



INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

JALAN GANESHA NO. 10 Gedung Labtek V Lantai 2 ☎ (022)2508135-36, 📠 (022)2500940
BANDUNG 40132

Dokumentasi Produk Tugas Akhir

Lembar Sampul Dokumen

Judul Dokumen	TUGAS AKHIR TEKNIK ELEKTRO: PENGUJIAN EFISIENSI FILTER MOF
Jenis Dokumen	SPESIFIKASI <small>Catatan: Dokumen ini dikendalikan penyebarannya oleh Prodi Teknik Elektro ITB</small>
Nomor Dokumen	B200-TA2324.01.004
Nomor Revisi	004
Nama File	B200-TA2324.01.004-004
Tanggal Penerbitan	29 Desember 2023
Unit Penerbit	Prodi Teknik Elektro - ITB
Jumlah Halaman	13 (termasuk lembar sampul ini)

Data Pemeriksaan dan Persetujuan

Ditulis Oleh	Nama	Elmo Ryaner Panggabean	Jabatan	Mahasiswa
	Tanggal	29 Desember 2023	Tanda Tangan	
	Nama	Muhammad Raihan Elfazri	Jabatan	Mahasiswa
	Tanggal	29 Desember 2023	Tanda Tangan	
	Nama	Gilbert Ng	Jabatan	Mahasiswa
	Tanggal	29 Desember 2023	Tanda Tangan	
Diperiksa	Nama	Ir. Akhmadi Surawijaya,	Jabatan	Dosen Pembimbing
Oleh	Tanggal	S.T, M.Eng. 29 Desember 2023	Tanda Tangan	
Disetujui	Nama	Ir. Akhmadi Surawijaya,	Jabatan	Dosen Pembimbing
Oleh	Tanggal	S.T, M.Eng. 29 Desember 2023	Tanda Tangan	

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	2
CATATAN SEJARAH PERBAIKAN DOKUMEN	3
1 PENGANTAR	4
1.1 RINGKASAN ISI DOKUMEN	4
1.2 TUJUAN PENULISAN DAN APLIKASI/KEGUNAAN DOKUMEN	4
1.3 REFERENSI	4
1.4 DAFTAR SINGKATAN.....	4
2 SPESIFIKASI.....	5
2.1 SPESIFIKASI PRODUK	5
2.1.1 Spesifikasi #1.....	5
2.1.2 Spesifikasi #2.....	5
2.1.3 Spesifikasi #3.....	6
2.1.4 Spesifikasi #4.....	6
2.1.5 Spesifikasi #5.....	6
2.1.6 Spesifikasi #6.....	6
2.1.7 Spesifikasi #7.....	7
2.1.8 Spesifikasi #8.....	7
2.1.9 Spesifikasi #9.....	7
2.1.10 Spesifikasi #10.....	7
2.1.11 Spesifikasi #11.....	7
2.1.12 Spesifikasi #12.....	8
2.2 TABEL SPESIFIKASI PRODUK	9
2.3 VERIFIKASI.....	10
2.3.1 Spesifikasi #1.....	10
2.3.2 Spesifikasi #2.....	10
2.3.3 Spesifikasi #3.....	10
2.3.4 Spesifikasi #4.....	10
2.3.5 Spesifikasi #5.....	11
2.3.6 Spesifikasi #6.....	11
2.3.7 Spesifikasi #7.....	11
2.3.8 Spesifikasi #8.....	11
2.3.9 Spesifikasi #9.....	12
2.3.10 Spesifikasi #10.....	12
2.3.11 Spesifikasi #11.....	12
2.3.12 Spesifikasi #12.....	12
3 LAMPIRAN.....	13

Catatan Sejarah Perbaikan Dokumen

VERSI, TGL, OLEH	PERBAIKAN
1.3, 29 Desember 2023	Revisi berdasarkan komentar dosen pembimbing (Spesifikasi produk)
1.2, 27 Desember 2023	Revisi: Nilai akurasi
1.1, 24 Oktober 2023	Revisi: Spesifikasi #13 (portabilitas) dihapus, nilai temperatur, dan nilai kecepatan aduk
1.0, 18 Oktober 2023	Dokumen dibuat

1 Pengantar

1.1 Ringkasan Isi Dokumen

Dokumen B200 ini merupakan perincian spesifikasi dari kelompok TA232401004 terkait pengembangan solusi untuk permasalahan pengujian filter air limbah tekstil yang memakan waktu karena berbagai tahapan pengujian yang perlu dijalankan secara terpisah. Kelompok TA232401004 bermaksud mengembangkan suatu modul yang mengintegrasikan tahapan-tahapan pengujian filter air limbah. Penjelasan detail terkait spesifikasi produk dirinci dalam dokumen ini.

1.2 Tujuan Penulisan dan Aplikasi/Kegunaan Dokumen

Dokumen B200 ini dibuat dengan maksud sebagai panduan untuk memberikan gambaran umum terkait spesifikasi dari solusi yang hendak dirancang. Selain itu, dokumen ini juga dibuat dengan maksud sebagai bentuk dokumentasi segala progres dan revisi selama pengerjaan Tugas Akhir I. Dokumen B200 ditujukan kepada dosen pembimbing tugas akhir dan tim tugas akhir Program Studi Teknik Elektro ITB sebagai salah satu komponen penilaian Tugas Akhir I, serta kepada semua pihak (dalam lingkup STEI ITB) yang ingin mengembangkan produk-produk lain yang serupa sebagai bahan referensi.

1.3 Referensi

- [1] Yohan, Y., Astuti, F., & Wicaksana, A., *Pembuatan Spektrofotometer Edukasi untuk Analisis Senyawa Pewarna Makanan*. Jurnal Chemica Et Natura Acta: Banten (2018).
- [2] Oliveros, E., Legrini, O., Hohl, M., Müller, T., & Braun, A. M. *Industrial wastewater treatment: large scale development of a light-enhanced Fenton reaction*. Chemical Engineering and Processing: Karlsruhe (1997).
- [3] Hachem, C., Bocquillon, F., Zahraa, O., & Bouchy, M. *Decolourization of textile industry wastewater by the photocatalytic degradation process*. De'partement de Chimie Physique des Re'actions: Nancy Cedex (2001).
- [4] Zanoni, T. B., Cardoso, A. A., Zanoni, M. V. B., & Ferreira, A. A. P. *Exploratory study on sequestration of some essential metals by indigo carmine food dye*. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences: Sao Paulo (2010).
- [5] Lin, Z., Zhang, C., Su, P., Lu, W., Zhang, Z., Wang, X., Hu, W. *Fenton Process for Treating Acrylic Manufacturing Wastewater: Parameter Optimization, Performance Evaluation, Degradation Mechanism*. MDPI: Beijing (2022).
- [6] <https://drive.google.com/drive/folders/1z60zjEvFjkQNUP3BMnAVKr6sG0W9MANr>, diakses 23 Oktober 2023, 20.27.

1.4 Daftar Singkatan

SINGKATAN	ARTI
a.u.	Absorbance Unit
EF	Electro-Fenton
PPNN	Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi
rpm	Revolusi per menit

2 Spesifikasi

2.1 Spesifikasi Produk

Tabel 1 Karakteristik Produk

No	Karakteristik Produk
1	Produk dapat mengintegrasikan tahapan-tahapan pengujian absorbansi filter
2	Produk dapat mengukur absorbansi filter
3	Produk dapat mengendalikan keberjalanan dan parameter uji untuk pengujian filter
4	Produk dapat melakukan pengukuran berulang
5	Produk dapat menguji absorbansi filter dengan akurasi yang tidak berbeda jauh dengan pengujian konvensional

2.1.1 Spesifikasi #1

Berdasarkan karakteristik produk 1, diperlukan integrasi tahapan-tahapan dapat pengujian absorbansi filter yang meliputi persiapan sampel, proses pemfilteran, dan proses pengukuran hasil pemfilteran. Spesifikasi #1 ini terkait dengan bagian persiapan sampel.

Produk dapat menyimpan sampel air limbah dalam bejana dengan volume 200 – 250 mL. Spesifikasi volume ini didasarkan pada jumlah volume sampel yang dibutuhkan dan terkait dengan manufakturabilitas. Bejana dengan volume 200 – 250 mL mudah ditemukan di pasaran dan sampel sejumlah 200 – 250 mL cukup untuk melakukan pengujian absorbansi filter.

2.1.2 Spesifikasi #2

Berdasarkan karakteristik produk 1, diperlukan integrasi tahapan-tahapan dapat pengujian absorbansi filter yang meliputi persiapan sampel, proses pemfilteran, dan proses pengukuran hasil pemfilteran. Spesifikasi #2 ini terkait dengan bagian pemfilteran.

Produk memiliki reaktor untuk proses pemfilteran dengan volume 200 – 250 mL. Spesifikasi volume reaktor ini didasarkan pada jumlah volume sampel dari penyimpanan sampel dan terkait dengan manufakturabilitas. Bejana dengan volume 200 – 250 mL mudah ditemukan di pasaran dan volume reaktor cukup menyesuaikan dengan volume penyimpanan sampel.

2.1.3 Spesifikasi #3

Berdasarkan karakteristik produk 1, diperlukan integrasi tahapan-tahapan dapat pengujian absorbansi filter yang meliputi persiapan sampel, proses pemfilteran, dan proses pengukuran hasil pemfilteran. Spesifikasi #3 ini terkait dengan bagian pemfilteran.

Produk memiliki reaktor yang tahan terhadap larutan pH 1-10. Reaktor merupakan tempat proses pemfilteran berlangsung, melibatkan sampel air limbah dan filter. Dalam proses Fenton Reaction, pH memiliki pengaruh terhadap absorbansi filter. ^[2] Umumnya proses Fenton Reaction dilakukan dalam kondisi lingkungan yang asam (pH ~ 3) agar pemfilteran maksimal, tetapi dapat juga divariasikan bergantung pada jenis limbah yang diolah. Produk ini ke depannya akan digunakan untuk mengolah limbah tekstil yang cenderung memiliki pH rendah (asam). Oleh karena itu, dibutuhkan reaktor yang tahan terhadap lingkungan dengan variasi pH 1 – 10 (utamanya asam).

2.1.4 Spesifikasi #4

Berdasarkan karakteristik produk 1, diperlukan integrasi tahapan-tahapan dapat pengujian absorbansi filter yang meliputi persiapan sampel, proses pemfilteran, dan proses pengukuran hasil pemfilteran. Spesifikasi #4 ini terkait dengan bagian pengukuran hasil pemfilteran.

Produk memiliki alat ukur konsentrasi zat pewarna dengan rentang spektrum *visible light* (380 – 740 nm). Sampel air limbah tekstil memiliki warna yang beragam, mulai dari ungu/violet, biru, hijau, kuning, jingga, hingga merah (spektrum dalam rentang terlihat). Peneliti tentunya membutuhkan produk yang versatil sehingga dapat melakukan pengujian untuk berbagai variasi warna limbah tekstil. Untuk itu, diperlukan alat ukur yang dapat mengukur konsentrasi zat pewarna sepanjang spektrum *visible light* (380 – 740 nm). ^[3]

2.1.5 Spesifikasi #5

Berdasarkan karakteristik produk 2, diperlukan suatu produk yang dapat melakukan pengukuran absorbansi filter. Spesifikasi #5 ini terkait dengan nilai yang diukur dan batas pengukurannya.

Produk dapat mengukur konsentrasi zat pewarna dalam sampel hasil filter dalam bentuk nilai absorbansi hingga 0,5 a.u. Spesifikasi ini didasarkan pada hasil pengukuran absorbansi zat pewarna indigo carmine dengan spektrofotometer di lab PPNN ITB. ^[6] Pengujian dilakukan untuk berbagai variasi konsentrasi zat pewarna. Dari pengamatan kualitatif, air yang tergolong bersih adalah konsentrasi 10^{-6} mol/L. Oleh karena itu, digunakan data absorbansi untuk konsentrasi 10^{-5} mol/L yang masih relatif berwarna sebagai batas ukur (sekitar 0,5 a.u.).

2.1.6 Spesifikasi #6

Berdasarkan karakteristik produk 2, diperlukan suatu produk yang dapat melakukan pengukuran absorbansi filter. Spesifikasi #6 ini terkait dengan penyimpanan data hasil pengukuran absorbansi filter.

Produk dapat menyimpan data hasil pengukuran absorbansi filter secara local dalam memori pada mikrokontroler. Dialokasikan kapasitas memori pada mikrokontroler untuk menyimpan data. Data yang disimpan tersebut diharapkan dapat dipindahkan ke komputer atau laptop dan diolah untuk penelitian lebih lanjut.

2.1.7 Spesifikasi #7

Berdasarkan karakteristik produk 3, diperlukan suatu produk yang dapat mengendalikan keberjalanan dan parameter uji untuk pengujian filter. Spesifikasi #7 ini terkait dengan pengendalian keberjalanan sistem.

Produk dapat mengatur keberjalanan proses pemfilteran dengan perintah *start* dan *stop*. Produk diharapkan memberikan keleluasaan kepada peneliti untuk mengatur kapan sistem bekerja dan kapan sistem berhenti bekerja sesuai dengan kebutuhan riset. Perintah *start* akan memulai proses dalam produk, sedangkan perintah *stop* akan menghentikan proses dalam produk.

2.1.8 Spesifikasi #8

Berdasarkan karakteristik produk 3, diperlukan suatu produk yang dapat mengendalikan keberjalanan dan parameter uji untuk pengujian filter. Spesifikasi #8 ini terkait dengan pengendalian energi kinetik selama pemfilteran.

Produk dapat mengatur parameter energi kinetik dalam reaktor dengan kecepatan aduk hingga 2000 rpm. Kecepatan aduk adalah faktor yang memengaruhi cepat reaksi fenton yang terjadi dengan mempercepat pelarutan serta membantu dalam mencapai keseragaman temperatur dan homogenitas larutan sampel.^[5]

2.1.9 Spesifikasi #9

Berdasarkan karakteristik produk 3, diperlukan suatu produk yang dapat mengendalikan keberjalanan dan parameter uji untuk pengujian filter. Spesifikasi #9 ini terkait dengan pengendalian temperatur selama pemfilteran.

Produk dapat mengatur temperatur dalam reaktor dengan rentang 25°C (temperatur ruangan) sampai 55°C. Selain energi kinetik, temperatur juga merupakan salah satu faktor yang memengaruhi reaksi fenton. Rentang temperatur dalam reaktor ini dimaksudkan untuk menjaga kondisi sampel yang diukur selama satu sesi pengukuran.^[5]

2.1.10 Spesifikasi #10

Berdasarkan karakteristik produk 3, diperlukan suatu produk yang dapat mengendalikan keberjalanan dan parameter uji untuk pengujian filter. Spesifikasi #10 ini terkait dengan pengendalian kecepatan alir.

Produk dapat mengatur kecepatan (*flow rate*) inlet hingga 0,05 – 2 mL/s dan kecepatan outlet hingga 0,05 – 2 mL/s. Spesifikasi ini berdasarkan pada volume kuvet dan terkait dengan manufakturabilitas. *Flow rate* dipilih untuk mencegah *overflow* pada kuvet dan didasarkan pada spesifikasi pompa yang tersedia di pasaran.

2.1.11 Spesifikasi #11

Berdasarkan karakteristik produk 4, diperlukan suatu produk yang dapat melakukan pengukuran berulang, baik dalam satu sesi dan banyak sesi. Spesifikasi #11 ini terkait dengan kapabilitas produk dalam pengukuran berulang.

Produk dapat melakukan pengukuran berulang dalam satu sesi pengujian dan dapat digunakan hingga banyak kali sesi pengujian dengan kondisi normal untuk memastikan bahwa produk dapat bertahan dan bekerja dengan baik dalam setiap kondisi. Perlu dibuat grafik tingkat kegagalan terhadap waktu agar keandalan produk dapat dianalisis lebih lanjut.

2.1.12 Spesifikasi #12

Berdasarkan karakteristik produk 5, diperlukan suatu produk yang dapat menguji absorbansi filter dengan akurasi yang tidak berbeda jauh dengan pengujian konvensional. Spesifikasi #12 ini terkait dengan akurasi pengukuran produk.

Produk dapat melakukan pengukuran dengan akurasi hingga 90% dibandingkan dengan pengukuran konvensional. Spesifikasi ini didasarkan pada contoh alat ukur absorbansi (spektrofotometer portabel) ^[1] dan pengujian di lab PPNN ITB ^[6]. Dari alat ukur pertama, terlihat untuk alat sederhana yang dibuat memiliki akurasi yang relatif tinggi ~90% dengan tingkat presisi yang tinggi ~90%. Kemudian dari hasil pengukuran absorbansi di lab PPNN puncak absorbansi dari air yang relatif berwarna (konsentrasi 10^{-5} mol/L) adalah 0,1549 a.u., sedangkan puncak absorbansi dari air yang relatif jernih (konsentrasi 10^{-6} mol/L) adalah 0,023 a.u. Dari hasil yang diperoleh dalam referensi tersebut, galat sebesar 10% dapat ditoleransi dalam produk ini.

2.2 Tabel Spesifikasi Produk

Tabel 2 Spesifikasi Produk

No	Karakteristik Produk	Spesifikasi	Rincian
1	Produk dapat mengintegrasikan tahapan-tahapan pengujian absorbansi filter	Volume penyimpanan sampel	Volume bejana untuk menyimpan sampel air limbah sebesar 200 – 250 mL
		Volume reaktor filter	Volume reaktor untuk proses pemfilteran sebesar 200 – 250 mL
		Durabilitas reaktor	Reaktor tahan terhadap larutan dengan pH 1 – 10
		Pengukuran	Mengukur sampel dengan rentang spektrum <i>visible light</i> (380 – 740 nm)
2	Produk dapat mengukur absorbansi filter	Metode dan hasil pengukuran	Konsentrasi zat pewarna dalam sampel hasil filter diukur dalam nilai absorbansi hingga 0,5 a.u.
		Penyimpanan data hasil pengukuran	Data hasil pengukuran absorbansi filter dapat disimpan secara lokal
3	Produk dapat mengendalikan keberjalanannya dan parameter uji untuk pengujian filter	Keberjalanannya proses pemfilteran	Proses pemfilteran dapat diatur keberjalanannya dengan perintah 'start' dan 'stop'
		Parameter energi kinetik	Proses pemfilteran dapat diiringi dengan pengadukan hingga kecepatan 2000 rpm
		Parameter temperatur	Temperatur dalam reaktor dapat diatur dalam rentang 25°C – 55°C
		Parameter kecepatan alir	Kecepatan inlet dan outlet larutan dapat diatur dalam rentang 0,05 – 2 mL/s
4	Produk dapat melakukan pengukuran berulang dalam satu sesi pengujian	Frekuensi pengukuran berulang	Pengukuran dapat dilakukan secara kontinu dalam satu sesi pengujian
5	Produk dapat menguji absorbansi filter dengan akurasi yang tidak berbeda jauh dengan pengujian konvensional	Akurasi hasil pengukuran absorbansi cahaya	Akurasi hasil pengukuran bernilai 80% dibandingkan metode konvensional

2.3 Verifikasi

2.3.1 Spesifikasi #1

Tabel 3 Verifikasi spesifikasi #1

Hal	Volume Penyimpanan Sampel
Rincian	200 – 250 mL
Metode Pengukuran	Gelas Ukur
Prosedur Pengujian	Menuangkan air yang sudah diukur sebanyak 200 – 250 mL dari gelas ukur ke dalam beker penyimpanan sampel

2.3.2 Spesifikasi #2

Tabel 4 Verifikasi spesifikasi #2

Hal	Volume Reaktor Filter
Rincian	200 – 250 mL
Metode Pengujian	Gelas Ukur
Prosedur Pengujian	Menuangkan air yang sudah diukur sebanyak 200 – 250 mL dari gelas ukur ke dalam reaktor filter

2.3.3 Spesifikasi #3

Tabel 5 Verifikasi spesifikasi #3

Hal	Durabilitas pH Reaktor
Rincian	Tahan terhadap larutan dengan pH 1 – 10
Metode Pengujian	Pengujian Manual
Prosedur Pengujian	Pengujian dengan memasukkan larutan yang memiliki pH 1 (asam kuat) dan larutan yang memiliki pH 10 (basa) ke dalam reaktor kemudian setelah beberapa waktu melihat dampaknya terhadap kondisi reaktor.

2.3.4 Spesifikasi #4

Tabel 6 Verifikasi spesifikasi #4

Hal	<i>Range</i> Pengukuran
Rincian	Rentang spektrum <i>visible light</i> (380 – 740 nm)
Metode Pengujian	Sensor Cahaya
Prosedur Pengujian	Pengujian dengan menggunakan sensor cahaya untuk mengetahui rentang spektrum <i>visible light</i> yang mampu dideteksi oleh produk.

2.3.5 Spesifikasi #5

Tabel 7 Verifikasi spesifikasi #5

Hal	Metode dan Hasil Pengukuran
Rincian	Pengukuran konsentrasi dengan absorbansi hingga 0,5 a.u.
Metode Pengujian	Spektrofotometer Konvensional
Prosedur Pengujian	Membandingkan hasil pengukuran dari produk dengan hasil pengukuran dari spektrofotometer konvensional.

2.3.6 Spesifikasi #6

Tabel 8 Verifikasi spesifikasi #6

Hal	Penyimpanan Data
Rincian	Menyimpan data untuk ~100 kali pengukuran dengan size ~100kB untuk satu hasil pengukuran
Metode Pengujian	Pengujian transfer data
Prosedur Pengujian	Dilakukan pengujian absorbansi berulang kali hingga diperoleh kumpulan data hasil pengukuran yang akan disimpan dalam memori pada mikrokontroler.

2.3.7 Spesifikasi #7

Tabel 9 Verifikasi spesifikasi #7

Hal	Keberjalanan Proses Pemfilteran
Rincian	Dapat diatur dengan 'start' dan 'stop'
Metode Pengujian	<i>Manual Start & Stop</i>
Prosedur Pengujian	Melakukan pengujian secara manual dengan harapan saat menekan tombol 'start' proses pemfilteran mulai bekerja, sedangkan saat menekan tombol 'stop' proses pemfilteran berhenti bekerja. Pengujian dapat berbentuk log data dari pemakaian alat, atau perhitungan waktu yg dibutuhkan dari alat start hingga selesai eksperimen.

2.3.8 Spesifikasi #8

Tabel 10 Verifikasi spesifikasi #8

Hal	Energi Kinetik
Rincian	Pengaduk dengan kecepatan hingga 2000 rpm
Metode Pengujian	Tachometer
Prosedur Pengujian	Pengaduk akan dipasang dengan tachometer dan dinyalakan untuk menguji rentang kecepatan rotasi pengaduk tersebut.

2.3.9 Spesifikasi #9

Tabel 11 Verifikasi spesifikasi #9

Hal	Pengendalian Temperatur
Rincian	Rentang temperatur 25°C – 55°C
Metode Pengujian	Pengujian dengan Thermometer
Prosedur Pengujian	Produk akan menggunakan sensor temperature untuk mengendalikan temperatur. Pengujian parameter ini dilakukan secara manual dengan thermometer.

2.3.10 Spesifikasi #10

Tabel 12 Verifikasi spesifikasi #10

Hal	Debit Sampel
Rincian	Kecepatan alir inlet dan outlet dalam rentang 0,05 – 2 mL/s
Metode Pengujian	Flow Sensor
Prosedur Pengujian	Melakukan pengukuran secara manual dengan mengalirkan sampel inlet dan/atau outlet ke dalam beker dalam satu rentang waktu kemudian mengukur debit dengan persamaan V/t .

2.3.11 Spesifikasi #11

Tabel 13 Verifikasi spesifikasi #11

Hal	Frekuensi Pengukuran Berulang
Rincian	Pengukuran dalam satu sesi pengujian dan pengujian total
Metode Pengujian	<i>Reliability Testing</i>
Prosedur Pengujian	Menggunakan produk untuk satu sesi pengujian dan lebih kemudian mengevaluasi kemampuan produk untuk melakukan pengukuran berulang dan memetakan grafik <i>failure rate</i> untuk analisis lebih lanjut.

2.3.12 Spesifikasi #12

Tabel 14 Verifikasi spesifikasi #12

Hal	Akurasi hasil pengukuran absorbansi cahaya
Rincian	Minimal 90%
Metode Pengujian	Perbandingan dengan Spektrofotometer Konvensional
Prosedur Pengujian	Membandingkan hasil pengukuran menggunakan produk dengan hasil pengukuran dari spektrofotometer konvensional.

3 Lampiran