

**PREDIKSI KADAR NITROGEN TOTAL PADA LIMBAH CAIR PABRIK
KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METODE MULTISENSOR**

(Skripsi)

Oleh

Iqbal Santoso
1814071010



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

PREDICTION OF TOTAL NITROGEN CONTENT IN PALM OIL WASTEWATER USING MULTISENSOR METHOD

BY

IQBAL SANTOSO

The prediction of total nitrogen content in palm oil wastewater using multisensor method is an alternative to determine the total nitrogen content in palm oil wastewater faster and produce accurate sensor output values. This research aims to predict the total nitrogen content in palm oil wastewater faster and accurately using multisensor method.

The research was conducted from March 2022 to March 2023. Wastewater samples were taken at PTPN VII Bekri Lampung. Laboratory analysis was carried out at the Basic Physics Laboratory, Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Lampung University. This research used Artificial Neural Networks (ANN) with two hidden layers, learning rate 0.001, training type of tranlm, and 1000 epochs. The training process of the ANN used 27 variations of functions from the logsig, tansig, and purelin variants. The data used for training was 70% of the total data, and 30% was used for the model validation process.

The results of this research showed that the validation model using one input (EC) obtained an RMSE value of 29.64 mg/l and RRSME of 39.85%. Validation with inputs of EC and temperature had an RMSE of 11.49 mg/l and RRSME of 15.45%. Validation with inputs of EC, temperature, and pH had an RMSE of 15.48 mg/l and RRSME of 15.96%. Validation with inputs of EC, temperature, dissolved oxygen, total bacteria, and pH had an RMSE value of 59.53 mg/l and RRSME of

76.60%. Validation with 4 inputs (EC, temperature, dissolved oxygen, total bacteria, and pH) had an RMSE value of 93.80 mg/l and RRMSE of 98.9%. The best validation result among several input variations was validation using 2 inputs (temperature and EC) with an RMSE value of 11.46 mg/l and RRSME of 15.45%.

Keywords: Artificial Neural Networks, Total Nitrogen, Palm Oil Wastewater.

ABSTRAK

PREDIKSI KADAR NITROGEN TOTAL PADA LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METODE MULTISENSOR

OLEH

IQBAL SANTOSO

Prediksi kadar nitrogen total pada limbah cair kelapa sawit menggunakan metode multisensor adalah alternatif untuk mengetahui kadar nitrogen total pada limbah cair kelapa sawit secara lebih cepat dan menghasilkan nilai keluaran dari sensor yang akurat. Penelitian ini bertujuan untuk Memprediksi kadar nitrogen total pada limbah cair kelapa sawit secara lebih cepat dan akurat dengan metode multisensor.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2022 sampai Maret 2023.

Pengambilan sampel limbah dilakukan di PTPN VII Bekri Lampung. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dengan dua hidden layer, learning rate 0,001, tipe pelatihan tranlm dan jumlah epoch 1000. Proses pelatihan jaringan syaraf tiruan menggunakan 27 variasi fungsi dari varian *logsig*, *tansig*, dan *purelin*. Data yang dipakai untuk data latih adalah sebanyak 70% dari jumlah seluruh data kemudian 30% dipakai untuk proses validasi model.

Hasil penelitian ini menunjukkan Validasi model dengan menggunakan satu input (ec) mendapatkan nilai *RMSE* sebesar 29,64 mg/l dan *RRSME* sebesar 39,85 %. Validasi dengan input EC dan Suhu memiliki *RMSE* 11,49 mg/l dan *RRSME* sebesar 15,45 %. Validasi dengan input EC, Suhu,pH memiliki *RMSE* yaitu sebesar 15,48 mg/l dan *RRSME* sebesar 15,96 %. Validasi dengan Input EC,suhu,DO, TB, pH memiliki nilai *RMSE* yaitu sebesar 59,53 mg/l dan *RRSME* sebesar 76,60 %. Validasi dengan 4 input (EC, Suhu, DO, TB, pH) memiliki nilai *RMSE* sebesar 93,80 mg/l dan *RRMSE* sebesar 98,9 %. Hasil validasi terbaik dari beberapa variasi jumlah input adalah validasi dengan menggunakan 2 input (Suhu dan EC) dengan nilai *RMSE* sebesar 11.46 mg/l dan *RRSME* sebesar 15,45 %.

Kata Kunci : Jaringan Syaraf Tiruan, Nitrogen total, Limbah cair kelapa sawit

**PREDIKSI KADAR NITROGEN TOTAL PADA LIMBAH CAIR PABRIK
KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN METODE MULTISENSOR**

Oleh

IQBAL SANTOSO

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **PREDIKSI KADAR NITROGEN TOTAL
PADA LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA
SAWIT DENGAN MENGGUNAKAN
METODE MULTISENSOR**

Nama Mahasiswa : **Iqbal Santoso**

No. Pokok Mahasiswa : **1814071010**

Jurusan : **Teknik Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**



1. **Komisi Pembimbing**

Prof. Dr. Ir. Sugeng Triyono, M. Sc.
NIP. 19611211 198703 1 004

Elhamida Rezkia Amien, S.T.P., M.Si.
NIK. 231804900214201

2. **Ketua Jurusan Teknik Pertanian**

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Sandi", written over a white background.

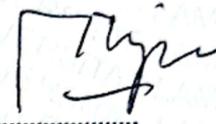
Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP. 196210101989021002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Prof. Dr. Ir. Sugeng Triyono, M. Sc.



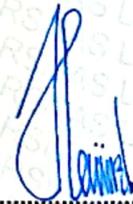
Sekretaris

: Elhamida Rezkia Amien, S.T.P., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing : Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP: 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 10 Februari 2023

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya adalah Iqbal Santoso NPM 1814071010. Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah ini merupakan bagian dari penelitian dosen pembimbing, dan berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah berisi material yang dibuat penulis dengan arahan pembimbing, dan dari hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggung-jawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 12 April 2023
Yang membuat pernyataan



(Iqbal Santoso)
NPM. 1814071010

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Oku Timur, Provinsi Sumatera Selatan pada hari Jumat tanggal 16 Juni 2000 anak kedua dari tiga bersaudara, putra dari pasangan Bapak Ibrahim Khanif dan Ibu Linda Wati. Penulis menyelesaikan pendidikan di Taman Sekolah Dasar (SD) Negeri 3 Baturaja Bungin pada tahun 2006-2012, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 2 Bunga Mayang pada tahun 2012-2015 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 3 Martapura pada tahun 2015-2018. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa S1 Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2018 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, pada bidang akademik penulis pernah menjadi Asisten Mata Kuliah Bahasa Inggris pada semester Ganjil Tahun 2021/2022 di Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) English Society Unila sebagai Kepala Departemen Pendidikan periode 2021/2022, sebagai Sekretaris bidang Dana dan Usaha Forkom Bidikmisi Unila periode 2021/2022 dan sebagai Anggota bidang keprofesian di PERMATEP periode 2020/2021 serta menjadi anggota duta Fakultas Pertanian periode 2020/2021.

Pada bulan Februari hingga Maret 2021, penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Mandiri Putra Daerah Periode 1 Tahun 2021 selama 40 hari di Desa Tumijaya, Kecamatan Jayapura, Kabupaten Oku Timur. Sementara itu pada bulan Agustus hingga September 2021, penulis telah melaksanakan Praktik Umum (PU)

di P4S Bumi Alam Purba dengan judul “Mempelajari Teknik Pembibitan
Tanaman Cabai Keriting (*Capsicum annuum* L) di Pust Pelatihan Pertanian
Pedesaan Swadaya (P4S) Bumi Alam purba, Lampung Timur”.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'aalamiin...

Segala puji dan syukur saya haturkan kepada Allah SWT, dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang kupersembahkan karya ini sebagai wujud rasa syukur, cinta kasih, dan sebagai tanda bakti kepada

:

Orang tuaku tercinta (Ibrahim Khanif dan Linda wati)

Terima kasih Pak, Bu, atas segala kasih sayang dan perjuangan dalam membesarkan ku. Terima kasih selalu sabar dan selalu mendukung segala kegiatanku, baik dukungan moril maupun materil yang senantiasa diberikan untuk keberhasilan dan kebahagiaanku. Tanpa doa dan restu Mama Papa, aku belum tentu sampai di titik ini.

Serta

Kakak-kakakku (Umi Kalsum S.E dan M. Darwin.)

Terima kasih selalu memberikan dukungan dan semangat kepadaku.

SANWACANA

Puji syukur penulis haturkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat, taufik dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Selawat dan salam selalu tercurah kepada suri tauladan seluruh umat islam Nabi Allah Muhammad SAW, yang senantiasa kita nantikan syafaatnya di yaumul kiyamah, Amin. Skripsi yang berjudul “**Prediksi Kadar Nitrogen Total pada Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Metode Multisensor**” merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Dalam pelaksanaan penelitian maupun penulisan skripsi ini, tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung;
2. Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Prof. Dr. Ir. Sugeng Triyono, M.Sc. selaku pembimbing pertama yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, nasihat, kritik, dan saran serta motivasi selama proses penyusunan skripsi;

4. Ibu Elhamida Rezkia Amien, S.T.P., M.Si. selaku dosen pembimbing kedua dan dosen pembimbing akademik, yang telah memberikan bimbingan, nasihat kritik, dan saran serta motivasi selama proses penyusunan skripsi;
5. Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc. selaku dosen pembahas yang telah memberikan bimbingan, nasihat, kritik, dan saran sebagai perbaikan selama proses penyusunan skripsi;
6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
7. Ibu dan Bapak selaku orang tua, Umi dan Darwin yang telah memberikan segala doa, dukungan baik moril dan materiil, serta kasih sayangnya yang tak terbatas kepada penulis;
8. Keluarga Teknik Pertanian 2018 yang telah membantu penulis dalam perkuliahan, penelitian hingga penyusunan skripsi ini;
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini belum sempurna. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, April 2023

Penulis,

Iqbal Santoso

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Hipotesis Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Batasan Masalah.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kelapa Sawit.....	4
2.2 Limbah Kelapa Sawit	6
2.3 Amonia	7
2.4 Limbah Amonia.....	8
2.5 Sensor	9
2.5.1 Sensor Suhu	11
2.5.2 Sensor Turbidity	11
2.5.3 Sensor pH.....	12
2.5.4 Sensor <i>Electrical Conductivity</i> (EC).....	12
2.5.5 Sensor <i>Dissolved Oxygen</i> (DO)	12

2.6 Jaringan Syaraf Tiruan	13
2.6.1 Pengertian Jaringan Syaraf Tiruan.....	13
2.6.2 Model Jaringan Syaraf Tiruan	15
2.6.3 Jaringan perambatan galat mundur (backpropagation).....	15
III. METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2 Alat dan bahan Penelitian.....	18
3.3 Kriteria Desain	18
3.4 Prosedur Penelitian.....	19
3.5 Tahapan Penggunaan Aplikasi MATLAB	22
3.5.1 Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan.....	22
3.5.2 <i>Software</i> Arduino.....	26
3.6 Pengujian Alat Ukur Cepat TKN	26
3.6.1 Kalibrasi.....	26
3.6.2 Validasi	27
3.7 Kolam Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit.....	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Hasil Perancangan Sistem Alat Ukur Cepat Kualitas limbah	29
4.2 Kalibrasi Sensor	30
4.2.1 Kalibrasi Sensor Suhu.....	30
4.2.2 Kalibrasi Sensor pH	31
4.2.3 Kalibrasi Sensor Turbidity.....	32
4.2.4 Kalibrasi Sensor EC.....	33
4.2.5 Kalibrasi DO	34
4.3 Validasi Sensor.....	35
4.3.1 Validasi Sensor Suhu	35

4.3.2 Validasi Sensor pH	35
4.3.3 Validasi Sensor Turbidity	36
4.3.4 Validasi Sensor EC	37
4.3.5 Validasi DO	37
4.4 Pengukuran Kualitas Limbah Cair Kelapa Sawit.....	38
4.5 Analisis Nitrogen Total	39
4.5.1 Proses Analisis TKN Limbah Cair Kelapa Sawit Metode Kjeldahl	39
4.5.2 Hasil Analisis TKN Metode Kjeldahl.....	41
4.6 Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan.....	43
4.6.1 Pelatihan Model Jaringan Syaraf Tiruan	43
4.6.2 Pengujian Jaringan Syaraf Tiruan.....	50
4.6.3 Persamaan Matematika dari Pengembangan Model Jaringan Sayaraf Tiruan.....	50
4.7 Integrasi Model JST dengan Mikrokontroler	53
4.8 Validasi Model	54
4.8.1 Validasi Model 1 Input (EC)	54
4.8.2 Validasi Model 2 Input (EC dan Suhu)	56
4.8.3 Validasi Model 3 Input (EC, Suhu, dan pH).....	58
4.8.4 Validasi Model 5 Input (EC, Suhu, PH, DO, TB)	60
4.8.5 Validasi Model 4 Input (EC, Suhu, PH, DO)	62
4.9 Validasi Terbaik	64
V. KESIMPULAN.....	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR TABEL

1. Sifat-sifat Amonia	8
2. Daftar hasil pelatihan model JST terbaik pada tiap variasi input.....	46
3. Daftar hasil uji model JST pada variasi fungsi aktivasi	50
4. Data Validasi model menggunakan input EC	55
5. Hasil validasi dengan input EC dan Suhu	57
6. Hasil validasi dengan input EC, Suhu, dan pH	58
7. Hasil validasi dengan input EC, Suhu,PH, DO, TB.....	60
8. Hasil validasi dengan input EC, Suhu,PH, DO	62
9. Data pengukuran TKN	71
10. Data Latih.....	73
11. Hasil latih JST beberapa variasi	75
12. Fungsi aktivasi pelatihan beberapa variasi	80
13. Fungsi aktivasi pengujian beberapa variasi.....	81
14. Data hasil kalibrasi sensor suhu	83
15. Data kalibrasi sensor pH	84
16. Data kalibrasi sensor turbidity	84
17. Kalibrasi sensor EC.....	85
18. Kalibrasi sensor DO	85
19. Validasi Sensor Suhu	86
20. Validasi Sensor PH	87
21. Validasi Sensor EC	87
22. Validasi Sensor DO.....	87
23. Validasi Turbidity	88

DAFTAR GAMBAR

1. Elemen JST	16
2. Arsitektur Jaringan pengukuran Cepat (<i>multilayer net</i>).....	17
3. Prosedur penelitian.....	21
4. Pengembangan model Jaringan Saraf Tiruan (JST).....	23
5. Arduino	26
6. Kalibrasi sensor suhu	30
7. Kalibrasi sensor pH.....	31
8. Kalibrasi turbidity	32
9. Kalibrasi EC	33
10. Kalibrasi sensor DO	34
11. Validasi sensor suhu.....	27
12. Validasi pH	36
13. Validasi sensor Turbidiry	36
14. Validasi EC	37
15. Validasi Turbidity	37
16. Pengambilan sampel pada kolam limbah.....	38
17. Analisis kimia untuk menguji TKN	39
18. Analisis TKN	41
19. Contoh Tampilan layar pada software MATLAB	44
20. Contoh Hasil JST plot perform	44
21. Contoh tampilan Hasil Jaringan Syaraf Tiruan plot regression	45
22. Contoh Hasil Jaringan Syaraf Tiruan plot perform.....	45
23. Grafik pelatihan model jaringan syaraf tiruan 1 input	47
24. Grafik pelatihan model jaringan syaraf tiruan 2 input	47
25. Grafik pelatihan model jaringan syaraf tiruan 3 input	48

26. Grafik pelatihan model jaringan syaraf tiruan 4 input	48
27. Grafik pelatihan model jaringan syaraf tiruan 5 input	49
28. Tampilan folder bobot dan bias yang tersimpan dalam bentuk .txt	51
29. Proses input model matematika ke dalam mikrokontroler.....	53
30. Grafik validasi dengan input EC	55
31. Grafik validasi dengan input EC dan Suhu	56
32. Grafik validasi dengan input EC, Suhu, dan pH	59
33. Grafik validasi dengan 5 input	61
34. Grafik validasi dengan 4 input	63
35. Pengambilan sampel limbah cair kelapa sawit.....	82
36. Pengukuran nilai pH, DO, EC, Turbididty, Suhu di Lapangan	82
37. Prosedur analisis TKN metode Kjeldahl.....	90
38. Proses destruksi metode kjeldahl	92
39. (a) Proses destilasi (b) proses titrasi.....	93
40. Denah kolam PTPN 7 Bekri.....	95
41. Program arduino validasi input EC	96
42. Program arduino validasi input EC, Suhu.....	96
43. Program arduino validasi input EC, Suhu, Ph	97
44. Program arduino validasi input EC, Suhu, DO, pH	97
45. Program arduino validasi input EC, Suhu, DO, TB, pH.....	98

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) adalah tanaman yang memiliki prospek pengembangan cukup baik dikarenakan potensinya dalam produksi jauh lebih tinggi apabila dibandingkan dengan tanaman lainnya yang mampu menghasilkan minyak nabati. Tanaman kelapa sawit memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi dan berpotensi dalam ekspor jumlah besar. Hal ini dibuktikan dengan data bahwa Indonesia pada tahun 2015 memiliki total produksi kelapa sawit sebesar 31.070.015 ton dengan luas lahan 11.260.277 ha dan pada tahun 2016 produksi kelapa sawit mengalami peningkatan sebesar 33.229.381 ton dengan luas lahan 11.914.499 ha (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2016). Produksi kelapa sawit meningkat tiap tahunnya, terdapat 10.000.000 ton tandan buah segar telah di produksi di 84 unit pabrik kelapa sawit (Yuna dan Mardina, 2019). Peningkatan produksi minyak sawit *Crude Palm Oil* (CPO) telah mengalami peningkatan sebesar 1,35% pada tahun 2014 menjadi 10,96% pada tahun 2018. Pada tahun 2014 CPO sebesar 29,28 juta ton, meningkat menjadi 36,59 juta ton pada tahun 2018 (BPS, 2018). Perluasan, pengembangan kebun dan bibit yang baik dan berkualitas perlu dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan produksi kelapa sawit. Upaya yang dilakukan yaitu dengan melakukan pemilihan pada benih unggul dengan kualitas yang baik dan memiliki legalitas dari pemerintah (Erwandi et al., 2015).

Limbah industri terbagi atas tiga jenis yaitu limbah padat, limbah cair, dan limbah gas (Maharani et al., 2017). Adapun limbah cair (sisa minyak, air atau campuran keduanya) yang dihasilkan oleh beberapa PKS masih menjadi masalah bagi

lingkungan sekitarnya, karena tingginya potensi pencemaran yang di timbulkan (Widarti et al., 2015). Limbah cair yang diolah di pabrik kelapa sawit hanya dibuang ke kolam penampungan. Kementerian Lingkungan Hidup telah mengeluarkan peraturan Nomor Kep- 51/MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah cair untuk kegiatan industri minyak kelapa sawit, sehingga harus dilakukan pengolahan terlebih dahulupada limbah cair pabrik kelapa sawit mengandung kadar nitrogen yang masih tinggi sebelum dibuang ke perairan limbah

Amoniak adalah senyawa yang memiliki sifat mudah larut di dalam air. Pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah industri umumnya dikarenakan kadar amoniak yang sangat tinggi sehingga dapat menjadi indikasi adanya pencemaran. Kadar oksigen terlarut yang tinggi akan mempengaruhi jumlah kandungan amoniak yang terdapat dalam limbah cair. Seiring dengan bertambahnya kedalaman, kandungan amoniak dalam perairan akan bertambah. Kadar amoniak pada dasar perairan kemungkinan lebih banyak apabila dibandingkan perairan di bagian atasnya karena oksigen terlarut pada bagian dasar relatif lebih kecil (Silaholo, 2009). Keberadaan amonia akan berbahaya khususnya dalam air sungai apabila melebihi ambang batas sehingga dapat mengganggu ekosistem perairan dan makhluk hidup lainnya (Murti et al., 2014). Amonia tidak hanya sangat beracun bagi hampir semua organisme, akan tetapi amonia dapat bersifat racun pada manusia apabila terdapat amonia yang masuk ke dalam tubuh melebihi jumlah yang dapat didetoksifikasi oleh tubuh. Resiko terbesar khususnya pada manusia apabila menghirup uap amonia akan berakibat pada beberapa efek diantaranya iritasi pada kulit, mata dan saluran pernafasan. Pada tingkat yang sangat tinggi, penghirupan uap amonia sangat bersifat fatal. Amonia berlebih yang jika terlarut di perairan akan menyebabkan keracunan bagi hampir semua organisme perairan, dengan demikian diperlukan adanya pemeriksaan senyawa amonia khususnya pada limbah cair kelapa sawit. Pemeriksaan senyawa amonia pada kelapa sawit dapat dilakukandengan beberapa metode salah satunya dalah analisis laboratorium metode kjeldahl.

Analisis metode kjeldahl memerlukan waktu yang cukup lama. Terdapat beberapa tahap dalam analisis ini diantaranya tahap destruksi, destilasi, dan titrasi. Tahap Destruksi dilakukan dengan cara memanaskan Labu Kjeldahl pada kompor destruksi selama 2 jam atau saat warna larutan menjadi jernih kehijauan (AOAC, 2005). Tahap selanjutnya adalah tahap destilasi yang nantinya Cairan destilat ditampung sesuai waktu lama perlakuan yaitu 5, 7 dan 10 menit. Secara keseluruhan waktu yang digunakan pada satu kali analisis laboratorium dengan metode kjeldahl adalah 2,5 jam. Analisis dan metode pengukuran kualitas air limbah secara cepat sangat dibutuhkan saat ini dengan tujuan agar *Palm Oil Mill Effluent* memenuhi baku mutu air limbah dan dapat dilakukan analisis kadar nitrogen total tiap waktu. Pengukuran kadar nitrogen total yang dilakukan secara rutin perlu dilakukan mengingat produksi kelapa sawit dilakukan terus menerus dan akan menghasilkan limbah cair baru yang memiliki kandungan zat organik tinggi dan berbahaya, maka dari itu pengukuran nitrogen secara rutin perlu dilakukan. Pada saat ini perkembangan teknologi sensor dan elektronika menjadi peluang yang sangat tepat untuk dikembangkan dan dapat menyelesaikan permasalahan yang ada karena komponen air limbah sendiri akan menghasilkan karakteristik yang bisa dikonversi menjadi parameter seperti konduktivitas listrik sehingga dapat diukur dengan cepat. Multisensor (suhu, turbidity, pH, EC, dan DO) diharapkan mampu menghasilkan baik itu luaran listrik maupun luaran fisik dengan akurat dan lebih cepat sehingga pemantauan dari kadar limbah kelapa sawit lebih praktis dan efisien. Berdasarkan hal tersebut dilakukan penelitian alat deteksi Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) secara cepat.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh multisensor terhadap cepatnya prediksi kadar nitrogen total pada limbah kelapa sawit
2. Bagaimana efisiensi kerja dari multisensor dalam memprediksi total nitrogen kjeldahl
3. Bagaimana cara membangun dan menguji model JST
4. Bagaimana cara mendapatkan nilai uji kinerja terbaik dari multisensor berupa analisis determinasi dan *RMSE*

1.3 Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis penelitian ini adalah dapat mengetahui berapa banyak kadar total nitrogen kjeldahl dalam limbah cair kelapa sawit sekaligus mengetahui efisiensi dan efektivitas kerja dari multisensor dalam membaca suhu dan EC pada larutan limbah cair kelapa sawit.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memprediksi kadar nitrogen total pada limbah cair kelapa sawit secara lebih cepat
2. Membangun dan menguji model JST di Laboratorium dan Lapangan
3. Mendapatkan nilai uji kinerja terbaik berupa analisis determinasi, *RMSE*, dan *RRSME*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan akan memberikan informasi ilmiah tentang informasi kadar ammonia limbah cair sehingga dapat mengontrol lingkungan sekitar dari bahaya kadar TKN berlebih pada limbah cair kelapa sawit

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Menggunakan limbah cair kelapa sawit
2. Menggunakan sensor suhu, EC, Turbidity, DO, dan pH
- 3 Limbah cair kelapa sawit diambil dari PTPN 7 bakeri lampung tengah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis Jacq*) adalah tanaman perkebunan yang sering ditemukan di Indonesia dan telah menjadi sumber mata pencaharian bagi masyarakat Indonesia yang umumnya tinggal berdekatan dengan sentra perkebunan kelapa sawit. Pada umumnya Luas area tanaman kelapa sawit di Indonesia dapat mencapai 12,3 juta Ha (Dirjenbun, 2016) . Peningkatan produksi dari minyak sawit (CPO) mencapai 35,5 juta ton dan berbanding lurus dengan luas lahan perkebunan kelapa sawit (Dirjenbun 2016). Produksi CPO (Crude Palm Oil) yang sangat besar ini mengakibatkan produksi limbah kelapa sawit khususnya Tandan Kosong Kelapa Sawit juga semakin meningkat sehingga tandan kosong tersebut tersebar di berbagai wilayah penghasil minyak kelapa sawit di Indonesia.

Tandan Kosong Kelapa Sawit atau biasa disebut TKKS memiliki potensi pemanfaatan yang sangat besar khususnya di bidang pertanian, pupuk organik padat adalah salah satunya. Penggunaan pupuk organik di perkebunan kelapa sawit sangat perlu untuk dilakukan saat ini mengingat kondisi tanah semakin hari semakin kritis dikarenakan penggunaan pupuk kimia yang semakin intensif dan terus menerus dilakukan. Menaiknya derajat kadar keasaman tanah merupakan dampak dari penggunaan pupuk kimia yang terus menerus sehingga dapat menimbulkan dampak positif dan negatif, salah satu dampak negatif tersebut adalah yang pada akhirnya dapat merusak struktur tanah (pengerasan tanah) (Aisyah et al., 2006).

Tidak efisiensinya pemupukan diakibatkan karena penggunaan pupuk dengan dosis yang sangat tinggi sehingga akan mengakibatkan kerusakan tanah itu sendiri. Begitu juga sebaliknya produksi yang tidak optimum akibat dari ketidakseimbangan hara tanah akan terjadi apabila penggunaan pupuk kimia dilakukan dengan dosis yang lebih rendah dari kebutuhan tanaman. Adapun dampak negatif lainnya dari penggunaan pupuk kimia adalah harganya yang terlalu tinggi karena harga pupuk kimia yang terlalu mahal akan berdampak pada usaha tani itu sendiri dan susah untuk membelinya (Hayawin, 2012).

2.2 Limbah Kelapa Sawit

Kelapa sawit yang diolah akan menghasilkan limbah industri kelapa sawit. Umumnya limbah jenis ini digolongkan menjadi tiga jenis yaitu limbah cair, limbah padat dan limbah gas. Limbah cair adalah limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak sawit dan inti sawit di pabrik kelapa sawit (PKS). Adapun beberapa limbah sawit yang digolongkan menjadi limbah padat yaitu tandan kosong kelapa sawit (TKKS), tempurung, serabut, sludge atau lumpur, dan bungkil. Adapun gas cerobong dan uap air buangan pabrik kelapa sawit termasuk ke dalam limbah gas (Salmina, 2017).

Pengolahan kelapa sawit yang tidak baik akan bersifat merugikan. Sebaliknya, pengolahan limbah kelapa sawit dengan baik akan menguntungkan. Terdapat beberapa unsur pada limbah kelapa sawit. Dari hasil pengolahan limbah kelapa sawit akan dapat diketahui kandungan unsur-unsur yang terkandung dalam cairan tersebut seperti diantaranya adalah BOD, COD, dan pH hingga dapat mencapai kondisi yang dipersyaratkan untuk dimanfaatkan. Pengolahan limbah kelapa sawit dengan baik akan membuat limbah yang semestinya merugikan akan menguntungkan sehingga dapat dimanfaatkan. Hasil pengolahan limbah kelapa sawit ini juga dapat digunakan dalam sektor perkebunan khususnya pada tanaman kelapa sawit itu sendiri. Limbah sebagai hasil buangan industri yang selama ini berdampak negatif terhadap lingkungan akan bermanfaat dan menjadi salah satu potensi yang dapat dikembangkan sebagai sumber unsur hara bagi pertumbuhan tanaman. Pupuk organik dan sebagai arang aktif merupakan salah satu hasil apabila limbah yang dihasilkan oleh tanaman kelapa sawit diolah dengan baik.

2.3 Amonia

Ammonia (NH_3) merupakan salah satu bahan kimia industri yang keberadaannya mudah ditemukan. Amonia memiliki peran dalam banyak proses biologis dan berfungsi sebagai prekursor untuk sintesis asam amino dan nukleotida. Amonia adalah bagian dari siklus nitrogen dan diproduksi di tanah dari proses bakteri. Amoniak juga diproduksi dan dihasilkan secara alami dari dekomposisi bahan organik, seperti tanaman, hewan, dan kotoran hewan. Berdasarkan cirinya, amonia (NH_3) memiliki bau yang tajam dan sangat larut dalam air yang terdiri dari nitrogen dan hidrogen. Amonia adalah senyawa yang stabil dan berfungsi sebagai bahan awal untuk produksi banyak senyawa nitrogen yang penting secara komersial (Hayat, 2015).

Keberadaan amonia yang melebihi ambang batas akan berbahaya khususnya dalam air sungai sehingga dapat mengganggu ekosistem perairan dan makhluk hidup lainnya. Amonia sangat beracun bagi hampir semua organisme. Tidak hanya itu jumlah amonia yang masuk tubuh melebihi jumlah yang dapat didetoksifikasi oleh tubuh akan bersifat racun pada manusia. Resiko terbesar pada manusia apabila menghirup uap amonia akan berakibat pada beberapa efek diantaranya iritasi pada kulit, mata dan saluran pernafasan. Penghirupan uap amonia berlebih bersifat fatal dan apabila terlarut di perairan akan meningkatkan konsentrasi amonia sehingga menjadi racun bagi hampir semua organisme perairan (Murti et al., 2014).

Ammonia memiliki peran yang penting dan menjadi sumber energi dalam proses nitrifikasi bakteri aerobik. Ammonia berada dalam dua bentuk yaitu ammonia terionisasi dan ammonia tidak terionisasi ketika di dalam air. Umumnya ammonia yang tidak terionisasi umumnya bersifat racun, sedangkan ammonia yang terionisasi cenderung memiliki kadar racun yang rendah. Semakin rendah oksigen, Daya racun ammonia akan meningkat di dalam air. Persediaan oksigen yang secara alami terlarut dalam air sangat berpengaruh pada keberadaan bakteri pengurai (Komarawidjaja, 2005). Kegiatan mikrobiologi mampu merubah keseimbangan

nitrit-nitrit pada ammonia. Ammonia apabila terlalu lama disimpan akan menimbulkan bau yang sangat menyengat atau tajam karena berkurangnya kandungan oksigen terlarut dalam air yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa kimia sehingga akan menyebabkan pencemaran air.

Amonia memiliki sifat-sifat sebagai berikut

Tabel 1. Sifat-sifat Amonia

Sifat-sifat Ammonia	Nilai
Massa jenis dan fase (g/L)	0,6942
Kelarutan dalam air (gr/100 ml pada 0°)	89,9
Titik lebur	-77
Titik didih	-33
Keasaman	9,25
Kebasaan	4,75

2.4 Limbah Amonia

Air limbah yang dihasilkan dari limbah amonia dikeluarkan dalam bentuk gas. Limbah amonia mengakibatkan gangguan kesehatan seperti iritasi yang kuat terhadap sistem pernafasan bagian atas yakni daerah hidung hingga tenggorokan apabila dibuang langsung. Terdapat beberapa peningkatan ketika terpapar gas amonia pada tingkatan tertentu dapat menyebabkan gangguan fungsi paru-paru dan sensitivitas indra penciuman.

Limbah domestik, limbah cair, limbah pertanian, maupun limbah dari pabrik, memiliki kandungan amonia yang tinggi terutama pabrik pupuk nitrogen (Bonnin et al., 2008). Limbah cair dari pabrik amonia umumnya mengandung amonia yang tinggi sampai dengan 1000 mg/L. Pabrik amonium nitrat mengeluarkan limbah cair dengan kandungan amonia sebesar 2500 mg/L, sedangkan limbah peternakan dan rumah tangga umumnya mengandung amonia dengan konsentrasi sekitar 100-250 mg/L. Konsentrasi amonia di atas 0,11 mg/L akan menimbulkan resiko gangguan pertumbuhan pada semua spesies ikan. Oleh karena itu keberadaan ammonia di dalam air limbah sangat dibatasi. Negara-negara membatasi kandungan ammonia di dalam air limbah, khususnya di Eropa maksimum kadar amonia terlarut adalah 0,5 mg/L, sedangkan negara- negara Amerika 0,77 mg/L (Jorgensen, 2002).

2.5 Sensor

Mendeteksi perubahan besaran fisik seperti cahaya, gerakan, kelembaban, tekanan, gaya, besaran listrik suhu, kecepatan dan fenomena-fenomena lingkungan lainnya dapat dilakukan dengan menggunakan sensor. Setelah mengamati terjadinya perubahan, Input yang terdeteksi oleh sensor kemudian dikonversi mejadi Output yang dapat dimengerti oleh manusia baik melalui perangkat sensor itu sendiri ataupun ditransmisikan secara elektronik melalui jaringan yang selanjutnya ditampilkan atau diolah menjadi informasi yang bermanfaat. Sensor memiliki beebberapa jenis yang diantaranya Transduser Input karena dapat mengubah energi fisik seperti gerakan, cahaya, tekanan suhu atau energi fisik lainnya menjadi sinyal listrik ataupun resistansi.

Sensor dikategorikan menjadi beberapa kategori utama yaitu sensor aktif, sensor pasif dan sensor analog, sensor digital. Sensor Pasif adalah jenis sensor yang dapat menghasilkan sinyal output tanpa memerlukan pasokan listrik dari eksternal, Contohnya Termokopel (*Thermocouple*) yang menghasilkan nilai tegangan sesuai dengan panas atau suhu yang diterimanya. Sensor Aktif adalah jenis sensor yang cara kerjanya memerlukan sumber daya eskternal agar dapat beroperasi. Terdapat beberapa sifat fisik pada sensor aktif sehubungan dengan efek eksternal yang diberikannya. Sensor Aktif juga disebut sebagai sensor Pembangkit Otomatis (*Self Generating Sensors*).

Sensor Analog adalah sensor yang menghasilkan sinyal output secara berkelanjutan. Pengukuran akan sebanding dengan sinyal keluaran kontinu yang dihasilkan oleh sensor analog. Terdapat berbagai parameter pada sensor analog yang diantaranya adalah suhu, tegangan, tekanan, pergerakan dan lain-lainnya. Contoh Sensor Analog diantaranya adalah akselerometer (*accelerometer*), sensor kecepatan, sensor tekanan, sensor cahaya dan sensor suhu. Sensor Digital adalah sensor yang cara kerjanya menghasilkan sinyal keluaran diskrit. Sinyal diskrit akan non-kontinu dengan waktu dan dapat direpresentasikan dalam “bit”. Sebuah sensor digital biasanya terdiri dari sensor, kabel dan pemancar. Sinyal yang diukur akan diwakili dalam format digital. Output memiliki beberapa bentuk diantaranya bentuk Logika 1 atau logika 0 (ON atau OFF). Sinyal fisik yang diterima

selanjutnya akan dikonversi menjadi sinyal digital di dalam sensor itu sendiri tanpa komponen eksternal. Kabel digunakan untuk transmisi jarak jauh. Contoh Sensor Digital ini diantaranya adalah sensor kecepatan digital, sensor tekanan digital, sensor cahaya digital, akselerometer digital (*digital accelerometer*), dan sensor suhu digital.

Penggunaan sensor turbidity, suhu, pH, DO, dan EC pada limbah cair kelapa sawit dapat memberikan informasi penting tentang kondisi limbah cair dan membantu dalam pengelolaannya. Penggunaan sensor turbidity dan pH pada limbah cair kelapa sawit untuk pengolahan menggunakan proses koagulasi-flokulasi Pada penelitian yang dilakukan oleh Mardawati et al., 2021, dilakukan pengukuran turbidity dan pH pada limbah cair kelapa sawit untuk proses pengolahan menggunakan proses koagulasi-flokulasi. Hasil pengukuran turbidity dan pH digunakan untuk menentukan dosis koagulan yang tepat dan memonitor efisiensi proses pengolahan limbah cair. Penggunaan sensor suhu dan pH pada limbah cair kelapa sawit untuk pengolahan menggunakan teknologi bioreaktor anaerob: Pada penelitian yang dilakukan oleh Anam et al., (2020), dilakukan pengukuran suhu dan pH pada limbah cair kelapa sawit untuk proses pengolahan menggunakan teknologi bioreaktor anaerob. Hasil pengukuran suhu dan pH digunakan untuk mengoptimalkan kondisi operasi bioreaktor dan memonitor efisiensi pengolahan limbah cair.

Penggunaan sensor DO, turbidity, dan EC pada limbah cair kelapa sawit untuk pengolahan menggunakan proses oksidasi elektrokimia: Pada penelitian yang dilakukan oleh Sakti et al., (2019), dilakukan pengukuran DO, turbidity, dan EC pada limbah cair kelapa sawit untuk proses pengolahan menggunakan proses oksidasi elektrokimia. Hasil pengukuran DO, turbidity, dan EC digunakan untuk memonitor efisiensi proses pengolahan limbah cair. Penggunaan sensor suhu, pH, DO, turbidity, dan EC pada limbah cair kelapa sawit untuk pengolahan menggunakan proses biologi aerob: Pada penelitian yang dilakukan oleh Kusumo et al., (2019), dilakukan pengukuran suhu, pH, DO, turbidity, dan EC pada limbah cair kelapa sawit untuk proses pengolahan menggunakan proses biologi aerob.

2.5.1 Sensor Suhu

Sensor Suhu adalah sensor yang komponennya dapat mengubah besaran panas menjadi besaran listrik sehingga dapat mendeteksi gejala perubahan suhu pada obyek tertentu. Pada sensor ini memungkinkan kita untuk mengetahui atau mendeteksi gejala perubahan-perubahan suhu tersebut dalam bentuk output Analog maupun Digital karena sensor suhu melakukan pengukuran terhadap jumlah energi panas/dingin yang dihasilkan oleh suatu obyek. Sensor Suhu juga merupakan dari keluarga Transduser. Contoh peralatan-peralatan listrik maupun elektronik yang menggunakan Sensor Suhu diantaranya seperti Thermometer Suhu Ruangan, Thermometer Suhu Badan, Rice Cooker, Kulkas, Air Conditioner (Pendingin Ruangan).

2.5.2 Sensor Turbidity

Tingkat kekeruhan pada suatu air dapat dideteksi dengan menggunakan sensor turbidity dengan cara mengukur tingkat kekeruhannya. Dalam kerjanya, sensor ini menggunakan cahaya untuk mendeteksi partikel yang tertahan didalam air dengan cara mengukur transmisi cahaya dan tingkat penghamburan cahaya yang berubah sesuai dengan jumlah TTS (*Total Suspended Solids*). Semakin meningkatnya TTS, maka akan meningkat juga kekeruhan cairannya. Turbidity Sensor (Kekeruhan Air) biasa digunakan untuk mengukur kualitas air sungai, air limbah, instrumentasi dan control kolam dan pengukuran yang dilakukan di laboratorium (Malvino, 1985).

2.5.3 Sensor pH

pH meter dapat bekerja dengan melibatkan sensor probe berupa electrode kaca (*glass electrode*) dengan jalan mengukur jumlah ion H_3O^+ di dalam suatu larutan. Terdapat lapisan kaca setebal 0,1 mm yang berbentuk bulat (bulb) pada ujung electrode kaca. Bulb dipasangkan dengan silinder kaca non-konduktor atau plastic memanjang, yang selanjutnya di isi dengan larutan HCl ($0,1 \text{ mol/dm}^3$). Terdapat sebuah kawat electrode panjang berbahan perak yang pada permukaannya terbentuk senyawa setimbang AgCl di dalam larutan HCl. Jumlah larutan HCl yang terendam pada system ini membuat electrode Ag/AgCl memiliki nilai potensial stabil (Triyanti, 2010).

2.5.4 Sensor *Electrical Conductivity* (EC)

Kepekatan suatu larutan (dalam hal ini adalah larutan nutrisi hidroponik) dapat diukur dengan menggunakan EC meter. EC Meter sebenarnya memiliki fungsi yang sama dengan TDS meter yaitu dapat mengukur kepekatan suatu larutan nutrisi hidroponik. Hanya saja pengukurannya menggunakan unit yang berbeda, TDS digunakan untuk mengukur konsentrasi atau jumlah partikel terlarut sedangkan EC digunakan dengan tujuan untuk mengukur nilai konduktivitasnya. EC Meter merupakan alternatif dari TDS Meter untuk mengukur kepekatan suatu larutan nutrisi hidroponik. EC Meter dan TDS Meter sama-sama bisa digunakan untuk mengukur kepekatan suatu larutan nutrisi hidroponik.

2.5.5 Sensor *Dissolved Oxygen* (DO)

Konsentrasi oksigen terlarut dalam air dapat diukur dengan menggunakan sensor oksigen terlarut. Alat ini mengadopsi prinsip pengukuran fluoresensi, tidak mengkonsumsi oksigen, dan tidak memerlukan elektrolit. Rentang pengukuran oksigen terlarut adalah 0-20mg/L. Pemancar suhu internal dengan fungsi kompensasi suhu otomatis.

2.6 Jaringan Syaraf Tiruan

2.6.1 Pengertian Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan suatu sistem pemrosesan informasi yang mempunyai karakteristik menyerupai jaringan syaraf biologis (JSB) Jaringan Syaraf Tiruan merupakan bentuk suatu generalisasi model matematis dari pemahaman manusia (*human cognition*) (Maharani Dessy Wuryandari, 2012). Jaringan syaraf tiruan (JST) merupakan sebuah sistem kecerdasan buatan yang memiliki fungsi sebagai sistem pengolah informasi dan mengadopsi sifat dari kecerdasan saraf otak manusia. JST merupakan generalisasi model matematis dari pemahaman manusia, algoritma untuk JST beroperasi langsung dengan angka sehingga data yang tidak numerik harus diubah menjadi data numerik sehingga operasi dapat berlangsung (Hermawan, 2006).

Secara teori JST memiliki 3 unit pengolah, diantaranya adalah :

1. *Input layer*

Lapisan unit ini menyatakan nilai sebuah pola yang digunakan untuk masukan pada jaringan.

2. *Hidden layer*

Hidden layer adalah lapisan penghubung antara input layer dan output layer dimana output yang dikeluarkan tidak secara langsung diamati. Pada kasus-kasus tertentu, pada jaringan memungkinkan memiliki hidden layer lebih dari satu.

3. *Output layer*

Output layer merupakan lapisan terakhir pada JST yang fungsinya untuk tempat keluaran. Pada beberapa penerapan, unit keluaran digunakan untuk merepresentasikan sebuah pola.

Metode JST memiliki beberapa fungsi aktivasi yang dapat diterapkan, diantara fungsi aktivasi tersebut adalah fungsi aktivasi Sigmoid Biner, Sigmoid Bipolar dan Tangen Hiperbolik. Karakteristik yang harus dimiliki oleh fungsi aktivasi

tersebut adalah diferensiabel, kontinu dan tidak menurun secara monoton (Puspitaningrum, 2006).

Algoritma pelatihan yang populer digunakan pada Jaringan Syaraf Tiruan umumnya bertujuan untuk memperbaiki bobot adalah algoritma Perambatan Mundur (*backpropagation*). Algoritma ini terdiri dari dua tahapan utama, yakni tahapan perambatan maju (*feedforward*) dan tahapan perambatan mundur (*backpropagation*). Pada tahapan perambatan mundur, bobot-bobot yang ada pada jaringan diperbaiki. Perbaikan dimulai dari bobot yang berada diantara lapisan output ke hidden layer kemudian bergerak mundur untuk memperbaiki bobot yang berada diantara hidden layer dan input layer. Besarnya kesalahan dapat dikurangi dengan perubahan bobot yang didapatkan. Setelah bobot diperbaiki, pada tahapan perambatan maju (*feedforward*), bobot-bobot tersebut dialirkan kembali ke jaringan. Iterasi dari kedua proses tersebut terus menerus dilakukan pada semua dataset pelatihan sampai kondisi berhenti terpenuhi. Fase *feedforward* merupakan fase jaringan akan menerima input yang dialirkan untuk kemudian diproses dan menghasilkan output (input-proses-output). Proses ini berjalan searah dimulai dari input layer kemudian melalui hidden layer untuk kemudian diproses selanjutnya dan masuk ke output layer untuk dihitung hasil keluaran dari jaringan serta dihitung selisih errornya.

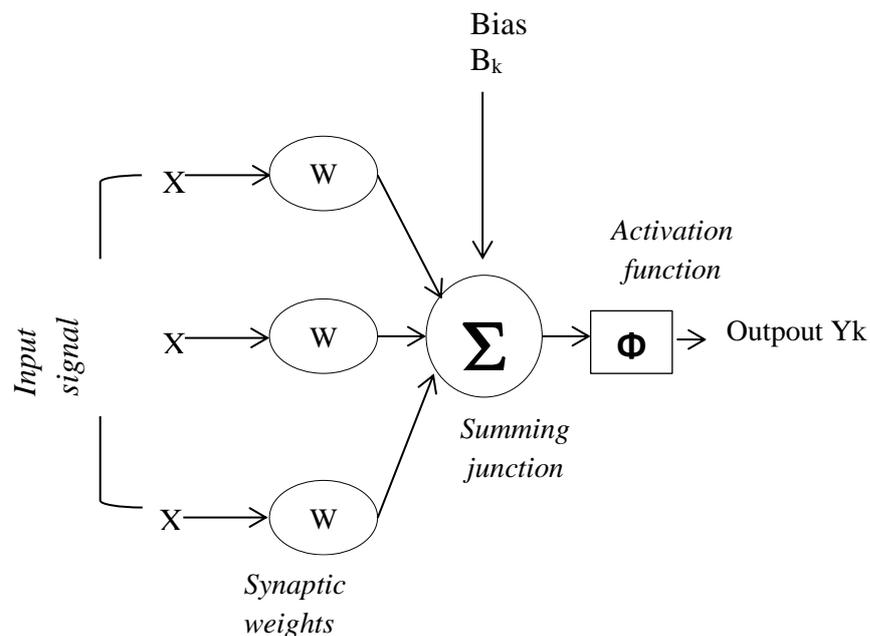
Menentukan jumlah hidden layer pada jaringan syaraf tiruan adalah salah satu bagian penting dalam perancangan arsitektur jaringan syaraf tiruan. Beberapa pendekatan yang umum digunakan untuk menentukan jumlah hidden layer yaitu menggunakan aturan praktisi. Pendekatan ini melibatkan aturan praktis sederhana dalam menentukan jumlah hidden layer. Misalnya, beberapa praktisi ML (machine learning) merekomendasikan menggunakan satu atau dua lapisan tersembunyi, tergantung pada kompleksitas masalah. Menggunakan metode trial and error, Pendekatan ini melibatkan mencoba berbagai konfigurasi hidden layer dan mengevaluasi kinerjanya pada data pelatihan dan pengujian. Hal ini dapat menjadi waktu yang memakan dan membutuhkan pengalaman yang signifikan untuk mengevaluasi dan memahami pengaruh masing-masing parameter pada kinerja JST.

2.6.2 Model Jaringan Syaraf Tiruan

Model Jaringan Syaraf Tiruan merupakan sebuah model matematis yang memiliki struktur dan fungsi terstimulasikan dari jaringan syaraf biologis (Krenker et al., 2011). Model JST tipe *backpropagation* telah dikembangkan dengan metode pelatihan terawasi (*supervised learning*). Adapun pengembangan model JST dilakukan dengan cara mensimulasikan berbagai variasi arsitektur jaringan untuk kemudian mengujinya sehingga diperoleh nilai R^2 terbesar dan $RMSE$ terkecil. Umumnya prinsip kerja JST jalur penghubung pada lapisan yang saling berdekatan akan menjadi media untuk merambatkan sinyal informasi dari node satu ke node lainnya.

2.6.3 Jaringan perambatan galat mundur (backpropagation)

Jaringan perambatan galat mundur (backpropagation) adalah salah satu algoritma Jaringan Syaraf Tiruan yang umumnya digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang cukup rumit dan banyak berkaitan dengan prediksi, identifikasi, dan pengenalan pola dan sebagainya (Anwar, 2011). Backpropagation biasa disebut propagasi error, merupakan metode yang umum digunakan pada pembelajaran Jaringan Syaraf Tiruan bagaimana menyelesaikan suatu tugas yang diberikan. Ini merupakan suatu proses pembelajaran terawasi dan merupakan implementasi dari delta rule (Vamsidhar et al, 2010). Backpropagation menyediakan metode komputasi yang efisien untuk perubahan bobot dalam jaringan umpan maju (feed forward) dengan unit-unit fungsi aktivasi terdiferensial untuk pembelajaran sebuah set pola input output (Rebello et al., 2011).

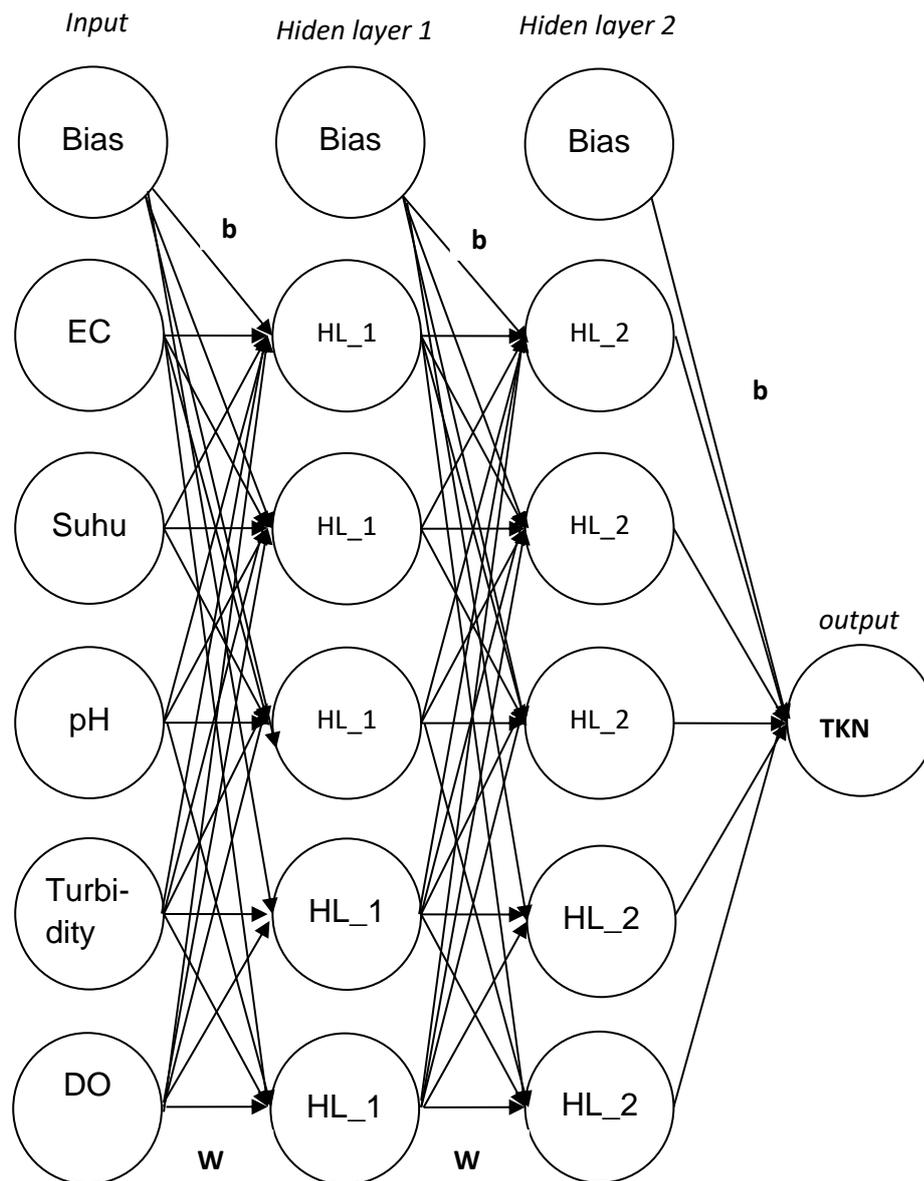


Gambar 1. Elemen JST

Jaringan syaraf terdiri dari beberapa neuron seperti halnya otak manusia, dan terdapat hubungan antara neuron-neuron tersebut. Pada Gambar menunjukkan struktur neuron yang mana Neuron-neuron akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarannya menuju ke neuron-neuron yang lain. Pada jaringan syaraf hubungan seperti ini dikenal dengan nama bobot. Informasi tersimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot. keduanya atau mungkin lebih untuk mendapatkan redundansi data yang diproses oleh suatu fungsi perambatan untuk kemudian menjumlahkan nilai-nilai semua bobot yang akan datang. Hasil penjumlahan yang dibandingkan dengan suatu Informasi yang disebut dengan masukan dikirim ke neuron dengan bobot kedatangan tertentu. Masukan nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi setiap neuron.

Pada jaringan syaraf, terdapat lapisan neuron yang berfungsi untuk mengumpulkan neuron-neuron. Neuron pada satu lapisan akan dihubungkan dengan lapisan sebelum atau sesudahnya terkecuali lapisan masukan dan lapisan keluaran. Informasi yang diberikan pada jaringan syaraf akan dirambatkan dari lapisan ke lapisan, melalui dari lapisan masukan sampai lapisan keluaran melalui

lapisan tersembunyi. Algoritma pembelajaran menentukan informasi akan dirambatkan kearah mana. Jaringan dengan lapisan banyak (*multilayer net*) merupakan jaringan yang memiliki satu atau lebih lapisan tersembunyi. Jaringan ini memiliki kemampuan memecahkan masalah yang rumit dan pada beberapa kasus dianggap lebih baik karena memiliki kemungkinan untuk memecahkan masalah yang sebelumnya tidak dapat dipecahkan oleh jaringan dengan satu layer.



Gambar 2 Arsitektur Jaringan pengukuran Cepat (*multilayer net*)

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei 2022 sampai Februari 2023.

Pengambilan sampel limbah dilakukan di PTPN VII Bekri Lampung. Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan bahan Penelitian

Alat yang digunakan di lapangan antara lain alat pengukur kualitas air model EZ-9908, DO meter Lutron DO-5510, dan termometer raksa. Alat yang digunakan di laboratorium diantaranya alat pengukur limbah cair kelapa sawit, kompor pemanas, gelas ukur, botol plastik, pipet volumetrik, gelas erlenmayer, bulb, labu kjeldahl. laptop dengan kelengkapan *software Arduino* dan MATLAB R2015b. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain limbah cair kelapa sawit, NaOH, asam borak, asam sulfat, pottasium sulfat, metil merah, batu didih, vaseline dan aquades. Bahan pada rangkaian alat pengukur limbah cair kelapa sawit diantaranya sensor pH meter, sensor suhu DS18B20, sensor DO, sensor EC, sensor turbidity, *Real-time clock* (RTC), Modul SD card, arduino uno, kabel jumper, breadboard, dan modul mmc.

3.3 Kriteria Desain

Penelitian ini menganalisis prediksi sensor pH, sensor suhu, sensor EC, sensor turbidity, sensor DO terhadap parameter kualitas air limbah kelapa sawit khususnya pada kandungan kadar amonia yang terdapat pada air limbah

kelapasawit, serta nilai resistensi yang diambil dengan menggunakan multimeter. kemudian didapat parameter yang dimasukkan ke dalam mode matematika yang dipadukan dengan JST yang nanti hasilnya kemudian akan di munculkan ke dalam LCD. Perumusan proses perhitungan menggunakan Mikrokontroler dengan tujuan untuk memperoleh parameter ammonia. Pengukuran dengan menggunakan multisensor diharapkan memiliki nilai yang akurat apabila dibandingkan dengan pengukuran yang dilakukan dengan nilai keluaran pada alat.

3.4 Prosedur Penelitian

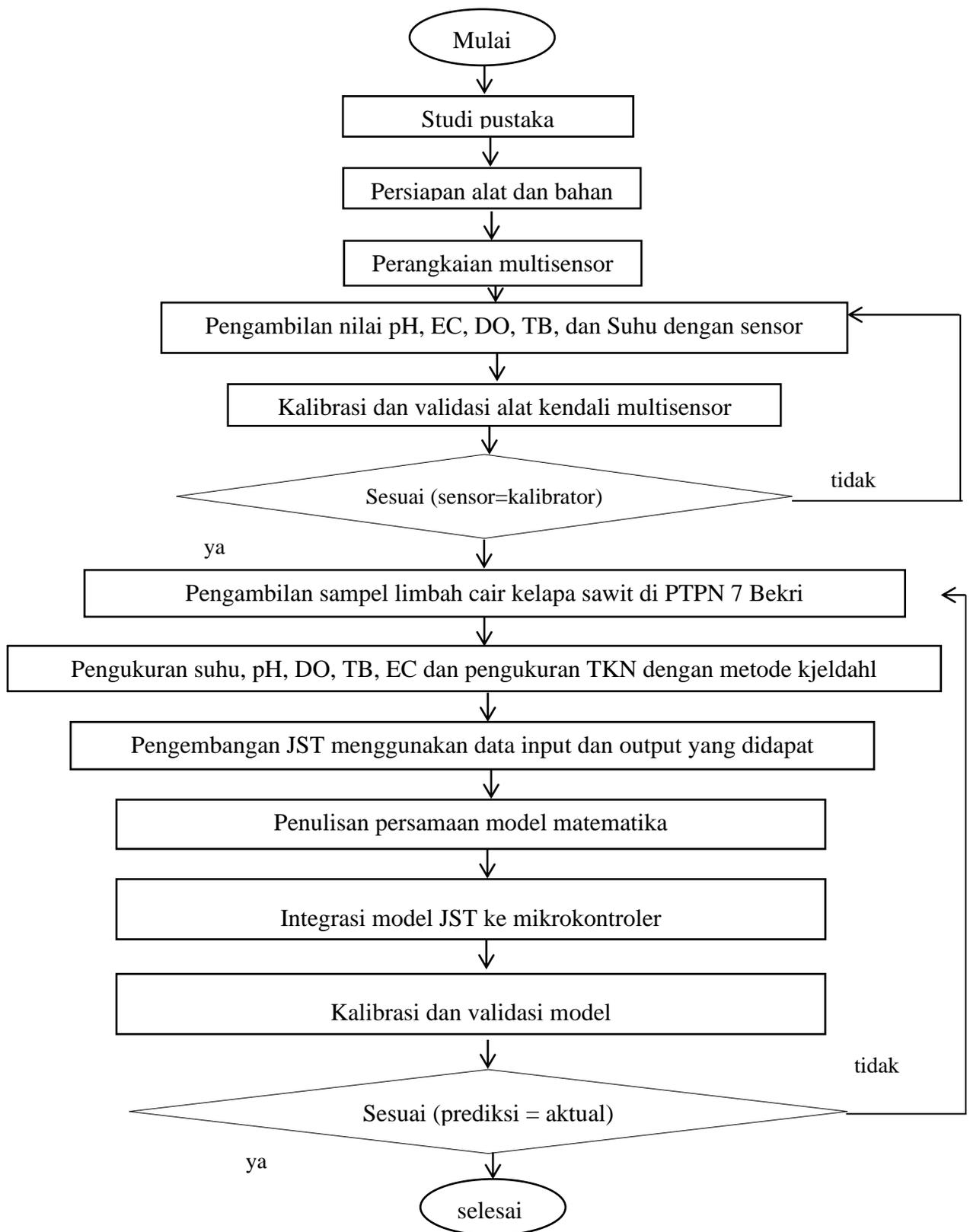
Prosedur penelitian ini dimulai dengan studi pustaka yaitu dengan mencari informasi dari beberapa sumber seperti jurnal, skripsi, dan buku tentang total nitrogen serta cara membangun model JST. Setelah melakukan studi pustaka kemudian menyiapkan alat dan bahan, kemudian selanjutnya dilakukan perangkaian sensor-sensor pada alat pengukur limbah cair kelapa sawit. Kalibrasi dan Validasi juga dilakukan untuk sensor suhu, EC, DO, pH, dan turbidity. Setelah kalibrasi dan validasi dilakukan selanjutnya adalah pengambilan sampel limbah cair kelapa sawit yang dilakukan langsung di PTPN VII Bekri Lampung. Limbah cair kelapa sawit diambil dari masing-masing kolam pengolahan limbah cair kelapa sawit yang diantaranya adalah kolam *fat pit*, *cooling pond*, an aerob 1-5 sebanyak 5 liter per masing-masing kolam. Kolam *fat pit* adalah kolam penampungan air limbah yang masih mengandung minyak untuk kemudian dialirkan ke unit pengolahan limbah mentah. Kolam *cooling pond* adalah kolam untuk mendinginkan limbah, dan kolam an aerob 1-5 adalah kolam yang berfungsi dalam pengolahan air limbah yang masing mengandung zat organik yang tinggi untuk kemudian diolah dalam keadaan an aerob. Pengambilan sampel limbah dilakukan tiap 2 kali dalam seminggu. Pengukuran suhu, pH, EC, DO, Dan turbidity dilakukan sebelum melakukan analisis lab. Setelah semua data yang diambil terkumpul kemudian diolah ke dalam JST. Kalibrasi dan validasi sistem dilakukan setelah pengolahan dengan JST berhasil.

Pengambilan sampel dilakukan 2 pada 7 titik kolam yang diantaranya adalah *fat pit*, *cooling pond*, in 1, in 2, in 3, in 4, dan terakhir out. Analisis Total Nitrogen dengan menggunakan metode kjeldahl yang meliputi tahap detruksi, destilasi, dan titrasi.

Tahap pertama yaitu destruksi, yang pada tahap ini sampel limbah cair kelapa sawit akan ditambahkan katalisator (CuSO_4 dan K_2SO_4) sebanyak 5 gram, batu didih, dan asam sulfat sebanyak 7 ml kemudian dipanaskan pada suhu sekitar 250° celcius. Pada tahap ini unsur-unsur akan diurai dan terjadi oksidasi sehingga akan menghasilkan ammonium sulfat. Proses destruksi bisa dikatakan sempurna apabila larutan berubah menjadi bening.

Tahap destilasi dilakukan setelah tahapdestruksi selesai. Pada tahap ini ekstrak dari tahap destruksi diencerkan dengan cara ditambahkan aquades berlebih , kemudian ditambahkan NaOH 40% sebanyak 40 ml dengan tujuan untuk memberikan sensasi basa pada larutan kemudian dilanjutkan dengan penyambungan alat destilator dengan cepat untuk menghindari kehilangan amonia karena penguapan. Seiring dengan poses destilasi, kemudian disiapkan asam borat 10% dan metil merah pada gelas erlenmayer yang nantinya akan menangkap uap amonia dai alat destilasi. Proses destilasi selesai ketikan larutan asam borat mencaoi volume 50 ml dan adanya perubahan warna.

Tahap terakhir adalah tahap titrasi dimana hasil destilasi akan ditambahkan asam klorida 0.1 M melalui buret dan diteteskan sedikit demi sedikit sampai terjadi perubahan warna pada larutan asam borat. Proses titrasi selesai ditandai dengan terjadinya oerubahan warna ke semula. Setelah selesai kemudian dihitung berapa banyak volume HCL yang diperlukan untuk selanjutnya dimasukkan ke dalam suatu persamaan untuk mencari total kjeldahl nitrogen. Persamaan matematika untuk mencari TKN yaitu : $N \text{ Total (mg/l)} = \text{Volume titrasi (ml sampel- ml blanko)}/\text{vol. Sampel} \times \text{massa atom relatif N} \times N \text{ HCL}$



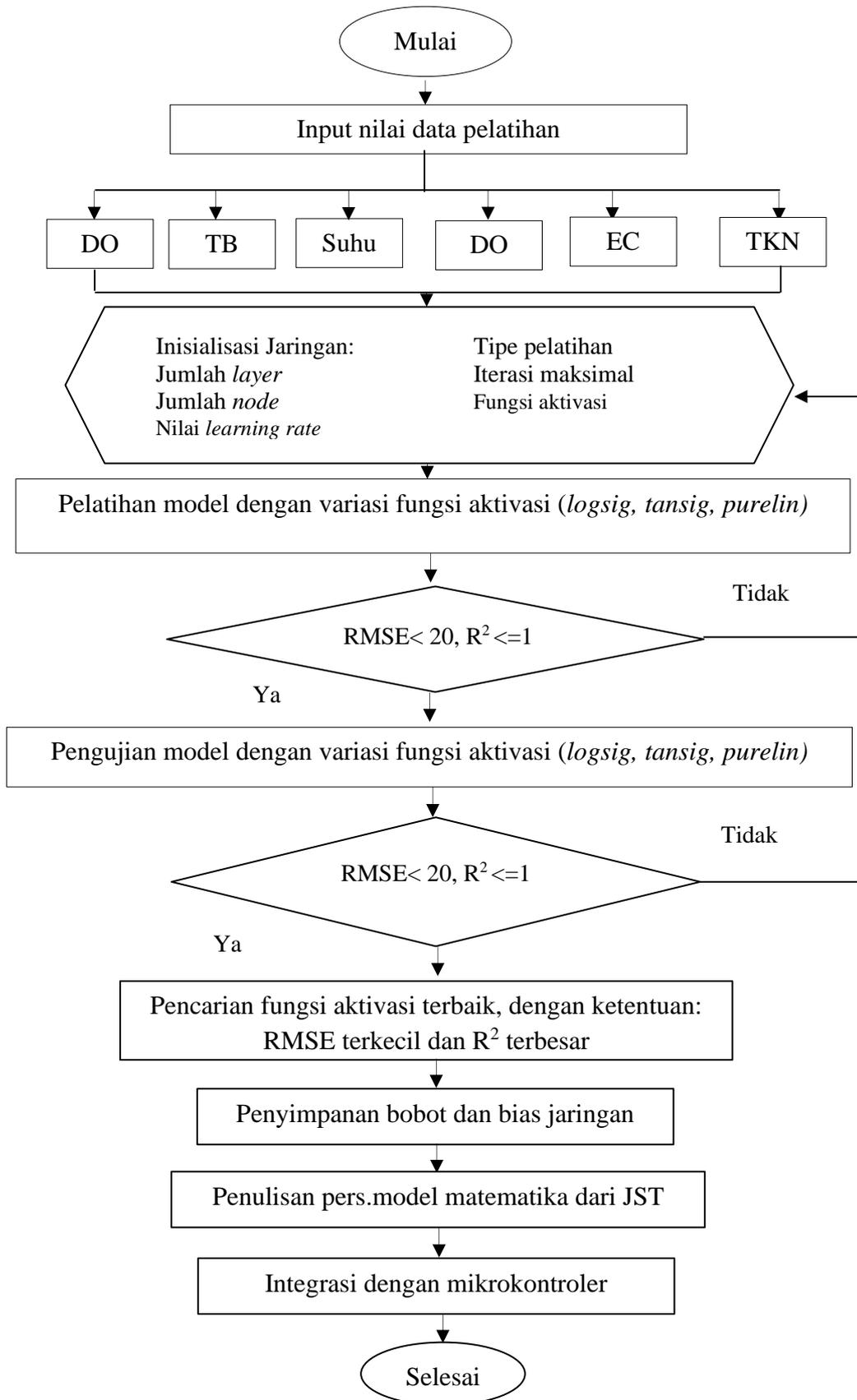
Gambar 3. Prosedur penelitian

3.5 Tahapan Penggunaan Aplikasi MATLAB

Tahapan dalam menggunakan aplikasi MATLAB terdiri dari beberapa langkah yang perlu dilakukan. Pada rancangan ini menggunakan *software Matlab version* (R2015a) dengan *toolbox* jaringan syaraf tiruan untuk melakukan pengembangan model matematika yang nantinya akan diintegrasikan ke dalam mikrokontroler dengan bantuan *software* Arduino.

3.5.1 Pengembangan Model Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan yang digunakan pada penelitian ini ialah tipe *backpropogation* . Berikut merupakan tahapan dari pengembangan model arsitektur jaringan syaraf tiruan yang dapat dilihat pada Gambar di bawah ini



Gambar 4. Pengembangan model Jaringan Saraf Tiruan (JST)

Pengembangan model jaringan syaraf tiruan dimulai dengan melakukan pelatihan terlebih dahulu. Tujuan pelatihan adalah untuk menghasilkan parameter-parameter JST dan bobot dari masing-masing aktivitas sesuai yang nantinya dilanjutkan ke dalam proses pengujian. Pelatihan meliputi satu siklus yang terdiri atas inisialisasi bobot awal, perhitungan nilai keluaran setiap lapisan dan penghitungan error yang terjadi. Mulainya tahap ini diawali dengan menginstal dan membuka aplikasi matlab versi R2015a, kemudian dilanjutkan dengan melakukan tahap inisialisasi jaringan yang salah satunya adalah menetapkan arsitektur jaringan awal agar proses pelatihan jaringan dapat dilakukan. Satu siklus pelatihan yang dilakukan disebut iterasi. Penelitian ini menggunakan jumlah iterasi sebesar 1000 dengan *Mean Square Error* (MSE) terkecil sebesar 0,00001. Nilai target error yang semakin kecil mengindikasikan nilai iterasinya akan semakin besar dan keakurasiannya juga semakin tinggi (Andiran Y.2014).

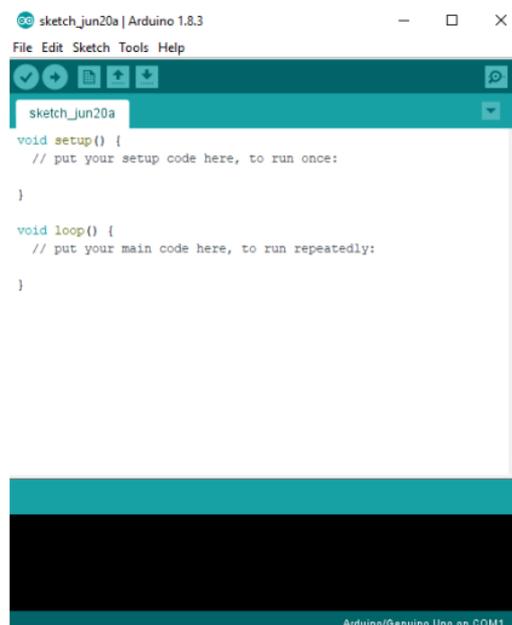
Lapisan -lapisan penyusun jaringan syaraf tiruan terdiri dari lapisan *input* (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*), dan lapisan *output* (*output layer*) (Sutojo, 2010). *Hiddenlayer* adalah salah satu lapisan yang jumlahnya ditentukan menurut kerumitan data yang diolah. *Hidden layer* dan node akan menjadi semakin banyak seiring dengan banyaknya data yang diinput (Karsoliya, 2012). Berdasarkan pernyataan di atas, pengembangan model jaringan syaraf tiruan pada penelitian ini menggunakan dua variasi *hidden layer* dengan jumlah node menyesuaikan jumlah input yang digunakan . Penentuan jumlah node dan *Hidden layer* dilakukan dengan mempertimbangkan bahwa data yang diolah pada penelitian ini tidak terlalu rumit dan banyak, sehingga digunakan node dan *Hidden layer* tersebut.

Nilai *learning rate* (LR) dimasukkan ke dalam inisialisasi jaringan setelah jumlah hidden layer dan node ditentukan. *Learning Rate* (α) didefinisikan sebagai pembelajaran dimana semakin besar *learning rate* mengindikasikan semakin besarnya langkah pembelajaran (Kusumadewi, 2014). Nilai *learning rate* (LR) yang memiliki kisaran angka antara 0,001 sampai 0,006 dianggap sebagai nilai yang optimal untuk pelatihan JST (Amini, 2008). Berdasarkan hal

tersebut, pada penelitian ini menggunakan nilai *learning rate* sebesar 0,0001. Pelatihan ini menggunakan tipe pelatihan *trainlm*. Terdapat beberapa tipe pelatihan pada JST, akan tetapi tipe pelatihan *trainlm* merupakan tipe pelatihan tercepat dan direkomendasikan jika dibandingkan dengan tipe pelatihan yang lain (Anandhi dkk, 2012). Berdasarkan teknisnya tipe pelatihan dibagi menjadi tipe dengan teknis heuristik dan tipe numeris. Tipe heuristik diantaranya pelatihan *traingda*, *traingdx*, dan *trainrp*, sedangkan tipe 40 pelatihan *trainoss*, *trianbfg*, dan *trainlm* merupakan algoritma dengan perbaikan menggunakan teknik numeris (Kusumadewi, 2014). Algoritma *trainlm* atau biasa dikenal algoritma Levenberg-Marquardt menggunakan pendekatan turunan kedua tanpa harus menghitung matriks Hessian.

3.5.2 Software Arduino

Program arduino uno menggunakan *software* Arduino. Arduino UNO merupakan board mikrokontroler berbasis ATmega328 (*datasheet*). Pada software Arduino terdapat Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yaitu lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan, dimana pada software inilah Arduino melakukan pemrograman untuk menggunakan fungsi-fungsi yang ditulis melalui sintaks pemrograman. *Sketch* merupakan tempat dalam penulisan program pada Arduino Software, dimana *sketch* ditulis dalam suatu editor teks. Tampilan program arduino dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Arduino

3.6 Pengujian Alat Ukur Cepat TKN

3.6.1 Kalibrasi

Sensor TKN diuji yang meliputi dua tahap yaitu kalibrasi dan validasi. Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan hasil akuisisi data dari pengukuran EC, suhu, Turbidity, pH, dan DO limbah aktual yang hasilnya didapatkan secara periodik. Pengukuran EC, suhu, Turbidity, DO, dan pH dilakukan secara langsung sebanyak dua kali pada tiap pengambilan sampel yang dilakukan di kolam limbah

pabrik kelapa sawit dan di laboratorium. Data pengukuran TKN aktual kemudian dihubungkan melalui metode matematis dengan data pengukuran suhu, EC, Turbidity, DO, dan pH dan metode matematis yang digunakan berupa metode matematika non-linear dan pendekatan jaringan syaraf tiruan. Hasil akumulasi error yang kecil diartikan bahwa tahap awal pada kalibrasi perancangan alat ukur cepat telah berjalan dengan baik, dan dapat dilanjutkan ke tahap validasi.

3.6.2 Validasi

Validasi rancangan sensor merupakan bagian dalam perakitan alat ukur cepat untuk menguji validitas antara rancangan alat ukur dengan nilai aktual. Adapun rancangan alat ukur yang telah divalidasi, diuji menggunakan :

a. *Root Mean Square Error* (RSME) dan *Relative Root Mean Square Error* (RRSME)

Perhitungan *Root Mean Square Error* dalam pengujian data validasi digunakan dengan tujuan untuk mengetahui besarnya kesalahan pendugaan dari alat ukur cepat yang dikembangkan. Berikut merupakan rumus perhitungan RSME :

$$RSME = [n^{-1} \sum_{i=1}^n |e_i|^2]^{1/2} \quad (1)$$

$$RRSME = \frac{[n^{-1} \sum_{i=1}^n |e_i|^2]^{1/2}}{\frac{1}{N} \sum y} \times 100 \% \quad (2)$$

dimana

n = jumlah data

e = nilai error

b. Uji koefisien determinasi (R^2)

Perhitungan koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk mengukur besarnya kontribusi variabel bebas terhadap variabel terikat yaitu data kalibrator dan data alat ukur cepat. Berikut merupakan rumus perhitungan koefisien determinasi :

$$R^2 = \frac{[n \sum xy - (\sum x) \cdot (\sum y)]^2}{\sqrt{\{n \sum x^2 - (\sum x)^2\} \cdot \{n \sum y^2 - (\sum y)^2\}}} \quad (3)$$

Keterangan :

n = jumlah data

$\sum x$ = jumlah data x

$\sum y$ = jumlah data y

3.7 Kolam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit

Pengambilan limbah cair kelapa sawit dilakukan langsung di PTPN VII Bekri Lampung. Limbah cair kelapa sawit diambil dari kolam-kolam pengolahan limbah cair yang diantaranya adalah kolam *cooling pond*, *fat pit*, dan kolam an aerob 1-5. Kolam *cooling pond* berfungsi untuk mendinginkan limbah. Kolam *fat pit* bertujuan untuk menyaring minyak yang tertinggal untuk kemudian mengalirkannya kembali ke unit pengolahan minyak mentah. Kolam an aerob berfungsi untuk mengolah limbah cair yang memiliki kandungan zat organik tinggi, yang pengolahannya dilakukan secara an aerob atau tidak menggunakan oksigen. Pengolahan pada kolam ini dilakukan oleh mikroorganisme secara alami yang meliputi tiga proses diantaranya proses hidrolisis, acidogenesis dan acetogenesis, dan methanogenesis. Pengambilan limbah cair kelapa sawit diambil sebanyak kurang lebih 5 liter pada masing-masing kolam.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai *RMSE* dan koefisien determinasi (R^2) dari beberapa hasil pelatihan model JST diantaranya adalah Input EC dengan aktivasi tansig-logsig-purelin memiliki nilai *RMSE* sebesar 18,08 dan R^2 sebesar 0,9042. Variasi dengan input EC dan suhu sebesar 11,48 dan 0,9144, variasi input EC, Suhu, pH sebesar 8,37 dan 0,975, variasi input EC, Suhu, DO, pH sebesar 0,9889 dan 6,096 dan variasi dengan 5 input dengan aktivasi logsig-tansig-logsig memiliki nilai sebesar 0,186 dan 1 .
2. Pelatihan model jaringan syaraf tiruan pada penelitian ini menggunakan dua hidden layer dengan node 2-2-1; 3-3-1; 1-1-1; 4-4-1 dan 5-5-1 menyesuaikan jumlah input yang digunakan pada saat pelatihan model. learning rate 0,001, tipe pelatihan yaitu tranlm dan jumlah epoch 1000. Proses pelatihan jaringan syaraf tiruan menggunakan 27 variasi fungsi aktivasi dari varian logsig, tansig, dan purelin.
3. Validasi model dengan menggunakan satu input (ec) mendapatkan nilai *RMSE* sebesar 29,64 mg/l dan *RRSME* sebesar 39,85. Validasi dengan input EC dan Suhu memiliki *RMSE* 11,49 dan *RRSME* sebesar 15,45. Validasi dengan input EC, Suhu, pH memiliki *RMSE* yaitu sebesar 15,48 dan *RRSME* sebesar 15,96. Validasi dengan 5 Input memiliki nilai *RMSE* yaitu sebesar 59,53 dan *RRSME* sebesar 76,60 %. Validasi dengan 4 input memiliki nilai *RMSE* sebesar 93,80 mg/l dan *RRMSE* sebesar 98,9 %

4. Hasil validasi terbaik dari beberapa variasi jumlah input adalah validasi dengan menggunakan 2 input (Suhu dan EC) dengan nilai *RMSE* sebesar 11.46 mg/l dan *RRSME* sebesar 15,45 %.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Menggunakan alat ukur kualitas air dengan nilai yang lebih tinggi dan praktis
2. Dilakukan percobaan analisis berulang dan tepat waktu agar mendapatkan nilai yang sesuai
3. melakukan pengenceran pada sampel serta memahami panduan pelaksanaan analisis sebelum melakukan analisis

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, F.N., Siswanto, B. & Nuraini, Y. 2015. Pengaruh pemberian berbagai jenis bahan organik terhadap sifat kimia tanah pada pertumbuhan dan produksi tanaman ubi jalar di Entisol Ngrangkah Pawon, Kediri. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 2(2), 237-244.
- Aisyah, D., Suyono., & Kurniatin, T. 2006. *Kesuburan Tanah dan Pemupukan*. Rr Print. Bandung.
- Anam, M., Mulyani, R., & Kurniawan, A. (2020). Pengaruh pH dan suhu terhadap produksi biogas dari limbah cair kelapa sawit menggunakan teknologi bioreaktor anaerob. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(1), 65-72.
- Anwar, B. 2011. Penerapan Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Dalam Memprediksi Tingkat Suku Bunga Bank. *Jurnal SAINTIKOM*, 10(2),130-140.
- BPS. Statistik kelapa sawit Indonesia 2018. Badan Pusat Statistik: Jakarta, Indonesia, 2018, Katalog 5504003.
- Bonnin, E.P., Biddinger, E.J., & Botte, G. 2008. Effect of Catalyst on Electrolysis of Ammonia Effluents. *Journal of Power Sources*, 182(1), 284-290.
- Erwandi, H. Nelvia. & Wawan. 2015. Pemberian abu boiler dan fosfat alam terhadap pertumbuhan bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di main nursery. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau*, 2(2),1-9.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2016. *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa Sawit Tahun 2015-2017*. <http://ditjenbun.pertanian.go.id>. 1 Desember 2018.
- Ghozali, I. 2016. *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 23*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Hair, Jr., Joseph F., et. Al. 2011. *Multivariate Data Analysis*. Prenticehall. New Jersey

- Hayawin., N.Z., Astimar, A.A., Anis, M., Ibrahim, M.H., Khalil, H.P.S.A., & Ibrahim, Z. 2012. Vermicomposting of Empty Fruit Bunch With Addition of Palm Oil Mill Effluent Solid. *Journal of Oil Palm Research*, 24(1), 1542-1549.
- Hayat, E. S., & Andayani, S. 2015. Pengelolaan limbah tandan kosong kelapa sawit dan aplikasi biomassa chromolaena odorata terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi serta sifat tanah sulfaquent. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah*, 17(2), 44-51.
- Hermawan. 2006. *Jaringan Syaraf Tiruan Teori dan Aplikasi*, Penerbit Andi Yogyakarta.
- Jorgensen, T.C., 2002. *Removal of Ammonia from wastewater by Ion Exchange in the Presence of Organic Compounds*, Master Thesis. University of Canterbury. Australia.
- Karsoliya, S., 2012. Approximating number of hidden layer neurons in multiple hidden layer BPNN architecture. *Int. J. Eng. Trends Technol.* 3, 714–717.
- Komarawidadja, W., S. Sukimin, dan E. Arman. 2005. Status Kualitas Air Waduk Cirata dan Dampaknya terhadap Pertumbuhan Ikan Budidaya. *Jurnal Teknik Lingkungan*. P3TL-BPPT, 6(1), 268-273.
- Kusumadewi, Sri. 2004. *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan MATLAB dan EXCEL link*. Graha Ilmu:Yogjakarta.
- Magomya, A.M., Kubmarawa, D., Ndahi.J.A.,&Yebpella. G.G. 2014. Determination of Plant Protein Via The Kjeldahl Method and Amino Acid Analysis: A Comparative Study. *International Journal of Scieentific & Technology Research*, 3 (4), ISSN 2277-8616.
- Maharani Dessy Wuryandari, I. A. 2012. Perbandingan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Dan Learning Vector Quantization Pada Pengenalan Wajah. *Jurnal Komputer dan Informatika (KOMPUTA)*, 1(1), 100-120.
- Maharani PL, Pamoengkas P, Mansur I. 2017. Pemanfaatan pome sebagai pupuk organik pada lahan pascatambang batubara. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 08 (3), 177-182.
- Majral Afkar., Khairun Nisah., HalimatunSaidah. 2020. Analisis Kadar Protein pada Tepung Jagung, Tepung Ubi Kayu dan Tepung Labu Kuning dengan Metode Kjeldahl, 1(3):108-113
- Malvino. 1985. *Prinsip-prinsip Komponen Elektronika*. Erlangga Jakarta.
- Mardawati, E., Soeprijanto, A., & Harsono, S. S. (2021). Pengolahan limbah cair kelapa sawit menggunakan proses koagulasi-flokulasi untuk mengurangi beban pencemaran limbah cair. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 14(1), 1-7.

- Murti, R. Setiya dan C. Maria H.P. 2014. Optimasi Waktu Reaksi Pembentukan Kompleks Indofenol Biru Stabil pada Uji N-Amonia Air Limbah Industri Penyamakan Kulit Dengan Metode Fenat. *Majalah Kulit, Karet, dan Plastik* 30 (1), 29-34
- Neti Triyanti. 2010. *Sensor Ultrasonik*. Kawan Pustaka. Jakarta.
- Novizan. 2002. *Petunjuk Pemupukan yang Efektif*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Nursanti I. 2013. Karakteristik limbah cair pabrik kelapa sawit pada proses pengolahan anaerob dan aerob. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 13(4), 67 – 73.
- Pakaja, F., Naba, A. & Purwanto, P. 2013. Peramalan Penjualan Mobil Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dan Certainty Factor. *Jurnal EECCIS*, 6(1), 23-28.
- Puspitaningrum. 2006. *Pengantar Jaringan Saraf Tiruan*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Raimon. 1993. *Perbandingan Metoda Destruksi Basah dan Kering Secara Spektrofotometri Serapan Atom, Lokakarya Nasional*. Jaringan Kerjasama Kimia Analitik Indonesia, Yogyakarta.
- Robinson, D.A., Jones, S.B., Wraith, J.M., Or, D., Friedman, S.P., 2003. A Review of Advances in Dielectric and Electrical Conductivity Measurement in Soils Using Time Domain Reflectometry. *Vadose Zone J.* 2, 444. <https://doi.org/10.2136/vzj2003.4440>
- Salmina. 2017. *Studi Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Padang*. Program Studi Pendidikan Geografi STKIP PGRI. Sumatera Barat.
- Siang, J.J, 2009. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan MATLAB*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Sihaloho, W.S. 2003. *Analisa Kandungan Amonia dari Limbah Cair Inlet dan Outlet dari Beberapa Industri Kelapa Sawit*. Skripsi. USU. Medan.
- Winoto, Ardi. 2010. *Mikrokontroler AVR ATmega8/32/16/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada WinAVR*. Bandung: Informatika.
- Yuna, R., Mardina, V. Evaluation of The Chemical Characteristics of Palm Oil Liquid Waste In Factory. *Jurnal Biologia Samudra* , 1(1), 1-8.
- Yonas R, Irzandi U, Satriadi H. 2012. Pengolahan limbah POME (Palm oil milleffluent) dengan menggunakan mikroalga. *Jurnal teknologi kimia dan industry*, 1 (1): 7 – 13.