


VERIFIKASI METODE PENENTUAN KADAR SO₃ TERHADAP WAKTU PENGENDAPAN DALAM SEMEN DI PT. SEMEN BATURAJA

Osyellah Indar Parawansya*¹, Safaruddin Tohir²

¹ Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang, Indonesia

² SMBR Learning Development TP. Semen Baturaja Tbk, Indonesia

Corresponding Author: Osyellah292@gmail.com

<p>Info Article</p> <p>Received : 08 Juni 2022</p> <p>Revised : 11 Juli 2023</p> <p>Accepted : 03 Agustus 2023</p> <p>Publication : 31 Agustus 2023</p>	<p>Abstract: <i>Determination of sulfur trioxide (SO₃) in cement samples has been carried out. The method used is gravimetric. The aim of this research is to verify the method for determining SO₃ levels in Portland cement samples with results showing that this method can be used at PT. Semen Baturaja Tbk, in carrying out routine tests because it has good precision. Method verification parameters include precision and two-way F test using Excel. Determination of precision is carried out by calculating repeatability and reproducibility is measured by calculating the relative standard deviation (RSD and CVHorwitz for the sulfur trioxide (SO₃) parameter with test results respectively being 7.71%, 7.66%, 7.64%, 7.70%. F test Two-way results obtained for a deposition time of 30 minutes, namely an Fcount value of 0.12 and an Ftable of 0.23. For a deposition time of 45 minutes the Fcount value was 0.11 and an Ftable of 0.23. And for a deposition time of 60 minutes the Fcount value was 0.17 and Ftable of 0.23. Where Fcount < Ftable so that H0 is accepted, so that a settling time of 30 minutes, 45 minutes, 60 minutes can replace a settling time of 3 hours in analyzing SO₃ levels in Portland cement.</i></p>
<p>Keyword: SO₃, Method Verification, Precision, F Test</p> <p>Kata Kunci: SO₃, Verifikasi Metode, Presisi, Uji F</p>	<p>Abstrak: Telah dilakukan penentuan sulfur trioksida (SO₃) dalam sampel semen. Metode yang digunakan adalah gravimetri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan verifikasi metode penentuan kadar SO₃ dalam sampel semen Portland dengan hasil yang menunjukkan bahwa metode ini dapat digunakan di PT. Semen Baturaja Tbk, dalam melakukan pengujian rutin karena memiliki presisi yang baik. Parameter verifikasi metode meliputi presisi dan Uji F dua arah menggunakan excel. Penentuan presisi dilakukan dengan menghitung <i>repeatability dan reproducibility</i> diukur dengan menghitung simpangan baku relatif (<i>Relative Standard Deviation</i>) atau RSD dan CV_{Horwitz} untuk parameter sulfur trioksida (SO₃) dengan hasil pengujian berturut-turut adalah 7.71%, 7.66%, 7.64%, 7.70%. Uji F dua arah diperoleh hasil untuk waktu pengendapan 30 menit yaitu nilai F_{hitung} sebesar 0,12 dan F_{tabel} sebesar 0,23. Waktu pengendapan 45 menit nilai F_{hitung} sebesar 0,11 dan F_{tabel} sebesar 0,23. Dan waktu pengendapan 60 menit didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 0,17 dan F_{tabel} sebesar 0,23. Dimana F_{hitung} < F_{tabel} sehingga H0 diterima, sehingga waktu pengendapan 30 menit, 45 menit, 60 menit dapat menggantikan waktu pengendapan 3 jam dalam menganalisis kadar SO₃ dalam semen Portland.</p>
<p>Licensed Under a Creative Commons Attribution 4.0 International License</p> 	

PENDAHULUAN

Dengan berlakunya era Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA), di mana dunia mengalami kemajuan pesat dan persaingan yang sengit, banyak perusahaan sekarang memproduksi komoditas serupa. Ini mengakibatkan persaingan yang semakin ketat dalam pemasaran hasil produksi. Oleh karena itu, PT Semen Baturaja Tbk, yang berfokus pada produksi semen, harus memastikan bahwa mereka memenuhi kebutuhan masyarakat dengan menyediakan Semen yang berkualitas baik tetapi memiliki harga yang terjangkau (Akbar Febrianto et al., n.d.).

Semen Portland adalah jenis semen yang diproduksi dengan menggiling terak semen menjadi serbuk halus dan mencampurnya dengan mineral-mineral seperti kalsium (CaO) dari batu kapur, silikat (SiO₂) dari tanah lempung, dan alumina (Al₂O₃) dari tanah lempung sebagai bahan pembentuknya. (Felix Wijaya et al., 2019)

Semen adalah serbuk abu-abu yang digunakan sebagai bahan konstruksi dengan sifat sebagai hydraulic adhesive. Ini berarti reaksi antara senyawa-senyawa dalam semen dengan air dapat menghasilkan zat baru yang dapat berfungsi sebagai perekat pada material konstruksi (Laintarawan et al., 2009). Kualitas semen dianggap baik jika memenuhi standar yang telah ditetapkan. Di Indonesia, standar mengenai kualitas semen diatur oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) (Purnawan & Prabowo, 2017).

Semen yang berkualitas dengan persyaratan mutu pada sistem pengambilan sampel dengan metode pengujian semen yang telah ditetapkan oleh buku SNI 2049-3:2022 untuk analisa kimia semen dan SNI 2049-3:2022 penelitian ini mengacu pada buku SNI 2049-3:2022 yang menggambarkan metode pengambilan sampel semen untuk menganalisis kandungan SO₃ yang dapat mempengaruhi kecepatan pengerasan semen (Widojoko, 2010).

PT. Semen Baturaja Tbk menggunakan acuan buku SNI 2049-3:2022 dalam memeriksa kadar SO₃. Laboratorium kimia pabrik Baturaja I PT. Semen Baturaja Tbk menggunakan acuan waktu pengendapan 3 jam saat menganalisis kadar SO₃ dalam semen, sehingga dilakukan penelitian untuk memverifikasi perbandingan variasi waktu pengendapan 30 menit, 45 menit, 60 menit, dan 3 jam. Verifikasi digunakan untuk memeriksa kebenaran data yang dimasukkan dan melihat pengaruh perbandingan variasi waktu pengendapan kadar SO₃ dalam semen antara 30 menit, 45 menit, 60 menit terhadap waktu pengendapan selama 3 jam menggunakan metode gravimetri.

Pengolahan statistik sederhana, seperti menghitung nilai mean, *standard deviation*, *relative standard deviation* (RSD), dan $RSD_{Horwitz}$, dilakukan melalui perangkat lunak

Microsoft Excel. Selain itu, dalam tahap perbandingan presisi, digunakan uji F dua arah. terkait metode pengujian yang digunakan, termasuk tingkat presisi yang dipersyaratkan (Asmariansi & , Amriani, 2017)

METODE

1. Analisa Kadar SO₃

Menyiapkan sampel semen yang memiliki karakteristik yang serupa dan seragam diuji sebanyak tujuh kali, Timbang 1 gr sampel semen, Tambahkan 25 ml aquadest dingin, Tambahkan 5 ml HCl sambil dicampur aduk, hancurkan semen dengan batang pengaduk hingga semua semen terurai proses hasil sempurna, Encerkan larutan hingga 50 ml dengan aquadest, Digest dilakukan selama 15 menit pada suhu yang hampir mendekati titik didih., Saring menggunakan Kertas saring dengan pori-pori berukuran medium (*Whatman 41*), Cuci residu dengan aquadest panas, Encerkan larutan dengan aquadest, Panaskan hingga mendidih, Tambahkan 10 ml BaCl₂ , Didihkan sampai endapan terbentuk dengan sempurna dalam proses digest larutan. dengan variasi waktu 30 menit, 45 menit, 60 menit, dan 3 jam pada suhu hampir mendidih, Saring menggunakan kertas saring berpori halus (*Whatman 42*), Cuci endapan dengan aquadest panas, Letakkan kertas saring dan residu dalam cawan yang telah diketahui beratnya, Pijarkan pada suhu 800-900°C. Setelah itu, biarkan suhunya turun dan lakukan penimbangan. hingga berat konstan. **Perhitungan :**
Hitung kadar SO₃ dengan ketelitian 0,01% sebagai berikut :

$$\% \text{SO}_3 = W \times 34.3$$

Keterangan:

W = Gram BaSO₄ terhadap contoh

34,3 = Perbandingan molekul SO₃ terhadap BaSO₄ dikalikan 100

2. Presisi (*Repeatability dan Reproducibility*)

Repeatability diukur dengan menghitung simpangan baku relatif (*Relative Standard Deviation* atau RSD) dari serangkaian Pengulangan percobaan yang telah dilakukan RSD ini, kita dapat menghitung koefisien varians (CV). *Reproducibility*, di sisi lain, diukur dengan menghitung RSD dan CV_{Horwitz} dari serangkaian Pengulangan percobaan yang telah diuji dalam kondisi yang berbeda. (Utami A.R, 2017)

CV (RSD)_{contoh} dihitung dengan rumus berikut :

$$CV (RSD)_{\text{contoh}} = SD/Xr \times 100$$

Dimana :

- SD adalah standar deviasi dari konsentrasi contoh yang dihasilkan dari serangkaian ulangan pengujian (minimal 7 ulangan).
- Xr adalah mean konsentrasi dari ulangan pengujian (Utami & Wulandari, 2019).

Sementara itu, perhitungan CV_{Horwitz} adalah:

$$CV_{\text{Horwitz}} = 2^{1-0,5 \log C}$$

Dimana :

C adalah konsentrasi mean (Marzuki & Hakim, 2022) Kriteria yang diperlukan agar *reproducibility* dapat terpenuhi adalah bahwa RSD yang dihitung dari Pengulangan percobaan harus kurang dari 2/3 dari nilai CV_{Horwitz} :

$$CV (RSD)_{\text{contoh}} < 2/3 CV_{\text{Horwitz}} \text{ (Studi et al., 2022)}$$

Kriteria yang diperlukan agar *repeatability* dapat terpenuhi adalah bahwa RSD yang dihitung Pengulangan percobaan harus kurang dari 1/2 dari nilai CV_{Horwitz} :

$$CV (RSD)_{\text{contoh}} < 1/2 CV_{\text{Horwitz}} \text{ (Riza et al., 2019)}$$

3. Analisis Data

Pengolahan statistik sederhana, seperti menghitung nilai mean, *standard deviation*, *relative standard deviation* (RSD), dan RSD *Horwitz*, dilakukan melalui perangkat lunak *Microsoft Excel*. Selain itu, dalam tahap perbandingan presisi, digunakan uji F dua arah

HASIL DAN PEMBAHASAN

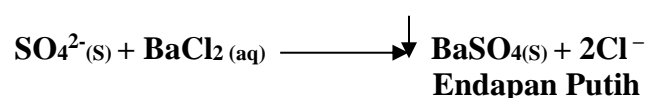
Hasil Penelitian

Untuk menentukan kadar SO_3 , digunakan metode gravimetri dalam analisis kualitatif. Prinsip dasar metode gravimetri ini adalah pengukuran berdasarkan berat sampel (Fatimah et al., 2014). Dalam analisis ini, digunakan dua jenis kertas saring dengan tingkat kehalusan yang berbeda. Pertama, sampel semen seberat 1 gr diletakkan ke dalam sebuah gelas kimia berkapasitas 250 ml. Kemudian, ditambahkan 25 mL aquadest ke dalam sampel tersebut, diikuti dengan penambahan 5 mL larutan HCl dan

diaduk. Fungsi dari HCl adalah untuk mengasamkan sampel (Güner, n.d.), sehingga mineral dapat larut dalam larutan, di Digest pada suhu mendekati titik didih, Saring Kertas saring dengan pori-pori berukuran medium (*Whatman 41*), Cuci endapan dengan aquadest panas, Panaskan hingga mendidih,

Selanjutnya, dilakukan penambahan BaCl₂. Penambahan BaCl₂ ini ditambahkan agar sulfat bereaksi dengan ion Ba, sehingga membentuk endapan putih yang disebut BaSO₄ (Jannah et al., 2021). Endapan BaSO₄ ini dapat dideteksi setelah penambahan HCl dan larutan BaCl₂, dan digunakan untuk menghitung kadar SO₃.

Reaksi yang terjadi :



Pada kondisi asam atau pH asam, kandungan SO₃ dalam sampel akan mengalami perubahan menjadi ion SO₄²⁻ dan dapat mengendap secara efisien dengan penambahan BaCl₂, yang menghasilkan endapan BaSO₄ (Industri, 2018). Konsentrasi SO₃ dalam semen memiliki nilai maksimum sebesar 3,5% (Adinata, 1984). Kadar SO₃ dalam semen berperan penting dalam mengatur atau meningkatkan sifat setting time (pengikatan) dari mortar serta dalam mencapai kekuatan tekan yang diinginkan (Yusuf et al., 2020).

Waktu merupakan seluruh rangkaian saat proses, perbuatan atau keadaan berlangsung Waktu juga merupakan salah satu hal penting dalam kegiatan analisis agar berjalan efektif dan efisien (Atos, 2014). Proses analisis data gravimetri dapat memakan waktu, pengembangan Teknik analisis yang lebih cepat dan lebih efisien dapat membantu mempercepat pemrosesan dan interpretasi data (No & Hal, 2023) Pada penelitian ini memastikan bahwa waktu yang digunakan dalam pengujian memiliki tingkat presisi dan ketepatan yang sesuai dengan kebutuhan penelitian.

Tahap berikutnya, untuk melihat kevalidan data antara variasi waktu 30 menit, 45 menit, 60 menit, dan 3 jam dilakukan uji presisi dan uji F. Uji presisi merupakan suatu metode analisis untuk melihat Seberapa jauh pengukuran diulang dalam situasi yang konstan. untuk mendapatkan hasil yang sama (Fitrya et al., 2017). Sampel yang digunakan berupa semen yang telah dilakukan pengukuran sebanyak 7 kali pengulangan dan didapatkan hasil sesuai tabel dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Pembacaan Presisi Kadar SO₃ Pada Semen

NO.	KADAR SO ₃ SEMEN PCC (%)			
	30 Menit	45 Menit	60 Menit	3 Jam
1	1,28	1,33	1,35	1,16
2	1,3	1,36	1,3	1,2
3	1,29	1,34	1,31	1,3
4	1,26	1,35	1,36	1,36
5	1,29	1,3	1,38	1,34
6	1,3	1,35	1,37	1,32
7	1,23	1,3	1,36	1,3
Mean	1,2785714	1,3328571	1,3471429	1,2828571
Standar Deviasi	0,0254484	0,0242997	0,0303942	0,0743223
CV (RSD)	1,9903746	1,8231298	2,2561998	5,7935005
CV Horwitz	15,419002	15,322802	15,298234	15,411238
CV Reproducibility	10,279335	10,215201	10,198822	10,274159
CV Repeatability	7,709501097	7,661400808	7,649116779	7,705618985
Syarat Keberterimaan Reproducibility RSD contoh < 2/3 CV horwitz	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA
Syarat Keberterimaan Repeatability RSD contoh < 1/2 CV horwitz	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA

Sumber : Data diolah 2023

Tabel menunjukkan hasil RSD contoh < CV Repeatability, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa tingkat presisi kadar SO₃ memenuhi kriteria yang telah ditetapkan untuk keberterimaannya. Selain uji presisi, dilakukan perhitungan uji F dua arah untuk membandingkan presisi. Uji F merupakan uji yang digunakan untuk membandingkan dua variasi yang dihasilkan dari dua kumpulan data. Pada penelitian ini bertujuan agar waktu pengendapan 30, 40, atau 60 menit dapat menggantikan waktu pengendapan 3 jam dan dilakukan pengulangan. Maka digunakanlah uji F untuk membandingkan presisi antara variasi waktu pengendapan.

Adapun syarat uji F ialah jika $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau nilai signifikan uji F $> 0,05$ maka H₀ diterima, artinya variabel-variabel bebas secara simultan tidak berpengaruh terhadap variabel terikat. $F_{hitung} < F_{tabel}$ atau nilai signifikan uji F $< 0,05$ maka H₀ ditolak, artinya variabel-variabel bebas secara simultan berpengaruh terhadap variabel terikat (Santoso, 2018). Tabel di bawah ini menunjukkan hasil perbandingan Uji F dua arah variasi waktu pengendapan kadar SO₃ sampel semen menggunakan excel.

Tabel 2. Uji F Dua Arah Pada Waktu Pengendapan 30 Menit Dalam Penentuan Kadar SO_3 Semen

F-Test Two-Sample for Variances		
	30 Menit	3 Jam
Mean	1,27857143	1,28285714
Variance	0,00064762	0,00552381
Observations	7	7
df	6	6
F	0,11724138	
P(F<=f) one-tail	0,00981322	
F Critical one-tail	0,23343402	

Sumber : Data diolah 2023

Dari hasil di atas, didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 0,12 dan F_{tabel} sebesar 0,23 $F_{hitung} < F_{tabel}$ Dari data tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa hipotesis nol (H_0) diterima yang artinya waktu pengendapan 30 menit tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan waktu pengendapan 3 jam. Oleh sebab itu, waktu pengendapan 30 menit dapat digunakan untuk menganalisis kadar SO_3 dalam semen jika dilihat dari uji F.

Tabel 3. Uji F Dua Arah Pada Waktu Pengendapan 45 Menit Dalam Penentuan Kadar SO_3 Semen.

F-Test Two-Sample for Variances		
	45 Menit	3 Jam
Mean	1,33285714	1,28285714
Variance	0,00059048	0,00552381
Observations	7	7
df	6	6
F	0,10689655	
P(F<=f) one-tail	0,00775247	
F Critical one-tail	0,23343402	

Sumber : Data diolah 2023

Dari hasil di atas, didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 0,11 dan F_{tabel} sebesar 0,23 $F_{hitung} < F_{tabel}$ Dari data tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa hipotesis nol (H_0) diterima yang artinya waktu pengendapan 45 menit tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan waktu pengendapan 3 jam. Oleh sebab itu, waktu pengendapan 45 menit dapat digunakan untuk menganalisis kadar SO_3 dalam semen jika dilihat dari hasil uji F.

Tabel 4. Uji F Dua Arah Pada Waktu Pengendapan 60 Menit Dalam Penentuan Kadar SO₃ Semen

F-Test Two-Sample for Variances		
	60 Menit	3 Jam
Mean	1,34714286	1,28285714
Variance	0,00092381	0,00552381
Observations	7	7
df	6	6
F	0,16724138	
P(F<=f) one-tail	0,02345442	
F Critical one-tail	0,23343402	

Sumber : Data diolah 2023

Dari hasil di atas, didapatkan nilai F_{hitung} sebesar 0,17 dan F_{tabel} sebesar 0,23 $F_{hitung} < F_{tabel}$. Dari data tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa hipotesis nol (H_0) diterima yang artinya waktu pengendapan 60 menit tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan waktu pengendapan 3 jam. Oleh sebab itu, waktu pengendapan 60 menit dapat digunakan untuk menganalisis kadar SO₃ dalam semen jika dilihat dari hasil uji F.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kadar SO₃ dalam Semen, maka dapat disimpulkan bahwa: Perbandingan Variasi waktu pengendapan 30 menit dan 3 jam, 45 menit dan 3 jam, 60 menit dan 3 jam tidak terlalu berpengaruh terhadap kadar SO₃ pada sampel semen. Hal ini dapat dilihat dari uji F, dimana $F_{hitung} < F_{tabel}$ sehingga H_0 diterima, sehingga waktu pengendapan 30 menit, 45 menit, 60 menit dapat menggantikan waktu pengendapan 3 jam dalam menganalisis kadar SO₃ dalam semen.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinata, A. A. dan E. (1984). KARAKTERISTIK KIMIA DAN FISIKA SEMEN POZOLAN KAPUR YANG DIPERKAYA SILIKA ABU SEKAM PADI. 52(15), 1280–1283.
- Akbar Febrianto, M., Berito Umbara, N., Prodi Teknik Kimia, S., Teknik, F., Negeri Sriwijaya Palembang Junior Manager Crusher, P., Mill, R., & Kunci, K. (n.d.). DAMPAK PERKEMBANGAN DAN PROSES PEMBUATAN SEMEN PADA PT. SEMEN BATURAJA.

- Asmariansi, & , Amriani, H. (2017). VERIFIKASI METODE UJI LEMAK PAKAN BUATAN. 6(1), 92–96.
- Atos, A. (2014). TIME MANAGEMENT: MENGGUNAKAN WAKTU SECARA EFEKTIF DAN EFISIEN. *Humaniora*, 5(45), 777–785.
- Fatimah, A., -, H., & -, W. (2014). PERANCANGAN ALAT UKUR TSS (TOTAL SUSPENDED SOLID) AIR MENGGUNAKAN SENSOR SERAT OPTIK SECARA REAL TIME. *Jurnal Ilmu Fisika | Universitas Andalas*, 6(2), 68–73. <https://doi.org/10.25077/jif.6.2.68-73.2014>
- Felix Wijaya, M., Olivia*, M., & Saputra, E. (2019). KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLIMER ABU TERBANG HYBRID MENGGUNAKAN SEMEN PORTLAND. *Jurnal Teknik*, 13(1), 60–68. <https://doi.org/10.31849/teknik.v13i1.2914>
- Fitrya, N., Ginting, D., Retnawaty, S. F., Febriani, N., Fitri, Y., & Wirman, S. P. (2017). PENTINGNYA AKURASI DAN PRESISI ALAT UKUR DALAM RUMAH TANGGA. *Jurnal Pengabdian UntukMu NegeRI*, 1(2), 60–63. <https://doi.org/10.37859/jpumri.v1i2.237>
- Güner, M. Ö. (n.d.). ANALISIS KUALITATIF KANDUNGAN SULFAT DALAM ALIRAN AIR DAN AIR DANAU DI KAWASAN JAKABARING SPORT CITY PALEMBANG.
- Industri, F. T. (2018). STUDI PENAMBAHAN INHIBITOR PADA STAINLESS STEEL AISI 316L DI JALUR OFF-GAS UNIT PENGOLAHAN NIKEL ROTARY DRYER.
- Jannah, Z. N., Herawati, D., & Ngibad, K. (2021). REVIEW: ANALISIS KONSENTRASI ION SULFAT DALAM AIR MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI. *Jurnal Pijar Mipa*, 16(2), 203–206. <https://doi.org/10.29303/jpm.v16i2.1907>
- Laintarawan, I. P., Widnyana, I. N. S., & Artana, I. W. (2009). KONSTRUKSI BETON I. 109.
- Marzuki, H., & Hakim, M. (2022). UJI HOMOGENITAS TERHADAP SAMPEL UJI PROFISIENSI UREA PRILL DENGAN PARAMETER NITROGEN. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 5, 2022.
- No, V., & Hal, M. (2023). ANALISA PENENTUAN KELAYAKAN MINYAK PKO (PALM KERNEL OIL) DENGAN METODE QCC (QUALITY CONTROL CIRCLE) DI PT . 1(1).

- Purnawan, I., & Prabowo, A. (2017). PENGARUH PENAMBAHAN LIMESTONE TERHADAP KUAT TEKAN SEMEN PORTLAND KOMPOSIT. Hal JURNAL REKAYASA PROSES, 11(2).
- Riza, A., Liayati, U., Riset, M. B., Standardisasi, D., Surabaya, I., Riset, B., & Jagir, J. (2019). VERIFIKASI METODE PENGUJIAN NO 2 DAN SO 2 DALAM UDARA AMBIENT VERIFICATION OF METHOD FOR TESTING NO2 AND SO2 IN AMBINET AIR. Juli, 4(1), 9–18.
- Santoso, L. (2018). ANALISIS PENGARUH PRICE, OVERALL SATISFACTION, DAN TRUST TERHADAP INTENTION TO RETURN PADA ONLINE STORE LAZADA. Agora, 6(1), 287262.
- Studi, P., Kimia, A., & Vokasi, S. (2022). PADA AIR SUNGAI SECARA SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM.
- Utami, A. R., & Wulandari, C. (2019). VERIFIKASI METODE PENGUJIAN TIMBAL (PB) DAN CADMIUM (CD) DALAM AIR LIMBAH DENGAN MENGGUNAKAN ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTO METER (AAS). Prosiding Seminar Nasional Kimia Dan Pembelajarannya (SNKP) 2019, November, 8–20.
- Utami A.R. (2017). VERIFIKASI METODE PENGUJIAN SULFAT DALAM AIR DAN AIR LIMBAH SESUAI SNI 6989.20 : 2009. Jurnal Teknologi Proses Dan Inovasi Industri, 2(1), 19–25.
- Widjoko, L. (2010). PENGARUH SIFAT KIMIA TERHADAP UNJUK KERJA MORTAR. Jurnal Teknik Sipil UBL, 1(1), 52–59.
- Yusuf, Y., Savitri, V. F., & Aziz, H. (2020). PENGARUH PENGGUNAAN FLY ASH DARI BERBAGAI SUMBER TERHADAP SIFAT KIMIA DAN SIFAT FISIKA PADA SEMEN TIPE I (OPC). Jurnal Riset Kimia, 11(2), 61–71. <https://doi.org/10.25077/jrk.v11i2.350>