alat kimia analyser segera, 24 jam, 48 jam dan 72 jam," *Repository Universitas Muhammadiyah Semarang* [Preprint].
- Robbins, S.L. and Cotran, R.S. (2018) *Robbins and Cotran Pathologic Basis of Disease*. Edited by 10. Elsevier.
- Saez-Plaza, P. *et al.* (2013) "An overview of the Kjeldahl method of nitrogen determination," *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 43(4), pp. 224–272.
- Voet, D., Voet, J.G. and Pratt, C.W. (2016) *Fundamentals of Biochemistry: Life at the Molecular Level*. Edited by 5. Hoboken: Wiley.
- Wahyuningtyas, D. (2018) "Pengaruh waktu inkubasi terhadap hasil pemeriksaan protein total metode Biuret," *Jurnal Analis Kesehatan*, 7(2), pp. 45–50.
- Wahyuningtyas, R. (2018) "Validasi metode Biuret untuk pemeriksaan protein total serum," *Jurnal Analis Kesehatan Indonesia*, 7(2), pp. 45–52. Available at: <https://jurnal.poltekkes-mataram.ac.id/index.php/jaki/article/view/biuret>.
- Westgard, J.O. (2014) "Basic QC Practices in Clinical Laboratories," *Westgard QC*, 4(1), pp. 1–250.
- Yong, S. *et al.* (2024) "Expedient measurement of total protein in human serum and plasma via the biuret method using fiber optic probe," *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 416(12), pp. 6611–6620. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00216-024-05561-w>.
- Zheng, K. *et al.* (2017) "Measurement of total protein in serum by biuret method with uncertainty evaluation," *Measurement*, 112, pp. 16–21.
- Zheng, X., Li, J. and Wang, H. (2017) "Evaluation of analytical performance and uncertainty in clinical chemistry assays," *Clinical Biochemistry*, 50(18), pp.

1204–1210.

LAMPIRAN

Lampiran 1: Dokumentasi Penelitian

No	Gambar	Keterangan
1.		Sampel Serum
2.		Kimia <i>Analyzer</i> Mindray BS-480
3.		Reagen Protein Total

Lampiran 2: Lembar bimbingan

**LEMBAR BIMBINGAN KARYA TULIS ILMIAH
PROGRAM STUDI D3 TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
FAKULTAS ILMU KESEHATAN
INSTITUT KESEHATAN KARSASUS GARUT**

Nama : Aulia Ramadhani Octo Shidiq
NIM : KHGE23008
Pembimbing : Gina Nafsa Mutmaina, S.ST., M.Pd
Judul Penelitian : Ketidaksesuaian Hasil Pemeriksaan Total Protein
Akibat Penurunan Stabilitas Reagen

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Tanda Tangan Pembimbing
1	03-04-2026	Pembahasan dan Konsultasi	
2	06-04-2026	Pengajuan Judul	
3	09-04-2026	Bimbingan Bab I	
4	15-04-2026	Revisi Bab I	
5	17-04-2026	Bimbingan Bab I dan II	
6	28-04-2026	Revisi Bab II	
7	05-05-2026	Bimbingan Bab III	
8	07-05-2026	Revisi Bab III	
9	15-05-2026	Bimbingan Bab IV dan Bab V	
10	20-05-2026	Revisi Bab IV dan Bab V	
11	24-05-2026	Penyusunan Power Point	
12	25-05-2026	Pengumpulan Naskah	
13			
14			
15			

Ketua Program Studi
D3 Teknologi Laboratorium Medis


Gina Nafsa Mutmaina, S.ST., M.Pd

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Aulia Ramadhan Octo Shidiq lahir di Kota Garut pada tanggal 26 Oktober 2004. Menempuh pendidikan TK Alrum Yadi (2009-2011) dan RA Al-Falah (2010-2012), SDN Mekarwangi 3 (2011-2017), SMP Negeri 1 Tarogong Kaler (2017-2020), serta SMK Negeri 1 Garut jurusan Teknologi Laboratorium Medis (2020-2023). Di tahun 2023 melanjutkan pendidikan program studi DIII Teknologi Laboratorium Medis (TLM) di Institut Kesehatan Karsa Husada Garut. Sampai dengan Karya Tulis Ilmiah (KTI) ini selesai, masih terdaftar sebagai mahasiswa di STIKes Karsa Husada Garut. Selama pendidikan, penulis telah melaksanakan PKL di RSUD dr. Slamet Garut, Klinik Cisanca, Puskesmas Cibatu, RSUD Pindad Bandung, dan magang di Puskesmas Bayongbong. Semoga penulisan Karya Tulis Ilmiah (KTI) ini dapat memberikan kontribusi yang positif di bidang kesehatan.