No. Dok: 6067
Copy : 1

U
539-72.
Wan
P

PEMBUATAN KOMPOSIT NANOPARTIKEL TiO_2-N/ NANOSELULOSA MELALUI METODE ULTRASONIKASI

DI PUSAT PENELITIAN KIMIA
LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
(November 2019 - November 2020)

TUGAS AKHIR

Oleh
EDWIN WAHID
NIM: 1516050

DATA BUKU PERPUSTAKAAN

Tgl Terima	12/04/2022
No Induk Buku	172/TGP/SB/22



PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
2020

SUMBANGAN ALUMNI

Dipindai dengan CamScanner

PEMBUATAN KOMPOSIT NANOPARTIKEL TiO_2-N/ NANOSELULOSA MELALUI METODE ULTRASONIKASI

DI PUSAT PENELITIAN KIMIA
LEMBAGA ILMU PENGETAHUAN INDONESIA
(November 2019 - November 2020)

TUGAS AKHIR

Karya tulis sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta

Oleh
EDWIN WAHID
NIM: 1516050



PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I
2020

Dipindai dengan CamScanner

ABSTRAK

PEMBUATAN KOMPOSIT NANOPARTIKEL TiO_2-N/ NANOSELULOSA MELALUI METODE ULTRASONIKASI

Oleh
Edwin Wahid
NIM: 1516050
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Nanoselulosa (NC) berbasis tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang dikompositkan dengan TiO_2 merupakan agen pendegradasi pewarna yang baik. Akan tetapi keterbatasan sifat fotokatalitik TiO_2 yang hanya efektif pada sinar UV, maka diperlukan modifikasi lebih lanjut agar aktivitas lebih efektif sebagai pendegradasi pewarna pada sinar matahari. TiO_2 dimodifikasi dengan urea sebagai sumber nitrogen untuk membentuk TiO_2-N dengan metode ultrasonikasi. Dua sumber TiO_2 yang akan digunakan yaitu nano-TiO_2 ($nTiO_2$) serta TiO_2 teknis yang telah dioptimasi pada proses *milling*-TiO_2 ($mTiO_2$). Pemilihan $mTiO_2$ dimaksudkan memberikan alternatif TiO_2 yang lebih murah dibandingkan $nTiO_2$. Tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui pengaruh rasio massa NC/$nTiO_2$-N, NC/$mTiO_2$-N, NC-$nTiO_2$ dan NC-$mTiO_2$ terhadap efisiensi degradasi pewarna tekstil menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Rasio massa NC/$nTiO_2$-N yang diamati pada penelitian ini yaitu 4:1:0; 4:1:0,25; 4:1:0,5; 4:1:0,75 dan rasio massa NC/$mTiO_2$-N yaitu 2:1:0; 2:1:0,25; 2:1:0,5; 2:1:0,75 serta rasio massa NC-$nTiO_2$ dan NC-$mTiO_2$ adalah 1:1; 2:1 dan 4:1. Dalam penelitian ini NC/$nTiO_2$-N, NC/$mTiO_2$-N, NC-$nTiO_2$ dan NC-$mTiO_2$ dibentuk menjadi lembaran membran film yang akan melalui beberapa proses yaitu adsorpsi dan fotokatalitik. Hasil penelitian menghasilkan nilai efisiensi degradasi pewarna pada proses adsorpsi-fotokatalitik dengan pewarna *methylene orange* (MO) rasio massa NC-$nTiO_2$ sebesar 99,96% dan rasio massa NC-$mTiO_2$ sebesar 42,05%. Secara keseluruhan penambahan $nTiO_2$ dapat meningkatkan efisiensi degradasi pewarna lebih besar dibandingkan dengan $mTiO_2$.

Kata kunci: tandan kosong kelapa sawit (TKKS), TiO_2, ultrasonikasi, adsorpsi, fotokatalitik, degradasi pewarna.

Dipindai dengan CamScanner

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

PEMBUATAN KOMPOSIT NANOPARTIKEL TiO_2-N/ NANOSELULOSA MELALUI METODE ULTRASONIKASI

Edwin Wahid
NIM: 1516050
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, November 2020

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer

Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng.
NIP.198505112014022001

Dosen Pembimbing

Syaiful Ahsan, S.T., M.T.
NIP.198407162014021001

Dipindai dengan CamScanner

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN

PEMBUATAN KOMPOSIT NANOPARTIKEL N-TiO_2/ NANOSELULOSA MELALUI METODE ULTRASONIKASI

Edwin Wahid
NIM: 1516050
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, November 2020

Pembimbing Tugas Akhir

Athanasia Amanda Septevani, Ph.D.
NIP.198409022009122005

Dipindai dengan CamScanner

HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR

PEMBUATAN KOMPOSIT NANOPARTIKEL TiO_2-N/ NANOSELULOSA MELALUI METODE ULTRASONIKASI

Edwin Wahid
NIM: 1516050
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, November 2020

Penguji 1	Penguji 2
Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM.	**Reviana Inda Dwi Suyatmo, S.T., M.Eng**
NIP.195702141985031002	NIP.198911202018012001

Dosen Pembimbing

Syaiful Ahsan, S.T., M.T.
NIP.198407162014021001

Dipindai dengan CamScanner

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR

PEMBUATAN KOMPOSIT NANOPARTIKEL TiO_2-N/ NANOSELULOSA MELALUI METODE ULTRASONIKASI

Edwin Wahid
NIM: 1516050
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, November 2020

Penguji 1	Penguji 2
Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM.	**Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng.**
NIP.195702141985031002	NIP.198505112014022001
Penguji 3	**Dosen Pembimbing**
Ir. Roosmariharso, MBA.	**Syaiful Ahsan, S.T., M.T.**
NIDK.8873590019	NIP.198407162014021001

Dipindai dengan CamScanner

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama	: Edwin Wahid
NIM	: 1516050
Program Studi	: Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya buat dengan judul Pembuatan Komposit Nanopartikel TiO_2-N/ Nanoselulosa Melalui Metode Ultrasonikasi.

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang diatas, maka tugas akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, November 2020



Edwin Wahid

Dipindai dengan CamScanner

KATA PENGANTAR

Puji syukur panjatkan kepada Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya penyusun dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul "Pembuatan Komposit Nanopartikel TiO_2-N/Nanoselulosa Melalui Metode Ultrasonikasi". Penyusunan laporan ini merupakan salah satu syarat pelaksanaan tugas akhir Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta. Penelitian ini dilakukan di Pusat Penelitian Kimia LIPI dengan jangka waktu selama 12 bulan.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan laporan tugas akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis yang selalu mendukung dan mendoakan.
2. Dr. Mustofa, S.T., M.T., selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
3. Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
4. Ella Melyna, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
5. Syaiful Ahsan, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir di Politeknik STMI Jakarta.
6. Dosen Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
7. Athanasia Amanda Septevani, Ph.D., selaku pembimbing tugas akhir di Pusat Penelitian Kimia LIPI.
8. Kak Gita Novi Ariani selaku asisten pembimbing tugas akhir di Pusat Penelitian Kimia LIPI.
9. Kak Farhan Riza dan Rahmat Hidayat selaku pemilik data spektrofotometri UV-Vis yang telah mengizinkan penulis untuk dianalisis pada laporan tugas akhir.
10. Ibu Bachdarisma Nellawati Nur selaku saudara penulis yang telah memberikan bantuan finansial selama perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir.
11. Teman-teman Program Studi Teknik Kimia Polimer khususnya angkatan 2016.

Dipindai dengan CamScanner

12. Teman-teman penelitian Laboratorium Polimer dan Laboratorium KOICA, Pusat Penelitian Kimia LIPI.

Akhir kata penulis berharap agar laporan tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, November 2020

Penulis

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR ISI

ABSTRAK i
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING PENELITIAN iii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR iv
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR v
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR LAMPIRAN xi
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG xiv

BAB I PENDAHULUAN 1
I.1 Latar Belakang 1
I.2 Rumusan Masalah 3
I.3 Batasan Masalah 3
I.4 Tujuan Penelitian 4
I.5 Manfaat Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
II.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit 5
II.2 Selulosa 6
II.3 Nanoselulosa 7
II.4 Titanium Dioksida (TiO_2) 10
II.5 Nitrogen 11
II.6 Nanokomposit Nanoselulosa/ TiO_2-N 12
II.7 Efisiensi Degradasi 13
II.8 Karakterisasi Spektrofotometri UV-Vis 13

BAB III METODE 15
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian 15
III.2 Alat dan Bahan 15
III.2.1 Alat 15
III.2.2 Bahan 16
III.3 Variabel 16
III.3.1 Variabel Tetap 16
III.3.2 Variabel Bebas 17
III.4 Prosedur 18
III.4.1 Prosedur Delignifikasi Nanoselulosa TKKS 19
III.4.2 Prosedur Hidrolisis 19
III.4.3 Prosedur Dialisis 20

Dipindai dengan CamScanner

III.4.4 Prosedur Pembuatan Lembar Membran Film 21
III.4.5 Prosedur Adsorpsi dan Fotokalitik 21

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 23
IV.1 Efisiensi degradasi adsorpsi NC-nTiO_2 dan NC-mTiO_2 pada berbagai variasi rasio massa 23
IV.2 Efisiensi degradasi fotokatalitik NC-nTiO_2 dan NC-mTiO_2 dengan pewarna MO 25

BAB V PENUTUP 27
V.1 Kesimpulan 27
V.2 Saran 27

DAFTAR PUSTAKA 28

LAMPIRAN 32

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Lembar Permohonan Tugas Akhir 33
Lampiran B Lembar Penugasan Dosen Pembimbing 34
Lampiran C Dokumentasi Alat, Bahan, Proses Penelitian dan Hasil Sampel Produk Penelitian 35
Lampiran D Data Perhitungan Rasio Massa NC/nTiO_2-N dan NC/mTiO_2-N 41
Lampiran E Data Perhitungan Rasio Massa NC-nTiO_2 dan NC-mTiO_2 pada Proses Adsorpsi-Fotokatalitik 43

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Struktur molekul selulosa 6
Gambar II.2 Penampakan bentuk nanoselulosa menggunakan TEM 9
Gambar III.1 Prosedur penelitian 18
Gambar IV.1 Kurva perubahan efisiensi (%) terhadap waktu (menit) dengan rasio massa NC-nTiO_2 yang bervariasi pada proses adsorpsi 24
Gambar IV.2 Kurva perubahan efisiensi (%) terhadap waktu (menit) dengan rasio massa NC-mTiO_2 yang bervariasi pada proses adsorpsi 24
Gambar IV.3 Kurva perubahan efisiensi (%) terhadap waktu (menit) pada proses adsorpsi dan fotokatalitik dengan rasio massa NC-nTiO_2 4:1 dan NC-mTiO_2 2:1 methylene orange (MO) 25
Gambar IV.4 Perubahan warna saat proses adsorpsi-fotokatalitik degradasi pewarna pada methylene orange (MO) 26

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR TABEL

Tabel II.2 Ringkasan jenis turunan selulosa 8
Tabel II.3 Perbandingan struktur dan sifat fisik TiO_2 *rutile* dan *anatase* 10
Tabel III.1 Komposisi rasio massa NC/nTiO_2-N 17
Tabel III.2 Komposisi rasio massa NC/mTiO_2-N 17
Tabel III.3 Komposisi rasio massa NC-nTiO_2 17
Tabel III.4 Komposisi rasio massa NC-mTiO_2 17

Dipindai dengan CamScanner

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
CNC	*Cellulose Nanocrystals*	8
DP	Derajat Polimerisasi	7
EBG	Energi Band Gap	12
LIPI	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia	14
MCC	*Microrystalline Cellulose*	8
MFC	*Microfibrillated Cellulose*	8
MO	*Methylene Orange*	2
$mTiO_2$	*Milling* Titanium Dioksida	3
N	Nitrogen	2
NC	Nanoselulosa	1
$NC/nTiO_2$-N	Nanoselulosa/ nano Titanium Dioksida-Nitrogen	3
$NC/mTiO_2$-N	Nanoselulosa/ *milling* Titanium Dioksida-Nitrogen	3
$NC\text{-}mTiO_2$	Nanoselulosa-*milling* Titanium Dioksida	3
$NC\text{-}nTiO_2$	Nanoselulosa-nano Titanium Dioksida	3
NCC	*Nanocrystalline Cellulose*	2
NCP	Hidrolisis Asam Fosfat	9
NCS	Hidrolisis Asam Sulfat	9
NFC	*Nanofibrilated Cellulose*	8
$nTiO_2$	Nano Titanium Dioksida	3
PF	*Plant Fiber*	8
PUSPIPTEK	Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi	14
TKKS	Tandan Kosong Kelapa Sawit	1
TiO_2-N	Titanium dioksida-Nitrogen	2
UV-Vis	*Ultraviolet-Visible*	2
WF	*Wood Fiber*	8

LAMBANG		
α	*Alpha*	7
Å	Angstrom	7
β	*Beta*	7
γ	*Gamma*	7

Dipindai dengan CamScanner

MILIK PERPUSTAKAAN STMI
Membaca : Ibadah, Mengambil : Dosa

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Limbah cair merupakan hasil samping dari proses produksi yang dikeluarkan oleh industri tekstil yang mengandung berbagai zat pewarna yang sulit terdegradasi bagi lingkungan. Saat ini sekitar lima belas persen dari total produksi zat pewarna dikeluarkan sebagai limbah industri tekstil. Pelepasan limbah zat pewarna tersebut ke lingkungan merupakan sumber polusi yang sangat berbahaya. Namun seiring dengan meningkatnya standar lingkungan internasional berbagai sistem teknologi atau metode untuk menanggulangi limbah yang dihasilkan oleh limbah zat pewarna telah dikembangkan (Wijaya dkk., 2005).

Penanggulangan pencemaran lingkungan dapat menggunakan material selulosa dari limbah biomassa yang berasal dari perkebunan kelapa sawit. Indonesia adalah penghasil minyak sawit terbesar di dunia, sejumlah besar residu padat sebanyak 43,24 juta ton dalam bentuk tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang dihasilkan setiap tahun dari industri minyak sawit. TKKS yang terdapat dalam limbah minyak sawit mengandung sekitar 40-43% selulosa, 22-25% hemiselulosa serta 19-21% lignin. Kandungan selulosa yang tinggi dalam TKKS merupakan potensi yang cukup besar untuk digunakan sebagai sumber daya potensial nanoselulosa (NC) (Septevani dkk., 2020).

Pembuatan nanoselulosa (NC) dengan hidrolisis asam dilakukan dengan menggunakan asam kuat. Prinsipnya, asam kuat yang memiliki sifat oksidator kuat dapat memecah ikatan pada daerah amorf sehingga menimbulkan pemendekan panjang rantai, penurunan berat molekul yang kemudian dapat dipisahkan antara daerah kristalin serta amorf dengan perbandingan berat molekul. Karakteristik nanoselulosa dari hidrolisis asam dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya sumber selulosa, jenis asam, konsentrasi asam, waktu reaksi serta temperatur hidrolisis. Hidrolisis menggunakan

Dipindai dengan CamScanner

asam sulfat menjadikan selulosa bermuatan negatif akibat terbentuknya sulfatasi pada selulosa (Pratama, 2016).

Nanoselulosa dikompositkan dengan TiO_2 sehingga dapat menjadi katalis fotokatalitik yang efektif dalam pembersihan pencemaran lingkungan. TiO_2 dipilih karena sifat fotokatalitik yang baik, stabilitas kimia yang tinggi, toksisitas rendah, ketersediaan yang mudah didapat dan harga yang terjangkau (Cultrera dkk., 2013). Nanoselulosa dengan TiO_2 secara efisien menganalisis degradasi molekul substrat untuk penurunan pewarna organik, penurunan tersebut secara bertahap terhadap waktu paparan yang ditunjukkan selama proses reaksi. Adanya nanoselulosa berperan penting dalam proses degradasi pewarna untuk memudahkan difusi dan adsorpsi molekul pewarna pada permukaannya (Goswami dkk., 2018).

Penambahan jumlah nitrogen pada TiO_2 (TiO_2-N) pada komposit selulosa nanokristalin (NCC) akan memiliki kemampuan penyerapan yang terlihat tinggi bila diamati dengan UV-Vis spektrofotometri dibandingkan dengan NCC dengan TiO_2 tanpa penambahan nitrogen yang hanya menunjukkan penyerapan dalam rentang UV (Chen dkk., 2016).

NCC dengan TiO_2 serta penambahan nitrogen (TiO_2-N) dikompositkan pada rasio massa (n(NCC)/ n(N)) 4:1, 4:2, dan 4:3. Rasio massa 4:2 memiliki aktivitas yang lebih baik di bawah radiasi cahaya matahari dibandingkan sintesis TiO_2 dengan nitrogen tanpa menggunakan NCC karena NCC membantu meningkatkan dispersitas komposit lebih baik, dan luas permukaan yang tinggi (Chen dkk., 2016). Penggunaan *milling* TiO_2 ($mTiO_2$) dengan penambahan nitrogen akan meningkatkan aktivitas fotokatalitik (Shifu dkk., 2005).

Efisiensi degradasi pewarna *methylene orange* (MO) diperoleh dengan menggunakan TiO_2 dilapisi dengan karbon aktif (TiO_2-AC) yang disiapkan dengan metode sol-gel (Zangeneh dkk., 2015). Pewarna MO sering digunakan dalam industri tekstil, aksesoris kulit dan furnitur (Goswami dkk., 2018). Pewarna MO dengan sinar matahari lebih

Dipindai dengan CamScanner

efektif dibandingkan pada sinar UV. Iradiasi sinar UV dan TiO_2 dapat meningkatkan degradasi fototakatalitik untuk menguraikan pewarna Azo (Zangeneh dkk., 2015).

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh rasio massa NC/nTiO_2-N terhadap efisiensi adsorpsi-fotokatalitik degradasi pewarna?
2. Bagaimana pengaruh rasio massa NC/mTiO_2-N terhadap efisiensi adsorpsi-fotokatalitik degradasi pewarna?
3. Bagaimana pengaruh rasio massa NC-nTiO_2 terhadap efisiensi adsorpsi-fotokatalitik degradasi pewarna?
4. Bagaimana pengaruh rasio massa NC-mTiO_2 terhadap efisiensi adsorpsi-fotokatalitik degradasi pewarna?

I.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan baku utama proses.
2. nTiO_2 yaitu nano-TiO_2.
3. mTiO_2 yaitu TiO_2 teknis yang telah dioptimasi dengan proses *milling*.
4. Modifikasi dengan penambahan nitrogen menggunakan urea.
5. NC/nTiO_2-N yaitu nanoselulosa/ nano-TiO_2 dengan penambahan nitrogen.
6. NC/mTiO_2-N yaitu nanoselulosa/ *milling*-TiO_2 dengan penambahan nitrogen.
7. NC-nTiO_2 yaitu nanoselulosa dengan nano-TiO_2.
8. NC-mTiO_2 yaitu nanoselulosa dengan *milling*-TiO_2.
9. Rasio massa NC/nTiO_2-N adalah 4:1:0; 4:1:0,25; 4:1:0,50; dan 4:1:0,75.
10. Rasio massa NC/mTiO_2-N adalah 2:1:0; 2:1:0,25; 2:1:0,50; dan 2:1:0,75.
11. Rasio massa NC-nTiO_2 dan NC-mTiO_2 adalah 1:1; 2:1 dan 4:1.
12. Metode ultrasonikasi digunakan untuk menurunkan ukuran nanoselulosa dengan bantuan gelombang ultrasonik.

Dipindai dengan CamScanner

13. Pengujian spektrofotometri UV-Vis digunakan untuk menentukan efisiensi degradasi pewarna.
14. Pewarna tekstil yang digunakan *methylene orange* (MO).

I.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh rasio massa NC/nTiO_2-N terhadap efisiensi adsorpsi-fotokatalitik degradasi pewarna.
2. Mengetahui pengaruh rasio massa NC/mTiO_2-N terhadap efisiensi adsorpsi-fotokatalitik degradasi pewarna.
3. Mengetahui pengaruh rasio massa NC-nTiO_2 terhadap efisiensi adsorpsi-fotokatalitik degradasi pewarna.
4. Mengetahui pengaruh rasio massa NC-mTiO_2 terhadap efisiensi adsorpsi-fotokatalitik degradasi pewarna.

I.5 Manfaat Penelitian

1. Untuk meningkatkan nilai ekonomis dari limbah tandan kosong kelapa sawit, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai produk bernilai tinggi.
2. Untuk memperoleh pengetahuan mengenai pengembangan material yang berbasis NC untuk menanggulangi pencemaran lingkungan, serta hasil yang dicapai akan bisa memberi pengetahuan mengenai cara untuk memodifikasi nTiO_2 dan mTiO_2 dengan urea pada komposit.

Dipindai dengan CamScanner

MILIK PERPUSTAKAAN STMI
Membaca : Ibadah, Mengambil : Dosa

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan tumbuhan industri sebagai bahan baku penghasil minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar. Kelapa sawit memiliki peranan penting dalam industri minyak yang dapat menggantikan kelapa sebagai sumber bahan bakunya. Menurut Hasibuan (2010) limbah kelapa sawit adalah sisa tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama atau merupakan hasil akhir dari pengolahan kelapa sawit. Berdasarkan tempat pembentukannya, limbah kelapa sawit digolongkan menjadi dua jenis, yaitu limbah perkebunan kelapa sawit dan limbah industri kelapa sawit. Limbah perkebunan kelapa sawit adalah limbah yang dihasilkan dari sisa tanaman yang tertinggal pada saat pembukaan areal perkebunan, peremajaan dan panen kelapa sawit. Kemudian limbah industri kelapa sawit adalah limbah yang dihasilkan pada saat proses pengolahan kelapa sawit. Limbah padat hasil pengolahan kelapa sawit berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan tempurung kelapa sawit

Limbah padat kelapa sawit berupa tandan kosong, serat buah dan cangkang. Limbah tersebut mengandung lignoselulosa. Lignoselulosa adalah polimer karbohidrat kompleks yang terdiri dari tiga komponen utama yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. TKKS mengandung sekitar 40-43% selulosa, 22-25% hemiselulosa serta 19-21% lignin (Septevani dkk., 2020). TKKS mempunyai kadar air sekitar 60%, kadar minyak 2,5% serta serat 23-25% (Afriani dan Kardiansyah, 2015).

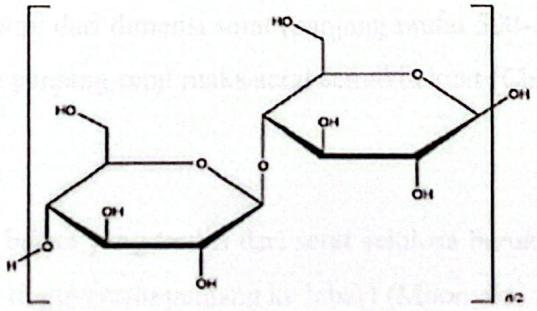
Secara visual, TKKS yaitu sekumpulan serat yang tebal berwarna cokelat yang sengaja disisihkan setelah proses perebusan buah melalui proses *rotary drum thresher* di pabrik pengolahan kelapa sawit. TKKS berbentuk tidak teratur dengan ketebalan 130 mm dengan panjang bervariasi 170-300 mm serta lebar 250-350 mm (Afriani dan Kardiansyah, 2015).

Dipindai dengan CamScanner

Proses perebusan dengan sistem uap menyebabkan TKKS menjadi jenuh air selama proses berlangsung. Hal ini akan menurunkan nilai kalor serat TKKS apabila akan dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar karena kelembapan yang tinggi dapat menghambat proses pembakaran. Oleh sebab itu, kadar air TKKS mengalami peningkatan jika ditinjau dari bagian ujung sampai ke bagian pangkal mulai dari luar sampai bagian dalam TKKS (Afriani dan Kardiansyah, 2015).

II.2 Selulosa

Selulosa adalah sumber bio-polimer yang paling melimpah di bumi (Septevani dkk., 2020). Keberadaan selulosa sekitar 1,5 x 10^{12} ton dari total produksi biomassa tahunan. Selulosa telah digunakan dalam bentuk serat atau turunannya selama sekitar 150 tahun sebagai bahan baku kimia (Kholisoh dkk., 2016). Selulosa merupakan senyawa organik dengan rumus $(C_6H_{10}O_5)n$ dengan n~1500, berat molekul~243.000. Selulosa merupakan polisakarida yang terdiri dari rantai linier dari beberapa ratus hingga lebih dari sepuluh ribu ikatan, C-1 pada setiap glukosa berikatan dengan C-4 pada glukosa selanjutnya (Moon dkk., 2011). Selulosa diklasifikasikan sebagai bahan *biodegradable* non-toksik yang tidak memberikan efek buruk bagi lingkungan dan manusia. Serat selulosa terdapat pada dinding sel semua tanaman (kayu, kapas, rami, jerami dan gandum) serta juga berasal dari bukan tanaman (*tunicate*, ganggang dan bakteri) (Septevani dkk., 2020). Struktur molekul selulosa dapat dilihat pada Gambar II.1.



Gambar II.1 Struktur molekul selulosa (Rowe dkk., 2009)

Karakteristik selulosa antara lain muncul karena adanya struktur kristalin (daerah teratur), amorf serta beberapa *microfibril* membentuk *fibril* yang pada akhirnya

Dipindai dengan CamScanner

menjadi serat selulosa. Sifat selulosa sebagai polimer tercermin dari bobot molekul rata-rata dan konfigurasi rantainya. Dalam praktik parameter yang diukur berupa derajat polimerisasi (DP), serta kekentalan (viskositas) yang menjadi tolak ukur kualitas selulosa (Putera, 2012).

Selulosa dapat dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan derajat polimerisasi (DP), serta kelarutan dalam senyawa natrium hidroksida (NaOH) 17,5%, yaitu alfa selulosa, beta selulosa dan gamma selulosa. Alfa selulosa (α-selulosa) adalah selulosa berantai panjang yang tahan dan tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan DP berkisar antara 600-15.000 serta digunakan sebagai penentu tingkat kemurnian selulosa. Semakin tinggi kadar alfa selulosa, maka akan semakin baik mutu bahannya. Beta selulosa (β-selulosa) adalah selulosa berantai pendek yang larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP berkisar antara 15-90 serta dapat mengendap bila dinetralkan. Gamma selulosa (γ-selulosa) adalah selulosa berantai pendek yang larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan DP kurang dari 15 yang memiliki kandungan utamanya adalah hemiselulosa (Putera, 2012).

Sifat kimia selulosa sesuai dengan derajat polimerisasi (panjang rantai selulosa) serta gugus aktif alkohol yang dimilikinya. Semakin panjang rantai selulosa, semakin kuat dan tahan degradasi baik secara fisik (panas), kimia, maupun biologis. Sedangkan sifat fisik selulosa tergantung dari dimensi serat (panjang rantai 500-1000Å, lebar 9Å, dan tebal 4,7Å). Semakin panjang serat maka serat semakin kuat (Chairul dkk., 2013).

II.3 Nanoselulosa

Nanoselulosa adalah bahan yang terdiri dari serat selulosa berukuran nano yang telah melewati aspek rasio tinggi (rasio panjang ke lebar) (Moon dkk., 2011). Nanoselulosa merupakan material yang memiliki ukuran nano dengan diameter sekitar 1-100 nm serta panjangnya 10-100 nm. Material ini bersifat *thixotropy*, yaitu memiliki viskositas yang tinggi dalam kondisi normal namun adanya pengadukan secara terus menurus viskositasnya dapat diturunkan (lebih encer) (Lee dkk., 2014). Nanoselulosa memiliki

Dipindai dengan CamScanner

sifat yang unggul yaitu kekuatan tarik (*tensile strength*) yang mencapai hingga 500 MPa, mirip dengan aluminium. Kekakuannya sekitar 140-220 GPa yang hampir menyaingi kevlar, serta rasio kekuatannya 8 kali dari *stainless steel*. Nanoselulosa telah berhasil ditambahkan ke berbagai polimer alami dan sintetis yang telah digunakan untuk memodifikasi sifat komposit (mekanik, optik, termal, dan penghalang) (Moon dkk., 2011).

Sumber nanoselulosa yang paling umum adalah serat berbasis kayu (melalui tekanan tinggi, suhu tinggi serta homogenisasi kecepatan tinggi). Nanoselulosa dapat diperoleh dari serat asli melalui hidrolisis asam, sehingga menghasilkan nanopartikel yang sangat kristal dan kaku yang umumnya disebut sebagai *nanowhiskers*. Ukurannya lebih pendek (100 sampai 1000 nanometer) dibandingkan nanofibril yang diperoleh melalui homogenisasi. Senyawa yang dihasilkan ini kemudian dikenal sebagai selulosa nanokristalin (Moon dkk., 2011). Berbagai jenis turunan selulosa ditampilkan pada tabel II.2.

Tabel II.1 Ringkasan jenis turunan selulosa

Jenis Partikel	Ukuran Partikel		Kristalinalitas (%)
	Panjang (µm)	Lebar (nm)	
Wood fiber (WF) dan *plant fiber* (PF)	>2000	20-50 (µm)	43-65
Microcrystalline cellulose (MCC)	10-50	10-50 (µm)	80-85
Microfibrillated cellulose (MFC)	0,5-10	10-100	51-69
Nanofibrilated cellulose (NFC)	0,5-2	4-20	-
Cellulose nanocrystals (CNC)	0,05-0,5	3-5	54-88

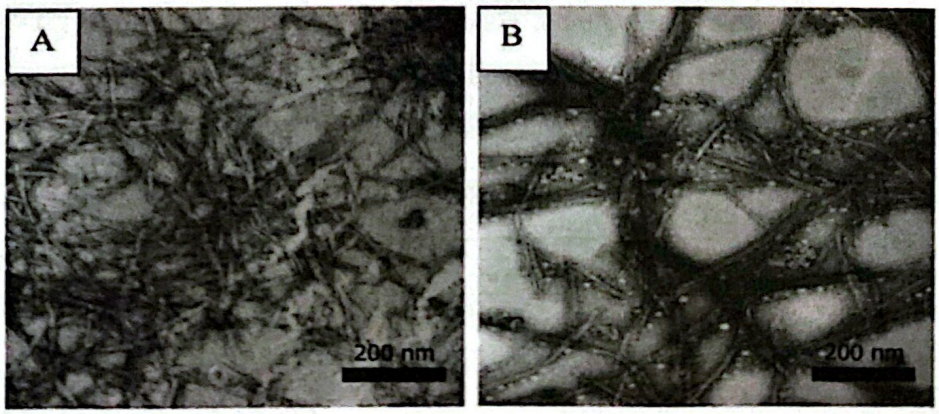
Sumber: Moon dkk., 2011

Nanoselulosa dapat diperoleh dengan cara mendegradasi selulosa. Proses degradasi selulosa menjadi nanoselulosa dapat dilakukan dengan berbagai metode, yakni dengan perlakuan mekanik (homogenisasi dengan tekanan tinggi dan sonifikasi), perlakuan biologi (enzimatik dengan mikroorganisme) serta perlakuan kimiawi (oksidasi dan hidrolisis asam). Saat ini, hidrolisis asam banyak dipilih untuk mendegradasi selulosa (Pratama, 2016). Lee dkk., (2014) menyebutkan bahwa perlakuan kimiawi banyak

Dipindai dengan CamScanner

dipilih karena merupakan metode yang sangat efisien dan memerlukan biaya yang ekonomis.

Dalam proses pembuatan nanoselulosa terdapat proses delignifikasi yaitu langkah sebelum sintesis nanoselulosa melalui hidrolisis asam. Hidrolisis asam sebagai metode yang efektif untuk dekonstruksi selulosa pada skala nano. Selama proses hidrolisis asam kuat akan secara agresif menekan daerah amorf sedangkan daerah kristalin memiliki resistensi lebih stabil dan tidak terpengaruh. Pada gambar II.2 terdapat penampakan selulosa yang diperoleh dari hidrolisis asam sulfat (NCS) setelah delignifikasi lebih pendek, tersebar, dan memiliki ukuran nano yang lebih seragam dibandingkan dari proses hidrolisis asam fosfat (NCP). Diameter pada NCS diperoleh sekitar 9,6±2,5 nm, dan panjang NCS adalah 123,3 nm. Selulosa nanofiber pada NCP diperoleh sekitar 12,5±2,6 nm, dan panjangnya NCP adalah 500 nm. Morfologi permukaan NCP memiliki luas permukaan yang lebih kasar dan aglomerat daripada NCS. Serat aglomerasi dari struktur NCP memiliki serat yang panjang diperoleh dari hidrolisis asam ringan dan berukuran mikro. Pada permukaan NCS lebih padat memiliki ukuran pori yang lebih pendek dan lebih seragam dengan ikatan hidrogen yang saling berhubungan yang dapat dipakai sebagai super-adsorben yang efektif untuk remediasi air tercemar (Septevani dkk., 2020).



Gambar II.2 Penampakan bentuk nanoselulosa menggunakan TEM
a. TEM dari hidrolisis asam sulfat (NCS) dan b. TEM dari hidrolisis asam fosfat (NCP) (Septevani dkk., 2020).

Dipindai dengan CamScanner

II.4 Titanium Dioksida (TiO_2)

Titanium dioksida (TiO_2) merupakan semikonduktor oksida yang banyak digunakan dalam aplikasi fotokatalis karena memiliki beberapa keunggulan antara lain kestabilan termal yang tinggi, luas permukaan tinggi, serta mudah di preparasi (Karim dkk., 2016). Titanium dioksida merupakan material kristalin yang memiliki tiga bentuk struktur yaitu *rutile*, *anatase* dan *brukite*. *Rutile* dan *anatase* cukup stabil, sedangkan *brukite* sulit ditemukan, biasanya terdapat dalam mineral dan sulit dimurnikan. *Anatase* dapat berubah menjadi *rutile* dengan kenaikan temperatur, perubahan ini terjadi secara eksoterm. Pada kondisi *bulk* dengan ukuran kristal yang besar serta *rutile* stabil pada tekanan normal (Pratama, 2010).

Nanopartikel TiO_2 disebut juga nano-TiO_2 ($nTiO_2$) terdispersi dengan baik dengan ukuran yang sangat halus yang digunakan dalam banyak aplikasi seperti pigmen, adsorben dan dukungan katalitik (Vijayalakshmi dan Rajendran, 2012). Komposisi fase kristal TiO_2 sama dengan *milling*-TiO_2 ($mTiO_2$), namun pada $mTiO_2$ memiliki aktivitas fotokatalitik lebih unggul dari TiO_2 murni serta pada cahaya tampak efisiensi degradasi fotokatalitik lebih baik (Shifu dkk., 2005).

Titanium dioksida jenis anatase menunjukkan sifat fotoaktivitas yang lebih tinggi dibandingkan jenis lainnya. Bentuk kristal anatase terjadi pada pemanasan suhu rendah (100-700°C), sedangkan rutile terbentuk pada suhu tinggi (700-1000°C) serta dapat mengalami transformasi menjadi anatase (Pratama, 2010). Perbandingan struktur dan sifat fisik dari titanium dioksida jenis *rutile* dan *anatase* ditampilkan pada Tabel II.3.

Tabel II.2 Perbandingan struktur dan sifat fisik TiO_2 *rutile* dan *anatase*

Sifat	*Rutile*	*Anatase*
Bentuk kristal	Sistem tetragonal	Sistem tetragonal
Berat jenis	4,2 g/cm^3	3,9 g/cm^3
Indeks bias	2,71	2,52
Kekerasan	6,0-7,0	5,5-6,0
Titik leleh	1858°C	Berubah menjadi *rutile* pada suhu tinggi (>400°C)

Sumber: Ahonen, 2001.

Dipindai dengan CamScanner

Fase *rutile* TiO_2 memiliki fotoaktivitas yang lebih rendah dari fase *anatase*. Namun *anatase* cenderung bertransformasi menjadi *rutile* pada suhu tinggi sekitar 915°C yang disebabkan oleh beberapa faktor yaitu adanya pengotor (*impurities*) pada bagian dalam permukaan TiO_2 serta komposisi gas di sekitar katalis selama reaksi katalitik (Guritno, 2012).

II.5 Nitrogen

Nitrogen merupakan salah satu material yang dapat menggeser daerah serapan TiO_2 hingga cahaya tampak karena menyebabkan penyempitan celah energi pada TiO_2 (Morikawa dkk., 2001). Selain itu, nitrogen memiliki ukuran atom yang mirip oksigen, energi ionisasi kecil serta stabilitas yang baik. Kemudian nitrogen dapat memperbaiki sifat optis TiO_2, sehingga dapat meningkatkan kualitas lapisan tipis yang dihasilkan (Chen dan Burda, 2008).

Sumber penambahan nitrogen yang digunakan antara lain ammonia (NH_3), gas nitrogen (N_2), dan urea ($CO(NH_2)_2$). Urea memiliki kelebihan antara lain mudah untuk diperoleh, tidak memerlukan perlakuan khusus serta elektron-elektron pada urea lebih leluasa bergerak dari satu atom ke atom yang lain, sehingga dapat mempersempit celah energi TiO_2 (Effendi dan Bilalodin, 2012). Urea merupakan hidrokarbon dengan kandungan nitrogen yang tinggi, mudah didapat serta relatif murah sehingga cukup potensial digunakan sebagai sumber nitrogen untuk pembuatan TiO_2 dengan penambahan nitrogen yang diharapkan aktif pada daerah sinar tampak serta efisien menggunakan sinar matahari sebagai sumber cahaya (Riyani dkk., 2012).

Sifat optis lapisan tipis TiO_2 dengan penambahan nitrogen dianalisis lalu diujikan untuk fotodegradasi pewarna methylene orange dan rhodamine B menggunakan cahaya matahari serta cahaya UV. Penambahan nitrogen dapat menggeser ujung absorpsi ke panjang gelombang lebih besar yang menghasilkan pengecilan celah energi. Lapisan tipis TiO_2-N menunjukkan adanya aktivitas fotodegradasi lebih baik dibandingkan lapisan tipis TiO_2 tanpa penambahan nitrogen (Indriyani dkk., 2017).

Dipindai dengan CamScanner

II.6 Nanokomposit Nanoselulosa/ TiO_2-N

Nanoselulosa (NC) memiliki ukuran partikel kecil, luas permukaan yang besar, kemudian dapat digunakan sebagai komposit permukaan yang sangat baik (Yang dkk., 2003). Nanoselulosa dikompositkan dengan TiO_2 sehingga dapat menjadi katalis fotokatalitik yang efektif dalam pembersihan pencemaran lingkungan. TiO_2 dipilih karena sifat fotokatalitik yang baik, stabilitas kimia yang tinggi, toksisitas rendah, ketersediaan yang mudah didapat serta harga yang terjangkau. Aktivitas fotokatalitik TiO_2 dibatasi oleh sebagian kecil spektrum matahari yang diserap oleh TiO_2 karena celah pita elektronik yang besar pada energi band gap (EBG) (Eg=3,2 eV). Berbagai strategi telah diadopsi untuk meningkatkan efisiensi energi TiO_2. Dalam modifikasi morfologi dapat meningkatkan luas permukaan, porositas lapisan TiO_2, kemudian modifikasi kimia dapat menggabungkan komponen tambahan untuk meningkatkan penyerapan cahaya atau mengurangi EBG untuk fotoeksitasi, serta kombinasi modifikasi morfologi dengan modifikasi kimia (Cultrera dkk., 2013).

TiO_2 dengan penambahan nitrogen untuk mengurangi energi EBG. Pewarna fotosensitif dapat ditambahkan untuk menyerap foton energi yang lebih rendah untuk menghasilkan elektron kemudian mentransfer elektron ke TiO_2. Namun dalam meningkatkan rentang panjang gelombang terkadang menurunkan efisiensi fotokatalitik TiO_2, karena fotoelektron berada pada potensi redoks yang lebih rendah (Cultrera dkk., 2013).

Pewarna Azo merupakan zat warna yang reaktif karena penggunaan pewarnaannya dapat bereaksi secara substitusi dengan serat kain serta membentuk ikatan ester yang mempunyai reaktivitas paling tinggi dibanding zat warna azo lainnya. Limbah zat warna akan bersifat toksik bagi makhluk hidup di sekitarnya jika dilepas pada perairan bebas dalam kadar yang melampaui batas, oleh karena itu pelepasan harus dikontrol. Salah satu tindakan pengontrolan limbah pewarna azo yaitu dengan cara mendegradasinya menjadi senyawa yang lebih sederhana. Degradasi fotokatalitik salah satu cara untuk mengolah bahan pewarna tekstil. Aktivitas fotokatalitik adalah jumlah

Dipindai dengan CamScanner

konsentrasi pewarna yang hilang setiap jumlah TiO_2 yang ditambahkan tiap satuan waktu. Degradasi zat warna ditandai dengan terjadinya dekolorisasi atau penurunan intensitas warna. Proses degradasi tergantung dengan konsentrasi larutan pewarna dan materi katalis yang ditambahkan. Semakin besar konsentrasi pewarna, maka persen degradasinya semakin kecil. Dikarenakan waktu yang dibutuhkan untuk proses degradasi semakin lama. Maka degradasi dengan fotokatalitik TiO_2 sebagai metode alternatif untuk mengurangi pencemaran lingkungan pada pewarna tekstil jenis prociln red MX-8B (Almu'minin, 2016).

II.7 Efisiensi Degradasi

Pengukuran efisiensi degradasi pewarna menggunakan data spektrofotometer UV-Vis yang diperoleh dari data absorbansi zat warna Azo kemudian dimasukkan ke dalam persamaan kurva standar sehingga mendapatkan besar konsentrasi pewarna hasil degradasi (Saelan, 2015). Persen efisiensi degradasi pewarna Azo (%Efisiensi) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Jalandoni dkk., 2010).

$$\%\text{Efisiensi} = \frac{\text{Konsentrasi pewarna awal - Konsentrasi pewarna sisa}}{\text{Konsentrasi pewarna awal}} \text{ x } 100\%$$

II.8 Karakterisasi Spektrofotometri UV-Vis

Karakterisasi Spektrofotometer UV-Vis atau spektrofotometer ultraviolet sinar tampak memanfaatkan sinar dengan panjang gelombang 180-380 nm untuk daerah UV serta 380-780 nm untuk daerah *visible* atau sinar tampak. Spektrofotometer ini jenisnya terdiri was berkas tunggal (*single beam*) dan berkas rangkap (*double beam*). Perbedaan pada keduanya adalah pada spektrofotometer *double beam* pengukuran dapat dilakukan secara bersamaan antara kuvet yang berisi larutan contoh atau larutan standar, kuvet yang berisi blangko dalam satu ruang sehingga pembacaan serapan zat tidak dipengaruhi oleh perubahan tegangan listrik karena blangko dan zat diukur pada saat yang bersamaan. Secara umum sistem spektrofotometer terdiri atas sumber radiasi, monokromator, sel, foto sel, detektor, dan tampilan (*display*) (Warono, 2013).

Dipindai dengan CamScanner

Pada spektrofotometer UV-Vis, zat diukur dalam bentuk larutan. Analit yang dapat diukur dengan spektrofotometer sinar tampak adalah analit berwarna atau yang dapat dibuat berwarna. Analit berwarna adalah analit yang memiliki sifat menyerap cahaya secara alami. Analit yang dibuat berwarna adalah analit yang tidak berwarna sehingga harus direaksikan dengan zat tertentu untuk membentuk senyawa yang menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu. Pembentukan warna untuk zat atau senyawa yang tidak berwarna dapat dilakukan dengan pembentukan kompleks atau dengan cara oksidasi sehingga analit menjadi berwarna (Warono, 2013).

Dipindai dengan CamScanner

MILIK PERPUSTAKAAN STMI
Membaca : Ibadah, Mengambil : Dosa

BAB III METODE

III.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan November 2019 sampai dengan November 2020. Persiapan bahan dan pengujian dilaksanakan di laboratorium polimer, Pusat Penelitian Kimia LIPI Gedung 452 PUSPITEK, Muncul, Serpong, Kota Tangerang Selatan, Banten, 15314.

III.2 Alat dan Bahan

III.2.1 Alat

1. Spektrofotometri UV-Vis merek Hitachi UH-5300
2. Reaktor digester merek Koica
3. *Moisture meter* merek Ohaus
4. *Mixer* merek Klaz
5. Neraca analitik merek Kern
6. *Hot plate* merek Thermo
7. *Centrifuge* merek Tomy LCX-100
8. Evaporator merek Buchi
9. *Sonicators* merek Sonica
10. Pompa vakum merek Value VE115N
11. Oven vakum merek DZF-6020A
12. Oven merek Ika
13. Lampu-UV merek Osram
14. Gelas kimia 5, 50, 200, 250, 500, 750, dan 1000 mL merek Pyrex
15. Labu ukur 100 dan 250 mL merek Pyrex
16. Gelas ukur 100 mL merek Pyrex
17. *Erlenmeyer* 100 dan 150 mL merek Iwaki
18. Corong kaca merek Pyrex
19. *Magnetic stirring bar* merek Glassco
20. Statif dan klem merek Globolab
21. Cawan petri merek Pyrex
22. Termometer merek Alco
23. Kertas pH merek Merck
24. Aluminium foil merek Klin Pak
25. Tabung reaksi merek Iwaki
26. Plastik membran
27. Kertas membran filter merek Whatman
28. Pipet ukur ukuran 5 mL merek Iwaki
29. *Rubber bulb* merek Germany
30. Kuvet kuarsa merek Quartz
31. Selang 2 meter merek Winn Gas
32. *Stopwatch* merek Diamond

Dipindai dengan CamScanner

III.2.2 Bahan

1. Nanoselulosa dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS)
2. $nTiO_2$ (nano-TiO_2) dari Sigma Aldrich dengan kemurnian 99,999%.
3. $mTiO_2$ (*milling* TiO_2) dari Brataco Chemical dengan kemurnian 98%.
4. Urea
5. *Aquadest*
6. NaOH 10%
7. H_2SO_4 64%
8. Pewarna Azo yaitu *methylene orange* (MO)

III.3 Variabel

III.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap yang digunakan selama penelitian adalah:

1. Massa $nTiO_2$ = 0,125 gram
2. Massa $mTiO_2$ = 0,25 gram
3. Massa NC = 0,5 gram
4. Temperatur delignifikasi = 150°C
5. Temperatur hidrolisis = 50°C
6. Temperatur oven vakum = ±50°C
7. Waktu delignifikasi = 30 menit
8. Waktu hidrolisis = 3,5 jam
9. Waktu *centrifuge* = 10 menit
10. Waktu sonikasi = 10 menit
11. Volume H_2SO_4 = 150 ml
12. Volume NC-$nTiO_2$ dan NC-$mTiO_2$ = 25 ml
13. Volume pewarna MO = 100 ml
14. Volume cuplikan adsorpsi-fotokatalitik = 5 ml
15. Ukuran membran ultrafiltrasi = 0,45 µm
16. Kecepatan putar *centrifuge* = 10.000 rpm
17. Kecepatan putar *stirring* proses adsorpsi-fotokatalitik = 400 rpm

Dipindai dengan CamScanner

III.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan selama penelitian ditampilkan pada tabel III.1 dan tabel III.2 dengan komposisi rasio massa NC/nTiO_2-N dan NC/mTiO_2-N.

Tabel III.1 Komposisi rasio massa NC/nTiO_2-N

No	NC		nTiO_2		Urea (N)		Kode Sampel
	Rasio	Massa (gram)	Rasio	Massa (gram)	Rasio	Massa (gram)	
1	4	0,5	1	0,125	0	0	NC/nTiO_2-N_1
2	4	0,5	1	0,125	0,25	0,03125	NC/nTiO_2-N_2
3	4	0,5	1	0,125	0,50	0,06250	NC/nTiO_2-N_3
4	4	0,5	1	0,125	0,75	0,09375	NC/nTiO_2-N_4

Tabel III.2 Komposisi rasio massa NC/mTiO_2-N

No	NC		mTiO_2		Urea (N)		Kode Sampel
	Rasio	Massa (gram)	Rasio	Massa (gram)	Rasio	Massa (gram)	
1	2	0,5	1	0,25	0	0	NC/mTiO_2-N_1
2	2	0,5	1	0,25	0,25	0,0625	NC/mTiO_2-N_2
3	2	0,5	1	0,25	0,50	0,1250	NC/mTiO_2-N_3
4	2	0,5	1	0,25	0,75	0,1875	NC/mTiO_2-N_4

Komposisi rasio massa NC-nTiO_2 dan NC-mTiO_2 ditampilkan pada tabel III.3 dan III.4.

Tabel III.3 Komposisi rasio massa NC-nTiO_2

No	NC		nTiO_2		Kode Sampel
	Rasio	Massa (gram)	Rasio	Massa (gram)	
1	1	0,5	1	0,5	NC-n_1TiO_2
2	2	0,5	1	0,25	NC-n_2TiO_2
3	4	0,5	1	0,125	NC-n_3TiO_2

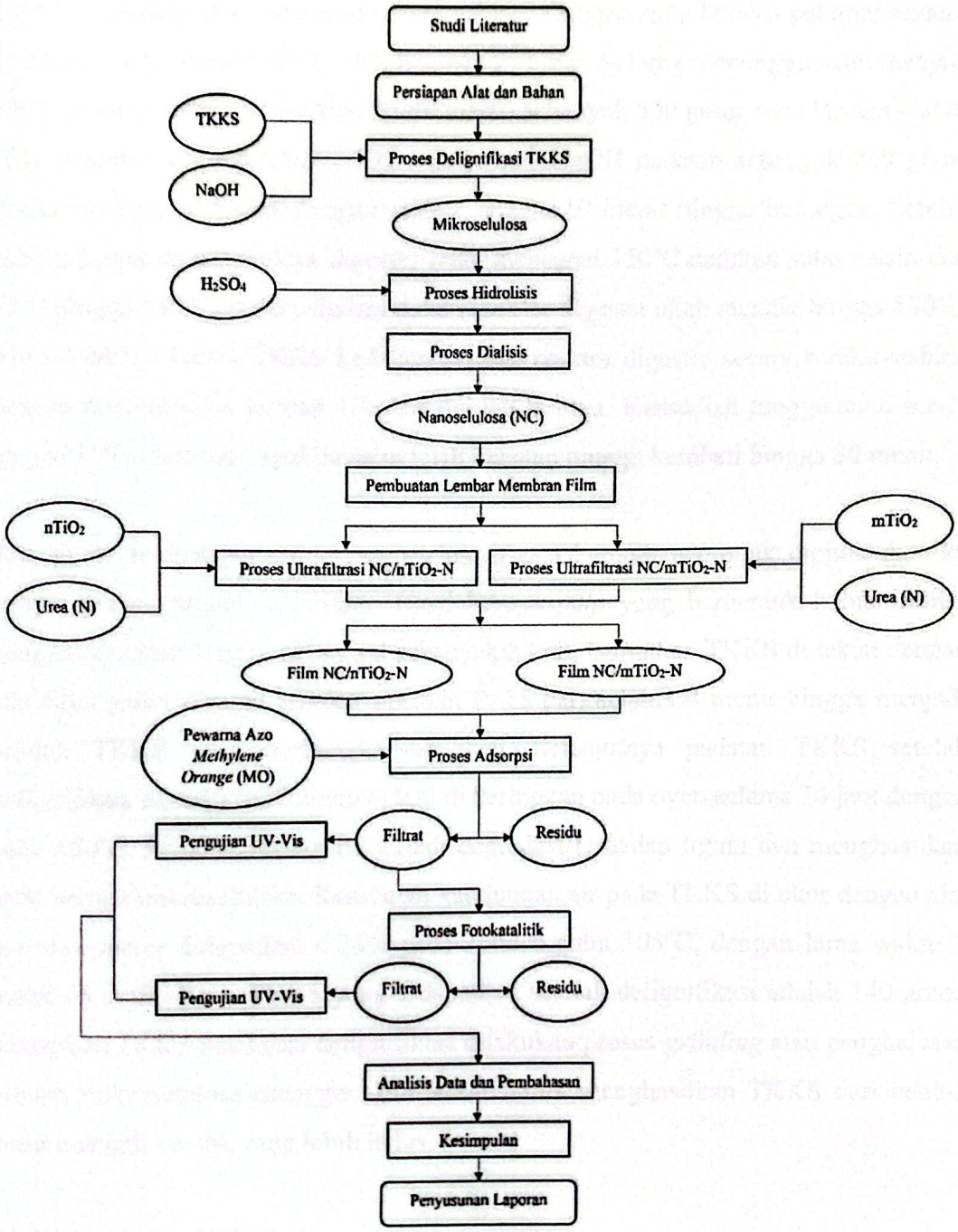
Tabel III.4 Komposisi rasio massa NC-mTiO_2

No	NC		mTiO_2		Kode Sampel
	Rasio	Massa (gram)	Rasio	Massa (gram)	
1	1	0,5	1	0,5	NC-m_1TiO_2
2	2	0,5	1	0,25	NC-m_2TiO_2
3	4	0,5	1	0,125	NC-m_3TiO_2

Dipindai dengan CamScanner

III.4 Prosedur

Prosedur penelitian ditampilkan dalam bentuk diagram penelitian pada Gambar III.1.



Gambar III.1 Prosedur penelitian

Dipindai dengan CamScanner

III.4.1 Prosedur Delignifikasi Nanoselulosa TKKS

Persiapkan reaktor digester dengan atur suhu pelumas dalam reaktor digester hingga 150°C, kemudian atur suhu mesin hingga 75°C. Dengan suhu kondisi pelumas reaktor T=150°C, suhu mesin t=30°C, dan tekanan P=5 bar. Selama menunggu suhu menjadi 150°C persiapkan bahan TKKS (30-40 mesh) sebanyak 500 gram serta larutan NaOH 10% ditambahkan *aquadest* 2.500 mL dengan NaOH padatan sebanyak 250 gram, kemudian larutan diaduk dengan *stirrer* selama 10 menit hingga homogen. Setelah suhu pelumas dalam reaktor digester telah mencapai 150°C naikkan suhu mesin dari 75°C hingga 150°C, suhu pelumas dalam reaktor digester akan menaik hingga 180°C, lalu masukkan bahan TKKS kedalam *hopper* reaktor digester secara sedikit-sedikit, dengan memasukkan larutan 1/3 dari jumlah larutan. Kemudian tunggu suhu mesin hingga 150°C konstan, apabila suhu telah konstan tunggu kembali hingga 30 menit.

Setelah itu tempat penampungan produk dibuka kemudian produk dipindahkan ke tempat penampungan netralisasi. Hasil berupa *pulp* yang berbentuk bubur dibilas dengan *aquadest* hingga pH netral sebanyak 3 kali, kemudian TKKS di tekan dengan alat filter *press* dengan kondisi operasi; P=15 bar, selama 4 menit hingga menjadi produk TKKS yang berbongkah-bongkah. Selanjutnya padatan TKKS setelah delignifikasi dikecilkan ukurannya lalu di keringkan pada oven selama 24 jam dengan suhu ±50°C. Pada perlakuan ini terjadi degradasi terhadap lignin dan menghasilkan serat berupa mikroselulosa. Kemudian kandungan air pada TKKS di ukur dengan alat *moisture meter* didapatkan 4,24% pada kondisi suhu 105°C, dengan lama waktu 1 menit 55 detik. Berat TKKS yang didapatkan setelah delignifikasi adalah 140 gram. Kemudian TKKS hasil dari delignifikasi dilakukan proses *grinding* atau penghalusan produk mikroselulosa menggunakan *mixer* untuk menghasilkan TKKS dari bentuk kasar menjadi bentuk yang lebih halus.

III.4.2 Prosedur Hidrolisis

Sebelum melakukan hidrolisis terdapat tahap pra-hidrolisis yaitu membuat larutan 5 gram TKKS ditambahkan 250 mL *aquadest* kemudian diaduk dengan *stirrer* pada

Dipindai dengan CamScanner

kondisi operasi kecepatan putar 400 rpm, tanpa suhu kemudian didiamkan selama ±24 jam (larutan di *overnight*). Larutan yang telah di *overnight* disiapkan untuk hidrolisis, dengan menambahkan es batu pada bagian penampung agar menurunkan suhu pada larutan hingga 15°C, penambahan es batu agar larutan TKKS tidak rusak bila ditambahkan H_2SO_4. Kemudian menambahkan H_2SO_4 sebanyak 150 ml kedalam corong pisah. Apabila suhu telah 15°C dibuka keran corong pisah sedikit hingga suhu 19°C-20°C lalu keran ditutup dan tunggu kembali hingga suhu 15°C, kemudian ulangi proses tersebut hingga H_2SO_4 di dalam corong pisah habis, dengan kondisi operasi kecepatan putar 400 rpm serta tanpa suhu. Selanjutnya dipanaskan pada suhu 50°C konstan, didiamkan selama 3,5 jam. Setelah itu larutan didinginkan dengan ditutup oleh *aluminium foil*, didapatkan larutan setelah hidrolisis yaitu 400 mL, cairan dan padatan akan terpisah, lalu cairan yang telah terpisah dari padatan-nya di atas dibuang agar memudahkan untuk proses *centrifuge*. Lalu di *centrifuge* sebanyak 4 kali dengan kecepatan putar *centrifuge* 10.000 rpm selama 10 menit, proses *centrifuge* dilakukan hingga larutan yang didapatkan bening untuk mengurangi kadar lignin dengan hasil *centrifuge* sebanyak 350 mL, kemudian dilanjutkan ke proses dialisis.

III.4.3 Prosedur Dialisis

Pada proses dialisis, hasil cairan pada *centrifuge* terakhir dikumpulkan menjadi satu pada gelas kimia lalu dimasukkan kedalam plastik membran sebanyak ±50 mL pada setiap plastik membran, kemudian diletakkan di dalam gelas kimia 1.000 ml yang telah terisi *aquadest* sebanyak ±900 ml hingga plastik membran terendam seluruhnya. Lalu larutan didiamkan, dengan durasi waktu ±30 menit untuk mengganti *aquadest* agar larutan cepat tercapai pH yang diinginkan. Setelah didapatkan cairan nanoselulosa, untuk memastikan sudah terbentuk nanoselulosa dengan melihat sudah tidak terbentuknya 2 fasa (padatan dan larutan) yang bercampur, kadar asam yang diharapkan pH=2 dan lignin yang sudah berkurang. Selanjutnya dilakukan proses uji kadar nanoselulosa (NC) 1% yaitu {(berat botol isi-berat botol kosong)/berat sampel} untuk perhitungannya ditampilkan pada lampiran E, kemudian larutan tersebut di oven vakum selama 2 jam dengan suhu ±50°C, apabila cairan NC didapatkan kurang dari

Dipindai dengan CamScanner

1% maka dilakukan pengentalan dengan proses evaporasi, namun apabila cairan NC didapatkan lebih dari 1% maka dilakukan pengenceran. Setelah didapatkan cairan NC 1%, selanjutnya proses pembuatan lembar membran film.

III.4.4 Prosedur Pembuatan Lembar Membran Film

Pembuatan komposit NC/nTiO_2-N dan NC/mTiO_2-N dengan penambahan urea pada berbagai macam komposisi rasio massa yang dilihat pada tabel III.1 dan tabel III.2, kemudian pembuatan komposit NC-nTiO_2 dan NC-mTiO_2 dengan tidak menggunakan penambahan urea pada komposisi rasio massa yang dilihat pada tabel III.3 dan tabel III.4. Setiap sampel diaduk dengan *stirrer* terlebih dahulu selama 10 menit dengan kecepatan putar 400 rpm, kemudian di sonikasi pada sonikator selama 10 menit, amplitudo 40%, pemutaran *on/off* alat selama 10/5 menit, sampel di sonikasi untuk mempercepat proses pelarutan dengan prinsip pemecahan reaksi intermokuler sehingga terbentuk partikel yang berukuran nano. Kemudian sampel di ultrafiltrasi pada kertas membran 0,45 µm pada 25 ml sampel untuk membuat suatu senyawa terkonsentrasi (mengurangi jumlah zat pelarut) serta untuk memisahkan molekul berdasarkan ukuran molekul terlarut hingga didapatkan berupa lembar membran film, kemudian di oven vakum selama 3 jam dengan suhu ±50°C.

III.4.5 Prosedur Adsorpsi dan Fotokalitik

Dalam proses pra-adsorpsi, timbang 10 mg pewarna Azo *methylene orange* (MO) kemudian masukkan kedalam labu ukur 100 ml tambahkan dengan *aquadest* hingga batas ukur 100 mL menjadi 100 ppm, setelah itu pipet ukur 12,5 mL dari 100 mL labu ukur ke labu ukur 250 mL lalu tambahkan *aquadest* hingga batas ukur 250 mL hingga menjadi 5 ppm. Untuk perhitungan pembuatan pembuatan pewarna *methylene orange* (MO) ditampilkan pada lampiran E. Proses adsorpsi dilakukan dengan lembar film NC 1% sebanyak 1 gram dan 100 ml MO dengan variasi waktu sebanyak 5 kali cuplikan setiap 15, 30, 60, 90, dan 120 menit di pipet sebanyak 5 mL/cuplikan dalam keadaan kondisi gelap. Cuplikan 15 dan 30 menit di pipet sebanyak 5 mL lalu di *centrifuge* 1 kali selama 10 menit dengan kecepatan putar 400 rpm kemudian ultrafiltrasi (untuk

Dipindai dengan CamScanner

memisahkan filtrat dan residu), lapisan filtrat diukur dengan spektrofotometri UV-Vis dan lapisan residu dikumpulkan serta dikeringkan. Kemudian proses tersebut dilakukan kembali untuk 60, 90 dan 120 menit.

Setelah proses akhir adsorpsi, selanjutnya dilakukan proses fotokatalitik dengan sisa larutan 75 mL dari proses adsorpsi, proses fotokatalitik dilakukan di bawah lampu-UV dengan variasi waktu sebanyak 10 kali cuplikan setiap 10, 20, 30, 40, 50, 60, 90, 120, 150 dan 180 menit di pipet sebanyak 5 mL/cuplikan pada kondisi keadaan gelap hingga didapatkan cairan berwarna bening. Cuplikan 10 dan 20 menit di pipet sebanyak 5 mL lalu di *centrifuge* 1 kali selama 10 menit dengan kecepatan putar 400 rpm kemudian ultrafiltrasi, lapisan filtrat diukur dengan spektrofotometri UV-Vis dan lapisan residu dikumpulkan serta dikeringkan. Selanjutnya proses dilakukan kembali untuk 30, 40, 50, 60, 90, 120, 150 dan 180 menit. Sisa larutan fotokatalitik sebanyak 25 mL dilakukan *centrifuge* 1 kali selama 10 menit dengan kecepatan putar 400 rpm kemudian ultrafiltrasi, lapisan filtrat diukur dengan spektrofotometri UV-Vis dan lapisan residu dikumpulkan serta dikeringkan. Kemudian dilakukan proses fotokatalitik dibawah sinar matahari dengan menggunakan hasil sampel yang optimal dari adsorpsi dan fotokatalitik lampu-UV, kemudian diukur kembali dengan spektrofotometri UV-Vis.

Data yang didapat digunakan untuk menghitung sisa konsentrasi pewarna setelah mengalami degradasi, kemudian mencari nilai efisiensi degradasi pewarna dengan terlebih dahulu mengetahui nilai absorbansi dari spektrofotometri UV-Vis dengan dua kali agar mendapatkan keakuratan data yang diperoleh, selanjutnya mengetahui nilai konsentrasi pewarna MO setelah proses hingga akhirnya didapatkan nilai efisiensi yang disajikan dalam bentuk grafik di bab IV.

Dipindai dengan CamScanner

MILIK PERPUSTAKAAN STMI
Membaca : Ibadah, Mengambil : Dosa

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

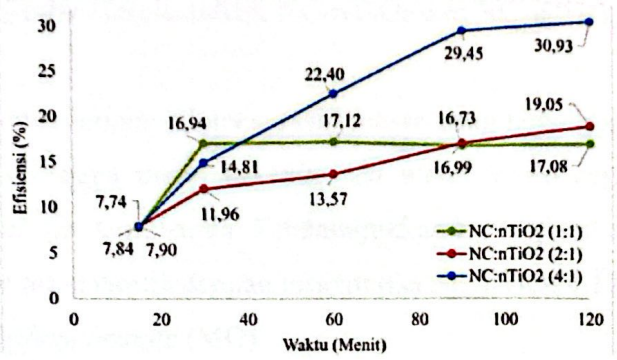
Dalam penelitian ini digunakan nanoselulosa dengan dua variasi TiO_2 yaitu nano-TiO_2 ($nTiO_2$) dan *milling*-TiO_2 ($mTiO_2$) yaitu TiO_2 teknis yang telah dioptimasi melalui proses *milling* kemudian penambahan nitrogen untuk memodifikasi TiO_2 agar lebih efektif sebagai pendegradasi pewarna pada sinar matahari. Penelitian ini telah menghasilkan 7 sampel pada setiap variasi yang ditampilkan pada lampiran D, namun pada 7 sampel tersebut mengalami kesalahan karena kondisi pH yang dihasilkan bukan yang diharapkan, lalu telah membuat kembali sampel NC/$nTiO_2$-N_1 4:1 pH 2 hingga proses adsorpsi. Akan tetapi penelitian yang direncanakan tersebut belum dapat dilakukan pengujian spektrofotometri UV-Vis dikarenakan pandemi Covid-19 yang menutup akses umum ke Laboratorium Polimer, Pusat Penelitian Kimia LIPI. Oleh karenanya untuk mengetahui efisiensi adsorpsi-fotokatalitik degradasi pewarna pada nanoselulosa/ TiO_2 maka digunakan data spektrofotometri UV-Vis NC-$nTiO_2$ dan NC-$mTiO_2$ tanpa penambahan nitrogen yang tersedia di Laboratorium Polimer.

Dalam penelitian NC-$nTiO_2$ dan NC-$mTiO_2$ didapatkan data hasil karakterisasi spektrofotometri UV-Vis dari proses adsorpsi dan proses fotokatalitik dengan pewarna *methylene orange* (MO). Hasil perhitungan pada rasio massa NC-$nTiO_2$ dan NC-$mTiO_2$ yaitu 1:1; 2:1 dan 4:1 ditampilkan pada lampiran F.

IV.1 Efisiensi degradasi adsorpsi NC-$nTiO_2$ dan NC-$mTiO_2$ pada berbagai variasi rasio massa

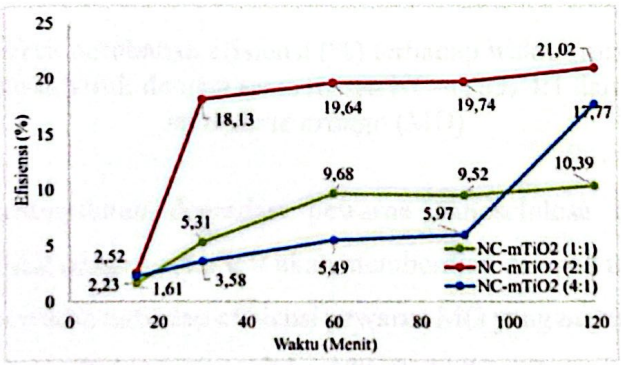
Gambar IV.1 menunjukkan rasio massa NC-$nTiO_2$ terdapat tiga efisiensi variasi proses adsorpsi, pada efisiensi variasi NC-$nTiO_2$ 1:1 sebesar 17,08%, NC-$nTiO_2$ 2:1 sebesar 19,05% dan NC-$nTiO_2$ 4:1 sebesar 30,93%. Pada ketiga efisiensi variasi tersebut terdapat rasio massa yang terbesar yaitu NC-$nTiO_2$ 4:1 yang akan dilanjutkan ke proses fotokatalitik karena memiliki daya adsorpsi dan efisiensi yang tinggi dibandingkan dengan rasio massa lainnya.

Dipindai dengan CamScanner



Gambar IV.1 Kurva perubahan efisiensi (%) terhadap waktu (menit) dengan rasio massa NC-nTiO_2 yang bervariasi pada proses adsorpsi

Gambar IV.2 menunjukkan rasio massa NC-mTiO_2 terdapat tiga efisiensi variasi proses adsorpsi, pada efisiensi variasi NC-mTiO_2 1:1 sebesar 10,39%, NC-mTiO_2 2:1 sebesar 21,02% dan NC-mTiO_2 4:1 sebesar 17,77%. Pada ketiga efisiensi variasi tersebut terdapat rasio massa yang terbesar yaitu NC-mTiO_2 2:1 yang memiliki daya adsorpsi dan efisiensi yang tinggi dibandingkan dengan rasio massa lainnya.



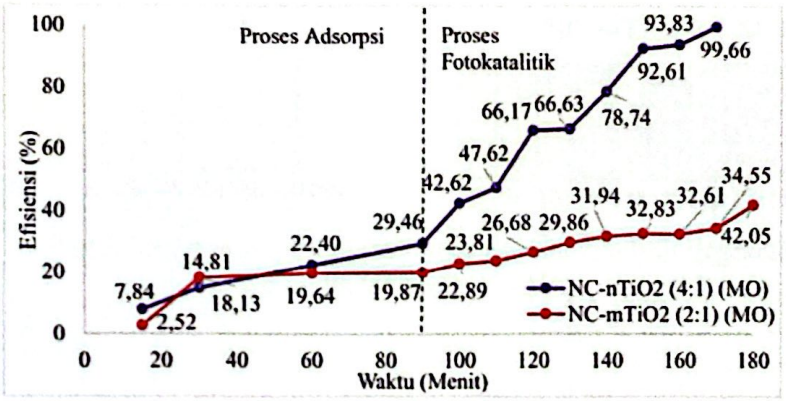
Gambar IV.2 Kurva perubahan efisiensi (%) terhadap waktu (menit) dengan rasio massa NC-mTiO_2 yang bervariasi pada proses adsorpsi

Pada proses ini pewarna yang digunakan adalah MO dengan pH 2 karena mempengaruhi adanya degradasi pewarna selama proses adsorpsi. Nanoselulosa dengan TiO_2 dapat meningkatkan degradasi fotokatalitik dengan pengurangan pewarna yang signifikan (Zangeneh dkk., 2015).

Dipindai dengan CamScanner

IV.2 Efisiensi degradasi fotokatalitik NC-nTiO$_2$ dan NC-mTiO$_2$ dengan pewarna MO

Dari pembahasan sebelumnya, efisiensi rasio massa yang terbaik akan dilanjutkan ke proses fotokatalitik hingga menit ke-180, saat menit ke-90 peralihan dari proses adsorpsi ke fotokatalitik. Gambar IV.3 menunjukkan kurva perubahan efisiensi pada proses adsorpsi dan fotokatalitik dengan rasio massa NC-nTiO$_2$ 4:1 dan NC-mTiO$_2$ 2:1 pada pewarna *methylene orange* (MO).



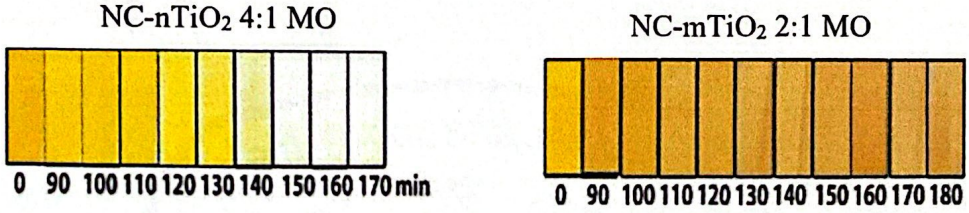
Gambar IV.3 Kurva perubahan efisiensi (%) terhadap waktu (menit) pada proses adsorpsi dan fotokatalitik dengan rasio massa NC-nTiO$_2$ 4:1 dan NC-mTiO$_2$ 2:1 *methylene orange* (MO)

Gambar IV.3 menunjukkan degradasi pewarna nanoselulosa dan TiO$_2$, adanya pengaruh fotokatalitik dengan sinar UV akan memberikan dampak untuk mempercepat proses degradasi pewarna terhadap efisiensi pewarna MO yang meningkat tinggi secara kontinu pada menit ke-90 hingga menit ke-180. Pada degradasi pewarna MO dengan rasio massa NC-nTiO$_2$ 4:1 menunjukkan efisiensi yang meningkat hingga 99,66% dibandingkan dengan rasio massa NC-mTiO$_2$ 2:1 hanya mencapai 42,05%. Penambahan nano-TiO$_2$ memberikan degradasi fotokatalitik yang lebih besar dibandingkan dengan *milling*-TiO$_2$.

Gambar IV.4 menunjukkan perubahan warna MO dalam proses adsorpsi-fotokatalitik yang didapatkan dari NC-nTiO$_2$ dan NC-mTiO$_2$. Perubahan warna terjadi pada menit ke-90, pada menit ke-0 hingga menit ke-90 belum menunjukkan adanya perubahan

Dipindai dengan CamScanner

warna, namun pada menit ke-90 hingga menit ke-180 perubahan warna yang ditunjukkan berbeda pada setiap rasio massa NC-nTiO_2 dan NC-mTiO_2. Pada rasio massa NC-nTiO_2 4:1 menunjukkan perubahan warna dari kuning hingga berwarna putih (bening) hingga menit ke-170, namun pada rasio massa NC-mTiO_2 2:1 menunjukkan perubahan warna dari kuning hingga masih berwarna coklat hingga menit ke-180, hal ini menunjukkan nano-TiO_2 dapat secara signifikan mendegradasi pewarna MO.



Gambar IV.4 Perubahan warna saat proses adsorpsi-fotokatalitik degradasi pewarna pada *methylene orange* (MO)

Dipindai dengan CamScanner

BAB V PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Rasio massa NC/nTiO_2-N belum mendapatkan hasil spektrofotometri UV-Vis.
2. Rasio massa NC/mTiO_2-N belum mendapatkan hasil spektrofotometri UV-Vis.
3. Rasio massa NC-nTiO_2 menghasilkan efisiensi degradasi pewarna terbesar dengan NC-nTiO_2 4:1, pada proses adsorpsi sebesar 30,93% dan proses adsorpsi-fotokatalitik sebesar 99,66%.
4. Rasio massa NC-mTiO_2 menghasilkan efisiensi degradasi pewarna terbesar dengan NC-mTiO_2 2:1, pada proses adsorpsi sebesar 21,02% dan proses adsorpsi-fotokatalitik sebesar 42,05%.

V.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada pengujian SEM untuk mengetahui morfologi dan dimensi pada NC/nTiO_2-N dan NC/mTiO_2-N, pengujian FTIR untuk mengetahui gugus fungsi komposit NC/nTiO_2-N dan NC/mTiO_2-N pada kandungan ligninnya serta pengujian XRD untuk menentukan pola difraksi pada nano-TiO_2 dan *milling*-TiO_2 dalam komposisi NC/nTiO_2-N dan NC/mTiO_2-N.

Dipindai dengan CamScanner

MILIK PERPUSTAKAAN STMI
Membaca : Ibadah, Mengambil : Dosa

DAFTAR PUSTAKA

Afriani, A dan Kardiansyah, T. (2015): Potensi dan peluang tandan kosong sawit sebagai bahan baku pulp dan kertas: Studi kasus di Indonesia, *Jurnal Selulosa*, **5(2)**, 79-88.

Ahonen, P. (2001): Aerosol production and crystallization of titanium dioxide from metal alkoxide droplets. Dissertation. Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus (VTT), *Technical Research Centre of Finland*, 2-3.

Almu'minin, A. S. (2016): *Sintesis dan karakterisasi film lapis tipis TiO_2 sebagai pendegradasi pewarna tekstil procion red MX-8B*, Skripsi, Universitas Jember, 31.

Chairul, I., Dwita, A dan Pradipta, H. (2013): Pemanfaatan limbah batang pisang (musa sp.) di Kalimantan Selatan sebagai alternatif bahan baku pembuatan kertas, *Seminar Nasional Teknoin*, 2-3.

Chen, X dan Burda, C. (2008): The electronic origin of the visible-light absorption properties of C-, N-and S-doped TiO_2 nanomaterials, *Journal of the American Chemical Society*, **130(15)**, 5018-5019.

Chen, X., Kuo, D. H., dan Lu, D. (2016): N-doped mesoporous TiO_2 nanoparticles synthesized by using biological renewable nanocrystalline cellulose as template for the degradation of pollutants under visible and sun light, *Chemical Engineering Journal*, **295**, 192-200.

Cultrera, A., Boarino, L., Amato, G., dan Lamberti, C. (2013): Band-gap states in unfilled mesoporous NC-TiO_2: measurement protocol for electrical characterization, *Journal of Physics: Applied Physics*, **47(1)**, 015102.

Effendi, M dan Bilalodin. (2012): Analisis sifat optik lapisan tipis TiO_2 doping nitrogen yang disiapkan dengan metode spin coating, *Pertemuan Ilmiah XXVI HFI*, 14.

Goswami, M., Baruah, D., & Das, A. M. (2018): Green synthesis of silver nanoparticles supported on cellulose and their catalytic application in the scavenging of organic dyes. *New Journal of Chemistry*, **42(13)**, 10868-10878.

Dipindai dengan CamScanner

Hasibuan, R. S. (2010): *Kualitas serat dari limbah batang kelapa sawit sebagai bahan baku papan serat*, Skripsi, Universitas Sumatera Utara, 4-6.

Herawan, T dan Rivani, M. (2010): Produksi aseton butanol-etanol dari hidrolisat tandan kosong kelapa sawit, *Laporan penelitian kerja sama PPKS – PTPN IV*, 16.

Indriyani, Y., Sutanto, H dan Nurhasanah, I. (2017): Analisis sifat optis lapisan tipis TiO_2-N untuk fotodegradasi direct blue 71, *Jurnal Ilmiah Teknosains*, **3(2)**, 2.

Jalandoni, B. A. C., Decena, S. A. L. A., Cao, E. P., Barraquio, V. L., dan Barraquio, W. L. (2010): Characterization and identification of Congo red decolorizing bacteria from monocultures and consortia. *Philippine Journal of Science*, **139(1)**, 71-78.

Karim, S., Pardoyo, P dan Subagio, A. (2016): Sintesis dan karakterisasi TiO_2 terdoping nitrogen (n-doped TiO_2) dengan metode sol–gel, *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, **19(2)**, 63-67.

Kholisoh, I., Darojah, Z., Firmania, E., Natijah, H dan Hartati, I. (2016): Pengaruh waktu pemasakan dan rasio asam asetat berbantu gelombang mikro pada proses pulping organosolv dari ampas tebu (saccharum officinarum l.), *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, **1(1)**, 1.

Lee, H. V., Hamid, S. B. A dan Zain, S. K. (2014): Conversion of lignocellulosic biomass to nanocellulose: structure and chemical process, *The Scientific World Journal*, 27.

Moon, R. J., Martini, A., Nairn, J., Simonsen, J dan Youngblood, J. (2011): Cellulose nanomaterials review: structure, properties and nanocomposites, *Chemical Society Reviews*, **40(7)**, 3941-3994.

Pratama, A., H., (2010): *Preparasi dan karakterisasi suspensi nanopartikel TiO_2 berbasis medium air*, Tesis, Universitas Indonesia, 22-23.

Pratama, A., W., (2016): *Preparasi dan karakterisasi nanoselulosa secara hidrolisis dengan variasi konsentrasi asam*, Skripsi, Universitas Jember, 18-19.

Dipindai dengan CamScanner

Putera, R. D. H. (2012): *Ekstraksi serat selulosa dari tanaman eceng gondok (Eichornia crassipes) dengan variasi pelarut*, Skripsi, Universitas Indonesia, 31-32.

Riyani, K., Setyaningtyas, T dan Dwiasih, D. W. (2012): Pengolahan limbah cair batik menggunakan fotokatalis TiO_2-N dengan bantuan sinar matahari, *Jurnal Kimia Valensi*, **2(5)**, 581-587.

Rowe, R. C., Sheskey, P., dan Quinn, M. (2009): *Handbook of pharmaceutical excipients*, Libros Digitales-Pharmaceutical Press, 120-122.

Saelan, L. A. B. (2015): *Degradasi Pewarna Azo Merah (Congo Red) Oleh Kapang Wonorejo*, Disertasi, Institut Teknologi Sepuluh November, 31-32.

Septevani, A. A., Rifathin, A., Sari, A. A., Sampora, Y., Ariani, G. N., dan Sondari, D: (2020): Oil palm empty fruit bunch-based nanocellulose as a super-adsorbent for water remediation, *Carbohydrate Polymers*, **229**, 115433.

Shifu, C., Lei, C., Shen, G., dan Gengyu, C. (2005): The preparation of nitrogen-doped photocatalyst TiO_2– xNx by ball milling. *Chemical Physics Letters*, **413(4-6)**, 404-409.

Vijayalakshmi, R., dan Rajendran, V. (2012): Synthesis and characterization of nano-TiO2 via different methods. *Archives of Applied Science Research*, **4(2)**, 1183-1190.

Warono, D dan Ab, S. (2013): Unjuk kerja spektrofotometer untuk analisis zat aktif ketoprofen, *Jurnal konversi*, **2**, 3-4.

Wijaya, K., Tahir, I., dan Haryanti, N. (2005): Synthesis of Fe_2O_3-montmorillonite and its application as a photocatalyst for degradation of Congo red dye, *Jurnal Kimia Indonesia*. **5(1)**, 41-47.

Yang, T. Y., Lin, H. M., Wei, B. Y., Wu, C. Y., dan Lin, C. K. (2003): UV enhancement of the gas sensing properties of nano-TiO_2, *Advanced Materials Science*, **4(1)**, 48-54.

Zangeneh, H., Zinatizadeh, A. A. L., Habibi, M., Akia, M., & Isa, M. H. (2015): Photocatalytic oxidation of organic dyes and pollutants in wastewater using

Dipindai dengan CamScanner

different modified titanium dioxides: A comparative review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, **26**, 1-36.

Dipindai dengan CamScanner

LAMPIRAN

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran A Lembar Permohonan Tugas Akhir

Kementerian Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI
POLITEKNIK STMI JAKARTA
Jl. Letjen Suprapto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42886206
www.stmi.ac.id

Nomor : /BPSDMI/STMI/XI/2019
Lampiran :
Hal : **Permohonan Penelitian**

Jakarta, 20 November 2019

Kepada
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan
Pusat Penelitian Kimia LIPI
Gedung 452 Kawasan PUSPITEK Serpong
Tangerang Banten

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Bidang Kompetensi
1.	Edwin Wahid	1516050	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.

Pembantu Direktur I,

Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, M.T
NIP : 19740302 200212 1 001

Tembusan:
1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Pertinggal

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran B Lembar Penugasan Dosen Pembimbing

Kementerian Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI
POLITEKNIK STMI JAKARTA
Jl. Letjen Suprapto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206

Nomor : 004/BPSDMI/STMI/PP/I/2020 Jakarta, 30 Januari 2020
Lampiran : 1 (satu)
Hal : Penugasan Proses Bimbingan Tugas Akhir Tahun Akademik 2019/2020

Yth. Bapak Syaiful Ahsan, ST, MT
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/BPSDMI/STMI/PP/KEP/I/2020 tanggal 02 Januari 2020 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2019/2020, maka dengan ini kami mengharap bantuan Bapak untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Edwin Wahid
No. Induk : 1516050

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Pembuatan Komposit Nanopartikel N-TiO2/Nanoselulosa dengan Modifikasi Doping Nitrogen dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) melalui Metode Ultrasonifikasi Untuk Pendegradasi Pewarna Tekstil. "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Direktur,

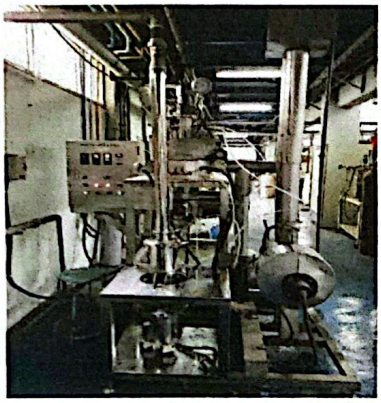
Mustofa

Tembusan:
1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran C Dokumentasi Alat, Bahan, Proses Penelitian dan Hasil Sampel Produk Penelitian

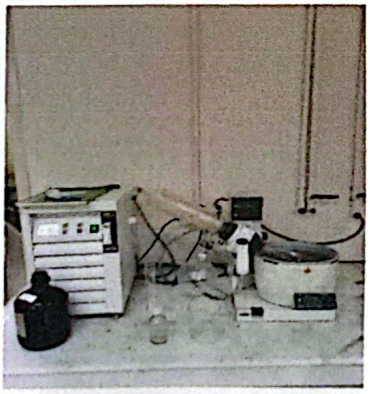
C.1 Alat Penelitian



Reaktor *Digester*/ Delignifikasi



Centrifuge



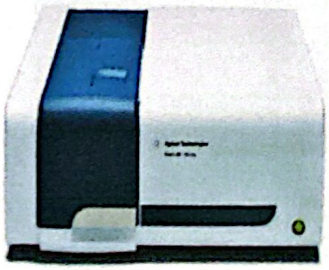
Evaporator



Sonicators



Alat Ultrafiltrasi



Spektrofotometer UV-Vis

Dipindai dengan CamScanner

C.2 Bahan Penelitian

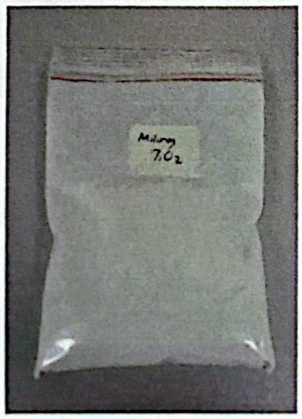




TKKS (30-40 mesh)



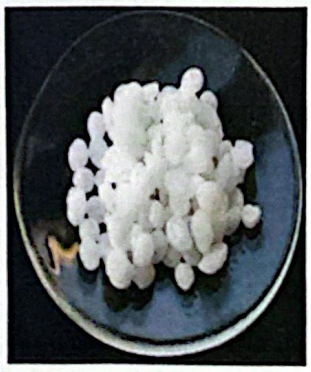
$nTiO_2$



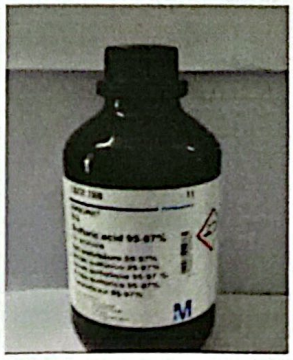
$mTiO_2$



Urea

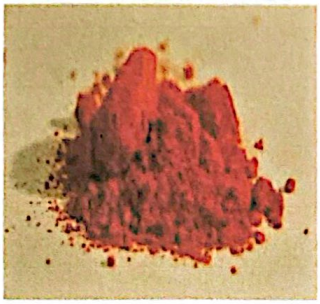


NaOH



H_2SO_4

Dipindai dengan CamScanner



Pewarna *Methylene Orange* (MO)

C.3 Proses Penelitian dan Hasil Sampel Produk



Persiapan Bahan Baku (TKKS dan NaOH)





Proses Delignifikasi

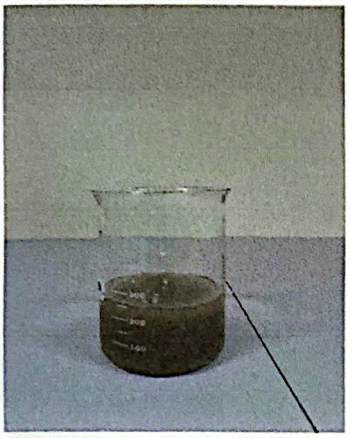


Proses Netralisasi



Hasil Proses Delignifikasi-Netralisasi

Dipindai dengan CamScanner



NC Sebelum Proses Hidrolisis



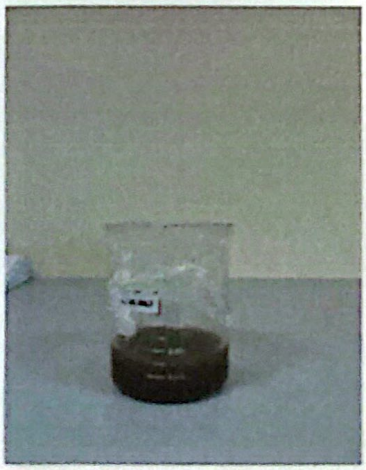
Proses Hidrolisis



NC Sesudah Proses Hidrolisis



Proses *Centrifuge*



NC Sesudah Proses *Centrifuge*



Proses Dialisis

Dipindai dengan CamScanner



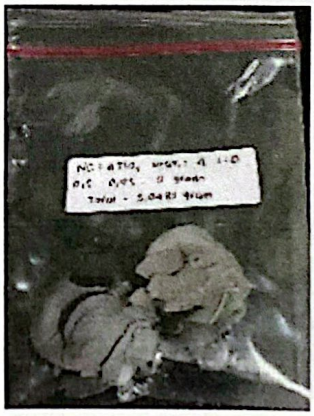
Proses Sonikasi



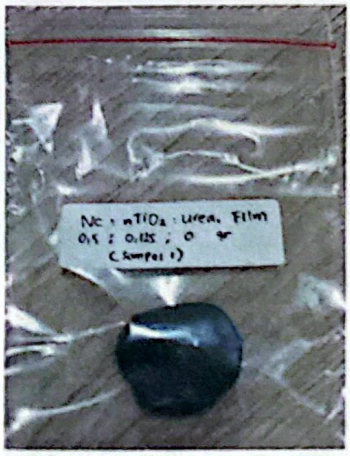
Hasil Proses Sonikasi dan Sampel Sebelum Proses Ultrafiltrasi



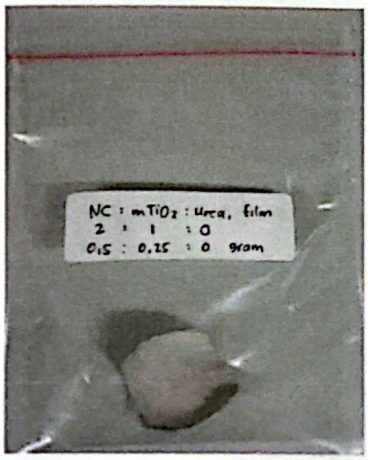
Hasil Ultrafiltrasi



NC/nTiO$_2$-N$_1$ (4:1:0) pH 2

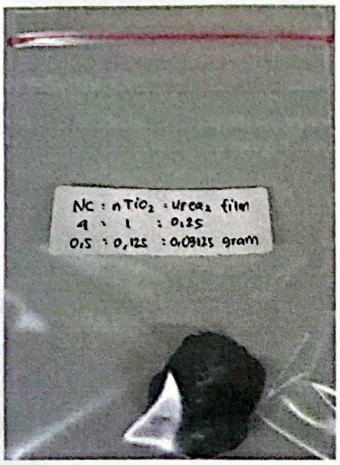


NC/nTiO$_2$-N$_1$ (4:1:0)

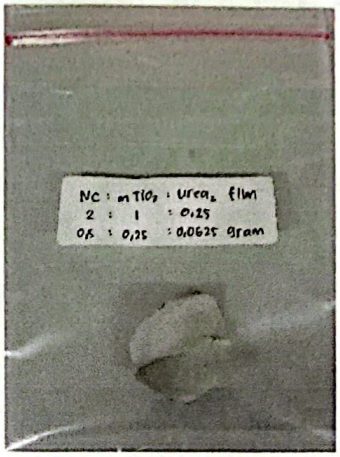


NC/mTiO$_2$-N$_1$ (2:1:0)

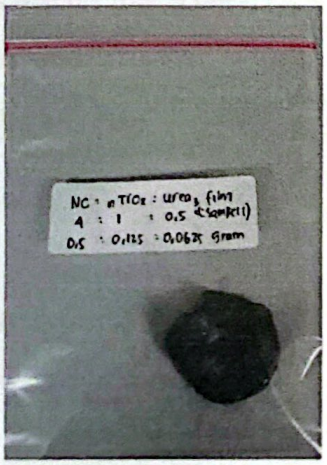
Dipindai dengan CamScanner



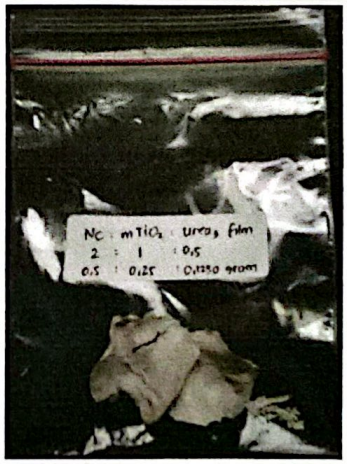
NC/nTiO$_2$-N$_2$ (4:1:0,25)



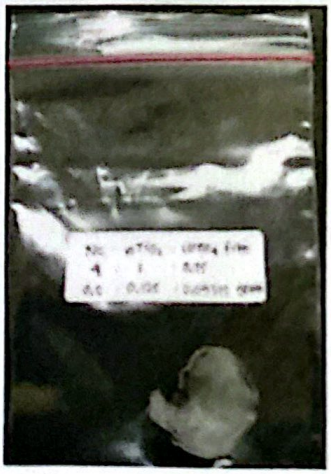
NC/mTiO$_2$-N$_2$ (2:1:0,25)



NC/nTiO$_2$-N$_3$ (4:1:0,5)



NC/mTiO$_2$-N$_3$ (2:1:0,5)



NC/nTiO$_2$-N$_4$ (4:1:0,75)

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran D Data Perhitungan Rasio Massa NC/nTiO$_2$-N dan NC/mTiO$_2$-N

D.1 Perhitungan Pembuatan NC (Nanoselulosa) 1%

Saat sudah proses dialisis, sebelum ke proses ultrafiltrasi terlebih dahulu menghitung berat sampel NC;

$$\text{Berat NC 1\%} = \frac{\text{(Berat botol isi-Berat botol kosong)}}{\text{Berat sampel}} \times 100$$

Pada sampel NC/N-nTiO$_2$ (4:1:0), (0,5: 0,125: 0) gram

Berat gelas kosong = 8,8999 gram

Berat gelas isi = 8,9008 gram

Berat sampel = 0,1004 gram

$$\text{Berat NC 1\%} = \frac{\text{(Berat botol isi-Berat botol kosong)}}{\text{Berat sampel}} \times 100$$

$$\text{Berat NC 1\%} = \frac{\text{(8,9008 gram - 8,8999 gram)}}{\text{0,1004 gram}} = 0{,}90\%$$

Karena cairan NC didapat kurang 1%, maka dilakukan pengentalan dengan proses evaporasi:

$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$

Keterangan:

V1 =Volume sebelum evaporasi = 290 ml

V2 = Volume setelah evaporasi yang akan digunakan

N1 = Konsentrasi NC sebelum evaporasi yang didapatkan dari proses dialisis = 0,90%

N2 = Konsentrasi NC yang diinginkan = 1%

Perhitungan rumusnya:

$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$

$290 \times 0{,}90\% = V_2 \times 1\%$

V_2 = 261 ml (volume yang akan digunakan untuk proses ultrafiltrasi)

Dipindai dengan CamScanner

D.2 Perhitungan pembuatan pewarna *methylene orange* (MO)

a. Timbang pewarna MO sebanyak 10 mg

b. Hitung banyak pewarna yang akan digunakan

$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$

Keterangan:

V1 = Volume yang diinginkan

V2 = Volume labu ukur yang digunakan = 250 ml

N1 = Konsentrasi saat awal proses = 100 ppm

N2 = Konsentrasi yang akan dibuat atau diinginkan = 5 ppm

Perhitungan:

$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$

$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 250 \text{ ml} \times 5 \text{ ppm}$

$V_1 = 12{,}5 \text{ ml}$

c. Kemudian 12,5 ml tersebut dimasukkan kedalam labu ukur 250 ml ditambahkan dengan *aquadest* hingga batas akhir, lalu di pipet sebanyak 100 ml MO ke lembar film untuk diproses adsorpsi dan fotokatalitik

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran E Data Perhitungan Rasio Massa NC-nTiO$_2$ dan NC-mTiO$_2$ pada Proses Adsorpsi-Fotokatalitik

E.1 Hasil perhitungan pada massa rasio massa NC-nTiO$_2$ 1:1; 2:1 dan 4:1

Waktu	Absorbansi (simplo)	Absorbansi (duplo)	Absorbansi	Berat NCs (gr)	Konsentrasi MO sebelum (ppm) [x0]	Konsentrasi MO setelah (ppm) [x1] simplo	Konsentrasi MO setelah (ppm) [x1] duplo	Konsentrasi MO setelah (ppm) [x1]	Efisiensi simplo	Efisiensi duplo	Efisiensi
NC-nTiO2 (1:1)											
15	0,4228	0,4230	0,4229	0,5071	5,3921	4,9736	4,9763	4,9749	7,76%	7,71%	7,74%
30	0,3855	0,3851	0,3853	0,5071		4,4815	4,4763	4,4789	16,89%	16,98%	16,94%
60	0,3840	0,3851	0,3846	0,5071		4,4617	4,4763	4,4690	17,25%	16,98%	17,12%
90	0,3871	0,3852	0,3862	0,5071		4,5026	4,4776	4,4901	16,50%	16,96%	16,73%
120	0,3845	0,3849	0,3847	0,5071		4,4683	4,4736	4,4710	17,13%	17,03%	17,08%
NC-nTiO2 (2:1)											
15	0,4628	0,4623	0,4626	0,5004	5,6718	5,2273	5,2206	5,2239	7,84%	7,96%	7,90%
30	0,4451	0,4455	0,4453	0,5004		4,9906	4,9960	4,9933	12,01%	11,92%	11,96%
60	0,4380	0,4390	0,4385	0,5004		4,8957	4,9091	4,9024	13,68%	13,45%	13,57%
90	0,4238	0,4241	0,4240	0,5004		4,7059	4,7099	4,7079	17,03%	16,96%	16,99%
120	0,4150	0,4155	0,4153	0,5004		4,5882	4,5949	4,5916	19,10%	18,99%	19,05%
NC-nTiO2 (4:1)											
15	0,4334	0,4362	0,4348	0,5052	5,2660	4,8342	4,8717	4,8529	8,20%	7,49%	7,84%
30	0,4075	0,4072	0,4074	0,5052		4,4880	4,4840	4,4860	14,77%	14,85%	14,81%
60	0,3772	0,3777	0,3775	0,5052		4,0829	4,0896	4,0862	22,47%	22,34%	22,40%
90	0,3493	0,3501	0,3497	0,5052		3,7099	3,7206	3,7152	29,55%	29,35%	29,45%
120	0,3434	0,3443	0,3439	0,5052		3,6310	3,6430	3,6370	31,05%	30,82%	30,93%

E.1.1 Perhitungan pada proses NC-nTiO$_2$ (1:1)

E.1.1.1 Perhitungan proses absorbansi NC-nTiO$_2$ (1:1)

a. Absorbansi pada menit ke-15 $= \frac{(\text{simplo}+\text{duplo})}{2} = \frac{(0,4228+0,4230)}{2} = 0,4229$

b. Absorbansi pada menit ke-30 $= \frac{(\text{simplo}+\text{duplo})}{2} = \frac{(0,3885+0,3851)}{2} = 0,3853$

c. Absorbansi pada menit ke-60 $= \frac{(\text{simplo}+\text{duplo})}{2} = \frac{(0,3840+0,3851)}{2} = 0,3846$

d. Absorbansi pada menit ke-90 $= \frac{(\text{simplo}+\text{duplo})}{2} = \frac{(0,3871+0,3852)}{2} = 0,3862$

e. Absorbansi pada menit ke-120 $= \frac{(\text{simplo}+\text{duplo})}{2} = \frac{(0,3845+0,3849)}{2} = 0,3847$

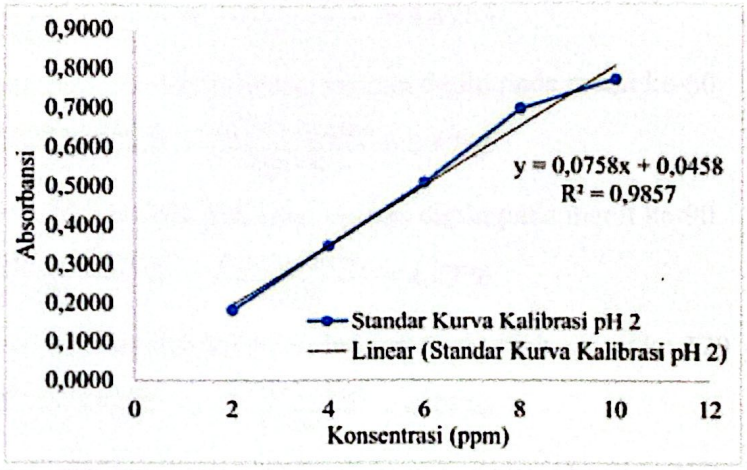
E.1.1.2 Perhitungan konsentrasi MO sebelum kalibrasi larutan NC-nTiO$_2$ (1:1)

Standar kurva kalibrasi pH 2 NC-nTiO$_2$ (1:1)			
	Absorbansi		
Konsentrasi (ppm)	simplo	duplo	Rata-rata
2	0,1379	0,1374	0,1377
4	0,3024	0,3019	0,3022

Dipindai dengan CamScanner

Konsentrasi (ppm)	simplo	duplo	Rata-rata
6	0,4617	0,4628	0,4623
8	0,6529	0,6443	0,6486
10	0,7202	0,7237	0,7220
Larutan uji	0,4550	0,4540	0,4545

Standar kurva kalibrasi pH 2



Konsentrasi MO sebelum $= \frac{\text{(rata larutan uji-0,0458)}}{0,0758} = \frac{(0,4545-0,0458)}{0,0758} = 5,3921$

E.1.1.3 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo NC-nTiO_2 (1:1)

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-15

$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0458)}}{0,0758} = \frac{(0,4228-0,0458)}{0,0758} = 4,9736$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-30

$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0458)}}{0,0758} = \frac{(0,3855-0,0458)}{0,0758} = 4,4815$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-60

$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0458)}}{0,0758} = \frac{(0,3840-0,0458)}{0,0758} = 4,4617$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-90

$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0458)}}{0,0758} = \frac{(0,3871-0,0458)}{0,0758} = 4,5026$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-120

$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0458)}}{0,0758} = \frac{(0,3845-0,0458)}{0,0758} = 4,4683$

Dipindai dengan CamScanner

E.1.1.4 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo NC-nTiO$_2$ (1:1)

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0458)}}{0,0758} = \frac{(0,4230-0,0458)}{0,0758} = 4,9736$$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0458)}}{0,0758} = \frac{(0,3851-0,0458)}{0,0758} = 4,4763$$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0458)}}{0,0758} = \frac{(0,3851-0,0458)}{0,0758} = 4,4763$$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0458)}}{0,0758} = \frac{(0,3852-0,0458)}{0,0758} = 4,4776$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0458)}}{0,0758} = \frac{(0,3849-0,0458)}{0,0758} = 4,4736$$

E.1.1.5 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan NC-nTiO$_2$ (1:1)

a. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,9736+4,9763)}{2} = 4,9749$$

b. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,4815+4,4763)}{2} = 4,4789$$

c. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,4617+4,4763)}{2} = 4,4690$$

d. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,5026+4,4776)}{2} = 4,4901$$

e. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,4683+4,4736)}{2} = 4,4710$$

E.1.1.6 Perhitungan efisiensi larutan simplo NC-nTiO$_2$ (1:1)

a. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

Dipindai dengan CamScanner

$$= \frac{(5,3921-4,9736)}{5,3921} \text{ x } 100\% = 7,76\%$$

b. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,3921-4,4815)}{5,3921} \text{ x } 100\% = 16,89\%$$

c. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,3921-4,4617)}{5,3921} \text{ x } 100\% = 17,25\%$$

d. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,3921-4,5026)}{5,3921} \text{ x } 100\% = 16,50\%$$

e. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,3921-4,4683)}{5,3921} \text{ x } 100\% = 17,13\%$$

E.1.1.7 Perhitungan efisiensi larutan duplo NC-nTiO$_2$ (1:1)

a. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,3921-4,9763)}{5,3921} \text{ x } 100\% = 7,71\%$$

b. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,3921-4,4763)}{5,3921} \text{ x } 100\% = 16,98\%$$

c. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,3921-4,4763)}{5,3921} \text{ x } 100\% = 16,98\%$$

Dipindai dengan CamScanner

d. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}3921-4{,}4776)}{5{,}3921} \times 100\% = 16{,}96\%$$

e. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}3921-4{,}4736)}{5{,}3921} \times 100\% = 17{,}03\%$$

E.1.1.8 Perhitungan efisiensi NC-nTiO$_2$ (1:1)

a. Efisiensi pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(7{,}76\%+7{,}71\%)}{2} = 7{,}74\%$$

b. Efisiensi pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(16{,}89\%+16{,}98\%)}{2} = 16{,}94\%$$

c. Efisiensi pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(17{,}25\%+16{,}98\%)}{2} = 17{,}12\%$$

d. Efisiensi pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(16{,}50\%+16{,}96\%)}{2} = 16{,}73\%$$

e. Efisiensi pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(17{,}13\%+17{,}03\%)}{2} = 17{,}08\%$$

E.1.2 Perhitungan pada proses NC-nTiO$_2$ (2:1)

E.1.2.1 Perhitungan proses absorbansi NC-nTiO$_2$ (2:1)

a. Absorbansi pada menit ke-15 $= \frac{\text{(simplo+duplo)}}{2} = \frac{(0{,}4628+0{,}4623)}{2} = 0{,}4626$

b. Absorbansi pada menit ke-30 $= \frac{\text{(simplo+duplo)}}{2} = \frac{(0{,}4451+0{,}4455)}{2} = 0{,}4453$

c. Absorbansi pada menit ke-60 $= \frac{\text{(simplo+duplo)}}{2} = \frac{(0{,}4380+0{,}4390)}{2} = 0{,}4385$

d. Absorbansi pada menit ke-90 $= \frac{\text{(simplo+duplo)}}{2} = \frac{(0{,}4238+0{,}4241)}{2} = 0{,}4240$

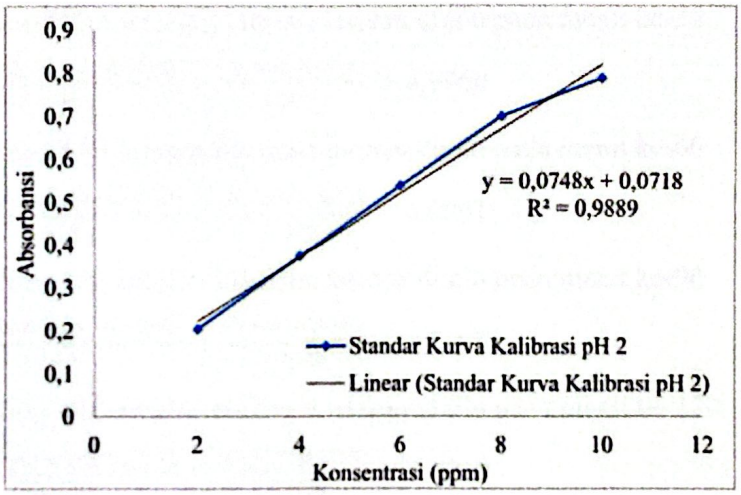
e. Absorbansi pada menit ke-120 $= \frac{\text{(simplo+duplo)}}{2} = \frac{(0{,}4150+0{,}4155)}{2} = 0{,}4153$

Dipindai dengan CamScanner

E.1.2.2 Perhitungan konsentrasi MO sebelum kalibrasi larutan NC-nTiO$_2$ (2:1)

Standar kurva kalibrasi pH 2 NC-nTiO$_2$ (2:1)			
	Absorbansi		
Konsentrasi (ppm)	Simplo	Duplo	Rata-rata
2	0,2037	0,2032	0,2035
4	0,3732	0,3727	0,3730
6	0,5375	0,5386	0,5381
8	0,7037	0,6951	0,6994
10	0,7860	0,7895	0,7878
Larutan uji	0,4960	0,4961	0,4961

Standar kurva kalibrasi pH 2



Konsentrasi MO sebelum $= \frac{\text{(rata larutan uji-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,4961-0,0718)}{0,0748} = 5,6718$

E.1.2.3 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo NC-nTiO$_2$ (2:1)

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-15

$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,4628-0,0718)}{0,0748} = 5,2273$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-30

$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,4451-0,0718)}{0,0748} = 4,9906$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-60

$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,4380-0,0718)}{0,0748} = 4,8957$

Dipindai dengan CamScanner

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,4238-0,0718)}{0,0748} = 4,7059$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,4150-0,0718)}{0,0748} = 4,5882$$

E.1.2.4 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo NC-nTiO₂ (2:1)

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,4623-0,0718)}{0,0748} = 5,2206$$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,4455-0,0718)}{0,0748} = 4,9960$$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,4390-0,0718)}{0,0748} = 4,9091$$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,4241-0,0718)}{0,0748} = 4,7099$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,4155-0,0718)}{0,0748} = 4,5949$$

E.1.2.5 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan NC-nTiO₂ (2:1)

a. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(5,2273+5,2206)}{2} = 5,2239$$

b. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,9906+4,9960)}{2} = 4,9933$$

c. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,8957+4,9091)}{2} = 4,9024$$

d. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,7059+4,7099)}{2} = 4,7079$$

Dipindai dengan CamScanner

e. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,5882+4,5949)}{2} = 4,5916$$

E.1.2.6 Perhitungan efisiensi larutan simplo NC-nTiO$_2$ (2:1)

a. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,6718-5,2273)}{5,6718} \text{x } 100\% = 7,84\%$$

b. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,6718-4,9906)}{5,6718} \text{x } 100\% = 12,01\%$$

c. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,6718-4,8957)}{5,6718} \text{x } 100\% = 13,68\%$$

d. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,6718-4,7059)}{5,6718} \text{x } 100\% = 17,03\%$$

e. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,6718-4,5882)}{5,6718} \text{x } 100\% = 19,10\%$$

E.1.2.7 Perhitungan efisiensi larutan duplo NC-nTiO$_2$ (2:1)

a. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,6718-5,2206)}{5,6718} \text{x } 100\% = 7,96\%$$

b. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

Dipindai dengan CamScanner

$$= \frac{(5,6718-4,9960)}{5,6718} \text{ x } 100\% = 11,92\%$$

c. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-60

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,6718-4,9091)}{5,6718} \text{ x } 100\% = 13,45\%$$

d. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,6718-4,7099)}{5,6718} \text{ x } 100\% = 16,96\%$$

e. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-120

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,6718-4,5949)}{5,6718} \text{ x } 100\% = 18,99\%$$

E.1.2.8 Perhitungan efisiensi NC-nTiO$_2$ (2:1)

a. Efisiensi pada menit ke-15

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(7,84\%+7,96\%)}{2} = 7,90\%$$

b. Efisiensi pada menit ke-30

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(12,01\%+11,92\%)}{2} = 11,96\%$$

c. Efisiensi pada menit ke-60

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(13,68\%+13,45\%)}{2} = 13,57\%$$

d. Efisiensi pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(17,03\%+16,96\%)}{2} = 16,99\%$$

e. Efisiensi pada menit ke-120

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(19,10\%+18,99\%)}{2} = 19,05\%$$

E.1.3 Perhitungan pada proses NC-nTiO$_2$ (4:1)

E.1.3.1 Perhitungan proses absorbansi NC-nTiO$_2$ (4:1)

a. Absorbansi pada menit ke-15 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0,4334+0,4362)}{2} = 0,4348$

Dipindai dengan CamScanner

b. Absorbansi pada menit ke-30 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}4075+0{,}4072)}{2} = 0{,}4074$

c. Absorbansi pada menit ke-60 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}3772+0{,}3777)}{2} = 0{,}3775$

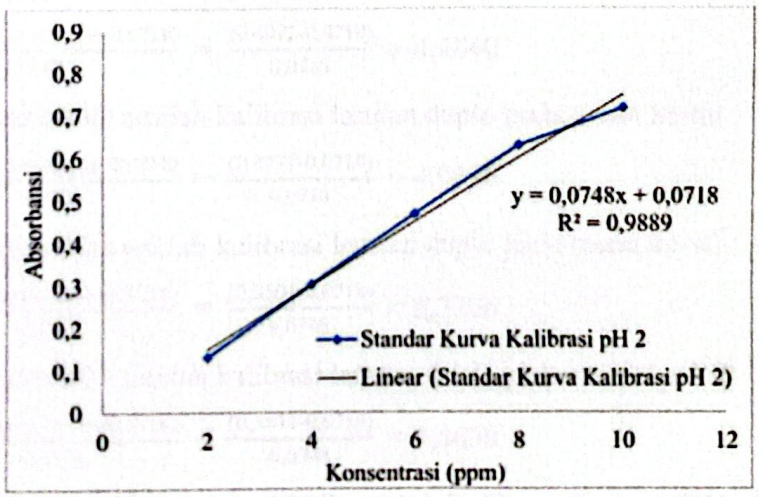
d. Absorbansi pada menit ke-90 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}3493+0{,}3501)}{2} = 0{,}3497$

e. Absorbansi pada menit ke-120 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}3443+0{,}3439)}{2} = 0{,}3439$

E.1.3.2 Perhitungan konsentrasi MO sebelum kalibrasi larutan NC-nTiO₂ (4:1)

Standar kurva kalibrasi pH 2 NC-nTiO₂ (4:1)			
	Absorbansi		
Konsentrasi (ppm)	Simplo	Duplo	Rata-rata
2	0,1319	0,1314	0,1317
4	0,3014	0,3009	0,3012
6	0,4657	0,4668	0,4663
8	0,6319	0,6233	0,6276
10	0,7142	0,7177	0,7160
Larutan uji	0,4490	0,4480	0,4485

Standar kurva kalibrasi pH 2



Konsentrasi MO sebelum $= \frac{(\text{rata larutan uji-0,0718})}{0{,}0748} = \frac{(0{,}4657-0{,}0718)}{0{,}0748} = 5{,}2260$

E.1.3.3 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo NC-nTiO₂ (4:1)

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-15

$= \frac{(\text{absorbansi simplo-0,0718})}{0{,}0748} = \frac{(0{,}4334-0{,}0718)}{0{,}0748} = 4{,}8342$

Dipindai dengan CamScanner

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,4075-0,0718)}{0,0748} = 4,4880$$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,3772-0,0718)}{0,0748} = 4,0829$$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,3493-0,0718)}{0,0748} = 3,7099$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,3434-0,0718)}{0,0748} = 3,6310$$

E.1.3.4 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo NC-nTiO$_2$ (4:1)

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,4362-0,0718)}{0,0748} = 4,8717$$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,4072-0,0718)}{0,0748} = 4,4840$$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,3777-0,0718)}{0,0748} = 4,0896$$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,3501-0,0718)}{0,0748} = 3,7206$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,3443-0,0718)}{0,0748} = 3,6430$$

E.1.3.5 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan NC-nTiO$_2$ (4:1)

a. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,8342+4,8717)}{2} = 4,8529$$

b. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,4880+4,4840)}{2} = 4,4860$$

Dipindai dengan CamScanner

c. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-60

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(4,0829+4,0896)}{2} = 4,0862$$

d. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(3,7099+3,7206)}{2} = 3,7152$$

e. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-120

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(3,6310+3,6430)}{2} = 3,6370$$

E.1.3.6 Perhitungan efisiensi larutan simplo NC-nTiO₂ (4:1)

a. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-15

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,2660-4,8342)}{5,2660} \times 100\% = 8,20\%$$

b. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-30

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,2660-4,4880)}{5,2660} \times 100\% = 14,77\%$$

c. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-60

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,2660-4,0829)}{5,2660} \times 100\% = 22,47\%$$

d. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,2660-3,7099)}{5,2660} \times 100\% = 29,55\%$$

e. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,2660-3,6310)}{5,2660} \times 100\% = 31,05\%$$

E.1.3.7 Perhitungan efisiensi larutan duplo NC-nTiO₂ (4:1)

a. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-15

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

Dipindai dengan CamScanner

$$= \frac{(5{,}2660-4{,}8717)}{5{,}6718} \times 100\% = 7{,}49\%$$

b. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-30

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}2660-4{,}4840)}{5{,}6718} \times 100\% = 14{,}85\%$$

c. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-60

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}2660-4{,}0896)}{5{,}6718} \times 100\% = 22{,}34\%$$

d. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}2660-3{,}7206)}{5{,}6718} \times 100\% = 29{,}35\%$$

e. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-120

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}2660-3{,}6430)}{5{,}6718} \times 100\% = 30{,}82\%$$

E.1.3.8 Perhitungan efisiensi NC-nTiO_2 (4:1)

f. Efisiensi pada menit ke-15

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(8{,}20\%+7{,}49\%)}{2} = 7{,}84\%$$

g. Efisiensi pada menit ke-30

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(14{,}77\%+14{,}85\%)}{2} = 14{,}81\%$$

h. Efisiensi pada menit ke-60

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(22{,}47\%+22{,}34\%)}{2} = 22{,}40\%$$

i. Efisiensi pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(29{,}55\%+29{,}35\%)}{2} = 29{,}45\%$$

j. Efisiensi pada menit ke-120

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(31{,}05\%+30{,}82\%)}{2} = 30{,}93\%$$

Dipindai dengan CamScanner

E.2 Hasil perhitungan pada rasio massa NC-mTiO$_2$ 1:1; 2:1 dan 4:1

Waktu	Absorbansi (simplo)	Absorbansi (duplo)	Absorbansi	Berat NCs (gr)	Konsentrasi MO sebelum (ppm) [x0]	Konsentrasi MO setelah (ppm) [x1] simplo	Konsentrasi MO setelah (ppm) [x1] duplo	Konsentrasi MO setelah (ppm) [x1]	Efisiensi simplo	Efisiensi duplo	Efisiensi
NC-mTiO2 (1:1)											
15	0,4423	0,4405	0,4414	0,5054	5,5993	5,5223	5,4964	5,5094	1,38%	1,84%	1,61%
30	0,4303	0,4237	0,4270	0,5054		5,3496	5,2547	5,3022	4,46%	6,15%	5,31%
60	0,4104	0,4096	0,4100	0,5054		5,0633	5,0518	5,0576	9,57%	9,78%	9,68%
90	0,4105	0,4107	0,4106	0,5054		5,0647	5,0676	5,0662	9,55%	9,50%	9,52%
120	0,4056	0,4088	0,4072	0,5054		4,9942	5,0403	5,0173	10,81%	9,98%	10,39%
NC-mTiO2 (2:1)											
15	0,6409	0,6471	0,6440	0,5043	4,9244	4,7561	4,8445	4,8003	3,42%	1,62%	2,52%
30	0,5850	0,5952	0,5901	0,5043		3,9586	4,1041	4,0314	19,61%	16,66%	18,13%
60	0,5863	0,5835	0,5849	0,5043		3,9772	3,9372	3,9572	19,24%	20,05%	19,64%
90	0,5854	0,5837	0,5846	0,5043		3,9643	3,9401	3,9522	19,50%	19,99%	19,74%
120	0,5799	0,5804	0,5802	0,5043		3,8859	3,8930	3,8894	21,09%	20,94%	21,02%
NC-mTiO2 (4:1)											
15	0,6451	0,6449	0,6450	0,5043	4,9244	4,8160	4,8131	4,8146	2,20%	2,26%	2,23%
30	0,6403	0,6404	0,6404	0,5043		4,7475	4,7489	4,7482	3,59%	3,56%	3,58%
60	0,6324	0,6351	0,6338	0,5043		4,6348	4,6733	4,6541	5,88%	5,10%	5,49%
90	0,6317	0,6325	0,6321	0,5043		4,6248	4,6362	4,6305	6,08%	5,85%	5,97%
120	0,5897	0,593	0,5914	0,5043		4,0257	4,0728	4,0492	18,25%	17,29%	17,77%

E.2.1 Perhitungan pada proses NC-mTiO$_2$ (1:1)

E.2.1.1 Perhitungan proses absorbansi NC-mTiO$_2$ (1:1)

a. Absorbansi pada menit ke-15 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0,4423+0,4405)}{2} = 0,4418$

b. Absorbansi pada menit ke-30 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0,4303+0,4237)}{2} = 0,4270$

c. Absorbansi pada menit ke-60 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0,4104+0,4096)}{2} = 0,4100$

d. Absorbansi pada menit ke-90 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0,4105+0,4107)}{2} = 0,4106$

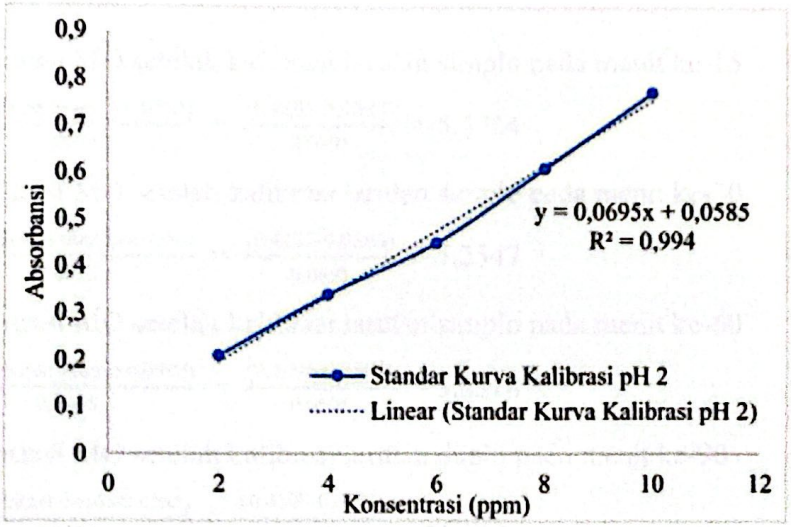
e. Absorbansi pada menit ke-120 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0,4056+0,4088)}{2} = 0,4072$

E.2.1.2 Perhitungan konsentrasi MO sebelum kalibrasi larutan NC-mTiO$_2$ (1:1)

Standar kurva kalibrasi pH 2 NC-mTiO$_2$ (1:1)			
	Absorbansi		
Konsentrasi (ppm)	Simplo	Duplo	Rata-rata
2	0,2101	0,2094	0,2098
4	0,3416	0,3369	0,3393
6	0,4516	0,4470	0,4493
8	0,6079	0,6075	0,6077
10	0,7694	0,7709	0,7702
Larutan uji	0,4460	0,4493	0,4477

Dipindai dengan CamScanner

Standar kurva kalibrasi pH 2



Konsentrasi MO sebelum $= \frac{\text{(rata larutan uji-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,4477-0,0585)}{0,0695} = 5,5993$

E.2.1.3 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo NC-mTiO₂ (1:1)

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-15

$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,4423-0,0585)}{0,0695} = 5,5223$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-30

$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,4303-0,0585)}{0,0695} = 5,3496$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-60

$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,4104-0,0585)}{0,0695} = 5,0633$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-90

$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,4105-0,0585)}{0,0695} = 5,0647$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-120

$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,4056-0,0585)}{0,0695} = 4,9942$

Dipindai dengan CamScanner

E.2.1.4 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo NC-mTiO$_2$ (1:1)

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-15

$$= \frac{(\text{absorbansi simplo}-0{,}0585)}{0{,}0695} = \frac{(0{,}4405-0{,}0585)}{0{,}0695} = 5{,}4964$$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-30

$$= \frac{(\text{absorbansi simplo}-0{,}0585)}{0{,}0695} = \frac{(0{,}4237-0{,}0585)}{0{,}0695} = 5{,}2547$$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-60

$$= \frac{(\text{absorbansi simplo}-0{,}0585)}{0{,}0695} = \frac{(0{,}4096-0{,}0585)}{0{,}0695} = 5{,}0518$$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{absorbansi duplo}-0{,}0585)}{0{,}0695} = \frac{(0{,}4107-0{,}0585)}{0{,}0695} = 5{,}0676$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-120

$$= \frac{(\text{absorbansi duplo}-0{,}0585)}{0{,}0695} = \frac{(0{,}4088-0{,}0585)}{0{,}0695} = 5{,}0403$$

E.2.1.5 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan NC-mTiO$_2$ (1:1)

a. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-15

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo}+\text{konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(5{,}5223+5{,}4964)}{2} = 5{,}5094$$

b. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-30

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo}+\text{konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(5{,}3496+5{,}2547)}{2} = 5{,}3022$$

c. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-60

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo}+\text{konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(5{,}0633+5{,}0518)}{2} = 5{,}0576$$

d. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo}+\text{konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(5{,}0647+5{,}0676)}{2} = 5{,}0662$$

e. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-120

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo}+\text{konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(4{,}9942+5{,}0403)}{2} = 5{,}0173$$

E.2.1.6 Perhitungan efisiensi larutan simplo NC-mTiO$_2$ (1:1)

a. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-15

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}-\text{konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

Dipindai dengan CamScanner

$$= \frac{(5,5993-5,5223)}{5,5993} \text{ x } 100\% = 1,38\%$$

b. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,5993-5,3496)}{5,5993} \text{ x } 100\% = 4,46\%$$

c. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,5993-5,0633)}{5,5993} \text{ x } 100\% = 9,57\%$$

d. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,5993-5,0647)}{5,5993} \text{ x } 100\% = 9,55\%$$

e. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,5993-4,9942)}{5,5993} \text{ x } 100\% = 10,81\%$$

E.2.1.7 Perhitungan efisiensi larutan duplo NC-mTiO$_2$ (1:1)

a. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,5993-5,4964)}{5,5993} \text{ x } 100\% = 1,84\%$$

b. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,5993-5,2547)}{5,5993} \text{ x } 100\% = 6,15\%$$

c. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,5993-5,0518)}{5,5993} \text{ x } 100\% = 9,78\%$$

Dipindai dengan CamScanner

d. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}5993-5{,}0676)}{5{,}5993} \times 100\% = 9{,}50\%$$

e. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}5993-5{,}0403)}{5{,}5993} \times 100\% = 9{,}98\%$$

E.2.1.8 Perhitungan efisiensi NC-mTiO$_2$ (1:1)

a. Efisiensi pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(1{,}38\%+1{,}84\%)}{2} = 1{,}61\%$$

b. Efisiensi pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(4{,}46\%+6{,}15\%)}{2} = 5{,}31\%$$

c. Efisiensi pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(9{,}57\%+9{,}78\%)}{2} = 9{,}68\%$$

d. Efisiensi pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(9{,}55\%+9{,}50\%)}{2} = 9{,}52\%$$

e. Efisiensi pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(10{,}81\%+9{,}98\%)}{2} = 10{,}39\%$$

E.2.2 Perhitungan pada proses NC-mTiO$_2$ (2:1)

E.2.2.1 Perhitungan proses absorbansi NC-mTiO$_2$ (2:1)

a. Absorbansi pada menit ke-15 $= \frac{\text{(simplo+duplo)}}{2} = \frac{(0{,}6409+0{,}6471)}{2} = 0{,}6440$

b. Absorbansi pada menit ke-30 $= \frac{\text{(simplo+duplo)}}{2} = \frac{(0{,}5850+0{,}5952)}{2} = 0{,}5901$

c. Absorbansi pada menit ke-60 $= \frac{\text{(simplo+duplo)}}{2} = \frac{(0{,}5863+0{,}5835)}{2} = 0{,}5849$

d. Absorbansi pada menit ke-90 $= \frac{\text{(simplo+duplo)}}{2} = \frac{(0{,}5854+0{,}5837)}{2} = 0{,}5846$

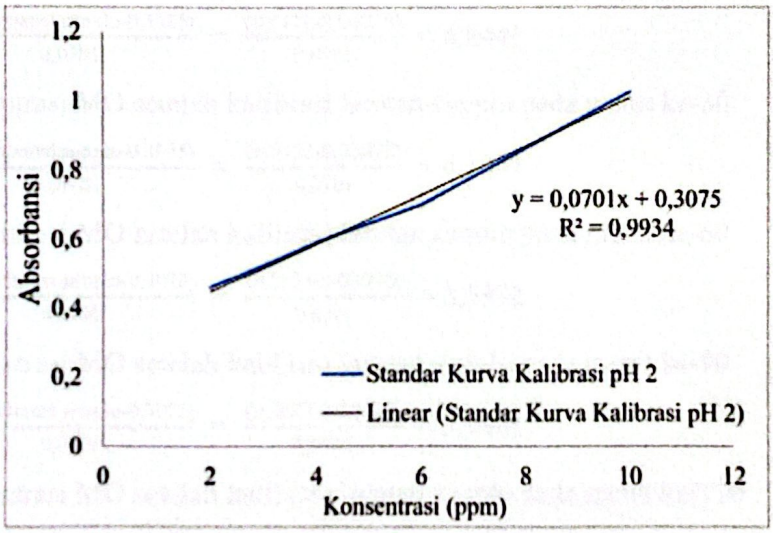
e. Absorbansi pada menit ke-120 $= \frac{\text{(simplo+duplo)}}{2} = \frac{(0{,}5799+0{,}5804)}{2} = 0{,}5802$

Dipindai dengan CamScanner

E.2.2.2 Perhitungan konsentrasi MO sebelum kalibrasi larutan NC-mTiO$_2$ (2:1)

Standar kurva kalibrasi pH 2 NC-mTiO$_2$ (2:1)			
	Absorbansi		
Konsentrasi (ppm)	Simplo	Duplo	Rata-rata
2	0,4601	0,4594	0,4598
Konsentrasi (ppm)	Simplo	Duplo	Rata-rata
4	0,5966	0,5899	0,5923
6	0,7016	0,6970	0,6993
8	0,8629	0,8625	0,8627
10	1,0244	1,0259	1,0252
Larutan uji	0,6530	0,6524	0,6527

Standar kurva kalibrasi pH 2



$$\text{Konsentrasi MO sebelum} = \frac{(\text{rata larutan uji-0,3075})}{0,0701} = \frac{(0,6527-0,3075)}{0,0701} = 4,9244$$

E.2.2.3 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo NC-mTiO$_2$ (2:1)

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-15

$$= \frac{(\text{absorbansi simplo-0,3075})}{0,0701} = \frac{(0,6409-0,3075)}{0,0701} = 4,7561$$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-30

$$= \frac{(\text{absorbansi simplo-0,3075})}{0,0701} = \frac{(0,5850-0,3075)}{0,0701} = 3,9586$$

Dipindai dengan CamScanner

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,5863-0,3075)}{0,0701} = 3,9772$$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,5854-0,3075)}{0,0701} = 3,9643$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,5799-0,3075)}{0,0701} = 3,8859$$

E.2.2.4 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo NC-mTiO$_2$ (2:1)

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,6471-0,03075)}{0,0701} = 4,8445$$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,5952-0,03075)}{0,0701} = 4,1041$$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,5835-0,03075)}{0,0701} = 3,9372$$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,5837-0,03075)}{0,0701} = 3,9401$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,5804-0,03075)}{0,0701} = 3,8930$$

E.2.2.5 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan NC-mTiO$_2$ (2:1)

a. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,7561+4,8445)}{2} = 4,8003$$

b. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(3,9586+4,1041)}{2} = 4,0314$$

c. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(3,9772+3,9372)}{2} = 3,9572$$

Dipindai dengan CamScanner

d. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(3,9643+3,9401)}{2} = 3,9522$$

e. Konsentrasi Mo setelah pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(3,8859+3,8930)}{2} = 3,8894$$

E.2.2.6 Perhitungan efisiensi larutan simplo NC-mTiO$_2$ (2:1)

a. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4,9244-4,7561)}{4,9244} \times 100\% = 3,42\%$$

b. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4,9244-3,9586)}{4,9244} \times 100\% = 19,61\%$$

c. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4,9244-3,9772)}{4,9244} \times 100\% = 19,24\%$$

d. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4,9244-3,9643)}{4,9244} \times 100\% = 19,50\%$$

e. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4,9244-3,8859)}{4,9244} \times 100\% = 21,09\%$$

E.2.2.7 Perhitungan efisiensi larutan duplo NC-mTiO$_2$ (2:1)

a. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4,9244-4,8445)}{4,9244} \times 100\% = 1,62\%$$

Dipindai dengan CamScanner

b. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-4{,}1041)}{4{,}9244} \times 100\% = 16{,}66\%$$

c. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-3{,}9372)}{4{,}9244} \times 100\% = 20{,}05\%$$

d. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-3{,}9401)}{4{,}9244} \times 100\% = 19{,}99\%$$

e. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-3{,}8930)}{4{,}9244} \times 100\% = 20{,}94\%$$

E.2.2.8 Perhitungan efisiensi NC-mTiO_2 (2:1)

a. Efisiensi pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(3{,}42\%+1{,}62\%)}{2} = 2{,}52\%$$

b. Efisiensi pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(19{,}61\%+16{,}66\%)}{2} = 18{,}13\%$$

c. Efisiensi pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(19{,}24\%+20{,}05\%)}{2} = 19{,}64\%$$

d. Efisiensi pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(19{,}50\%+19{,}99\%)}{2} = 19{,}74\%$$

e. Efisiensi pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(21{,}09\%+20{,}94\%)}{2} = 21{,}02\%$$

Dipindai dengan CamScanner

E.2.3 Perhitungan pada proses NC-mTiO$_2$ (4:1)

E.2.3.1 Perhitungan proses absorbansi NC-mTiO$_2$ (4:1)

a. Absorbansi pada menit ke-15 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}6451+0{,}6449)}{2} = 0{,}6450$

b. Absorbansi pada menit ke-30 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}6403+0{,}6404)}{2} = 0{,}6404$

c. Absorbansi pada menit ke-60 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}6324+0{,}6351)}{2} = 0{,}6338$

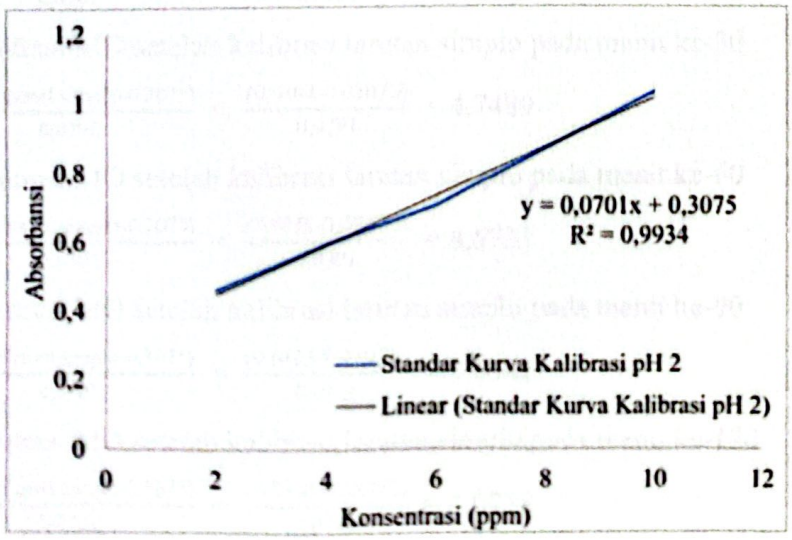
d. Absorbansi pada menit ke-90 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}6317+0{,}6325)}{2} = 0{,}6321$

e. Absorbansi pada menit ke-120 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}5897+0{,}5930)}{2} = 0{,}5914$

F.2.3.2 Perhitungan konsentrasi MO sebelum kalibrasi larutan NC-mTiO$_2$ (4:1)

Standar kurva kalibrasi pH 2 NC-mTiO$_2$ (4:1)			
	Absorbansi		
Konsentrasi (ppm)	Simplo	Duplo	Rata-rata
2	0,4601	0,4594	0,4598
4	0,5966	0,5899	0,5923
6	0,7016	0,6970	0,6993
8	0,8629	0,8625	0,8627
10	1,0244	1,0259	1,0252
Larutan uji	0,6530	0,6524	0,6527

Standar kurva kalibrasi pH 2



Konsentrasi MO sebelum $= \frac{(\text{rata larutan uji-0,3075})}{0{,}0701} = \frac{(0{,}6527-0{,}3075)}{0{,}0701} = 4{,}9244$

Dipindai dengan CamScanner

E.2.3.3 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo NC-mTiO₂ (4:1)

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,6451-0,3075)}{0,0701} = 4,8160$$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,6403-0,3075)}{0,0701} = 4,7475$$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,6324-0,3075)}{0,0701} = 4,6348$$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,6317-0,3075)}{0,0701} = 4,6248$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,5897-0,3075)}{0,0701} = 4,0257$$

E.2.3.4 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo NC-mTiO₂ (4:1)

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,6449-0,03075)}{0,0701} = 4,8131$$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,6404-0,03075)}{0,0701} = 4,7489$$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,6351-0,03075)}{0,0701} = 4,6733$$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,6325-0,03075)}{0,0701} = 4,6362$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,5930-0,03075)}{0,0701} = 4,0728$$

Dipindai dengan CamScanner

E.2.3.5 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan NC-mTiO$_2$ (4:1)

a. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-15

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(4{,}8160+4{,}8131)}{2} = 4{,}8146$$

b. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-30

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(4{,}7475+4{,}7489)}{2} = 4{,}7482$$

c. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-60

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(4{,}6348+4{,}6733)}{2} = 4{,}6541$$

d. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(4{,}6248+4{,}6362)}{2} = 4{,}6305$$

e. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-120

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(4{,}0257+4{,}0728)}{2} = 4{,}0492$$

E.2.3.6 Perhitungan efisiensi larutan simplo NC-mTiO$_2$ (4:1)

a. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-15

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-4{,}8160)}{4{,}9244} \times 100\% = 2{,}20\%$$

b. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-30

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-4{,}7475)}{4{,}9244} \times 100\% = 3{,}59\%$$

c. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-60

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-4{,}6348)}{4{,}9244} \times 100\% = 5{,}88\%$$

d. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-4{,}6248)}{4{,}9244} \times 100\% = 6{,}08\%$$

Dipindai dengan CamScanner

e. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-4{,}0257)}{4{,}9244} \times 100\% = 18{,}25\%$$

E.2.3.7 Perhitungan efisiensi larutan duplo NC-mTiO$_2$ (4:1)

a. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-4{,}8131)}{4{,}9244} \times 100\% = 2{,}26\%$$

b. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-4{,}7489)}{4{,}9244} \times 100\% = 3{,}56\%$$

c. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-4{,}6733)}{4{,}9244} \times 100\% = 5{,}10\%$$

d. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-4{,}6362)}{4{,}9244} \times 100\% = 5{,}85\%$$

e. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-4{,}0728)}{4{,}9244} \times 100\% = 17{,}29\%$$

E.2.3.8 Perhitungan efisiensi NC-mTiO$_2$ (4:1)

f. Efisiensi pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(2{,}20\%+2{,}26\%)}{2} = 2{,}23\%$$

g. Efisiensi pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(3{,}59\%+3{,}56\%)}{2} = 3{,}58\%$$

Dipindai dengan CamScanner

h. Efisiensi pada menit ke-60

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(5{,}88\%+5{,}10\%)}{2} = 5{,}49\%$$

i. Efisiensi pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(6{,}08\%+5{,}85\%)}{2} = 5{,}97\%$$

j. Efisiensi pada menit ke-120

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(18{,}25\%+17{,}29\%)}{2} = 17{,}77\%$$

E.3 Hasil perhitungan pada rasio massa NC-nTiO₂ (4:1) adsorpsi dan fotokatalitik (*under UV-light*) dengan pewarna *methylene orange* (MO)

Waktu	Absorbansi (simplo)	Absorbansi (duplo)	Absorbansi	Berat NCs (gr)	Konsentrasi MO sebelum (ppm) [x0]	Konsentrasi MO setelah (ppm) [x1] simplo	Konsentrasi MO setelah (ppm) [x1] duplo	Konsentrasi MO setelah (ppm) [x1]	Efisiensi simplo	Efisiensi duplo	Efisiensi
NC-nTiO2 (4:1) adsorpsi											
15	0,4334	0,4362	0,4348	0,5052		4,8342	4,8717	4,8529	8,20%	7,49%	7,84%
30	0,4075	0,4072	0,4074	0,5052		4,4880	4,4840	4,4860	14,77%	14,85%	14,81%
60	0,3772	0,3777	0,3775	0,5052	5,2660	4,0829	4,0896	4,0862	22,47%	22,34%	22,40%
90	0,3493	0,3501	0,3497	0,5052		3,7099	3,7206	3,7152	29,55%	29,35%	29,45%
120	0,3434	0,3443	0,3439	0,5052		3,6310	3,6430	3,6370	31,05%	30,82%	30,93%
NC:nTiO2 (4:1) Fotokatalitik (*Under Uv-light*)											
90	0,3017	0,3033	0,3025	1,0480		3,9108	3,9338	3,9223	29,67%	29,26%	29,46%
100	0,2505	0,2528	0,2517	1,0480		3,1741	3,2072	3,1906	42,92%	42,32%	42,62%
110	0,232	0,2327	0,2324	1,0480		2,9079	2,9180	2,9129	47,71%	47,52%	47,62%
120	0,1622	0,1591	0,1607	1,0480		1,9036	1,8590	1,8813	65,77%	66,57%	66,17%
130	0,1602	0,1575	0,1589	1,0480	5,5607	1,8748	1,8360	1,8554	66,28%	66,98%	66,63%
140	0,1113	0,1128	0,1121	1,0480		1,1712	1,1928	1,1820	78,94%	78,55%	78,74%
150	0,0606	0,0563	0,0585	1,0480		0,4417	0,3799	0,4108	92,06%	93,17%	92,61%
160	0,0517	0,0558	0,0538	1,0480		0,3137	0,3727	0,3432	94,36%	93,30%	93,83%
170	0,0314	0,031	0,0312	1,0480		0,0216	0,0158	0,0187	99,61%	99,72%	99,66%

E.3.1 Perhitungan pada proses NC-nTiO₂ (4:1) MO adsorpsi

E.3.1.1 Perhitungan proses absorbansi NC-nTiO₂ (4:1) MO adsorpsi

a. Absorbansi pada menit ke-15 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}4334+0{,}4362)}{2} = 0{,}4348$

b. Absorbansi pada menit ke-30 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}4075+0{,}4072)}{2} = 0{,}4074$

c. Absorbansi pada menit ke-60 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}3772+0{,}3777)}{2} = 0{,}3775$

d. Absorbansi pada menit ke-90 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}3493+0{,}3501)}{2} = 0{,}3497$

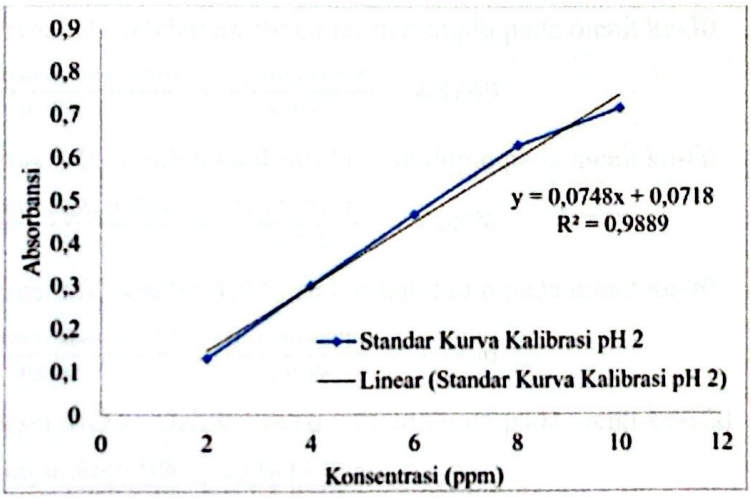
e. Absorbansi pada menit ke-120 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}3443+0{,}3439)}{2} = 0{,}3439$

Dipindai dengan CamScanner

E.3.1.2 Perhitungan konsentrasi MO sebelum kalibrasi larutan NC-nTiO$_2$ (4:1) adsorpsi

Standar kurva kalibrasi pH 2 NC-nTiO$_2$ (4:1)			
	Absorbansi		
Konsentrasi (ppm)	Simplo	Duplo	Rata-rata
2	0,1319	0,1314	0,1317
4	0,3014	0,3009	0,3012
6	0,4657	0,4668	0,4663
8	0,6319	0,6233	0,6276
10	0,7142	0,7177	0,7160
Larutan uji	0,4490	0,4480	0,4485

Standar kurva kalibrasi pH 2



$$\text{Konsentrasi MO sebelum} = \frac{(\text{rata larutan uji-0,0718})}{0,0748} = \frac{(0,4657-0,0718)}{0,0748} = 5,2260$$

E.3.1.3 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo NC-nTiO$_2$ (4:1) adsorpsi

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-15

$$= \frac{(\text{absorbansi simplo-0,0718})}{0,0748} = \frac{(0,4334-0,0718)}{0,0748} = 4,8342$$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-30

$$= \frac{(\text{absorbansi simplo-0,0718})}{0,0748} = \frac{(0,4075-0,0718)}{0,0748} = 4,4880$$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-60

$$= \frac{(\text{absorbansi simplo-0,0718})}{0,0748} = \frac{(0,3772-0,0718)}{0,0748} = 4,0829$$

Dipindai dengan CamScanner

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,3493-0,0718)}{0,0748} = 3,7099$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,3434-0,0718)}{0,0748} = 3,6310$$

E.3.1.4 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo NC-nTiO₂ (4:1) adsorpsi

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,4362-0,0718)}{0,0748} = 4,8717$$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,4072-0,0718)}{0,0748} = 4,4840$$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,3777-0,0718)}{0,0748} = 4,0896$$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,3501-0,0718)}{0,0748} = 3,7206$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0718)}}{0,0748} = \frac{(0,3443-0,0718)}{0,0748} = 3,6430$$

E.3.1.5 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan NC-nTiO₂ (4:1) adsorpsi

a. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,8342+4,8717)}{2} = 4,8529$$

b. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,4880+4,4840)}{2} = 4,4860$$

c. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,0829+4,0896)}{2} = 4,0862$$

d. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(3,7099+3,7206)}{2} = 3,7152$$

Dipindai dengan CamScanner

e. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(3,6310+3,6430)}{2} = 3,6370$$

E.3.1.6 Perhitungan efisiensi larutan simplo NC-nTiO$_2$ (4:1) MO adsorpsi

a. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,2660-4,8342)}{5,2660} \times 100\% = 8,20\%$$

b. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,2660-4,4880)}{5,2660} \times 100\% = 14,77\%$$

c. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,2660-4,0829)}{5,2660} \times 100\% = 22,47\%$$

d. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,2660-3,7099)}{5,2660} \times 100\% = 29,55\%$$

e. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,2660-3,6310)}{5,2660} \times 100\% = 31,05\%$$

E.3.1.7 Perhitungan efisiensi larutan duplo NC-nTiO$_2$ (4:1) MO adsorpsi

a. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,2660-4,8717)}{5,6718} \times 100\% = 7,49\%$$

b. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

Dipindai dengan CamScanner

$$= \frac{(5,2660-4,4840)}{5,6718} \text{ x } 100\% = 14,85\%$$

c. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-60

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,2660-4,0896)}{5,6718} \text{ x } 100\% = 22,34\%$$

d. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,2660-3,7206)}{5,6718} \text{ x } 100\% = 29,35\%$$

e. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-120

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,2660-3,6430)}{5,6718} \text{ x } 100\% = 30,82\%$$

E.3.1.8 Perhitungan efisiensi NC-nTiO$_2$ (4:1) MO adsorpsi

a. Efisiensi pada menit ke-15

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(8,20\%+7,49\%)}{2} = 7,84\%$$

b. Efisiensi pada menit ke-30

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(14,77\%+14,85\%)}{2} = 14,81\%$$

c. Efisiensi pada menit ke-60

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(22,47\%+22,34\%)}{2} = 22,40\%$$

d. Efisiensi pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(29,55\%+29,35\%)}{2} = 29,45\%$$

e. Efisiensi pada menit ke-120

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(31,05\%+30,82\%)}{2} = 30,93\%$$

E.3.2 Perhitungan pada proses NC-nTiO$_2$ (4:1) MO fotokatalitik

E.3.2.1 Perhitungan proses absorbansi NC-nTiO$_2$ (4:1) MO fotokatalitik

a. Absorbansi pada menit ke-90 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0,3017+0,3033)}{2} = 0,3025$

Dipindai dengan CamScanner

b. Absorbansi pada menit ke-100 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}2505+0{,}2528)}{2} = 0{,}2517$

c. Absorbansi pada menit ke-110 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}2320+0{,}2327)}{2} = 0{,}2324$

d. Absorbansi pada menit ke-120 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}1622+0{,}1591)}{2} = 0{,}1607$

e. Absorbansi pada menit ke-130 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}1602+0{,}1575)}{2} = 0{,}1589$

f. Absorbansi pada menit ke-140 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}1113+0{,}1128)}{2} = 0{,}1121$

g. Absorbansi pada menit ke-150 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}0606+0{,}0563)}{2} = 0{,}0585$

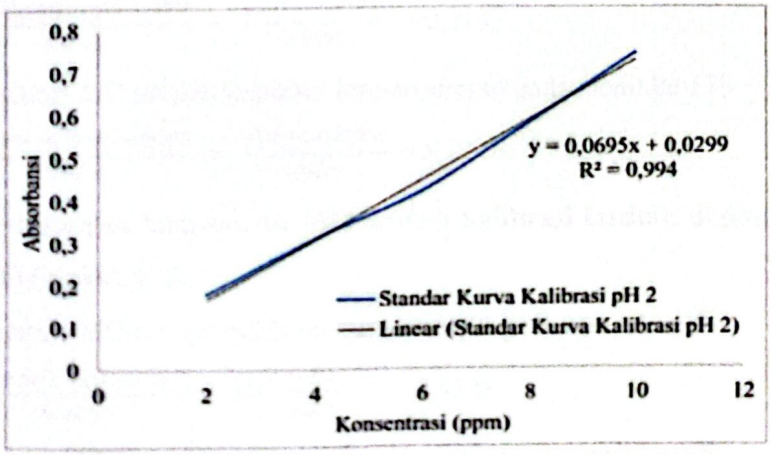
h. Absorbansi pada menit ke-160 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}0517+0{,}0558)}{2} = 0{,}0538$

i. Absorbansi pada menit ke-170 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}0314+0{,}0310)}{2} = 0{,}0312$

E.3.2.2 Perhitungan konsentrasi MO sebelum kalibrasi larutan NC-nTiO$_2$ (4:1) MO fotokatalitik

Standar kurva kalibrasi pH 2 NC-nTiO$_2$ (4:1)			
	Absorbansi		
Konsentrasi (ppm)	Simplo	Duplo	Rata-rata
2	0,1516	0,1509	0,1513
4	0,2831	0,2784	0,2808
6	0,3931	0,3849	0,3908
8	0,5494	0,5490	0,5492
10	0,7109	0,7124	0,7117
Larutan uji	0,4176	0,4151	0,4164

Standar kurva kalibrasi pH 2



Konsentrasi MO sebelum $= \frac{(\text{rata larutan uji-0,0299})}{0{,}0695} = \frac{(0{,}4164-0{,}0299)}{0{,}0695} = 5{,}5607$

Dipindai dengan CamScanner

E.3.2.3 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo NC-nTiO$_2$ (4:1) fotokatalitik

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,3017-0,0299)}{0,0695} = 3,9108$$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-100

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,2505-0,0299)}{0,0695} = 3,1741$$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-110

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,2320-0,0299)}{0,0695} = 2,9079$$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,1622-0,0299)}{0,0695} = 1,9036$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-130

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,1602-0,0299)}{0,0695} = 1,8748$$

f. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-140

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,1113-0,0299)}{0,0695} = 1,1712$$

g. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-150

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,0606-0,0299)}{0,0695} = 0,4417$$

h. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-160

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,0517-0,0299)}{0,0695} = 0,3137$$

i. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-170

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,0314-0,0299)}{0,0695} = 0,0216$$

E.3.2.4 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo NC-nTiO$_2$ (4:1) fotokatalitik

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,3033-0,0299)}{0,0695} = 3,9338$$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-100

Dipindai dengan CamScanner

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,2528-0,0299)}{0,0695} = 3,2072$$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-110

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,2327-0,0299)}{0,0695} = 2,9180$$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,1591-0,0299)}{0,0695} = 1,8590$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-130

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,1575-0,0299)}{0,0695} = 1,8360$$

f. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-140

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,1128-0,0299)}{0,0695} = 1,1928$$

g. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-150

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,0563-0,0299)}{0,0695} = 0,3799$$

h. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-160

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,0558-0,0299)}{0,0695} = 0,3727$$

i. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-170

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0299)}}{0,0695} = \frac{(0,0310-0,0299)}{0,0695} = 0,0158$$

E.3.2.5 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan NC-nTiO$_2$ (4:1) fotokatalitik

a. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(3,9108+3,9338)}{2} = 3,9223$$

b. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-100

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(3,1741+3,2072)}{2} = 3,1906$$

c. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-110

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(2,9079+2,9180)}{2} = 2,9129$$

d. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(1,9036+1,8590)}{2} = 1,8813$$

Dipindai dengan CamScanner

e. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-130

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(1,8748+1,8360)}{2} = 1,1820$$

f. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-140

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(1,1712+1,1928)}{2} = 1,1820$$

g. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-150

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(0,4417+0,3799)}{2} = 0,4108$$

h. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-160

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(0,3137+0,3727)}{2} = 0,3432$$

i. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-130

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(0,0216+0,0158)}{2} = 0,0187$$

E.3.2.6 Perhitungan efisiensi larutan simplo NC-nTiO_2 (4:1) MO fotokatalitik

a. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,5607-3,9108)}{5,5607} \times 100\% = 29,67\%$$

b. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-100

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,5607-3,1741)}{5,5607} \times 100\% = 42,92\%$$

c. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-110

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,5607-2,9079)}{5,5607} \times 100\% = 47,71\%$$

d. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,5607-1,9036)}{5,5607} \times 100\% = 65,77\%$$

e. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-130

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

Dipindai dengan CamScanner

$$= \frac{(5,5607-1,8748)}{5,5607} \text{ x } 100\% = 66,28\%$$

f. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-140

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,5607-1,1712)}{5,5607} \text{ x } 100\% = 78,94\%$$

g. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-150

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,5607-0,4417)}{5,5607} \text{ x } 100\% = 92,06\%$$

h. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-160

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,5607-0,3137)}{5,5607} \text{ x } 100\% = 94,36\%$$

i. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-170

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,5607-0,0216)}{5,5607} \text{ x } 100\% = 99,61\%$$

E.3.2.7 Perhitungan efisiensi larutan duplo NC-nTiO_2 (4:1) MO fotokatalitik

a. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,5607-3,9338)}{5,5607} \text{ x } 100\% = 29,26\%$$

b. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-100

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,5607-3,2072)}{5,5607} \text{ x } 100\% = 42,32\%$$

c. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-110

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \text{ x } 100\%$$

$$= \frac{(5,5607-2,9180)}{5,5607} \text{ x } 100\% = 47,52\%$$

Dipindai dengan CamScanner

d. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,5607-1,8590)}{5,5607} \times 100\% = 66,57\%$$

e. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-130

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,5607-1,8360)}{5,5607} \times 100\% = 66,98\%$$

f. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-140

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,5607-1,1928)}{5,5607} \times 100\% = 78,55\%$$

g. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-150

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,5607-0,3799)}{5,5607} \times 100\% = 93,17\%$$

h. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-160

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,5607-0,3727)}{5,5607} \times 100\% = 93,30\%$$

i. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-170

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5,5607-0,0158)}{5,5607} \times 100\% = 99,72\%$$

E.3.2.8 Perhitungan efisiensi NC-nTiO_2 (4:1) MO fotokatalitik

a. Efisiensi pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(29,67\%+29,26\%)}{2} = 29,46\%$$

b. Efisiensi pada menit ke-100

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(42,92\%+42,32\%)}{2} = 42,62\%$$

c. Efisiensi pada menit ke-110

Dipindai dengan CamScanner

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(47{,}71\%+47{,}52\%)}{2} = 47{,}62\%$$

d. Efisiensi pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(65{,}77\%+66{,}57\%)}{2} = 66{,}17\%$$

e. Efisiensi pada menit ke-130

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(66{,}28\%+66{,}98\%)}{2} = 66{,}63\%$$

f. Efisiensi pada menit ke-140

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(78{,}94\%+78{,}55\%)}{2} = 78{,}74\%$$

g. Efisiensi pada menit ke-150

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(92{,}06\%+93{,}17\%)}{2} = 92{,}61\%$$

h. Efisiensi pada menit ke-160

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(94{,}36\%+93{,}30\%)}{2} = 93{,}83\%$$

i. Efisiensi pada menit ke-170

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(99{,}61\%+99{,}72\%)}{2} = 99{,}66\%$$

E.4 Hasil perhitungan pada rasio massa NC-mTiO₂ (2:1) adsorpsi dan fotokatalitik (*under UV-light*) dengan pewarna *methylene orange* (MO)

Waktu	Absorbansi (simplo)	Absorbansi (duplo)	Absorbansi	Berat NCs (gr)	Konsentrasi MO sebelum (ppm) [x0]	Konsentrasi MO setelah (ppm) [x1] simplo	Konsentrasi MO setelah (ppm) [x1] duplo	Konsentrasi MO setelah (ppm) [x1]	Efisiensi simplo	Efisiensi duplo	Efisiensi
NC-mTiO2 (2:1) adsorpsi											
15	0,6409	0,6471	0,6440	0,5043	4,9244	4,7561	4,8445	4,8003	3,42%	1,62%	2,52%
30	0,5850	0,5952	0,5901	0,5043		3,9586	4,1041	4,0314	19,61%	16,66%	18,13%
60	0,5863	0,5835	0,5849	0,5043		3,9772	3,9372	3,9572	19,24%	20,05%	19,64%
90	0,5854	0,5837	0,5846	0,5043		3,9643	3,9401	3,9522	19,50%	19,99%	19,74%
120	0,5799	0,5804	0,5802	0,5043		3,8859	3,8930	3,8894	21,09%	20,94%	21,02%
NC-mTiO2 (2:1) Fotokatalitik (*Under Uv-light*)											
90	0,3909	0,3920	0,3915	1,0300	5,9784	4,7827	4,7986	4,7906	20,00%	19,74%	19,87%
100	0,3780	0,3798	0,3789	1,0300		4,5971	4,6230	4,6101	23,10%	22,67%	22,89%
110	0,3739	0,3762	0,3751	1,0300		4,5381	4,5712	4,5547	24,09%	23,54%	23,81%
120	0,3620	0,3643	0,3632	1,0300		4,3669	4,4000	4,3835	26,96%	26,40%	26,68%
130	0,3475	0,3524	0,3500	1,0300		4,1583	4,2288	4,1935	30,45%	29,27%	29,86%
140	0,3409	0,3417	0,3413	1,0300		4,0633	4,0748	4,0691	32,03%	31,84%	31,94%
150	0,3400	0,3389	0,3395	1,0300		4,0504	4,0345	4,0424	32,25%	32,51%	32,38%
160	0,3365	0,3405	0,3385	1,0300		4,0000	4,0576	4,0288	33,09%	32,13%	32,61%
170	0,3290	0,3319	0,3305	1,0300		3,8921	3,9338	3,9129	34,90%	34,20%	34,55%
180	0,2994	0,2992	0,2993	1,0300		3,4662	3,4633	3,4647	42,02%	42,07%	42,05%

Dipindai dengan CamScanner

E.4.1 Perhitungan pada proses NC-mTiO$_2$ (2:1) MO adsorpsi

E.4.1.1 Perhitungan proses absorbansi NC-mTiO$_2$ (2:1) MO adsorpsi

a. Absorbansi pada menit ke-15 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}6409+0{,}6471)}{2} = 0{,}6440$

b. Absorbansi pada menit ke-30 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}5850+0{,}5952)}{2} = 0{,}5901$

c. Absorbansi pada menit ke-60 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}5863+0{,}5835)}{2} = 0{,}5849$

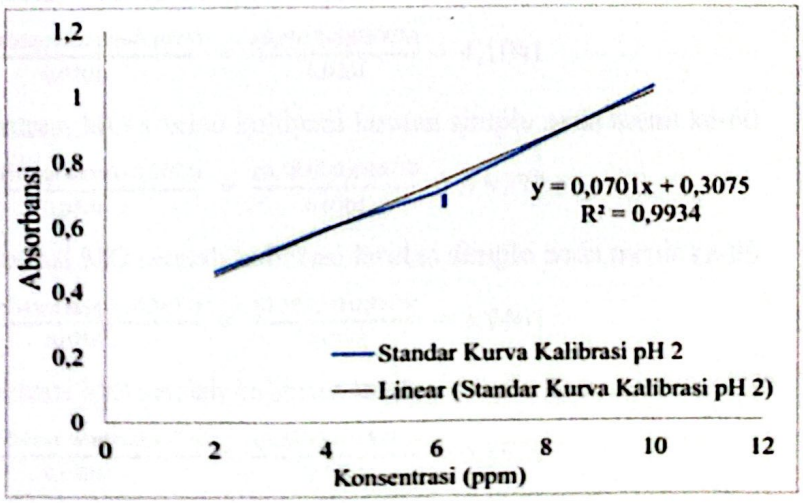
d. Absorbansi pada menit ke-90 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}5854+0{,}5837)}{2} = 0{,}5846$

e. Absorbansi pada menit ke-120 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}5799+0{,}5804)}{2} = 0{,}5802$

E.4.1.2 Perhitungan konsentrasi MO sebelum kalibrasi larutan NC-mTiO$_2$ (2:1) adsorpsi

Standar kurva kalibrasi pH 2 NC-mTiO$_2$ (2:1)			
	Absorbansi		
Konsentrasi (ppm)	Simplo	Duplo	Rata-rata
2	0,4601	0,4594	0,4598
4	0,5966	0,5899	0,5923
6	0,7016	0,6970	0,6993
8	0,8629	0,8625	0,8627
10	1,0244	1,0259	1,0252
Larutan uji	0,6530	0,6524	0,6527

Standar kurva kalibrasi pH 2



Konsentrasi MO sebelum $= \frac{(\text{rata larutan uji-0,3075})}{0{,}0701} = \frac{(0{,}6527-0{,}3075)}{0{,}0701} = 4{,}9244$

Dipindai dengan CamScanner

E.4.1.3 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo NC-mTiO$_2$ (2:1) adsorpsi

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,6409-0,3075)}{0,0701} = 4,7561$$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,5850-0,3075)}{0,0701} = 3,9586$$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,5863-0,3075)}{0,0701} = 3,9772$$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,5854-0,3075)}{0,0701} = 3,9643$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,5799-0,3075)}{0,0701} = 3,8859$$

E.4.1.4 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo NC-mTiO$_2$ (2:1) adsorpsi

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,6471-0,03075)}{0,0701} = 4,8445$$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,5952-0,03075)}{0,0701} = 4,1041$$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,5835-0,03075)}{0,0701} = 3,9372$$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,5837-0,03075)}{0,0701} = 3,9401$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,3075)}}{0,0701} = \frac{(0,5804-0,03075)}{0,0701} = 3,8930$$

Dipindai dengan CamScanner

E.4.1.5 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan NC-mTiO$_2$ (2:1) adsorpsi

a. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-15

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(4,7561+4,8445)}{2} = 4,8003$$

b. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-30

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(3,9586+4,1041)}{2} = 4,0314$$

c. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-60

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(3,9772+3,9372)}{2} = 3,9572$$

d. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(3,9643+3,9401)}{2} = 3,9522$$

e. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-120

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo})}{2} = \frac{(3,8859+3,8930)}{2} = 3,8894$$

E.4.1.6 Perhitungan efisiensi larutan simplo NC-mTiO$_2$ (2:1) MO adsorpsi

a. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-15

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4,9244-4,7561)}{4,9244} \times 100\% = 3,42\%$$

b. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-30

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4,9244-3,9586)}{4,9244} \times 100\% = 19,61\%$$

c. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-60

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4,9244-3,9772)}{4,9244} \times 100\% = 19,24\%$$

d. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4,9244-3,9643)}{4,9244} \times 100\% = 19,50\%$$

Dipindai dengan CamScanner

e. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-3{,}8859)}{4{,}9244} \times 100\% = 21{,}09\%$$

E.4.1.7 Perhitungan efisiensi larutan duplo NC-mTiO$_2$ (2:1) MO adsorpsi

a. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-4{,}8445)}{4{,}9244} \times 100\% = 1{,}62\%$$

b. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-4{,}1041)}{4{,}9244} \times 100\% = 16{,}66\%$$

c. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-60

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-3{,}9372)}{4{,}9244} \times 100\% = 20{,}05\%$$

d. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-3{,}9401)}{4{,}9244} \times 100\% = 19{,}99\%$$

e. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(4{,}9244-3{,}8930)}{4{,}9244} \times 100\% = 20{,}94\%$$

E.4.1.8 Perhitungan efisiensi NC-mTiO$_2$ (2:1) MO adsorpsi

a. Efisiensi pada menit ke-15

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(3{,}42\%+1{,}62\%)}{2} = 2{,}52\%$$

b. Efisiensi pada menit ke-30

$$= \frac{\text{(efisiensi simplo+efisiensi duplo)}}{2} = \frac{(19{,}61\%+16{,}66\%)}{2} = 18{,}13\%$$

Dipindai dengan CamScanner

c. Efisiensi pada menit ke-60

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(19{,}24\%+20{,}05\%)}{2} = 19{,}64\%$$

d. Efisiensi pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(19{,}50\%+19{,}99\%)}{2} = 19{,}74\%$$

e. Efisiensi pada menit ke-120

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(21{,}09\%+20{,}94\%)}{2} = 21{,}02\%$$

E.4.2 Perhitungan pada proses NC-mTiO₂ (2:1) MO fotokatalitik

E.4.2.1 Perhitungan proses absorbansi NC-mTiO₂ (2:1) MO fotokatalitik

a. Absorbansi pada menit ke-90 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}3909+0{,}3920)}{2} = 0{,}3915$

b. Absorbansi pada menit ke-100 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}3780+0{,}3798)}{2} = 0{,}3789$

c. Absorbansi pada menit ke-110 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}3739+0{,}3762)}{2} = 0{,}3751$

d. Absorbansi pada menit ke-120 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}3620+0{,}3643)}{2} = 0{,}3632$

e. Absorbansi pada menit ke-130 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}3475+0{,}3524)}{2} = 0{,}3500$

f. Absorbansi pada menit ke-140 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}3409+0{,}3417)}{2} = 0{,}3413$

g. Absorbansi pada menit ke-150 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}3400+0{,}3389)}{2} = 0{,}3395$

h. Absorbansi pada menit ke-160 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}3365+0{,}3405)}{2} = 0{,}3385$

i. Absorbansi pada menit ke-170 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}3290+0{,}3319)}{2} = 0{,}3305$

j. Absorbansi pada menit ke-180 $= \frac{(\text{simplo+duplo})}{2} = \frac{(0{,}2994+0{,}2992)}{2} = 0{,}2993$

E.4.2.2 Perhitungan konsentrasi MO sebelum kalibrasi larutan NC-mTiO₂ (2:1) fotokatalitik

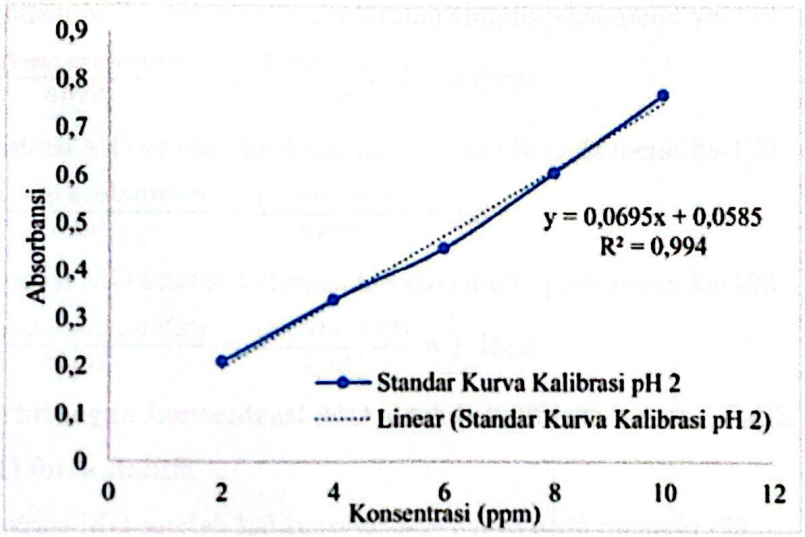
Standar kurva kalibrasi pH 2 NC-nTiO₂ (4:1)			
	Absorbansi		
Konsentrasi (ppm)	Simplo	Duplo	Rata-rata
2	0,2101	0,2094	0,2098
4	0,3416	0,3369	0,3393
6	0,4516	0,4470	0,4493

Dipindai dengan CamScanner

Konsentrasi (ppm)	Simplo	Duplo	Rata-rata
8	0,6079	0,6075	0,6077
10	0,7694	0,7709	0,7702
Larutan uji	0,4161	0,4151	0,4740

Standar kurva kalibrasi pH 2

$$\text{Konsentrasi MO sebelum} = \frac{\text{(rata larutan uji-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,4740-0,0585)}{0,0695} = 5,9784$$



E.4.2.3 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo NC-mTiO₂ (2:1) fotokatalitik

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3909-0,0585)}{0,0695} = 4,7827$$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-100

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3780-0,0585)}{0,0695} = 4,5971$$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-110

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3739-0,0585)}{0,0695} = 4,5381$$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3620-0,0585)}{0,0695} = 4,3669$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-130

Dipindai dengan CamScanner

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3475-0,0585)}{0,0695} = 4,1583$$

f. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-140

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3409-0,0585)}{0,0695} = 4,0633$$

g. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-150

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3400-0,0585)}{0,0695} = 4,0504$$

h. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-160

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3365-0,0585)}{0,0695} = 4,0000$$

i. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-170

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3290-0,0585)}{0,0695} = 3,8921$$

j. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan simplo pada menit ke-180

$$= \frac{\text{(absorbansi simplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,2994-0,0585)}{0,0695} = 3,4662$$

E.4.2.4 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo NC-mTiO$_2$ (2:1) fotokatalitik

a. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3920-0,0585)}{0,0695} = 4,7986$$

b. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-100

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3798-0,0585)}{0,0695} = 4,6230$$

c. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-110

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3762-0,0585)}{0,0695} = 4,5712$$

d. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3643-0,0585)}{0,0695} = 4,4000$$

e. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-130

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3524-0,0585)}{0,0695} = 4,2288$$

f. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-140

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3417-0,0585)}{0,0695} = 4,0748$$

Dipindai dengan CamScanner

g. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-150

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3389-0,0585)}{0,0695} = 4,0345$$

h. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-160

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3405-0,0585)}{0,0695} = 4,0576$$

i. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-170

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,3319-0,0585)}{0,0695} = 3,9338$$

j. Konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan duplo pada menit ke-180

$$= \frac{\text{(absorbansi duplo-0,0585)}}{0,0695} = \frac{(0,2992-0,0585)}{0,0695} = 3,4633$$

E.4.2.5 Perhitungan konsentrasi MO setelah kalibrasi larutan NC-mTiO_2 (2:1) fotokatalitik

a. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,7827+4,7986)}{2} = 4,7906$$

b. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-100

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,5971+4,6230)}{2} = 4,6101$$

c. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-110

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,5381+4,5712)}{2} = 4,5547$$

d. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,3669+4,4000)}{2} = 4,3835$$

e. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-130

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,1583+4,2288)}{2} = 4,1935$$

f. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-140

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,0633+4,0748)}{2} = 4,0691$$

g. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-150

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4,0504+4,0345)}{2} = 4,0424$$

h. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-160

Dipindai dengan CamScanner

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(4{,}0000+4{,}0576)}{2} = 4{,}0288$$

i. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-170

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(3{,}8921+3{,}9338)}{2} = 3{,}9129$$

j. Konsentrasi MO setelah pada menit ke-180

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO setelah simplo+konsentrasi MO setelah duplo)}}{2} = \frac{(3{,}4662+3{,}4633)}{2} = 3{,}4647$$

E.4.2.6 Perhitungan efisiensi larutan simplo NC-mTiO_2 (2:1) MO fotokatalitik

a. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-4{,}7827)}{5{,}9784} \times 100\% = 20{,}00\%$$

b. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-100

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-4{,}5971)}{5{,}9784} \times 100\% = 23{,}10\%$$

c. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-110

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-4{,}5381)}{5{,}9784} \times 100\% = 24{,}09\%$$

d. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-4{,}3669)}{5{,}9784} \times 100\% = 26{,}96\%$$

e. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-130

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-4{,}1583)}{5{,}9784} \times 100\% = 30{,}45\%$$

f. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-140

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-4{,}0633)}{5{,}9784} \times 100\% = 32{,}03\%$$

Dipindai dengan CamScanner

g. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-150

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-4{,}0504)}{5{,}9784} \times 100\% = 32{,}25\%$$

h. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-160

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-4{,}0000)}{5{,}9784} \times 100\% = 33{,}09\%$$

i. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-170

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-3{,}8921)}{5{,}9784} \times 100\% = 34{,}90\%$$

j. Efisiensi larutan simplo pada menit ke-180

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi simplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-3{,}4662)}{5{,}9784} \times 100\% = 42{,}02\%$$

E.4.2.7 Perhitungan efisiensi larutan duplo NC-mTiO$_2$ (2:1) MO fotokatalitik

a. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-90

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-4{,}7986)}{5{,}5607} \times 100\% = 19{,}74\%$$

b. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-100

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-4{,}6230)}{5{,}5607} \times 100\% = 22{,}67\%$$

c. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-110

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-4{,}5712)}{5{,}5607} \times 100\% = 23{,}54\%$$

d. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-120

$$= \frac{\text{(konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo)}}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

Dipindai dengan CamScanner

$$= \frac{(5{,}9784-4{,}4000)}{5{,}5607} \times 100\% = 26{,}40\%$$

e. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-130

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-4{,}2288)}{5{,}5607} \times 100\% = 29{,}27\%$$

f. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-140

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-4{,}0748)}{5{,}5607} \times 100\% = 31{,}84\%$$

g. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-150

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-4{,}0345)}{5{,}5607} \times 100\% = 32{,}51\%$$

h. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-160

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-4{,}0576)}{5{,}5607} \times 100\% = 32{,}13\%$$

i. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-170

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-3{,}9338)}{5{,}5607} \times 100\% = 34{,}20\%$$

j. Efisiensi larutan duplo pada menit ke-180

$$= \frac{(\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi-konsentrasi MO setelah kalibrasi duplo})}{\text{konsentrasi MO sebelum kalibrasi}} \times 100\%$$

$$= \frac{(5{,}9784-3{,}4633)}{5{,}5607} \times 100\% = 42{,}07\%$$

E.4.2.8 Perhitungan efisiensi NC-mTiO_2 (2:1) MO fotokatalitik

a. Efisiensi pada menit ke-90

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(20{,}00\%+19{,}74\%)}{2} = 19{,}87\%$$

b. Efisiensi pada menit ke-100

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(23{,}10\%+22{,}67\%)}{2} = 22{,}89\%$$

Dipindai dengan CamScanner

c. Efisiensi pada menit ke-110

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(24{,}09\%+23{,}54\%)}{2} = 23{,}81\%$$

d. Efisiensi pada menit ke-120

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(26{,}96\%+26{,}40\%)}{2} = 26{,}68\%$$

e. Efisiensi pada menit ke-130

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(30{,}45\%+29{,}27\%)}{2} = 29{,}86\%$$

f. Efisiensi pada menit ke-140

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(32{,}03\%+31{,}84\%)}{2} = 31{,}94\%$$

g. Efisiensi pada menit ke-150

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(32{,}25\%+32{,}51\%)}{2} = 32{,}38\%$$

h. Efisiensi pada menit ke-160

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(33{,}09\%+32{,}13\%)}{2} = 32{,}61\%$$

i. Efisiensi pada menit ke-170

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(34{,}90\%+34{,}20\%)}{2} = 34{,}55\%$$

j. Efisiensi pada menit ke-180

$$= \frac{(\text{efisiensi simplo+efisiensi duplo})}{2} = \frac{(42{,}02\%+42{,}07\%)}{2} = 42{,}05\%$$

Dipindai dengan CamScanner