MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN: 2808-8115
p-ISSN: 2809-1051

Terindeks: Sinta 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v5i6.7598

PERBANDINGAN METODE SPEKTROFOTOMETRI DAN ICP DALAM PENENTUAN KESADAHAN AIR

Comparison of Spectrophotometric and ICP Methods in Determining Water Hardness

Fahilatul Syukro & Budhi Oktavia
Universitas Negeri Padang
fahilatuls@gmail.com

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Sep 3, 2025	Sep 23, 2025	Oct 5, 2025	Oct 10, 2025

Abstract

Water is a vital resource whose quality must be ensured for safe consumption and industrial use. One critical parameter in assessing water quality is hardness, typically caused by the presence of calcium (Ca^{2+}) and magnesium (Mg^{2+}) ions. High levels of hardness can lead to negative effects such as scale formation on equipment, reduced efficiency of boilers and turbines, and potential health issues. This study aims to compare water hardness analysis results obtained using two instruments—Spectrophotometer DR 3900 and Inductively Coupled Plasma (ICP) Perkin Elmer 3800—to identify the strengths and limitations of each method. The research was conducted experimentally using soft water samples collected from boiler piping. Spectrophotometric analysis was based on the Lambert-Beer law by measuring absorbance after adding a complexing reagent, while ICP analysis involved nebulization of filtered and acidified samples using concentrated HNO_3. The results showed that the concentrations of Ca and Mg in the samples were below the hardness threshold (<1 ppm). The highest total hardness measured using the spectrophotometer was 0.524 ppm, while the highest value obtained via ICP was 0.652 ppm. Although both methods

Masaliq Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

produced comparable data, ICP demonstrated superior sensitivity and accuracy, albeit with higher costs and procedural complexity. The study concludes that ICP is recommended for high-sensitivity hardness analysis, whereas the spectrophotometer is more suitable for routine, efficient, and cost-effective testing.

Keywords: Spectrophotometer; Inductively Coupled Plasma; Hardness; Soft Water; Calcium and Magnesium Ions.

Abstrak: Air merupakan sumber daya utama yang kualitasnya harus terjamin agar aman untuk dikonsumsi dan digunakan dalam kegiatan industri. Salah satu parameter penting dalam penilaian kualitas air adalah tingkat kesadahan, yang umumnya disebabkan oleh keberadaan ion kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}). Kesadahan yang tinggi dapat menimbulkan dampak negatif seperti pembentukan kerak pada peralatan, penurunan efisiensi boiler dan turbin, serta potensi gangguan kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil analisis kesadahan air menggunakan dua instrumen, yakni *spectrophotometer* DR 3900 dan *Inductively Coupled Plasma* (ICP) Perkin Elmer 3800, guna mengidentifikasi keunggulan dan keterbatasan masing-masing metode. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan sampel air lunak (soft water) yang diambil dari pipa boiler. Analisis spektrofotometri didasarkan pada prinsip *Lambert-Beer* melalui pengukuran absorbansi setelah penambahan reagen kompleks, sedangkan analisis ICP dilakukan dengan proses nebulisasi terhadap larutan sampel yang telah difiltrasi dan diasamkan menggunakan HNO_3 pekat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Ca dan Mg dalam sampel berada di bawah ambang batas kesadahan (<1 ppm). Total kesadahan tertinggi yang diukur menggunakan *spectrophotometer* adalah 0,524 ppm, sementara nilai tertinggi pada ICP sebesar 0,652 ppm. Meskipun kedua metode menghasilkan data yang sebanding, ICP menunjukkan keunggulan dalam hal sensitivitas dan akurasi, namun disertai kebutuhan biaya dan kompleksitas prosedur yang lebih tinggi. Simpulan dari penelitian ini adalah bahwa metode ICP direkomendasikan untuk analisis kesadahan yang membutuhkan sensitivitas tinggi, sedangkan *spectrophotometer* lebih sesuai untuk analisis rutin yang efisien dan ekonomis.

Kata Kunci: Spektrofotometer; *Inductively Coupled Plasma*; Kesadahan; Soft Water; Ion Kalsium dan Magnesium.

PENDAHULUAN

Air membantu tubuh manusia dalam pencernaan dan metabolisme, mengangkut makanan ke dalam tubuh, menjaga suhu tubuh seimbang, dan mencegah kekeringan. Air bumi mengandung banyak bahan terlarut dan tersuspensi, termasuk mikroba. Oleh karena itu, air harus diolah sebelum dikonsumsi untuk menghilangkan atau mengurangi jumlah bahan tercemar sampai tingkat yang aman (Nadya Nabila Alisya et al., 2021). Air tanah merupakan salah satu sumber air yang banyak dimanfaatkan di Indonesia karena relatif mudah diperoleh serta umumnya lebih bersih. Kualitas air dapat ditinjau dari tiga aspek, yaitu

fisik, kimia, dan biologis. Aspek fisik mencakup bau, warna, kekeruhan, rasa, suhu, dan jumlah zat padat terlarut. Dari sisi kimia, kualitas air ditentukan oleh tingkat kesadahan, nilai pH, serta bebas dari kandungan zat beracun. Sementara itu, kualitas biologis menekankan bahwa air harus terbebas dari mikroorganisme penyebab penyakit. Air dengan kandungan mineral kalsium dan magnesium yang tinggi dikenal sebagai "air sadah", yang ditandai dengan adanya endapan atau kerak pada peralatan logam setelah direbus serta kesulitan menghasilkan busa ketika digunakan untuk mencuci (Tondo & Palu, 2018).

Kesadahan air diartikan sebagai jumlah kandungan mineral yang terdapat di dalam air. Kondisi ini umumnya timbul akibat adanya ion logam bervalensi dua, seperti besi (Fe), mangan (Mn), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg), dengan kalsium dan magnesium sebagai penyebab utama. Tingkat kesadahan biasanya diklasifikasikan berdasarkan reaksinya, di mana air dengan kesadahan rendah digolongkan sebagai air lunak, sedangkan air dengan sifat basa umumnya termasuk dalam kategori air sadah keras (Latupeirissa & Manuhutu, 2020). Atau salah satu syarat kimia dalam penentuan kualitas air adalah jumlah kandungan unsur Ca^{2+} dan Mg^{2+} dalam air yang keberadaaannya biasa disebut dengan kesadahan air (Maulana et al., 2017).

Kesadahan permanen disebabkan oleh ion kalsium (Ca^{2+}) atau ion magnesium (Mg^{2+}) yang berikatan dengan Cl^-, SO_4^{2-}, NO_3^-. Kesadahan permanen hanya dapat dihilangkan dengan menambahkan bahan lain atau dengan perlakuan khusus. Kesadahan air biasanya diukur dalam bagian per juta (ppm) kalsium karbonat. Air dengan kesadahan kurang dari 100 ppm dianggap lunak, sedangkan air dengan kesadahan lebih dari 300 ppm dianggap keras (Nadya Nabila Alisya et al., 2021). Logam yang terdapat dalam air umumnya hadir dalam bentuk senyawa, baik sebagai garam organik maupun anorganik. Apabila logam tersebut masuk ke dalam tubuh dalam jumlah yang melebihi ambang batas normal, maka dapat menimbulkan efek berbahaya bagi kesehatan (Suyanta et al., 2015).

Kadar maksimal kesadahan yang diijinkan untuk air minum dan air bersih adalah 500 mg per liter (Rosvita et al., 2018). Tingkat kesadahan air melebihi 300 mg/L berisiko menyebabkan gangguan ginjal pada orang yang memiliki ginjal lemah jika terpapar dalam jangka waktu panjang. Penting untuk membedakan dua jenis kesadahan: kesadahan sementara akan mengendap ketika air dipanaskan, sedangkan kesadahan tetap memiliki sifat yang lebih permanen (Wuri Astuti et al., 2016).

Air yang digunakan dalam industri harus memenuhi persyaratan tertentu untuk mencegah kerusakan pada peralatan. Salah satu pemanfaatannya adalah sebagai umpan boiler, di mana air dipanaskan hingga mencapai tekanan tinggi (*superheated steam*) dan uap yang dihasilkan dialirkan ke turbin untuk menggerakkan generator dalam menghasilkan energi. Agar proses ini berjalan optimal, air umpan boiler harus memiliki tingkat kemurnian tinggi, karena air dengan kualitas rendah dapat menimbulkan berbagai masalah, seperti terbentuknya kerak pada peralatan boiler (Zainul et al., 2019). Di sektor tekstil, air sadah adalah masalah karena menghambat kerja sabun sehingga pakaian yang dicuci menjadi kekuningan, serta dapat menguraikan bahan pemutih dan tidak cocok dengan bahan kimia *finishing* (Sharjeel et al., 2019).

Air dapat diklasifikasikan menjadi empat kategori berdasarkan tingkat kesadahannya, yaitu air "lunak", "agak sadah", "sadah", dan "sangat sadah". Kadar $CaCO_3$ yang sesuai dengan masing-masing kategori adalah kurang dari 50 mg/L untuk air lunak, 50–150 mg/L untuk air agak sadah, lebih dari 150–300 mg/L untuk air sadah, serta lebih dari 300 mg/L untuk air sangat sadah. Untuk air minum, kesadahan tidak harus nol; kadar yang dianggap baik berada pada rentang 50–80 mg/L, yang tergolong dalam kategori "agak sadah" (Purwanti & Pasetyorini, 2024). Proses untuk menghilangkan air sadah ini salah satunya adalah proses "perang" atau biasa disebut *water softening* atau pelunakan air. Biasa didefinisikan sebagai pemisahan mineral terlarut di dalam air yang menyebabkan kerak (*scaling*) di dasar panci, *boiler* (ketel), dan menimbulkan endapan di dalam pipa PDAM dan memboroskan sabun mandi (Cahyana, 2018).

Dilakukan pengujian kadar hardness atau kesadahan air agar tidak merugikan berbagai sektor industri. Spektrofotometer didefinisikan sebagai interaksi antara radiasi elektromagnetik dan materi dalam rentang UV-visibel. Radiasi ultraviolet (UV) dan sinar tampak (Vis) hanyalah beberapa dari berkas cahaya dalam rentang panjang gelombang 200-780 nm yang biasa digunakan untuk analisis kimia (Dewati et al., 2023). Jenis spektrofotometer UV-Visibel didasarkan pada prinsip dasar penyerapan cahaya oleh spesies yang menyerap. Spektrofotometer UV-Visibel dibagi menjadi dua jenis berdasarkan jumlah kuvet dan berkas yang digunakan (Akash & Rehman, 2020). Metode ini berlandaskan pada hukum Lambert-Beer yang digunakan sebagai acuan dalam penentuan suatu zat secara kuantitatif. Hukum tersebut menyatakan bahwa nilai absorban berbanding lurus dengan

konsentrasi larutan analit, serta berbanding terbalik dengan nilai transmitannya (Wilschefski & Baxter, 2019)

Spektrometri plasma berpasangan induktif atau ICP adalah jenis spektrometri massa yang mampu mendeteksi logam dan beberapa nonlogam pada konsentrasi serendah satu bagian (Visible, 2016). Keunggulan dari alat ini adalah waktu deteksi sangat cepat, batas deteksi yang rendah, rentang dinamis linier yang luas, dan toleransi matriks yang besar serta gangguan kimia dapat diabaikan (Khan et al., 2022).

Plasma merupakan gas berenergi tinggi yang netral secara elektrik karena tersusun atas ion, elektron, dan partikel netral. Umumnya plasma dihasilkan dari aliran argon yang diberi energi melalui medan elektromagnetik berfrekuensi tinggi, gelombang mikro, atau arus searah. Bila sumber plasma dipadukan dengan spektrometer berkualitas tinggi, akan diperoleh teknik deteksi unsur yang sangat efektif. Plasma dalam spektrometer biasanya memiliki suhu sangat tinggi, mencapai sekitar 8.000 K, serta menunjukkan lingkungan kimia yang kurang reaktif dibandingkan dengan nyala atomizer. Kondisi suhu tinggi ini memungkinkan analisis unsur dilakukan dengan sensitivitas tinggi, termasuk untuk unsur yang sulit ditentukan dengan metode lain, seperti logam tahan api atau unsur yang membentuk oksida stabil (Novaes et al., 2016).

Berdasarkan penjabaran di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisa *soft water* dengan parameter *hardness* dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer DR 3900 Dan *Inductively Coupled Plasma* (ICP) Perkin Elmer 3800.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian jenis eksperimental karena data diambil melalui uji laboratorium. Populasi dan sampel pada penelitian ini adalah air yang diambil dari pipa-pipa boiler di wilayah X. Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Januari 2024 selama 1 bulan. Penelitian dilakukan melalui tahapan sebagai berikut:

Analisis Air Sadah dengan Spektrofotometer DR 3600

a. Persiapkan tiga jenis larutan: Larutan Blanko, Larutan Kontrol Standar (LCS), dan Larutan Sampel.

b. Pembuatan larutan blanko : tambahkan 1 mL indikator Ca/Mg (reagen 1) dan 1 mL larutan alkali (reagen 2) ke dalam 100 mL *deionized water*, di mana reagen 2 berfungsi sebagai zat pembentuk warna kompleks spesifik dengan Ca dan Mg. Blanko kemudian di standarisasi dengan meneteskan EDTA 1M (reagen 3) untuk men-*zero* nilai Mg dan EGTA (Reagen 4) untuk men-*zero* nilai Ca, serta blanko berfungsi sebagai pembaca nilai Ca.

c. Pembuatan larutan kontrol standar: encerkan $CaCl_2$ 100 ppm sebanyak 100 kali untuk meminimalkan kesalahan pengukuran, dan diberi perlakuan reagen yang sama dengan Blanko.

d. Pembuatan larutan sampel : 100 ml sampel + 1 mL indikator Ca/Mg + 1 ml larutan alkali, dikocok perlahan, dan dibagi ke dalam tiga sel sampel. Sel 1 ditetesi EDTA (untuk pembacaan Ca) dan sel 2 ditetesi EGTA (untuk pembacaan Mg), sebelum dilakukan pembacaan akhir menggunakan spektrofotometer.

Kesadahan Total (mg $CaCO_3$/L) = Mg/L Ca + mg/L Mg

Analisis Air Sadah dengan ICP-OES

a. Persiapkan larutan kontrol yang meliputi: ICV (*Initial Calibration Verification*), dibuat dari 0.4 mL ICV dalam 10 ml DI; CCB (*Continuous Calibration Blank*), dibuat dari 10 ml asam nitrat pekat dalam 1000 ml DI; *Periodic Table* 0.3, dibuat dari 0.3 ml larutan standar dalam 10 ml DI; dan PB (*Preparation Blank*), dibuat dari 10 mL DI yang diasamkan. Selain itu, CCV (*Continuous Calibration Verification*) d

b. Pembuatan larutan standar pada berbagai konsentrasi (0.01 ppm hingga 2 ppm) dalam labu ukur 100 ml.

c. Sebelum dianalisis, larutan sampel harus disaring menggunakan kertas saring *Whatman 42* dengan bantuan pompa vakum, dan filtrat yang diperoleh kemudian diasamkan dengan 1 sampai 3 tetes HNO_3 pekat hingga mencapai pH ≤ 2.

Kesadahan Total (mg $CaCO_3$/L) = (2.497 x Ca) + (4.118 x Mg)

HASIL

Tabel 1. Hasil Uji Sampel dengan Spektrofotometer

Sampel	Volume Sampel	Reagen 1 (Ca dan Solusi Mg Indikator)	Reagen 2 (Larutan Alkali untuk Pengujian Ca dan Mg)	Reagen 3 (EDTA)	Reagen 4 (EGTA mg/L)	Nilai Ca (mg/L)
DI	100 ml	Merah muda	Ungu	Ungu	-0.01 ppm	0.08 ppm
LCS	1 ml/100	Merah muda	Merah maroon	Ungu	0.01 ppm	2.48 ppm
LCSD	1 ml/100	Merah muda	Merah maroon	Ungu	0.03 ppm	2.47 ppm
Soft Water	100 ml	Merah muda	Ungu	Ungu	0.09 ppm	0.422 ppm
Soft Water	100 ml	Merah muda	Ungu	Ungu	0.09 ppm	0.425 ppm
Soft Water	100 ml	Merah muda	Ungu	Ungu	0.09 ppm	0.427 ppm
Soft Water	100 ml	Merah muda	Ungu	Ungu	0.09 ppm	0.434 ppm
Soft Water	100 ml	Merah muda	Ungu	Ungu	0.09 ppm	0.43 ppm

Hasil menunjukkan bahwa konsentrasi kalsium (Ca) pada *soft water* relatif rendah dengan kisaran 0,422–0,434 mg/L. Nilai ini stabil dengan perbedaan antar sampel sangat kecil, menunjukkan konsistensi pengukuran. Kontrol standar (LCS/LCSD) berhasil memberikan nilai Ca yang sesuai, sehingga validasi metode tetap terpenuhi. Tetapi terjadi hasil negatif pada blanko (DI water) yaitu –0,01 ppm untuk Ca. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh *instrumental noise* atau pengaruh *baseline drift* dari spektrofotometer. Walaupun nilainya kecil dan masih dalam batas toleransi, data negatif ini menegaskan adanya keterbatasan metode spektrofotometri pada konsentrasi sangat rendah.

Tabel 2. Hasil Uji Sampel dengan ICP (*Inductive Coupled Plasma*)

Sampel	Ca [317.933] (Mg/L)	Mg [285.213] (Mg/L)
ICV	0.015 ppm	0.005 ppm
CCB	0.011 ppm	0.003 ppm
CCV	0.245 ppm	0.194 ppm

Sampel	Ca [317.933] (Mg/L)	Mg [285.213] (Mg/L)
Periodic Table 0.3	0.319 ppm	0.304 ppm
MB	0.235 ppm	0.011 ppm
Soft water	0.557 ppm	0.055 ppm
Soft water	0.573 ppm	0.057 ppm
Soft water	0.567 ppm	0.054 ppm
Soft water	0.589 ppm	0.063 ppm
Soft water	0.553 ppm	0.054 ppm

Pengukuran dengan ICP-OES menghasilkan nilai Ca lebih tinggi (0,553–0.589 mg/L) dibandingkan spektrofotometer, serta berhasil mendeteksi keberadaan Mg pada rentang 0,054–0.063 mg/L. Hal ini membuktikan keunggulan ICP-OES dalam mengukur unsur multi-elemen dengan sensitivitas tinggi. Tidak ditemukan nilai negatif pada hasil ICP-OES. Seluruh hasil konsisten dengan nilai positif pada kontrol maupun sampel, menegaskan reliabilitas metode ini.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan hasil pengukuran kesadahan air menggunakan spektrofotometer DR 3600 dan ICP-OES. Analisis dengan spektrofotometer menghasilkan kadar Ca rata-rata sebesar 0,428 mg/L, sedangkan ICP-OES memberikan hasil lebih tinggi yaitu 0,568 mg/L dengan tambahan Mg sebesar 0,0566 mg/L. Perbedaan sekitar 25% ini mengindikasikan adanya bias pada metode spektrofotometri, yang dapat dipengaruhi oleh sensitivitas rendah pada konsentrasi trace, kesalahan dalam preparasi larutan kontrol standar, maupun interferensi matriks pada sampel. Sebaliknya, ICP-OES memiliki akurasi dan presisi lebih tinggi karena mampu mendeteksi unsur secara spesifik dengan sensitivitas sub-ppm dan penggunaan blank serta verifikasi kalibrasi seperti ICV, CCV, dan CCB (Lazić et al., 2023).

Penambahan reagen 1 menghasilkan reaksi presipitasi :

$CaCl_2 + Ca\ (s) \rightarrow$ Tidak Ada Reaksi

$CaCl_2 + Mg\ (s) \rightarrow MgCl_2\ (aq) + Ca\ (s)$

Kalsium klorida ($CaCl_2$) tidak bereaksi dengan kalsium (Ca) padat karena keduanya memiliki ion yang sama. Namun, $CaCl_2$ bereaksi dengan magnesium (Mg) padat, menghasilkan magnesium klorida ($MgCl_2$) yang terlarut dalam air dan kalsium (Ca) padat yang terendap. Serta terjadi perubahan warna indikator. Reaksi presipitasi memungkinkan pemisahan Ca dan Mg, sedangkan perubahan warna indikator dari bening menjadi merah muda menunjukkan konsentrasi Ca^{2+} dalam larutan.

Penambahan reagen 2 menghasilkan reaksi netralisasi :

$$CaCl_2 + 2NaOH \rightarrow Ca(OH)_2 + 2NaCl$$

Kalsium klorida ($CaCl_2$) bereaksi dengan natrium hidroksida (NaOH) menghasilkan kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) dan natrium klorida (NaCl). $Ca(OH)_2$ adalah basa lemah yang tidak larut dalam air dan akan mengendap sebagai padatan putih. Serta terjadi Reaksi prepitasi:

$$MgCl_2 + 2NaOH \rightarrow Mg(OH)_2 + 2NaCl$$

Jika terdapat magnesium klorida ($MgCl_2$) dalam larutan, NaOH akan bereaksi dengan $MgCl_2$ menghasilkan magnesium hidroksida ($Mg(OH)_2$) dan NaCl. $Mg(OH)_2$ juga merupakan basa lemahyang tidak larut dalam air dan akan mengendap sebagai padatan putih.

Penambahan reagen 3 dimana reagen akan bereaksi dengan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} membentuk kompleks yang larut dalam air. Reaksi ini dapat mencegah presipitasi $Ca(OH)_2$ dan $Mg(OH)_2$. Penambahan reagen 4 yang digunakan untuk menentukan konsentrasi kalsium dan magnesium dalam larutan sehingga didapatkan nilai Mg sebesar 0.01 ppm dan 0.03 ppm sedangkan nilai Ca sebesar 2.48 ppm dan 2.47 ppm.

Perhitungan kesadahan total berdasarkan data ICP-OES menghasilkan nilai sekitar 1,65 mg $CaCO_3$/L yang dikategorikan sebagai air sangat lunak (*very soft*). Menurut literatur, air dengan kesadahan <60 mg $CaCO_3$/L masuk kategori lunak, dan nilai <2 mg/L dianggap sangat rendah. Kondisi ini bermanfaat karena dapat mengurangi risiko pembentukan kerak pada sistem boiler. Kualitas air boiler harus dipantau ketat untuk menghindari baik scaling maupun korosi (Kuntolaksono et al., 2022). Namun, air yang sangat lunak juga dapat meningkatkan risiko korosi apabila tidak disertai pengendalian pH, oksigen terlarut, dan parameter kimia lainnya. Dengan demikian, meskipun hasil kedua metode konsisten dalam

menunjukkan kategori air sangat lunak, ICP-OES dinilai lebih fleksibel sebagai metode acuan karena memiliki sensitivitas tinggi dan minim gangguan matriks.

Hasil yang didapatkan pada pengujian soft water dengan spektrofotometer DR 3900 dan ICP (*Inductive Coupled Plasma*) Perkin Elmer 3800 masih dibawah ambang batas yaitu <1 ppm. Yang artinya kandungan Ca dan Mg tidak tinggi sehingga tidak ada logam yang mengendap yang dapat menyebabkan penyempitan pipa hingga pipa bisa meledak. Endapan yang terbentuk karena adanya garam-garam klorida, sulfat dan karbonat. Misalnya: $CaSO_4$, $MgSO_4$, $CaCl_2$, $MgCl_2$.

Jika dilihat dari metodenya, ICP jauh lebih efisien karena ICP memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dari pada spektrofotometer (Khan et al., 2022). Artinya adalah ICP dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi logam dalam konsentrasi yang lebih rendah. ICP juga dapat mengukur berbagai unsur sedangkan spektrofotometer hanya dapat digunakan untuk mengukur unsur-unsur tertentu. ICP pada awalnya dikembangkan untuk menganalisis sampel dalam bentuk cair, sehingga umumnya sampel dimasukkan ke dalam sistem melalui proses nebulisasi larutan. Namun demikian, jenis sampel lain seperti gas dan padatan juga dapat dianalisis dengan bantuan berbagai teknik (Mazarakioti et al., 2022).

Kadar dari Ca dan Mg juga berpengaruh dipembangkit listrik karena endapan garam kalsium dan magnesium dapat menghalangi aliran panas dari air ke uap air (Mashuri, 2017). Hal ini dapat menyebabkan penurunan efisiensi perpindahan panas sehingga membutuhkan lebih banyak energi untuk menghasilkan uap air, endapan Ca dan Mg dapat menempel pada turbin dan mengurangi aliran air. Hal ini dapat menyebabkan penurunan efisiensi turbin dan peningkatan konsumsi energi. Oleh karena itu pengujian *hardness* penting dilakukan untuk memastikan bahwa air yang digunakan pada pembangkit listrik memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Jika hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai hardness melebihi standar, maka air tersebut perlu diolah terlebih dahulu untuk mengurangi kandungan mineralnya. Pengujian air sadah dengan spektrofotometer terbatas pada sensitivitas dan selektivitas yang rendah terhadap ion Ca^{2+} dan Mg^{2+}, sedangkan ICP meskipun lebih akurat, membutuhkan biaya tinggi serta preparasi sampel yang kompleks.

KESIMPULAN

Penambahan analisa *soft wate*r dengan parameter hardness dengan metode spektrofotometer dan ICP (*Inductive Couple Plasma*) didapatkan hasil yang tidak jauh berbeda yaitu total hardness masih dibawah ambang batas yaitu <1 ppm. Pada metode spektrofotometer total hardness tertinggi yaitu sebesar 0.524 ppm, sedangkan dengan metode ICP (*Inductive Couple Plasma*) total *hardness* tertinggi yaitu sebesar 0.652 ppm. Jika tinggi kadar hardness diatas batas regulasi maka akan menyebabkan terbentuk scale yang menyebabkan tekanan tinggi pada pipa dan juga penurunan efisiensi turbin. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat menguji kesadahan air pada wilayah dan instrumen yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Akash, M. S. H., & Rehman, K. (2020). Essentials of pharmaceutical analysis . *Singapore Springer* , (167-174). https://doi.org/10.1007/978-981-15-1547-7_1.

Cahyana, G. (2018). Variasi Teknologi Pengurangan Kesadahan Dalam Pengolahan Air Minum. *OSF Preprints*, *33*, (1–10). https://doi.org/10.31219/osf.io/n2mgh.

Dewati, P. R., Rochmadi, Rohman, A., & Budiman, A. (2023). Mathematical Model Of Astaxanthin Purification Process Using The Low-Pressure Column Chromatography Method. *South African Journal of Chemical Engineering*, *45*(April), 256–268. https://doi.org/10.1016/j.sajce.2023.06.004.

Khan, S. R., Sharma, B., Chawla, P. A., & Bhatia, R. (2022). Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES): a Powerful Analytical Technique for Elemental Analysis. *Food Analytical Methods*, *15*(3), 666–688. https://doi.org/10.1007/s12161-021-02148-4.

Kuntolaksono, S., Wicaksono, I., Emilia, F., Enjarlis, E., & Yoshi, L. A. (2022). Evaluation of Total Hardness and Qualitative Analysis of Boiler Water at the Food Jam Industry, Tangerang, Indonesia. *Journal of Bioresources and Environmental Sciences*, *1*(3), 90–94. https://doi.org/10.14710/jbes.2022.15826.

Latupeirissa, A. N., & Manuhutu, J. B. (2020). Analisis Parameter Fisika Dan Kesadahan Air Pdam Wainitu Ambon. *Molluca Journal of Chemistry Education (MJoCE)*, *10*(1), 1–7. https://doi.org/10.30598/mjocevol10iss1pp1-7.

Lazić, D., Blagojević, D., Kešelj, D., Petrović, Z., & Vasiljević, N. (2023). Determination of Iron Content in Natural Mineral Water: Comparison of Icp-Oes and Spectrophotometric Method. *Contemporary Materials*, *14*(1). https://doi.org/10.7251/comen2301048l.

Mashuri, M., & Mardianis, N. (2020). Pengaruh Jumlah Pelanggan Terhadap Tingkat Profitabilitas Pada Perusahaan Daerah Air Minum Di Kota Bengkalis. *JAS (Jurnal Akuntansi Syariah)*, *4*(1), 83-94. https://doi.org/10.46367/jas.v4i1.220.

Maulana, I., Iryani, A., Nashrianto, H., Studi Kimia, P.(2017). Pemanfaatan Ampas Teh Sebagai Adsorben Ion Kalsium (Ca^{2+}) Dan Ion Magnesium (Mg^{2+}) Dalam Air Sadah. *FMIPA Universita Pakuan Bogor*. https://www.researchgate.net/publication/321289442.

Mazarakioti, E. C., Zotos, A., Thomatou, A. A., Kontogeorgos, A., Patakas, A., & Ladavos, A. (2022). Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS), a Useful Tool in Authenticity of Agricultural Products' and Foods' Origin. *Foods*, *11*(22). https://doi.org/10.3390/foods11223705.

Nadya Nabila Alisya, Muhammad Khidri Alwi, & Fairus Prihatin Idris. (2021). Studi Kadar Kesadahan Total Air Minum dalam Kemasan (AMDK) Merek Lokal di Kota Makassar. *Window of Public Health Journal*, *2*(4), 570–580. https://doi.org/10.33096/woph.v2i4.213.

Novaes, C. G., Bezerra, M. A., da Silva, E. G. P., Santos, A. M. P. dos, Romão, I. L. da S., & Santos Neto, J. H. (2016). A Review Of Multivariate Designs Applied To The Optimization Of Methods Based On Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP OES). *Microchemical Journal*, *128*, 331–346. https://doi.org/10.1016/j.microc.2016.05.015.

Purwanti, A., & Pasetyorini, T. (2024). Hardness of Well Water in Ligarmukti Village. *Jurnal Kesehatan Cendikia Jenius.*, *1*(2). https://jurnal.kesehatan.cendikiajenius ind.id/index.php/jenius/index

Rosvita, V., Fanani, Z., & Pambudi, I. A. (2018). Analisa Kesadahan Total (Caco3) Secara Kompleksometri Dalam Air Sumur Di Desa Clering Kabupaten Jepara. *Indonesia Jurnal Farmasi*, *3*(1), 16. https://doi.org/10.26751/ijf.v3i1.661.

Sharjeel, A., Anwar, S., Nasir, A., & Rashid, H. (2019). Design, Development and Performance of Optimum Water Softener. *Earth Sciences Pakistan*, *3*(1), 23–28. https://doi.org/10.26480/esp.01.2019.23.28.

Suyanta, Kholid, H. I., & Bambang S. (2015). Pemisahan Ion Logam Ca Dan Fe Dalam Air Sumur Secara Kolom Adsorpsi Dengan Zeolit Alam Dan Karbon Aktif Separation Of Ca And Fe Metal Ion In Source Water By Adsorption Column Technic With Local Zeolite And Active Carbon. *J. Sains Dasar*, *4*(1). https://doi.org/10.21831/jsd.v4i1.8446.

Tondo, K., & Palu, K. (2018). Perbandingan Kadar Kesadahan Air Pdam Da. *Window of Public Health Journal* . https://doi.org/10.33096/woph.v2i4.213.

Visible, U. (2016). Analisis Kandungan Logam Dalam Air Limbah Laundry Dengan Metode Spektrofotometri UV-VIS. *FMIPA Universitas Negeri Gorontalo*. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804073-7/00017-X.

Wilschefski, S. C., & Baxter, M. R. (2019). Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry: Introduction to Analytical Aspects. *Clinical Biochemist Reviews*, *40*(3), 115–133. https://doi.org/10.33176/AACB-19-00024.

Wuri Astuti, D., Fatimah, S., & Anie, S. (2016). Analisis Kadar Kesadahan Total Pada Air Sumur Di Padukuhan Bandung Playen Gunung Kidul Yogyakarta. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, *1*(01), 71–71. https://doi.org/10.23960/aec.v1i1.2016.p.

Zainul, R., Effendi, J., & Mashuri. (2019). Preparation of ZnO-CuO Composite Photocatalyst Using The Sonochemical Method. *Journal of Physics: Conference Series*. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012036