

Kalibrasi Alat Ukur Sedimen Tersuspensi Berbasis *Turbidity Sensor*

Achmad Bagus Fakhrizal¹⁾

Yuda Romdania²⁾

Endro P. Wahono³⁾

Ahmad Herison⁴⁾

Abstract

Turbidimeter is a standard instrument used to determine the level of turbidity of water. However, its use is felt to be less effective and efficient because it is not carried out in running water. Based on this statement, a practical suspended sediment measuring instrument based on a turbidity sensor is needed. Furthermore, to ensure the ability of a measuring instrument, an activity is needed to determine the validity of the conventional instrument reading value. Therefore, this study aims to calibrate the suspended sediment measuring instrument based on the turbidity sensor. The method used is to compare the measurement results of the design instrument against measuring standards that are traceable to international standards. Turbidity measurements were carried out using two devices which were compared at the same time. The results of the calibration show the output pattern with the appropriate level of linearity. The R-squared value which is the correlation coefficient, with $R^2=0.9667$ indicates a good match between the two instruments. The slope gradient of the curve line is 1.1083 which means that the NTU-18 turbidimeter is well calibrated. The results of the calculation of the unit conversion of NTU and mg/L have the average square of error or a correlation coefficient of $R^2=0.8984$, meaning that both have a good correlation. In conclusion, the measuring instrument is able to operate properly and without problems. The tool manages to provide relative precision and practical response times, so work efficiency can be increased.

Keywords: Turbidity, Calibration, Conversion

Abstrak

Turbidimeter merupakan instrumen standar yang digunakan untuk menentukan taraf kekeruhan air. Namun penggunaannya dirasa kurang efektif dan efisien karena tidak dilakukan pada air mengalir. Berdasarkan pernyataan tersebut maka dibutuhkan instrumen ukur sedimen tersuspensi yang praktis berbasis turbidity sensor. Selanjutnya untuk memastikan kemampuan suatu alat ukur, maka diperlukanlah suatu aktifitas untuk menentukan keabsahan konvensional nilai pembacaan instrumen. Oleh karena itu, pada penelitian ini bertujuan untuk mengkalibrasi alat ukur sedimen tersuspensi berbasis *turbidity sensor*. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan cara membandingkan hasil pengukuran alat rancangan terhadap standar ukur yang mampu telusur ke standar internasional. Pengukuran turbiditas dilakukan menggunakan dua alat yang dibandingkan pada waktu yang bersamaan. Hasil kalibrasi alat menunjukkan pola output dengan tingkat linieritas yang sesuai. Nilai R-kuadrat yang merupakan koefisien korelasi, dengan $R^2=0,9667$ menunjukkan kecocokan yang baik antara kedua instrumen. Gradien kemiringan garis kurva bernilai 1,1083 memiliki arti bahwa turbidimeter NTU-18 sudah terkalibrasi dengan baik. Hasil perhitungan konversi satuan NTU dan mg/L memiliki kuadrat kesalahan rata-rata atau koefisien korelasi sebesar $R^2=0,8984$, artinya keduanya memiliki korelasi yang baik. Kesimpulannya alat ukur mampu beroperasi dengan baik dan tanpa masalah. Alat berhasil memberikan presisi relatif dan waktu respons yang praktis, sehingga efisiensi pekerjaan dapat ditingkatkan.

Kata Kunci : *Turbidity*, Kalibrasi, Konversi

¹⁾ Mahasiswa pada Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Surel: achbagusf00@gmail.com

²⁾ Dosen pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Dosen pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

⁴⁾ Dosen pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

I. PENDAHULUAN

Sungai adalah jaringan yang terbentuk alami menyesuaikan bentuk permukaan bumi, mulai dari alur-alur kecil di hulu sampai menjadi alur-alur besar di hilir (Indra *et al.*, 2022). Kebutuhan rumah tangga manusia akan air, paling dominan juga bersumber dari aliran sungai. Selain itu sungai memiliki banyak nilai-nilai lingkungan, sosial, budaya, dan ekonomi (Cahyadi *et al.*, 2013). Maka sudah sepatutnya aliran sungai dijaga kelestariannya, salah satunya dengan cara mengupayakan aliran sungai agar tetap stabil dari endapan sedimen pada penampangannya.

Proses sedimentasi di aliran sungai melingkupi proses erosi, juga transportasi, pengendapan dan pemadatan dari sedimentasi itu sendiri (Sudira *et al.*, 2013). Sedimentasi di sungai terjadi dari hasil erosi di bagian hulu sungai yang mengalami pengendapan konsentrasi pada aliran sungai (Pangestu dan Hakki, 2013). Fenomena berpindahnya sedimentasi dari suatu lokasi ke lokasi lain inilah yang disebut dengan transport sedimen. Transport sedimen dapat terjadi karena terangkut oleh turbulensi aliran air yang menyebabkan padatan tersuspensi melayang dan berpindah tempat (Bardan, 2021).

Turbidity atau kekeruhan merupakan indikator yang sering digunakan untuk mengetahui besarnya sedimen tersuspensi dalam air (Ikhsan, 2018). Yang pada prinsipnya merupakan nilai penurunan kejernihan air karena adanya zat tersuspensi yang menyerap atau menyebarkan cahaya *downwelling*, dan air dianggap keruh jika keberadaan partikel tersuspensi menjadi mencolok (Zuraida *et al.*, 2018)

Untuk mengetahui indikator turbiditas pada air, digunakan alat ukur yang bernama turbidimeter. Turbidimeter merupakan instrumen standar yang digunakan untuk menentukan taraf kekeruhan air. Namun penggunaannya dirasa kurang efektif dan efisien karena tidak dilakukan pada air mengalir (Kurnia *et al.*, 2019). Berdasarkan pernyataan tersebut maka dibutuhkan instrumen ukur sedimen tersuspensi yang praktis berbasis *turbidity sensor*.

Selanjutnya untuk memastikan kemampuan suatu alat ukur, maka diperlukanlah suatu aktifitas untuk menentukan keabsahan konvensional nilai pembacaan instrumen dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukur yang *traceable* ke standar dan/atau internasional (International Standardization Organization, 2005). Oleh karena itu, pada penelitian ini bertujuan untuk mengkalibrasi alat ukur sedimen tersuspensi berbasis *turbidity sensor*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sedimen

Sedimentasi adalah pengendapan dari suatu konsentrasi yang berpindah karena erosi air, angin, serta gelombang laut. Konsentrasi yang disebabkan oleh erosi tersebut kemudian terbawa pada aliran air lalu kemudian mengendap di tempat yang lebih rendah ketinggiannya (Gemilang *et al.*, 2018).

2.1.1. Faktor Faktor Pengaruh Sedimentasi

Sedimentasi merupakan bagian dari proses erosi tanah. Hal ini bisa disebabkan baik oleh angin maupun air. Di Indonesia, faktor air memiliki peran lebih pada proses erosi dan sedimentasi dibandingkan dengan faktor angin. Hal ini disebabkan oleh iklim yang dimiliki.

2.1.2. Gerakan Sedimen

Gerakan sedimen memiliki dua jenis yaitu:

1. Gerakan fluvial
2. Gerakan massa

2.1.3. Ukuran dan Bentuk Sedimen

Sedimen memiliki bentuk yang berbeda-beda. Partikel berbentuk pipih cenderung memiliki laju pengendapan yang lebih rendah dan lebih sukar untuk berpindah dibandingkan yang berbentuk bulat.

2.1.4. Angkutan Sedimen

Ada tiga macam angkutan sedimen yang terjadi di dalam alur sungai (Mulyanto, 2007) yaitu:

1. *Wash Load*
2. *Suspended Load*
3. *Bed Load*

2.2. Kekeruhan (*Turbidity*)

Kekeruhan (*Turbidity*) merupakan parameter fisika untuk menguji kualitas air bersih. Kekeruhan mewakili sifat optis yang diperoleh melalui pembiasan cahaya kedalam air. Kekeruhan ditimbulkan oleh butiran-butiran kecil dan koloid dengan ukuran mulai dari 10 μm sampai 10 μm . Butiran-butiran kecil dan koloid ini berasal dari tanah liat, lumpur, sisa tanaman, zat organik, ganggang dan sebagainya.

2.3. Turbidimeter

Turbidimeter merupakan instrumen standar yang digunakan untuk menentukan taraf kekeruhan air (Faisal *et al.*, 2016). Secara umum terdapat dua kategori turbidimeter yaitu:

1. Absorptiometers: berdasarkan penyerapan (atau atenuasi) dari intensitas cahaya yang melewati sampel.
2. Nephelometers: berdasarkan porsi cahaya yang berserakan pada sudut 90° dari berkas kejadian.

2.4. Kalibrasi

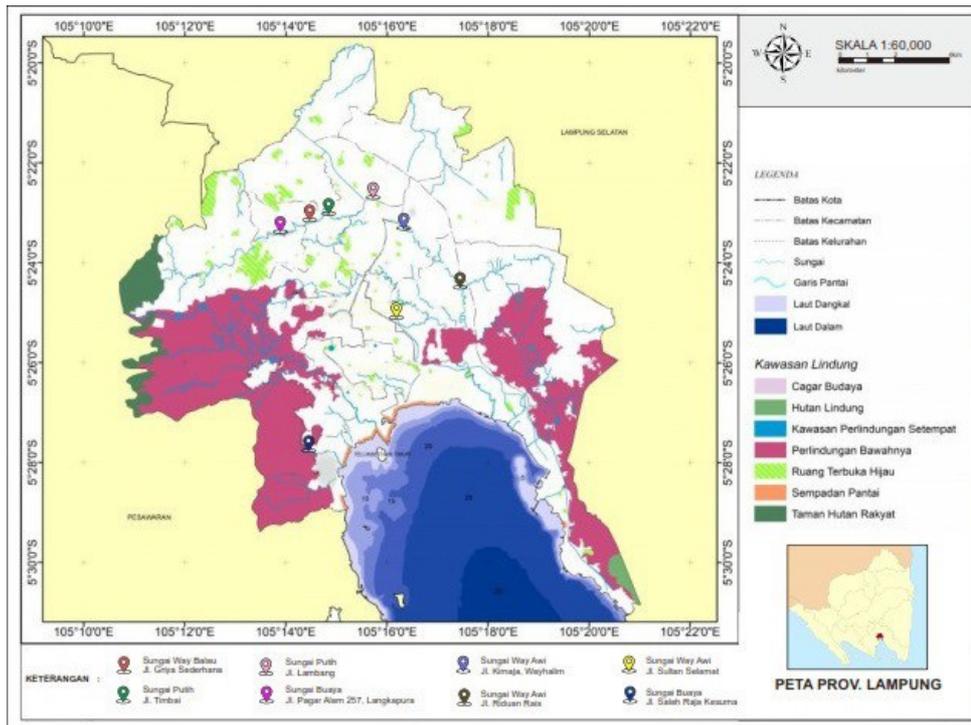
Menurut ISO/IEC Guide 17025:2005 dan *Vocabulary of International Metrology* (VIM), kalibrasi merupakan adalah serangkaian aktifitas yang menciptakan hubungan antara nilai yang diperoleh dari alat ukur atau sistem pengukuran, atau nilai yang mewakili bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dengan satuan yang diukur pada situasi tertentu.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Titik pengambilan sampel ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian ini dilakukan dengan data sampel yang diambil pada beberapa sungai yang ada di Kota Bandar Lampung di antaranya:

1. Sungai Way Awi, pada: Jl. Sultan Selamat Kedamaian, Jl. Ki Maja Way Halim, dan Jl. Riduan Rais Kedamaian
2. Sungai Buaya, pada: Jl. Pagar Alam 237, Langkapura dan Jl. Saleh Raja Kusuma
3. Sungai Way Belau, pada Jl. Griya Sederhana
4. Sungai Putih, pada Jl. Lambang dan Jl. Timbai



Gambar 1. Lokasi pengambilan data sampel untuk penelitian.

3.2. Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir di penelitian ini seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

3.3. Peralatan Penelitian

3.3.1. Alat Ukur Sedimen Tersuspensi Berbasis *Turbidity Sensor*



Gambar 3. Alat ukur sedimen tersuspensi berbasis *Turbidity Sensor* (NTU-18).

3.3.2. *Turbidimeter Nephelometer* Jenis SGZ-200BS



Gambar 4. *Turbidimeter Nephelometer* Jenis SGZ-200BS.

3.3.3. Peralatan Uji Laboratorium



Gambar 5. (a) Piknometer 100 ml. (b) Neraca digital.

3.4. Pengambilan Sampel

Pengeruhan turbiditas air dilakukan menggunakan dua alat yang hendak dibandingkan pada waktu yang bersamaan. Dilakukan menggunakan alat ukur sedimen tersuspensi tersuspensi berbasis turbidity sensor (NTU-18) dan *turbidimeter nephelometer* jenis SGZ-200BS. Di waktu yang bersamaan dengan pengukuran turbiditas, sampel air juga diambil lalu di simpan ke dalam sebuah wadah untuk diuji di laboratorium. Sampel diambil secara langsung di beberapa titik sungai yang sudah ditentukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Turbiditas Air

Hasil pembacaan alat ditunjukkan pada Tabel 1. Pengukuran turbiditas air dilakukan dengan kedua alat yang hendak dibandingkan yaitu *turbidimeter nephelometer* jenis SGZ-200BS dan alat ukur sedimen tersuspensi berbasis *turbidity sensor* (NTU-18). Pengukuran pertama dilakukan menggunakan alat ukur sedimen tersuspensi berbasis *turbidity sensor* (NTU-18) sebagai alat yang hendak dikalibrasi.

Tabel 1. Dataset pengukuran dengan *turbidity sensor* (NTU-18)

Urut data	Jl. Sultan Selamat Kedamaian	Jl. Ki Maja Way Halim	Jl. Riduan Rais Kedamaian	Jl. Pagar Alam 237 Langkapura	Jl. Saleh Raja Kusuma	Jl. Griya Sederhana	Jl. Lambang	Jl. Timbai
1	156	142	98	109	100	127	141	126
2	161	125	113	129	117	135	133	148
3	159	130	100	109	115	113	126	154
4	160	140	115	131	104	127	126	135
5	154	131	99	122	117	113	141	
6	164	122		109		135	126	
7	153	127		118			142	
8		137		103			145	
9				129			126	
10				112			140	
11				133			124	
12				130				
Rata-rata	158,14	131,75	105,00	119,50	110,60	125,00	133,64	140,75
St. Dev	3,976	7,246	8,276	10,758	8,019	9,960	8,213	12,633

Nilai yang tersaji pada Tabel 1 merupakan hasil pembacaan *turbidity sensor*. Data tersebut didapat dari file data *logger* dengan format (.txt) secara otomatis dari alat NTU-18. Standar deviasi sampel data menunjukkan nilai terendah 3,976 dan terbesar 12,633. Nilai standar deviasi jauh lebih kecil dibanding dengan nilai reratanya di semua lokasi pengambilan. Ini berarti data bersifat homogen dan memiliki penyimpangan yang rendah, sehingga data dapat terwakili. Sejalan dengan pernyataan (Indriastuti dan Nafiah, 2017) bahwa nilai standar deviasi yang lebih kecil dari mean menunjukkan bahwa tingkat penyimpangannya kecil sehingga menunjukkan data yang baik.

Pengukuran kedua dilakukan dengan *turbidimeter nephelometer* jenis SGZ-200BS sebagai kalibrator. Kedua alat melakukan pengukuran pada waktu, letak, dan kedalaman yang sama. Data yang didapatkan berdasarkan karakteristik air yang serupa, sehingga didapat perbandingan yang ekuivalen antara kedua alat. Kegiatan dilakukan dengan

mengambil sampel menggunakan wadah, kemudian segera diukur menggunakan *turbiditymeter* SGZ-200BS. Data hasil pembacaan kedua alat dibandingkan dan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil pengukuran turbiditas

No	Lokasi	Titik Pengambilan Sampel	NTU-18 (NTU)	SGZ-200 (NTU)	Error (%)
1	Sungai Way Awi	Jl. Sultan Selamat Kedamaian	158,1	162,0	2,38
2		Jl. Ki Maja Way Halim	131,8	137,1	3,90
3		Jl. Riduan Rais Kedamaian	105,0	99,8	5,21
4	Sungai Buaya	Jl. Pagar Alam 237 Langkapura	119,5	121,7	1,81
5		Jl. Saleh Raja Kusuma	110,6	108,3	2,12
6	Sungai Way Belau	Jl. Griya Sederhana	125,0	128,4	2,65
7	Sungai Putih	Jl. Lambang	133,6	134,9	0,94
8		Jl. Timbai	140,8	136,5	3,11
Rata-rata					2,77

Rangkuman data hasil pengukuran dan perhitungan ditunjukkan di Tabel 2. Hasil pemantauan didapat turbiditas air tertinggi pada titik Jalan Sultan Selamat Kedamaian. Turbiditas air terendah pada titik Jalan Riduan Rais Kedamaian. Perbedaan nilai turbiditas air ini mengindikasikan adanya faktor kandungan terlarut, karakteristik sungai, dan kondisi sedimentasi sungai yang berbeda. Rentang nilai turbiditas hasil pengukuran dari kedua alat, yaitu sebesar 53,1 untuk alat ukur sedimen tersuspensi berbasis Turbidity Sensor (NTU-18) dan sebesar 62,2 untuk *turbiditymeter nephelometer* jenis SGZ-200BS. Hasil ini memiliki arti bahwa titik lokasi pengukuran memiliki iklim dan kondisi yang relatif sama, sehingga kualitas air pada aliran tidak terlalu kontras. Persentase error diantara keduanya memiliki nilai yang bervariasi, mulai dari yang terkecil 0,94% di titik pengambilan Jl. Lambang dan yang terbesar 5,21% di titik pengambilan Jl. Riduan Rais Kedamaian. Besaran error tersebut mewakili perbedaan pembacaan nilai diantara kedua alat. Secara numerik, alat ukur sudah membaca akurasi nilai yang baik dengan hasil nilai rata-rata persentase error sebesar 2,77%. Hal ini sejalan dengan pernyataan dari (Wang *et al.*, 2018) bahwa perbedaan pembacaan yang akurat pada instrumen kekeruhan yaitu berada di bawah 10%.

4.2. Data Sedimen Tersuspensi Air

Tabel 3 merupakan rangkuman data sampel air yang diambil secara manual di setiap titik. Sampel tersebut diuji di laboratorium mekanika tanah Universitas Lampung, untuk mendapatkan besaran berat partikel pada satuan volume. Pengujian dilakukan sesuai dengan prosedurnya.

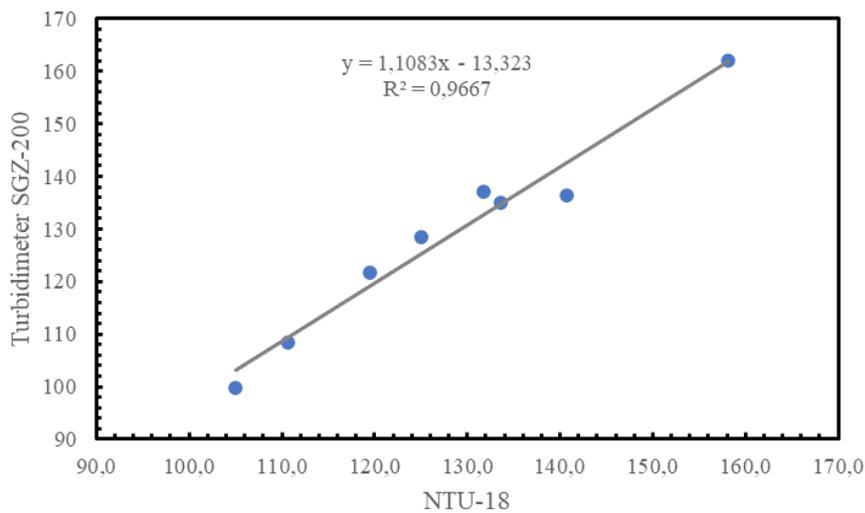
Sejalan dengan hasil pengukuran turbiditas air, hasil pengujian laboratorium pada padatan tersuspensi dalam air juga menunjukkan besaran yang beragam. Sampel yang diambil di Jalan Sultan Selamat Kedamaian memiliki berat partikel per volume yang paling besar yaitu 741,07 mg/L, sementara di Jalan Saleh Raja Kusuma memiliki berat partikel per volume yang paling kecil yaitu 134,82 mg/L. Rentang nilai hasil pengujian didapatkan beda sebesar 606,25 mg/L. Perbedaan nilai sedimen tersuspensi pada air ini

mengindikasikan adanya faktor luar yang mempengaruhi. Faktor luar yang mempengaruhi seperti tata guna lahan atau aktifitas sosial di sekitar sungai. Dengan demikian, maka terjadi perbedaan kualitas air meskipun sungai berada di iklim dan kondisi yang relatif sama. Hasil pengujian dan perhitungan pada uji laboratorium ditunjukkan di Tabel 3

Tabel 3. Data hasil uji laboratorium

No	Lokasi	Titik Pengambilan Sampel	Berat Uji			Partikel Terhadap Air
			Partikel	Air		
			(g)	(g)	(ml)	(mg/L)
1	Sungai Way Awi	Jl. Sultan Selamat Kedamaian	0,22	298,32	298,32	737,46
2		Jl. Ki Maja Way Halim	0,15	298,32	298,32	502,82
3		Jl. Riduan Rais Kedamaian	0,06	298,32	298,32	201,13
4	Sungai Buaya	Jl. Pagar Alam 237 Langkapura	0,12	298,32	298,32	402,25
5		Jl. Saleh Raja Kusuma	0,04	298,32	298,32	134,08
6	Sungai Way Belau	Jl. Griya Sederhana	0,14	298,32	298,32	469,29
7	Sungai Putih	Jl. Lambang	0,18	298,32	298,32	603,38
8		Jl. Timbai	0,19	298,32	298,32	636,90

4.3. Kalibrasi Alat Ukur Sedimen Tersuspensi



Gambar 6. Grafik hubungan *Turbidimeter* SGZ-200 dan NTU-18.

Kalibrasi pada kedua instrumen disajikan pada Gambar 6. Kalibrasi pada penelitian ini bertujuan untuk memastikan bahwa hasil pengukuran yang dilakukan sudah akurat dan

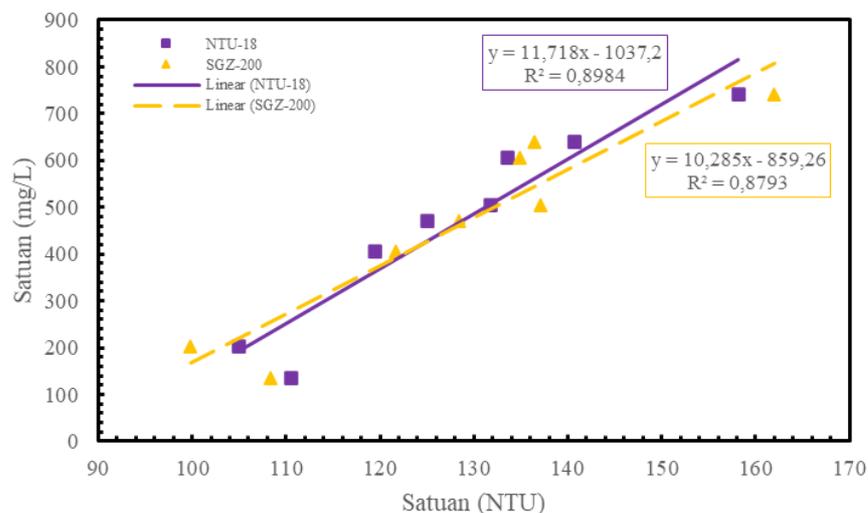
sesuai dengan standar internasional yang ada. Perhitungan kalibrasi diwakili oleh grafik hubungan yang diperoleh melalui pendekatan analisis regresi linear. Prosedur kalibrasi dilakukan dengan memplotkan data hasil pembacaan kedua alat pada masing-masing lokasi pengambilan. Kurva yang terbentuk ini dapat mewakili rangkaian data kalibrasi yang ada. Sumbu-x grafik mewakili data alat ukur sedimen tersuspensi berbasis *turbidity sensor* (NTU-18), sedangkan sumbu-y grafik mewakili data *turbidimeter nephelometer* jenis SGZ-200BS.

Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 6, kedua alat menunjukkan pola output dengan tingkat linieritas yang sesuai. Nilai R-kuadrat yang merupakan kuadrat kesalahan rata-rata atau koefisien korelasi, dengan nilai $R^2 = 0,9667$ menunjukkan kecocokan yang sangat baik antara kedua instrumen. Hubungan antara keduanya sebagai faktor kalibrasi diwakili oleh fungsi:

$$y = 1,1083x - 13,323 \quad (1)$$

Gradien kemiringan garis kurva bernilai 1,1083 atau mendekati angka 1, memiliki arti bahwa alat ukur turbidimeter NTU-18 ini sudah terkalibrasi dengan baik (Kelley *et al.*, 2014). Perbedaan yang terjadi bisa disebabkan oleh adanya perbedaan nilai ketidakteraturan pengukuran, gangguan optis pada sensor, dan adanya fluktuasi termal acak. Namun secara keseluruhan hasil pengukuran dari alat turbidimeter NTU-18 sudah mendekati alat pembandingnya (turbidimeter SGZ-200BS). Sehingga mengindikasikan bahwa instalasi program lunak dengan perangkat keras, berhasil berjalan tanpa ada masalah.

4.4. Faktor Konversi



Gambar 7. Grafik hubungan mg/L dan NTU.

Faktor konversi satuan mg/L dan NTU disajikan pada Gambar 7. Perhitungan konversi bertujuan untuk mengubah satuan NTU ke mg/L dan sebaliknya. Faktor konversi antara satuan NTU dan mg/L diwakili oleh grafik hubungan yang diperoleh melalui pendekatan analisis regresi linear (Susfalk *et al.*, 2008). Prosedur perhitungan dilakukan dengan memplotkan data hasil pembacaan kedua alat ukur yang memiliki satuan (NTU) pada

sumbu-x dan hasil uji laboratorium yang memiliki satuan (mg/L) pada sumbu-y di setiap titik pengambilannya.

Kurva konversi pertama didapat dengan membandingkan nilai turbiditas air dari pengukuran menggunakan *turbiditymeter* NTU-18 dengan nilai berat partikel per volume dari tes uji laboratorium. Hubungan antara keduanya sebagai faktor konversi diwakili oleh fungsi:

$$y = 11,718x - 1037,2 \quad (2)$$

Fungsi tersebut memiliki kuadrat kesalahan rata-rata atau koefisien korelasi sebesar $R^2 = 0,8984$, artinya kedua indikator memiliki korelasi yang baik. Kurva konversi kedua didapat dengan membandingkan nilai turbiditas air dari pengukuran menggunakan *turbiditymeter* SGZ-200 dengan nilai berat partikel per volume dari tes uji laboratorium. Hubungan antara keduanya sebagai faktor konversi diwakili oleh fungsi:

$$y = 10,285x - 859,26 \quad (3)$$

Fungsi tersebut memiliki kuadrat kesalahan rata-rata atau koefisien korelasi yaitu sebesar $R^2 = 0,8793$, artinya kedua indikator yang dibandingkan juga memiliki korelasi yang sama baiknya.

Dari kedua kurva yang didapat perbedaan yang tidak jauh berbeda. Perbedaan gradien diantara kedua kurva yaitu sebesar 1,433. Itu merupakan disimilaritas yang tidak begitu signifikan, mengingat rentang pengukuran maksimal sebesar 200 NTU. Kedua kurva konversi berpotongan satu sama lain. Ini mengartikan terdapat nilai yang sama pada suatu titik koordinat. Variasi dari kedua koefisien konversi ini dapat dipicu oleh adanya selisih nilai pada masing-masing indikator. Kedua regresi ini dikembangkan dengan menggunakan seluruh dataset yang dirata-ratakan. Dengan gradien kemiringan kedua grafik linear yang bernilai positif dan berbanding lurus mengartikan bahwa semakin besar nilai turbiditas suatu air maka semakin besar pula kandungan partikelnya.

4.5. Pembahasan

Sebagaimana sudah dilaporkan sebelumnya, fokus utama pada penelitian ini ialah untuk mengetahui tingkat ketepatan pembacaan yang dilakukan oleh *turbiditymeter* NTU-18. Metode yang digunakan ialah melalui perbandingan antara *turbiditymeter* referensi (SGZ-200) dengan *turbiditymeter* buatan (NTU-18). Perbandingan dilakukan dengan mengukur langsung kekeruhan air menggunakan kedua alat. Teknik pelaksanaan dilakukan dengan memperhatikan kesetaraan antara kedua instrumen, dan meminimalisir adanya gangguan-gangguan yang mungkin terjadi. Tujuan kegiatan ialah untuk memverifikasi hasil pembacaan alat supaya sesuai dengan standar internasional. Instrumen *turbiditymeter* SGZ-200 dipilih sebagai kalibrator atau alat acuan, karena alat difabrikasi berdasarkan pada standar pengukuran kekeruhan internasional ISO 7027. Sehingga nilai output dari pembacaan alat bisa dianggap sebagai nilai turbiditas yang sesungguhnya.

Cara kerja rangkaian alat NTU-18 ini adalah ketika sensor dimasukkan ke dalam air, maka sensor akan memberikan data *output*. Data yang muncul pada data logger yaitu nilai turbiditas air dan fitur tambahan yang ada. Fitur lain yang terdapat pada alat seperti tanggal, waktu, dan *velocity*. Data tersebut kemudian disimpan secara otomatis melalui penyimpanan *micro sd*.

Konstruksi dari alat ini dirancang menggunakan pengetahuan dasar elektronik, akses ke alat-alat dasar, besi solder, dan bahasa pemrograman. Rangkaian kabel mikrokontroler ke

turbidity sensor terhubung dengan *micro sd* untuk perekaman data. *Turbidity sensor* pada pengukur kekeruhan air NTU-18 ini diintegrasikan dengan mikrokontroler untuk mendeteksi kekeruhan air. Data analog akan dibaca dan diubah oleh mikrokontroler menjadi sinyal analog untuk diubah menjadi tegangan keluaran sensor sebagai hasil pengukuran. Data dari *micro sd* lalu diproses menggunakan program Arduino sketch dengan Bahasa C agar dapat dibaca dan digunakan sesuai kebutuhan.

Unit ini dirancang untuk memberikan presisi relatif, waktu respons, dan jumlah prosedur yang praktis, sehingga efisiensi pekerjaan dapat ditingkatkan. Hasil dapat diperoleh secara *real-time* melalui pembacaan yang dilakukan langsung dalam aliran air. Kegunaan ini dapat dimanfaatkan pada seluruh jaringan, titik waktu tertentu dan ruang referensi absolut dimana kekeruhan diperoleh. Lebih spesifik, ini dapat dimanfaatkan untuk menganalisis meta-data terkait, misalnya prediksi timbunan sedimen pada dasar sungai, kejadian banjir, aplikasi lapangan tertentu, dll.

Analisis yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa alat ukur NTU-18 memberikan perkiraan hasil yang sebanding dengan yang diberikan oleh model referensi akurasi tinggi SGZ-200BS. Penelitian telah menunjukkan bahwa sensor kekeruhan, yang menggabungkan deteksi cahaya ortogonal (90 derajat) dan unit deteksi cahaya yang ditransmisikan, cocok untuk tugas pemantauan aktif. *Turbidimeter* buatan NTU-18 dan komersial SGZ-200BS mendeteksi standar kekeruhan 0 – 200 NTU sebagaimana ditetapkan oleh persyaratan sertifikasi EPA. Maka selama sensor tidak terganggu hingga tingkat yang tidak terdeteksi, unit instrumen ini diharapkan dapat selalu berfungsi sebagai pasangan korelasi silang, dan menyediakan data pengukuran yang berguna.

Dari analisis kalibrasi yang sudah dilakukan pada alat ukur, turbidimeter NTU-18 menunjukkan hasil bahwa alat sudah terkalibrasi dengan baik. Hal tersebut dinilai dari sisi persentase *error* pada Tabel 2, maupun dari sisi grafis pada Gambar 6 yang memiliki kecocokan linieritas dengan gradien sebesar 1,1083 atau mendekati sama dengan 1. Hal ini sejalan dengan pernyataan pada penelitian yang dilakukan oleh (Wang *et al.*, 2018) yang menyatakan tingkat kesimiliaritasan hubungan kedua alat dinyatakan baik bila <10% dan oleh (Kelley *et al.*, 2014) yang menyatakan hubungan kalibrasi yang bergradien 1 mengartikan bahwa keduanya memiliki tingkat hasil output nilai yang serupa. Maka, bisa dikatakan bahwa program yang terdapat pada mikroprosesor sudah berjalan dengan baik. Namun perlu dicatat, bahwa kedua perangkat mengukur nilai pada air yang cukup bersih atau memiliki rentang pendek.

Kemudian untuk memperkuat kevaliditasannya, pada penelitian ini dilakukan uji laboratorium pada sampel air. Kegiatan ini diawali dengan pengambilan sampel secara manual pada wadah dan bertujuan untuk mendapat berat partikel tersuspensi. Setelah didapat, kemudian dihubungkan dengan hasil pembacaan pada masing-masing *turbidimeter* NTU-18 dan *turbidimeter* SGZ-200 sebagai pembandingan. Kedua indikator yang sama namun berbeda secara prinsip. Dari hasil yang didapat, kedua indikator pada masing-masing kurva mendapatkan persamaan yang cocok. Menjadi penguat argumen bahwa kemampuan pembacaan alat ukur NTU-18 sudah baik. Selain itu, hubungan antara keduanya juga bisa digunakan sebagai faktor konversi antara satuan mg/L dengan NTU hasil pembacaan alat *turbidimeter* NTU-18 dan *turbidimeter* SGZ-200 dan apabila dibutuhkan dikemudian hari.

Pekerjaan lanjutan yang harus dilakukan, yaitu melakukan pengukuran pada kualitas air yang lebih bervariasi. Ini perlu dilakukan agar tidak terjadi penurunan konsistensi pembacaan pada skala nilai yang jauh lebih kecil atau jauh lebih besar dari skala nilai terukur. Perhatian khusus juga perlu dilakukan pada fluktuasi termal acak, yang dapat menyebabkan kekeruhan nyata dan memengaruhi pengukuran kekeruhan skala rendah.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh hasil dari penelitian ini, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat ukur mampu beroperasi dengan baik dan tanpa masalah. Alat berhasil memberikan presisi relatif, waktu respons, dan jumlah prosedur yang praktis, sehingga efisiensi pekerjaan dapat ditingkatkan.
2. Didapatkan fungsi hubungan dari alat NTU-18 dan SGZ-200 yang bergradien mendekati atau sama dengan 1, dan memiliki keterwakilan data yang baik terhadap kurva regresi. Sehingga alat ukur sedimen tersuspensi berbasis *turbidity sensor* sudah terkalibrasi dan memiliki kemampuan pengukuran yang baik.
3. Didapatkan fungsi hubungan konversi antara satuan mg/L dengan NTU hasil pembacaan kedua *turbidimeter*. Dari hasil yang didapat, kedua indikator pada masing-masing kurva mendapatkan persamaan yang cocok. Keterwakilan data antara kedua indikator memiliki taraf yang sama baiknya terhadap masing-masing kurva regresi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bardan, M., 2021. Analisis Pengaruh Lebar Saluran Kaca Pada Kedudukan Relatif Datar Terhadap Terjadinya Angkutan Sedimen. *CivETech*, 3 (2), 23–41.
- Cahyadi, A., Ayuningtyas, E.A., dan Prabawa, B.A., 2013. Urgensi Pengelolaan Sanitasi Dalam Upaya Konservasi Sumberdaya Air Di Kawasan Karst Gunungsewu Kabupaten Gunungkidul. *Indonesian Journal of Conservation*, 2 (1), 23–32.
- Faisal, M., Harmadi, dan Puryanti, D., 2016. Perancangan Sistem Monitoring Tingkat Kekeruhan Air Secara Realtime Menggunakan Sensor TSD-10. *Jurnal Ilmu Fisika Universitas Andalas*, 8 (1), 9–16.
- Gemilang, W.A., Wisna, U.J., Rahmawan, G.A., dan Dhiauddin, R., 2018. Karakteristik Sebaran Sedimen Pantai Utara Jawa Studi Kasus: Kecamatan Brebes Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Nasional*, 13 (2), 65–74.
- Ikhsan, M.A., Yahya, M., dan Fiolana, F.A., 2018. Pendeteksi Kekeruhan Air di Tandon Rumah Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Qua Teknika*, 8 (2), 17–29.
- Indra, S., Aditama, V., dan Yuwono, E., 2022. Penataan Kawasan Daerah Aliran Sungai Brangbiji Sumbawa Sebagai Sarana Wisata Kota Untuk Meningkatkan Ekonomi Masyarakat. *Prosiding SEMSINA*, 3 (1), 31–36.
- Indriastuti, A. dan Nafiah, Z., 2017. Pengaruh Volume Perdagangan, Kurs dan Risiko Pasar Terhadap Return Saham. *Jurnal STIE Semarang*, 9 (1), 72–80.

- International Standardization Organization, 2005. *ISO/IEC 17025:2005 'General Requirements for The Competence of Testing and Calibration Laboratories'*. Switzerland: ISO Org.
- Kelley, C.D., Krolick, A., Brunner, L., Burklund, A., Kahn, D., Ball, W.P., dan Weber-Shirk, M., 2014. An Affordable Open-Source Turbidimeter. *Sensors*, 14 (4), 7142–7155.
- Kurnia, R., Aminudin, A., dan Iryanti, M., 2019. Rancangan Sistem Alat Ukur Turbidity Untuk Monitoring Kekeruhan Air Kolam Tambak Udang. *Seminar Nasional Fisika*, 1 (1), 449–454.
- Mulyanto, H.R., 2007. *Sungai Fungsi dan Sifat-Sifatnya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pangestu, H. dan Hakki, H., 2013. Analisis Angkutan Sedimen Total Pada Sungai Dawas Kabupaten Musi Banyuasin. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 1 (1), 103–109.
- Sudira, I.W., Mananoma, T., dan Manalip, H., 2013. Analisis Angkutan Sedimen Pada Sungai Mansahan. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 3 (1), 54–57.
- Susfalk, R.B., Fitzgerald, B., dan Knust, A.M., 2008. Suspended solids in the Upper Carson River, Nevada. *Desert Research Institute, DHS*, (Publication No. 41242), 61.
- Wang, Y., Rajib, S.M.S.M., Collins, C., dan Grieve, B., 2018. Low-Cost Turbidity Sensor For Low-Power Wireless Monitoring Of Fresh-Water Courses. *IEEE Sensors Journal*, 18 (11), 4689–4696.
- Zuraida, I., Wattini, dan Rasidi, H., 2018. Pengaruh Komposisi Media Filter Air Terhadap Permeabilitas dan Claritas. *Jurnal Politeknologi*, 17 (1), 97–106.