

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Hasil Penelitian Terdahulu

1. Saputra (2018) Tujuan dari penelitian “Penurunan TSS Air Limbah Laboratorium Rumah Sakit Menggunakan Metode Elektrokoagulasi” adalah untuk mengetahui bagaimana dampak pengolahan limbah cair rumah sakit akibat elektrokoagulasi. Berdasarkan temuan penelitian, efisiensi TSS mungkin turun sebanyak 51% pada kondisi pengoperasian tertentu, termasuk perubahan waktu kontak 10 menit, tegangan 24V/5A, dan luas penampang elektroda 200 cm².
2. Subuharni (2023) Pada penelitian yang berjudul “Penurunan Kadar TSS dan BOD Pada Pengolahan Limbah Cair Tahu Dengan Metode Elektrokoagulasi”. Kadar TSS dan BOD diukur pada tegangan 12 volt dan jarak elektroda 2 cm selama 40, 45, dan 50 menit. Penurunan kadar TSS terbesar sebesar 90,05% dan BOD sebesar 70,89% selama 50 menit ditunjukkan oleh temuan analitis.

Tabel II.1 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Variabel	Perbedaan
1.	Saputra, 2018	Penurunan TSS Air Limbah Laboratorium Rumah Sakit Menggunakan Metode Elektrokoagulasi	Variabel Bebas: Beda potensial atau tegangan arus DC 12V/5A, 12V/10A, 24/5A, dan 24V/10A Luas penampang elektroda	Perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu terletak pada air limbah, beda potensial, dan waktu kontak
2.	Subuharni, 2023	Penurunan Kadar TSS dan BOD Pada Pengolahan Limbah Cair Tahu Dengan Metode Elektrokoagulasi	Variabel Bebas: Waktu Kontak Variabel Terikat: Kadar TSS dan BOD	Perbedaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian terdahulu terletak pada waktu kontak dan parameter dimana peneliti yang akan dilakukan hanya menggunakan satu parameter saja yaitu TSS

3	Eva Munawaroh, 2024	Penurunan Kadar TSS (<i>Total Suspended Solid</i>) Menggunakan Metode Elektrokoagulasi Dengan Variasi Lama Waktu Kontak Pada Limbah Cair Tahu	Kadar (<i>Total Solid</i>) Variasi Kadar limbah cair tahu setelah perlakuan Variabel Pengganggu:	Variabel Bebas: Waktu kontak 50,55,60 menit Variabel terikat: Kadar TSS limbah cair setelah perlakuan Variabel Pengganggu:	Perbedaan penelitian yang dilakukan dengan penelitian terdahulu adalah variasi waktu, beda potensial, dan jumlah air limbah yang digunakan
---	---------------------	---	--	--	--

B. Tinjauan Teori

1. Air Limbah

Limbah adalah produk sampingan dihasilkan dari proses manufaktur di lingkungan rumah tangga atau industri. Sampah merupakan fenomena tidak diinginkan yang merusak lingkungan alam karena dianggap kurang memiliki kelayakan ekonomi. Limbah industri dihasilkan dari kegiatan industri yang dihasilkan dari proses langsung dan tidak langsung. Limbah dari kegiatan industri secara langsung mengacu pada kehadiran produk dan limbah secara bersamaan dalam proses produksi. Sebaliknya, pemborosan tidak langsung terjadi sebelum atau sesudah proses produksi (Arief, 2016).

2. Limbah Cair Tahu

Limbah tahu, yang merupakan produk sampingan yang dihasilkan selama proses produksi tahu dan pencucian kedelai, ada dalam bentuk padat dan cair. Limbah padat industri yang berasal dari proses ini belum mengalami dampak yang signifikan, terutama karena potensi

pemanfaatannya sebagai pakan ternak. Air berfungsi sebagai elemen penting dalam tahap pencucian dan perebusan kedelai untuk produksi tahu. Akibatnya, sejumlah besar limbah cair juga dihasilkan sebagai hasil dari beberapa aplikasi air dalam prosedur pembuatan tahu. Limbah cair industri, umumnya dikenal sebagai “limbah tahu,” menunjukkan beban polutan yang tinggi. Polusi yang disebabkan oleh limbah cair dalam industri tahu muncul dari sisa-sisa pencucian kedelai, perendaman kedelai, air produksi tahu sebelumnya, dan air perendaman tahu sebelumnya. Kehadiran bahan organik dalam air limbah ini, jika dilepaskan tidak diolah ke lingkungan akuatik penerima, dapat mengakibatkan beragam jenis polusi, termasuk rasa dan bau yang tidak diinginkan, bersama dengan penurunan konsentrasi oksigen terlarut pada air. Efek buruk dapat mengganggu kehidupan organisme yang menghuni air, karena keberadaannya terkait erat dengan lingkungan sekitarnya. Paparan polusi yang terus menerus pada akhirnya menghasilkan kematian organisme yang tinggal di air, sehingga mengubah kondisi air menjadi keadaan anaerob (Agung R & Winata, 2017).

3. Pengelompokan Limbah

Menurut Suharto (2011) dalam (Listyaningrum, 2022) Kategorisasi limbah berdasarkan keadaan fisik atau bentuknya dapat dibagi lagi menjadi empat kategori yang berbeda, yaitu limbah cair, limbah padat, limbah gas, dan limbah suara. Klasifikasi limbah cair mencakup empat kelompok yang berbeda, yaitu sebagai berikut:

- a. Air limbah domestik, mengacu pada limbah cair yang dihasilkan dari daerah perumahan, bangunan, perusahaan komersial, dan ruang kantor. Kategori ini mencakup berbagai jenis limbah cair seperti air sabun, air limbah yang dihasilkan dari kegiatan laundry, serta air tinja yang dihasilkan dari limbah manusia.
- b. Air limbah industri, yang berkaitan dengan limbah cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri. Kategori ini mencakup berbagai

bahan limbah cair, termasuk pewarna sisa dari industri tekstil, air yang dibuang dari pabrik pengolahan makanan, dan cairan sisa dari kegiatan pengolahan daging, buah, atau sayuran.

- c. Infiltrasi dan aliran masuk, yang mengacu pada limbah cair yang menyusup ke sistem saluran pembuangan dari berbagai sumber. Hal ini bisa terjadi melalui limpahan dari permukaan. Infiltrasi terjadi ketika limbah cair masuk ke sistem saluran pembuangan karena terjadi kerusakan pada pipa, sedangkan aliran masuk dapat terjadi ketika bagian saluran terbuka atau ketika mereka terhubung ke permukaan. Contoh sumber yang berkontribusi terhadap infiltrasi dan aliran masuk termasuk air limbah dari talang a, sistem pendingin udara di bangunan komersial, serta kegiatan pertanian.
- d. Air hujan, sebagai limbah cair yang dihasilkan dari pergerakan air hujan di atas permukaan tanah, memiliki kapasitas untuk mengangkut partikel limbah padat atau cair saat bergerak. Sangat penting untuk dicatat bahwa air hujan, setelah mengalir di permukaan tanah, dapat mengasimilasi berbagai bentuk polutan, sehingga berubah menjadi limbah cair. Singkatnya, kategorisasi limbah berdasarkan bentuknya memungkinkan pemahaman komprehensif tentang berbagai jenis limbah yang ada. Dengan mengklasifikasikan limbah cair ke dalam empat kelompok yang berbeda ini air limbah rumah tangga, air limbah industri, infiltrasi dan aliran masuk, dan air hujan kita dapat menilai dan mengelola dampak lingkungan yang terkait dengan pembuangan limbah cair dengan lebih baik. Pengetahuan ini sangat penting dalam mengembangkan strategi pengelolaan limbah yang efektif yang memprioritaskan keberlanjutan dan pelestarian sumber daya alam kita. Akibatnya, sangat penting untuk melakukan penelitian dan analisis lebih lanjut untuk meningkatkan pemahaman kita tentang berbagai jenis limbah cair ini dan potensi implikasinya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia.

4. Proses Pengolahan Limbah

Proses produksi tahu menimbulkan sejumlah besar limbah padat, khususnya dalam bentuk bubur tahu. Produk sampingan ini, umumnya dikenal sebagai ampas tahu, banyak ditemukan di Indonesia. Selain itu, mudah diakses, murah, dan mudah diperoleh. Wilayah Indonesia memiliki surplus bahan limbah ini. Akibatnya, jika pabrik pembuatan tahu mengakui fakta bahwa produk sampingan ini telah mengalami pemrosesan, itu dapat sangat meningkatkan pertumbuhan ternak dan meningkatkan kualitas pakan ternak. Pada catatan lain, limbah cair tahu adalah jenis limbah yang berasal dari bahan tanaman yang mudah terurai. Dari sudut pandang kimia dan fisik, jika limbah ini dibiarkan tetap berada di lingkungan, itu akan selalu mencemari dan mencemari ekosistem sekitarnya. Mengingat hal ini, ada beberapa metode yang umum digunakan untuk mengatasi air limbah yang mengandung sejumlah besar bahan organik (Tanjung et al., 2023).

a. Secara Fisik

Proses pemilihan bahan kedelai dengan tujuan memisahkannya dari campuran kontaminan biasanya terjadi pada tahap awal penanganan. Agar proses filtrasi efektif dan menghilangkan kontaminan yang ada, sifat fisik bahan kedelai harus diperhatikan dengan cermat.

b. Secara Kimia

Pengolahan kimia menggunakan bahan kimia yang berbeda untuk menangani berbagai aspek proses pengolahan air limbah. Misalnya asam sulfat, asam klorida, asam fosfat, dan batu kapur yang biasa digunakan untuk menetralkan air limbah. Hal ini memastikan bahwa pH air limbah tetap dalam batas yang dapat diterima. Selain itu, bahan kimia juga digunakan untuk mempercepat proses pengendapan. Dalam proses ini, logam berat dinetralkan dengan memasukkan bahan kimia tertentu yang memungkinkan terjadinya pengendapan ikatan garam. Proses

pengendapan ini memungkinkan endapan logam berat dapat dipisahkan dari larutan bening bebas logam berat. Selain itu, penggunaan zat seperti polialuminium klorida, besi sulfat, dan aluminium sulfat mendorong proses flokulasi di mana padatan tersuspensi menggumpal membentuk gumpalan besar. Flokulasi ini memungkinkan padatan tersuspensi mengendap lebih mudah dan mendukung seluruh proses pengolahan.

c. Secara Biologis

Pengolahan air limbah tahu memainkan peran penting dalam pengelolaan lingkungan. Pemanfaatan mikroorganisme adalah pendekatan yang layak untuk secara efisien memecah zat organik yang ada dalam air limbah. Mikroorganisme yang terlibat dalam proses ini beragam dan termasuk alga, jamur, dan bakteri. Mikroorganisme ini mampu mengubah zat organik dalam kondisi aerobik dan anaerobik. Akibat transformasi ini, koloid dalam air limbah berubah menjadi sel. Sel-sel berat alami ini mengendap di samping lumpur, membuatnya lebih mudah untuk dipisahkan dari air limbah. Beberapa metode biologis spesifik yang digunakan untuk pengolahan air limbah tahu meliputi proses lumpur aktif, lapisan tritis, penggunaan laguna, dan tangki kedap air.

5. TSS

TSS mengacu pada zat padat yang dapat mengakibatkan penurunan kadar oksigen dalam badan air. Analisis dan evaluasi padatan yang ada dalam air memainkan peran penting dalam menentukan komposisi dan konstituen air. Jumlah TSS terkait erat dengan kejernihan dan kecerahan air secara keseluruhan. Kehadiran padatan tersuspensi menghalangi penetrasi sinar cahaya ke dalam air, sehingga menyebabkan korelasi terbalik antara TSS dan kecerahan relatif air.

Kadar TSS dalam badan air berpotensi menghalangi sinar matahari ke dalam kolom air, akibatnya menyebabkan gangguan dalam proses fotosintesis. Gangguan dalam fotosintesis ini selanjutnya dapat

mengakibatkan pengurangan jumlah oksigen yang diproduksi dan dilepaskan oleh tanaman air, berdampak pada ekosistem secara keseluruhan. TSS ada dalam bentuk suspensi, terdiri dari partikel koloid atau partikel tersuspensi, dengan klasifikasi mereka berdasarkan ukuran partikel yang ada di lingkungan akuatik. TSS adalah ukuran massa lumpur kering kumulatif yang tersisa di air limbah setelah prosedur filtrasi menggunakan membran 0,45 um. Nilai biasanya ditunjukkan dalam miligram per liter (mg/L). Ketidaklarutan dan ketidakmampuan untuk mengendap secara spontan adalah ciri khas partikel padat ini, yang berkontribusi pada kekeruhan atau kekeruhan yang diamati dalam sampel air. Adanya total suspended solid tidak hanya mempengaruhi kualitas air secara estetika, tetapi juga menyebabkan masalah dalam proses pengolahan air dan dampak negatif pada lingkungan. Padatan tersuspensi mencakup partikel yang relatif lebih berat dan lebih kecil ukurannya daripada sedimen, termasuk zat organik tertentu, tanah liat, dan erosi tanah yang dihasilkan dari berbagai faktor seperti erosi tanah yang disebabkan oleh proses alami (Rohman, 2016).

6. Elektrokoagulasi

a. Pengertian

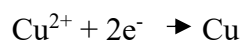
Elektrokoagulasi melibatkan aliran arus listrik searah melalui air untuk mendestabilisasi suspensi, emulsi, dan larutan yang mengandung kontaminan. Proses ini menyebabkan gumpalan-gumpalan sehingga mudah dipisahkan. Elektrokoagulasi adalah proses elektrolisis yang memerlukan daya listrik, konduktor listrik, dan elektroda. Daya listrik yang diperlukan dari arus searah (DC), dan konduktor listriknya adalah larutan elektrolit air yang akan diolah dan elektroda biasanya terbuat dari aluminium, yang bersifat koagulan. Pada proses elektrokoagulasi, elektroda berfungsi dalam menyampaikan arus listrik atau menghantarkan arus listrik ke dalam larutan sehingga terbentuk reaksi kimia dalam (Lestari & Agung, 2014).

b. Mekanisme Elektrokoagulasi

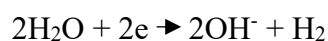
Reaksi oksidasi-reduksi adalah reaksi kimia yang terjadi selama proses elektrokoagulasi. Oksigen masuk ke dalam air selama proses ini dan menambahkan zat pereduksi untuk melakukan proses reduksi. Kedua proses ini terjadi karena reaksi yang terjadi pada elektroda ketika arus listrik searah dengan tegangan tertentu masuk.

Fenomena elektrokimia terjadi ketika sepasang elektroda direndam dalam larutan elektrolit dan mengalami aliran arus listrik yang terus menerus. Ini termasuk pergerakan ion bermuatan negatif (anion) menuju anoda, di mana mereka melepaskan elektron dalam keadaan teroksidasi, dan ion bermuatan positif (kation) menuju katoda, di mana mereka menerima elektron dalam keadaan tereduksi. Pada dasarnya, tujuan proses oksidasi-reduksi adalah untuk destabilisasi ion yang memungkinkan pengendapan lebih mudah dan meminimalkan sifat racun ion.

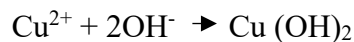
Terjadi reaksi reduksi di katoda (elektroda negatif) :



Terjadi reaksi reduksi di anoda (elektroda positif):



Jika listrik searah (direct current) dialirkan ke dalam sel elektrokoagulasi, reaksi reduksi ion Cu^{2+} akan terjadi. Proses oksidasi air menjadi gas oksigen (O_2) akan berlangsung di anoda tembaga, sedangkan proses reduksi air menjadi gas hidrogen (H_2) akan terjadi secara bersamaan. Pada anoda, ion Cu^{2+} yang dihasilkan dari pembubaran tembaga akan mengalami reduksi yang difasilitasi oleh ion hidroksida (OH^{-}) untuk menghasilkan reaksi kimia sebagai berikut. Reaksi ini menunjukkan interaksi reaksi oksidasi dan reduksi dalam elektrolisis air, menyoroti prinsip-prinsip dasar elektrokimia.



Flok $\text{Cu}(\text{OH})_2$ diproduksi di anoda karena reaksi kimia yang terjadi, yang mengarah ke agregasi partikel tersuspensi dan akhirnya menghasilkan klarifikasi air. Proses ini melibatkan pembentukan tembaga hidroksida, yang memainkan peran penting dalam menghilangkan kotoran dari air dengan menyebabkannya mengendap, sehingga meningkatkan kualitas air secara keseluruhan. Selain itu, gumpalan polutan akan mengampung dipermukaan karena terbentuknya buih-buih gas oksigen dan hidrogen pada saat terjadinya pengolahan. Proses elektroflotasi adalah proses di mana gelembung gas yang terbentuk selama proses elektrolisis mengapung ke permukaan (Rachmawati et al., 2016).

c. Faktor-faktor yang mempengaruhi elektrokoagulasi

Menurut Mollah (2001) dalam (Fauzi et al., 2019) yaitu:

1) Kerepatan Arus Listrik:

Ion bermuatan akan membentuk flok lebih cepat jika kerapatan arus meningkat. Jumlah arus listrik yang melewati suatu sistem berhubungan langsung dengan jumlah zat yang dihasilkan sebagai hasil operasi, menunjukkan korelasi yang jelas antara aliran listrik dan pembangkitan material.

2) Waktu:

Menurut hukum Faraday, waktu kontak selama proses elektrolisis terkait langsung dengan jumlah muatan listrik yang melewati sistem. Ini menunjukkan bahwa waktu kontak meningkat atau berkurang sehubungan dengan jumlah muatan yang mengalir.

3) Tegangan:

Karena potensial yang ada di elektrolit, arus listrik yang bertanggung jawab atas transformasi elektrokimia bergerak melintasi elektrolit. Karena ini, antarmuka antara logam dan media sekitarnya sangat penting.

4) Kadar keasaman (pH) :

Gas hidrogen dan ion hidroksida dihasilkan sebagai hasil elektrolisis air selama proses elektrokoagulasi. Jumlah gas hidrogen dan ion hidroksida yang dihasilkan dipengaruhi secara langsung oleh durasi kontak, yang menyebabkan produksi meningkat seiring bertambahnya waktu kontak.

7. Analisis *Anova One Way*

Analisis varians (ANOVA) adalah metode analisis statistik yang berada di bawah cabang statistik inferensial. Ini digunakan untuk membandingkan rata-rata antara beberapa kelompok. Metode ini dapat digunakan untuk menguji perbedaan antar kelompok dalam percobaan yang melibatkan lebih dari dua kelompok. Metode ini disebut dengan nama lain dalam literatur Indonesia, seperti analisis varians, analisis ragam, dan analisis variasi. Metode analisis varians didasarkan pada masalah Fisher's Behrens, jadi uji F juga digunakan untuk membuat berbagai keputusan. Dengan menambahkan variabel lain, seperti faktor intervensi atau variabel kontrol, analisis varians cukup mudah diubah.

Dalam penelitian yang lebih kompleks, analisis varians dapat dikembangkan untuk berbagai desain eksperimental yang lebih kompleks, seperti desain faktorial, desain blok, atau desain acak lengkap. Selain itu, analisis ini digunakan dalam banyak bidang, termasuk eksperimen laboratorium, periklanan, psikologi, dan masyarakat, karena masih terkait dengan analisis regresi, yang memungkinkan variabel independen untuk memprediksi variabel dependen. Oleh karena itu, analisis varians merupakan metode penting dalam statistik inferensial dan banyak digunakan dalam penelitian ilmiah (Meimaharani, 2013).

Rumus :

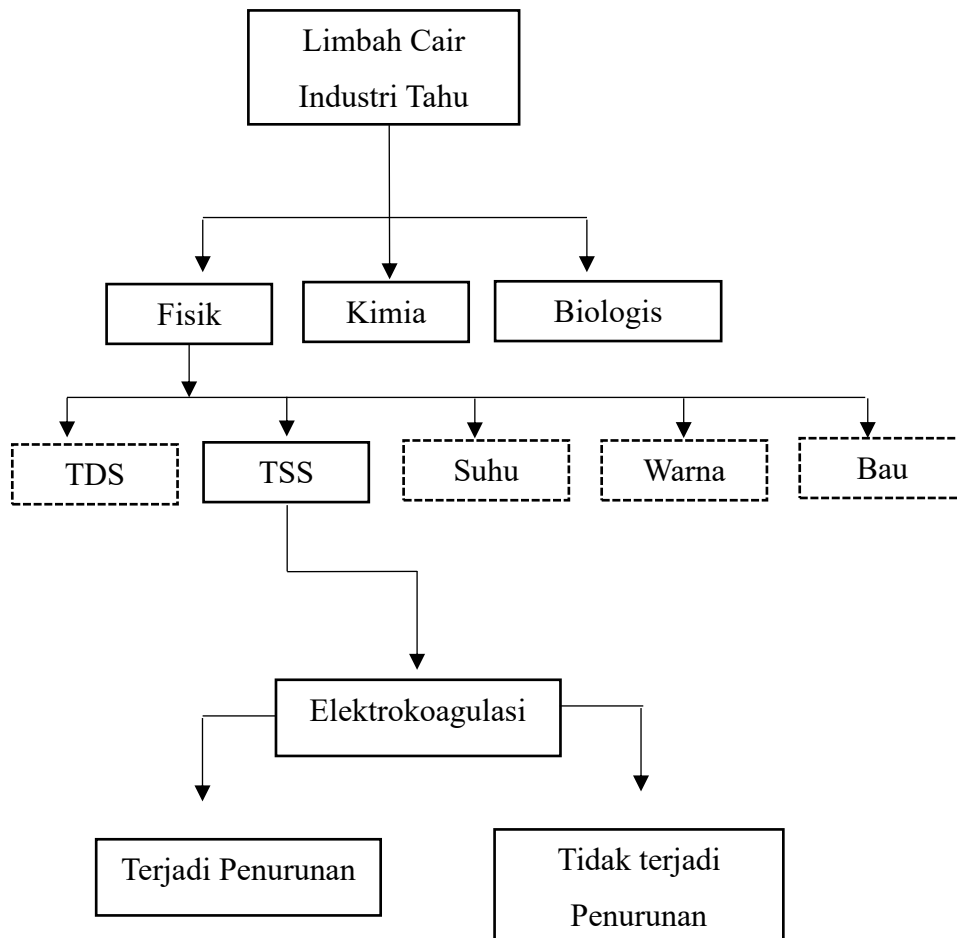
$$\text{JKP} \quad : \sum \frac{(\sum x_i)^2}{nk} - \frac{(\sum \sum x_i)^2}{N}$$

$$\text{JKT} \quad : \sum \sum X_i^2 - \frac{(\sum \sum x_i)^2}{N}$$

$$\text{JKS} \quad : \text{JKT} - \text{JKP}$$

C. Kerangka Teori

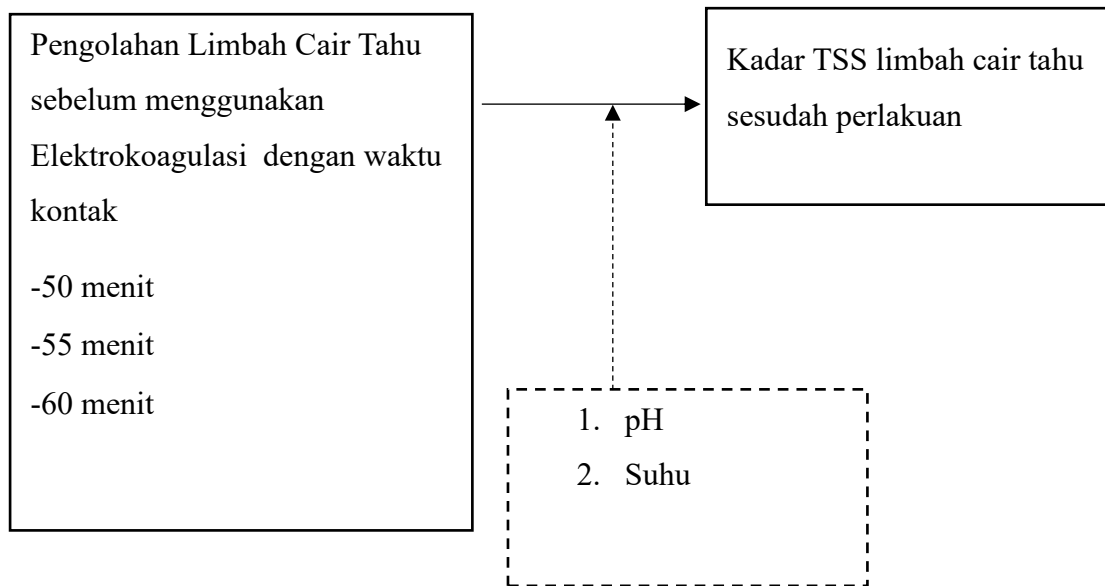
Kerangka teori penurunan kadar TSS menggunakan metode elektrokoagulasi dengan variasi lama waktu kontak pada limbah cair tahu adalah sebagai berikut:



Gambar II.1 Kerangka Teori

D. Kerangka Konsep

Kerangka konsep penurunan kadar TSS menggunakan metode elektrokoagulasi dengan variasi lama waktu kontak pada limbah cair tahu adalah sebagai berikut:



Gambar II.2 Kerangka Konsep