

PREDIKSI CEPAT KUALITAS AIR MENGGUNAKAN LPAS (LASER PHOTO-ACOUSTIC SPECTROSCOPY) DENGAN MENERAPKAN METODE KOREKSI CUTTING EDGE FILTERING

FAST PREDICTION OF WATER QUALITY USING LPAS (LASER PHOTO-ACOUSTIC SPECTROSCOPY) BY APPLYING THE CUTTING CORRECTION METHOD

Ichwana Ramli^{1 2 3}✉, Agus Arip Munawar¹, Khairul Abdi Ruslana¹

¹Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Syiah Kuala

²Magister Pengelolaan Lingkungan Pascasarjana, Universitas Syiah Kuala

³Pusat Riset Pengelolaan Lingkungan Hidup, Universitas Syiah Kuala

✉Komunikasi Penulis, email: ichwana.ramli@unsyiah.ac.id

DOI:<http://dx.doi.org/10.23960/jtep-lv10i2.220-227>

Naskah ini diterima pada 15 Juli 2019; revisi pada 27 Januari 2020;
disetujui untuk dipublikasikan pada 21 April 2021

ABSTRACT

The correction method used in this research is the cutting edge filtering correction method. The regression model that can be used is the PLSR (Partial Least Square Regression) regression model. This research was conducted in the Instrumentation and Energy Laboratory, Agricultural Engineering Study Program, Faculty of Agriculture, Syiah Kuala University. Water sample analysis was carried out at the Laboratory of the Industrial Research and Standardization Center (BARISTAND) Banda Aceh. This study used 4 monitoring wells within the TPA (Final Disposal Site) and 4 samples were taken from community wells outside the scope of TPA Gampong Jawa, Banda Aceh City. The results of this study indicate the parameters (temperature, turbidity, Ph, TSS, DO, BOD and Nitrate) are predicted to be in the frequency range 4000 - 10,000 cm⁻¹. Raw spectrum data for pH and Nitrate (NO₃-) parameters produce better data than the spectrum data for cutting edge filtering correction methods while cutting edge filtering spectrum data for temperature, turbidity, TSS, DO and BOD-5 parameters are better than spectrum raw data. This study also shows that the cutting edge filtering correction method is able to cut boundaries and compress the spectrum so that it can provide data limits on the spectrum so that the PLSR method can be applied to predict water quality.

Keywords: water quality; Laser Photo-Acoustic Spectroscopy, correction method, regression method

ABSTRAK

Metode koreksi yang digunakan pada penelitian ini ialah metode koreksi *cutting edge filtering*. Model regresi yang dapat digunakan ialah model regresi PLSR (*Partial Least Square Regression*). Penelitian ini dilakukan di laboratorium Instrumentasi dan Energi, Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala. Analisis sampel air dilaksanakan di Laboratorium Balai Riset dan Standardisasi Industri (BARISTAND) Banda Aceh. Penelitian ini menggunakan 4 air sumur pantau di dalam lingkup TPA (Tempat Pembuangan Akhir) dan 4 sampel diambil sumur masyarakat di luar lingkup TPA Gampong Jawa Kota Banda Aceh. Hasil penelitian ini menunjukkan parameter – parameter (suhu, kekeruhan, Ph, TSS, DO, BOD dan Nitrat) yang diprediksi terletak pada rentang frekuensi 4000 – 10.000 cm⁻¹. Data *raw* spektrum untuk parameter pH dan Nitrat (NO₃-) menghasilkan data yang lebih baik dari pada data spektrum metode koreksi *cutting edge filtering* sementara data spektrum *cutting edge filtering* untuk parameter suhu, kekeruhan, TSS, DO dan BOD-5 lebih baik dari pada data *raw* spektrum. Penelitian ini juga menunjukkan bahwasanya metode koreksi *cutting edge filtering* mampu memotong batasan dan memadatkan spektrum sehingga dapat memberikan batasan data pada spectrum sehingga metode PLSR dapat diterapkan untuk memprediksi kualitas air.

Kata Kunci: kualitas air, Laser Photo-Acoustic Spectroscopy, metode koreksi, metode regresi

I. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kebutuhan hidup yang sangat diperlukan oleh makhluk hidup. Berdasarkan pemanfaatannya air memiliki tingkatan kelas 1 sampai dengan kelas IV sesuai dengan kualitasnya (PPRI No. 82 tahun 2001). Penentuan kualitas air memerlukan waktu yang cukup lama untuk pengujiannya. Sampai saat ini, suatu alat yang dapat mendeteksi kandungan yang terdapat dalam sampel air secara cepat dan efektif serta tidak memerlukan tambahan bahan kimia belum ditemukan. LPAS (*Laser Photo-Acoustic Spectroscopy*) merupakan suatu alat yang mampu memprediksi parameter yang terkandung dalam sampel air secara cepat, efektif dan tidak memerlukan tambahan bahan kimia (Knedal *et al.*, 2017; Munawar *et al.*, 2016).

LPAS (*Laser Photo-Acoustic Spectroscopy*) adalah suatu alat yang dapat memprediksi kandungan suatu bahan dengan memanfaatkan getaran bunyi yang dihasilkan oleh benturan cahaya dengan benda tersebut. Kemudian dalam mengolah data hasil akuisisi perlu dilakukan koreksi data spektrum agar didapatkan nilai kandungan yang terdapat pada suatu parameter dimana nilai kandungan pada suatu parameter tersebut mendekati nilai hasil uji parameter yang dilakukan di laboratorium. Salah satu metode koreksi yang dapat digunakan ialah metode koreksi *cutting edge filtering*. Metode ini berfungsi untuk memotong batasan dan memadatkan spektrum sehingga dapat memberikan batasan data pada spektrum (Ariwanto, 2012; Ibnu, 2005). Dengan demikian data – data parameter pada spektrum akan semakin akurat. Kemudian model regresi yang dapat digunakan ialah model regresi PLSR (*Partial Least Square Regression*) dimana model regresi ini dapat mengkorelasikan data hasil akuisisi dengan LPAS (variabel X) dengan data hasil uji di laboratorium (variabel Y).

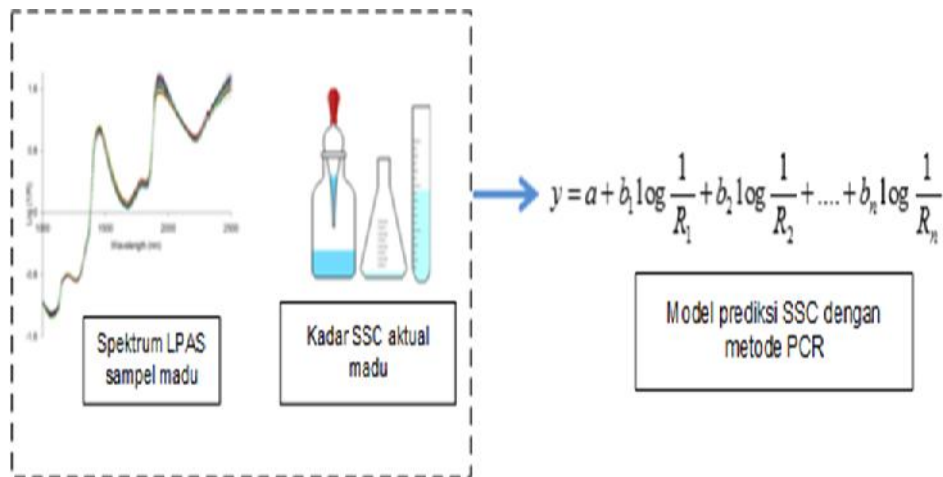
Adapun permasalahan yang dapat dirumuskan pada penelitian ini ialah apakah metode koreksi *cutting edge filtering* ini mampu menghasilkan data spektrum yang lebih baik dari pada data *raw* spektrum (data sebelum dikoreksi). Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengukur keakuratan data spektrum hasil metode koreksi *cutting edge filtering* dengan data *raw* spektrum.

II. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Instrumentasi dan Energi, Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala. Analisis sampel air dilaksanakan di Laboratorium Balai Riset dan Standardisasi Industri (BARISTAND) Banda Aceh. Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Global Positioning System (GPS)*, *self developed LPAS single beam*, sensor *Piezoelectric*, Mikrokontroler, *unscrambler software® X version 10.1*, dan *ArcGIS 10.3*, sementara bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah air sumur pantau 1 (SP1), sumur pantau 2 (SP2), sumur pantau 3 (SP3), sumur bor (SB), sumur masyarakat 1 (SM1), sumur masyarakat 2 (SM2), sumur masyarakat 3 (SM3), dan sumur masyarakat 4 (SM4). Beberapa parameter yang diukur ialah suhu, kekeruhan, TSS, pH, DO, BOD-5 dan Nitrat (NO_3^-). Lokasi penelitian (TPA Gampong Jawa menampung seluruh sampah di Kota Banda Aceh). Secara geografis TPA Gampong Jawa berada diantara $112^{\circ}37'58''\text{BT}$ - $112^{\circ}38'01''\text{BT}$ dan $7^{\circ}13'02''\text{LS}$ - $7^{\circ}13'19''\text{LS}$. Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan metode regresi PLSR (*Partial Least Square Regression*) dan metode koreksi yang digunakan ialah *peak normalization*. Model regresi tersebut dapat dilihat pada skematik pembangunan model regresi Gambar 1.

Parameter statistik yang meliputi; koefisien korelasi (r), *root mean square error* (RMSE), *residual predictive deviation index* (RPD), dan jumlah *latent variable* (LV) digunakan untuk mengevaluasi keakuratan model regresi (Dung *et al.*, 2005). Parameter statistik Nilai Error (SEC), Nilai Koefisien Korelasi (r), Nilai Koefisien Determinasi (R^2), dan RPD dihitung dengan persamaan sesuai Tabel 1. Interpretasi nilai koefisien determinasi dapat dilihat pada Tabel 2 dan nilai RPD pada Tabel 3.

Parameter statistik yang diukur untuk mengevaluasi keakuratan dan kehandalan model diantaranya: koefisien korelasi (r), koefisien determinasi (R^2), *residual predictive deviation* (RPD) *index*, *root mean square error cross validation* (RMSECV), *root mean square error calibration* (RMSEC), *latent variable* (LV), dan RMSE (Nicolai *et al.*, 2007). *Root Mean Squared*



Gambar 1. Skematik Pembangunan Model Prediksi Kualitas Air Berbasis LPAS

Tabel 1. Persamaan Statistika untuk Evaluasi Model Kalibrasi (Ulva, 2016)

Persamaan	Rekomendasi
$SEC (\%) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (X_n - Y_n)^2}$	Sekecil mungkin. Rasio antara SEC dan SEP mendekati 100
$r = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x \sum y)}{n}}{\sqrt{(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n})(\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n})}}$	Sebaiknya mendekati 1 atau 0,9 sudah tinggi
$R^2 = \left[\frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2][n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \right]$	$\geq 0,5$
$RPD = \frac{SD}{RMSECV}$	$\geq 1,5$

Tabel 2. Interpretasi Nilai Koefisien Determinasi (R^2) (Karoui *et al*, 2006)

Nilai Koefisien Determinasi	Interpretasi
0,50 – 0,65	Lebih dari 50% variabel Y dipengaruhi oleh variabel X
0,66 – 0,81	Mendekati prediksi kuantitatif
0,82 – 0,90	Prediksi yang baik
> 0,91	Prediksi yang sangat baik

Tabel 3. Interpretasi Nilai RPD (Nicolai *et al*, 2007)

Nilai RPD	Interpretasi
1,5 – 1,9	Prediksi masih kasar (<i>sufficient performance</i>)
2 – 3	Prediksi yang baik (<i>good model performance</i>)
> 3	Prediksi yang sangat baik (<i>very good performance</i>)

Error Calibration (RMSEC) menunjukkan seberapa dekat atau baik titik data sampel ke garis kalibrasi. *Root Mean Squared Error Cross Validation* (RMSECV) adalah untuk menguji model kalibrasi dengan memastikan tidak miring dengan titik data atau ada tidaknya pencilan. RMSECV ditentukan oleh metode validasi yang dipilih. Rata-rata dua RMSEC dapat memberi

awal dari RMSECV. Proses ini diulangi sampai setiap titik memiliki peluang untuk ditinggalkan. RMSEC dikumpulkan dan dirata-rata memberikan RMSECV keseluruhan. RMSEC dan RMSECV menggunakan perhitungan RMSE di mana akar kuadrat dari penyimpangan sampel dari rata-rata (kuadrat) jumlah sampel.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Uji Kualitas Air oleh BARISTAND

Sampel yang diambil berada 4 titik didalam TPA (sumur pantau 1 /SP1, sumur pantau 2/SP2, sumur pantau 3/SP3 dan sumur bor /SB). Sedangkan 4 titik yang berada diluar TPA yaitu Sumur masyarakat (SM1) dengan radius 300 m dari TPA, sumur masyarakat 2 (SM2) dengan radius 500 m dari TPA, sumur masyarakat 3 (SM3) dengan radius 1000 m dari TPA dan sumur masyarakat (SM4) dengan radius 300 m dari TPA di seberang sungai.

3.2. Spektrum Transmisi LPAS untuk Kualitas Air Sumur

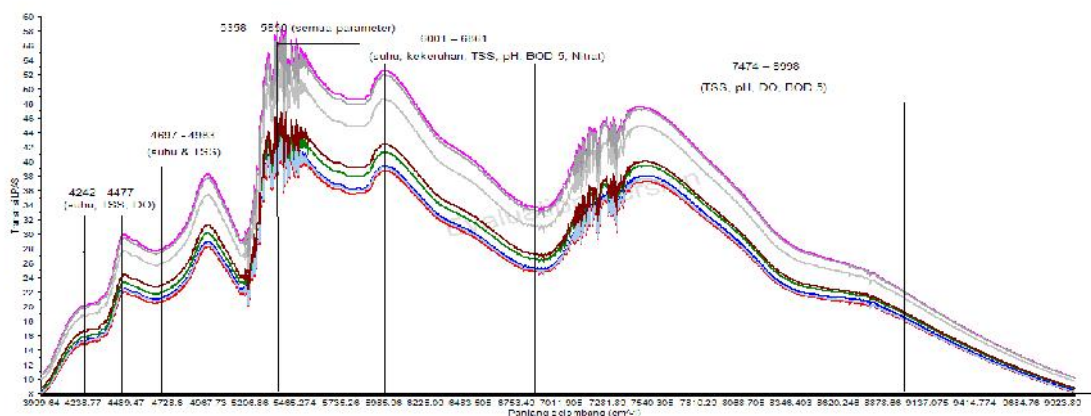
Spektrum transmisi LPAS merupakan metode yang tidak merusak bahan (*non-destructive method*) karena berbasis elektro-optik. Pada penelitian ini spektrum transmisi kualitas air menggunakan rentang frekuensi 4000 – 10.000 cm^{-1} . Hal ini berdasarkan puncak dan lembah hasil spectrum transmisi. Spektrum transmisi LPAS untuk prediksi kualitas air dapat dilihat pada Gambar 2.

Spektrum transmisi LPAS terbentuk karena adanya perubahan vibrasi energi dalam bentuk overtone, widding dan *twisting*. Gambar tersebut menunjukkan letak masing – masing parameter sampel air pada rentang panjang gelombang tertentu. Pada penelitian ini, spektrum transmisi LPAS tersebut kemudian akan dikoreksi dengan metode koreksi *cutting edge filtering* untuk menghilangkan gangguan (*noise*) akibat adanya gangguan vibrasi (getaran), gangguan *scattering photon* (hamburan cahaya) dan pengaruh *over-heat* (panas berlebih pada sekitar sampel yang akan diuji) pada saat melakukan proses akuisisi. Spektrum transmisi setelah dikoreksi dengan metode koreksi *cutting edge filtering* dapat dilihat pada Gambar 3. Metode *cutting edge filtering* berfungsi untuk memotong batasan dan memadatkan spektrum sehingga dapat memberikan batasan data pada spektrum. Dengan demikian data-data parameter pada spektrum akan semakin akurat.

Tabel 4. Hasil Analisa Laboratorium BARISTAND Banda Aceh untuk Pengujian Kualitas Air pada Masing-masing Sampel

Sampel	Hasil Uji Parameter						
	Suhu (°C)	Kekeruhan (NTU)	TSS (mg/L)	pH	BOD-5 (mg/L)	DO (mg/L)	NO ₃ - (mg/L)
SP1	26.6	6.89	41.25	7.28	2.5	1.18	1.5
SP2	26.5	0.615	60	7.39	0.8	6.19	1.6
SP3	26.5	10.35	31.25	7.25	2	3.02	1.7
SB	26.3	0.325	18.75	7.94	0.9	1.9	1.9
SM1	26.4	25.25	111.5	7.41	2.2	3.38	2.2
SM2	26.4	9.525	25	7.87	1.1	0.22	1.7
SM3	26.5	0.68	13.17	7.51	0.8	5.57	1.8
SM4	26.5	3.24	12.5	7.44	3.5	5.24	1.3

Sumber: BARISTAND, 2017

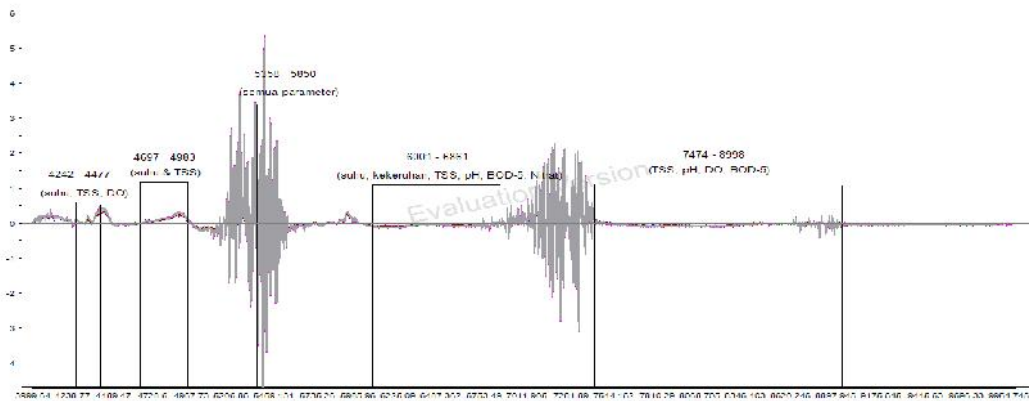


Gambar 2. Spektrum Transmisi LPAS dari Sampel Air

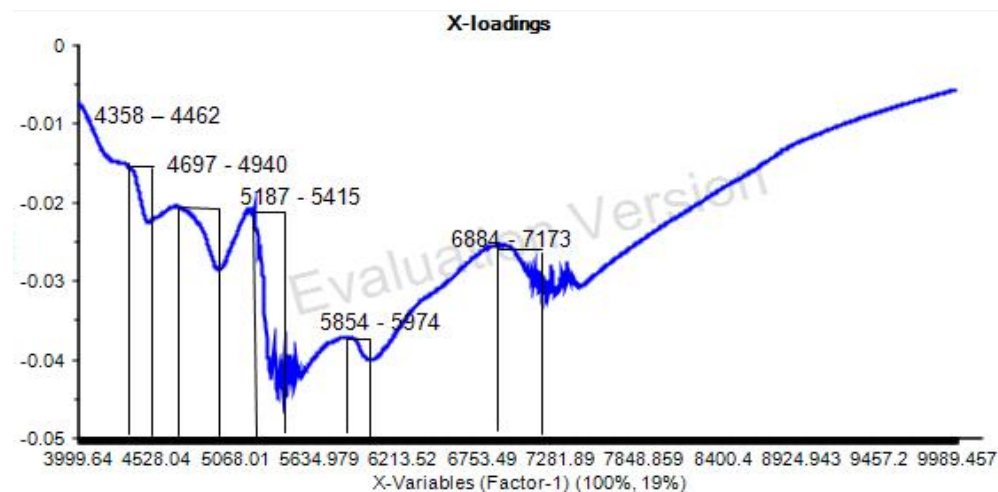
3.3. Panjang Gelombang Relevan Kualitas Air Sumur

Pada penelitian ini panjang gelombang relevan yang digunakan ialah 4000-10.000 cm^{-1} . Hal ini menunjukkan bahwasanya parameter-parameter yang diukur terdapat pada sepanjang

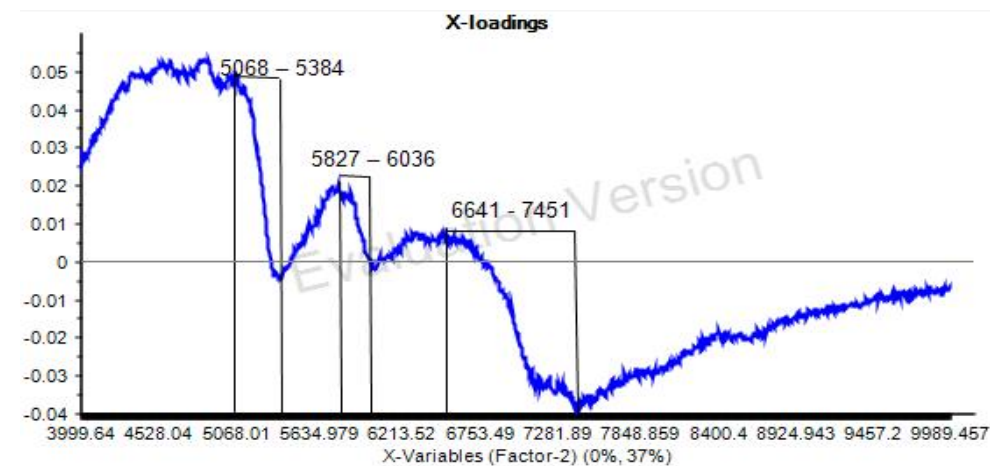
rentang gelombang tersebut. Parameter-parameter tersebut terletak pada setiap puncak dan lembah gelombang yang terdapat pada grafik *loading plot* masing-masing parameter. *Loading plot* parameter-parameter yang diukur terlihat pada Gambar 4 sampai Gambar 10.



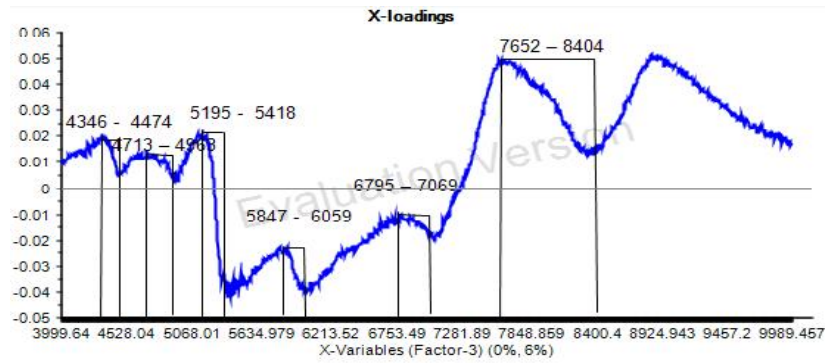
Gambar 3. Spektrum Transmisi LPAS dari Sampel Air Menggunakan *Cutting Edge Filtering*



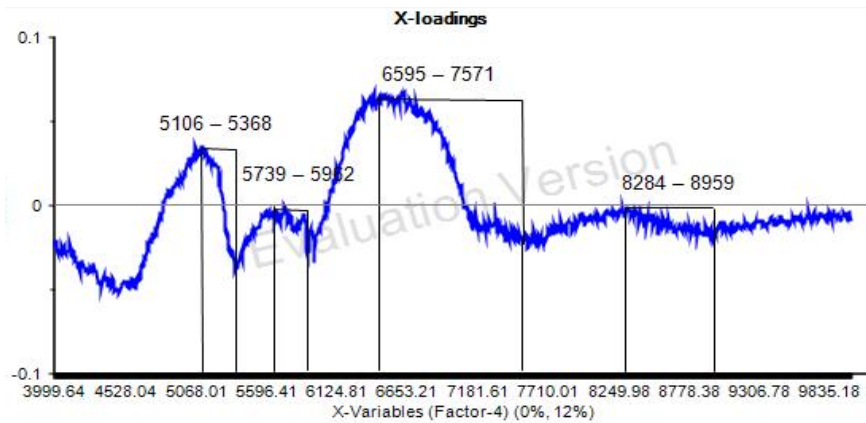
Gambar 4. Loading Plot Deteksi Suhu



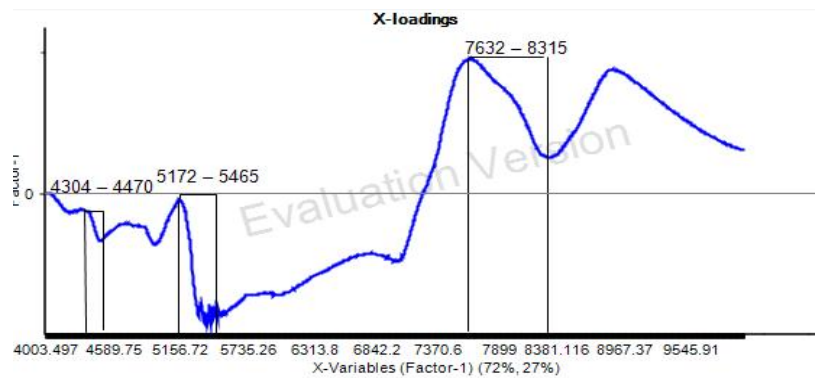
Gambar 5. Loading Plot Deteksi Kekeruhan



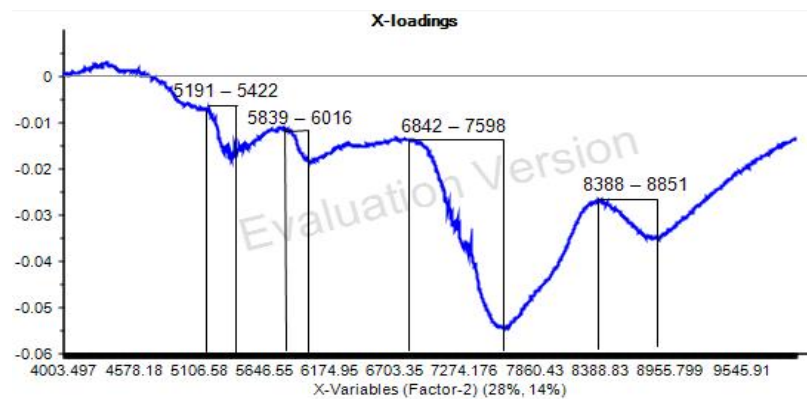
Gambar 6. Loading Plot Deteksi TSS



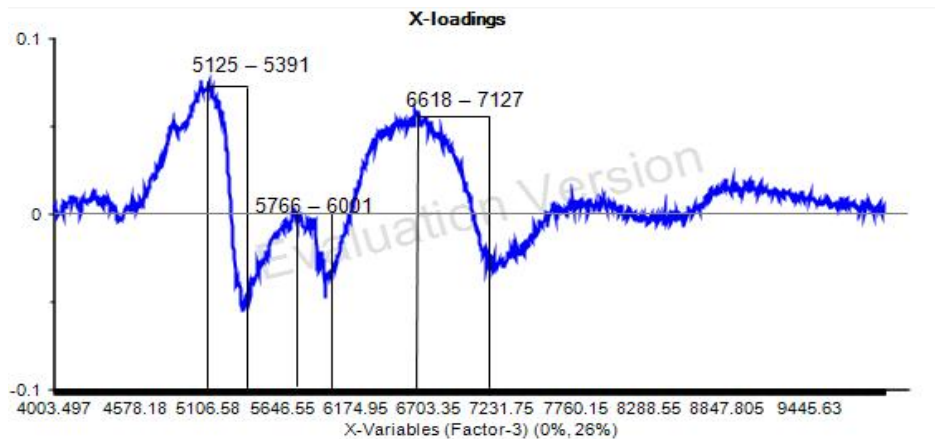
Gambar 7. Loading Plot Deteksi pH



Gambar 8. Loading Plot Deteksi DO



Gambar 9. Loading Plot Deteksi BOD₅

Gambar 10. Loading Plot Deteksi Nitrat (NO_3^-)Tabel 5. Data Hasil Kalibrasi *Raw* Spektrum untuk Prediksi Kualitas Air

Parameter	RMSEC	SD	RPD	R^2	r
Suhu	0.04	0.09	1.94	0.69	0.83
Kekeruhan	1.95	8.36	4.28	0.93	0.96
TSS	3.75	33.24	8.86	0.98	0.99
pH	0.05	0.25	4.80	0.95	0.97
BOD-5	0.37	2.18	5.78	0.83	0.91
DO	0.26	0.98	3.73	0.98	0.99
Nitrat (NO_3^-)	0.03	0.26	6.94	0.97	0.98

Tabel 6. Data Hasil Kalibrasi Menggunakan Metode Koreksi *Cutting Edge Filtering* untuk Prediksi Kualitas Air

Parameter	RMSEC	SD	RPD	R^2	r
Suhu	0.04	0.09	2.22	0.76	0.88
Kekeruhan	0.98	8.36	8.52	0.98	0.99
TSS	1.93	33.24	17.20	0.99	0.99
pH	0.09	0.25	2.56	0.82	0.90
BOD-5	0.37	2.18	5.88	0.83	0.91
DO	0.24	0.98	3.99	0.98	0.99
Nitrat (NO_3^-)	0.04	0.26	6.57	0.97	0.98

3.3. Prediksi Kualitas Air Sumur Berbasis LPAS

Kualitas air diprediksi dengan membangun model persamaan dengan mengkorelasikan data spektrum LPAS (variabel X) dengan data kualitas air hasil pengukuran di laboratorium (variabel Y). Model prediksi yang digunakan ialah PLSR (*Partial Least Square Regression*). Kemudian data spektrum tersebut dikoreksi dengan menggunakan metode koreksi *cutting edge filtering*. Hasil prediksi parameter - parameter kualitas air menggunakan data *raw* spektrum (data sebelum dikoreksi) dengan data spektrum

cutting edge filtering dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Dari Tabel 5 dan Tabel 6 tersebut kita dapat melihat bahwasanya data spektrum hasil metode koreksi *cutting edge filtering* untuk parameter suhu, kekeruhan, TSS, DO dan BOD-5 lebih baik dari pada data *raw* spektrum. Hal ini dikarenakan nilai RMSEC dari data spektrum *cutting edge filtering* lebih rendah dari pada nilai RMSEC data *raw* spektrum dan nilai r , R^2 dan RPD yang dihasilkan oleh data spektrum hasil metode koreksi *cutting edge filtering* lebih besar dari

pada nilai r , R^2 dan RPD yang dihasilkan oleh data *raw* spektrum.

Namun data *raw* spektrum untuk prediksi pH dan Nitrat (NO_3^-) menghasilkan data yang lebih baik dari pada data spektrum hasil metode koreksi *cutting edge filtering*. Hal ini disebabkan nilai RMSEC dari data *raw* spektrum lebih rendah dari pada nilai RMSEC data spektrum *cutting edge filtering*. Sedangkan nilai r , R^2 dan RPD yang dihasilkan oleh data *raw* spektrum lebih besar dari pada nilai r , R^2 dan RPD yang dihasilkan oleh data spektrum hasil metode koreksi *cutting edge filtering*.

IV. KESIMPULAN

Metode regresi PLSR (*Partial Least Square Regression*) dapat digunakan untuk memprediksi parameter-parameter kualitas air seperti suhu, kekeruhan, TSS, DO, BOD-5 dan Nitrat (NO_3^-). Data *raw* spektrum untuk parameter pH dan Nitrat (NO_3^-) menghasilkan data yang lebih baik dari pada data spektrum hasil metode koreksi *cutting edge filtering*. Hal ini disebabkan nilai RMSEC dari data *raw* spektrum lebih rendah dari pada nilai RMSEC data spektrum *cutting edge filtering*. Sedangkan nilai r , R^2 dan RPD yang dihasilkan oleh data *raw* spektrum lebih besar dari pada nilai r , R^2 dan RPD yang dihasilkan oleh data spektrum hasil metode koreksi *cutting edge filtering*. Data spektrum *cutting edge filtering* untuk parameter suhu, kekeruhan, TSS, DO dan BOD-5 lebih baik dari pada data *raw* spektrum. Hal ini dikarenakan nilai RMSEC dari data spektrum *cutting edge filtering* lebih rendah dari pada nilai RMSEC data *raw* spektrum dan nilai r , R^2 dan RPD yang dihasilkan oleh data spektrum hasil metode koreksi *cutting edge filtering* lebih besar dari pada nilai r , R^2 dan RPD yang dihasilkan oleh data *raw* spektrum.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariwanto, B. 2012. Pendayagunaan Sensor Pergeseran Serat Optik untuk Pendeteksian Sinyal Fotoakustik pada Bahan Cairan $\text{Al}(\text{OH})_3$. [Skripsi]. Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Surabaya.
- Dung NC., Araki H., Yamanishi H., and Koga K. 2005. Simulation of groundwater flow and environmental effects resulting from pumping. *Environmental Geology*, 47 (3), 361-374
- Ibnu, M. S. 2005. *Kimia Analitik*. JICA. Malang.
- Karoui R., A. M. Mouazena, E. Dufourb, L. Pillonelc, E. Schallerd, J. De Baerdamaekera, dan J.O. Bossetc. 2006. Chemical Characterisation of European Emmental Cheese by Near Infrared Spectroscopy Using Chemometric Tools. *International Dairy Journal*, 16: 1211-1217.
- Knedal, M., Gislum, R., Hermansen, C., Peng, Y., Moldrup, P., De Jonge, L. W., dan Greeve, M.H. 2017. Comparing Predictive Ability of Laser-Induced Break Down Spectroscopy to Visible Near-Infrared Spectroscopy for Soil Property Determination. *Biosystem Engineering*, 156: 157-172.
- Munawar, A.A., Yusmanizar, Syah, H. 2016. Rapid and Simultaneous Detection of Honey Adulteration and Quality Attributes Prediction Using Near Infrared Spectroscopy. *AIC-ICMSA conference*, 4-6 October 2016.
- Nicolai, B.M., K. Buellens, E. Bobelyn, A. Peirs, W. Saeys, K.I. Theron, dan J. Lamertyn. 2007. Nondestructive measurement of fruit and vegetable quality by means of NIR spectroscopy : A review. *Postharvest Biology and Technology*, 46: 99-118.
- Ulva, M.C. 2016, Prediksi Kadar Air Bubuk Biji Kakao Menggunakan NIRS dengan Metode PLS (dengan Pre-Treatment Derivative ke 1 dan Mean Centering). [Skripsi]. Teknik Pertanian Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.