

**PENGARUH VARIASI LAMA PENGERINGAN DAN
VOLUME LARUTAN *GRAPHENE OXIDE*
BERBAHAN DASAR ABU SEKAM PADI TERHADAP
KUAT TEKAN DAN POROSITAS BATA RINGAN JENIS
*CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE***

SKRIPSI

**Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta Untuk Memenuhi Sebagian
Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains**



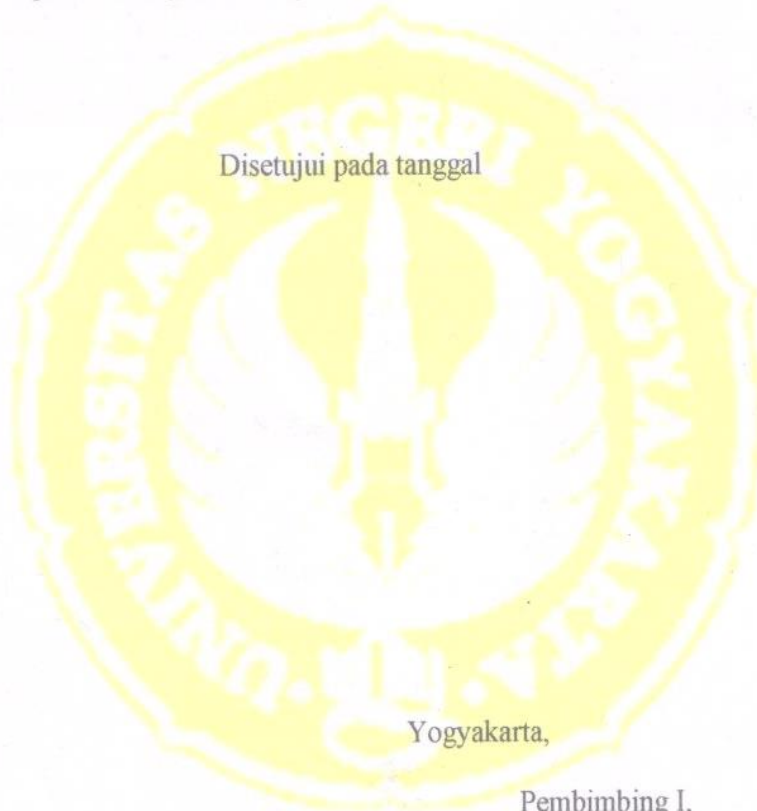
**Disusun oleh:
MUHAMMAD NUR ROHMAN
11306144005**

**PROGRAM STUDI FISIKA
JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2018**

PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Lama Pengeringan Dan Volume Nanomaterial *Graphene Oxide* Berbahan Dasar Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Bata Ringan Jenis *Cellular Lightweight Concrete* ”** yang disusun oleh Muhammad Nur Rohman, NIM. 11306144005 ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.

Disetujui pada tanggal



Yogyakarta,

2018

Pembimbing I,

Wipsar Sunu Brams Dwandaru, Ph. D.
NIP. 19800129 200501 1 003

PENGESAHAN

Tugas Akhir Skripsi

**PENGARUH VARIASI LAMA PENGERINGAN DAN VOLUME
LARUTAN *GRAPHENE OXIDE* BERBAHAN DASAR
ABU SEKAM PADI TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS
BATA RINGAN JENIS *CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE***

Disusun oleh:

Muhammad Nur Rohman
NIM 11306144005

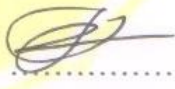

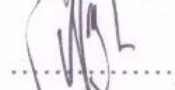
Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir Skripsi Program Studi

Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri

Yogyakarta

Pada tanggal 07 Februari 2018

TIM PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Wispar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D NIP. 198001292005011003	Ketua Penguji		04-04-2018
Dyah Kurniawati Agustika, M.Si NIP. 198308122014042001	Sekretaris Penguji		28-03-2018
Nur Kadarisman, M.Si NIP. 196402051991011001	Penguji Utama		03-04-2018

Yogyakarta, 9-4-2018
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,



Dr. Hartono

NIP. 19620329 198702 1 002

PERNYATAAN

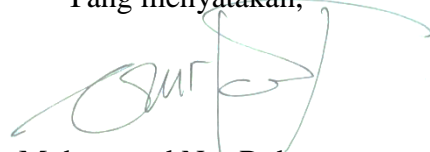
Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Muhammad Nur Rohman
NIM : 11306144005
Program Studi : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Lama Pengeringan Dan Volume Larutan *Graphene Oxide* Berbahan Dasar Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Bata Ringan Jenis *Cellular Lightweight Concrete*

Menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak berisi materi atau data yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim. Apabila terbukti pernyataan saya tidak benar, sepenuhnya merupakan tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 2018

Yang menyatakan,



Muhammad Nur Rohman
NIM. 11306144005

HALAMAN MOTTO

Selalu ada kemungkinan disetiap ketidakmungkinan

The chance you got comes never twice,

Do your best and do it right.

(Halloween - The Chance)

Don't compare your life to others

There's no comparison between the sun and the moon

They shine when it's their time

Life is "Paradox"

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya ini kupersembahkan teruntuk

Bapak dan ibu

Bapak Harjoko dan Ibu Sri Pujiati
Yang selama ini selalu berada disampingku dengan penuh
kasih sayang dan memberikan segala doa serta usahanya
untukku

Kakak dan adik

Dewi Kusuma Wardhani dan Taufiq Agung Kurniawan
Semoga segala harapan dan cita dapat tercapai

Keluarga besar

Yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terimakasih
telah memberikan support selama ini

Para teman-teman

Karena kebersamaan itu menyenangkan

Kepada alam semesta

dan

Negara Kesatuan Republik Indonesia

**PENGARUH VARIASI LAMA PENGERINGAN DAN VOLUME
LARUTAN *GRAPHENE OXIDE* BERBAHAN DASAR
ABU SEKAM PADI TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS
BATA RINGAN JENIS *CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE***

Oleh:

Muhammad Nur Rohman
11306144005

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh sintesa *graphene oxide* (GO) dari bahan abu sekam padi dengan metode *liquid sonification exfoliation* (LSE) menggunakan *tweeter ultrasound graphene oxide generator* (TUGG), mengetahui pengaruh penambahan volume GO pada bata ringan terhadap porositas dan kuat tekannya, dan mengetahui pengaruh lama pengeringan bata ringan GO terhadap kuat tekan yang dihasilkan. Karakterisasi dan sintesa GO berbahan abu sekam padi menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan melihat puncak absorbansi pada daerah panjang gelombang 230-270 nm.

Penelitian ini diawali dengan membuat larutan surfaktan yang dicampur abu sekam padi dimana larutan dibuat dengan variasi konsentrasi abu sekam padi 0,005 gr/ml; 0,01 gr/ml; 0,015 gr/ml; 0,02 gr/ml; dan 0,025 gr/ml. Sampel disintesis dengan metode LSE menggunakan TUGG selama 5 jam kemudian didiamkan semalam agar beberapa lapis GO terpisah dari kumpulan lapisan abu sekam padi. Sampel GO abu sekam padi diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui adanya lapisan GO. Kemudian larutan GO abu sekam padi dicampurkan ke dalam air, pasir semen, dan *foam*. Kemudian bata ringan dicetak dengan ukuran $(5 \times 5 \times 5)$ cm³ lalu dikeringkan. Proses pengeringan dilakukan menggunakan dua cara yaitu secara alami dan menggunakan oven. Bata ringan yang dihasilkan kemudian diuji porositas dan kuat tekannya untuk mengetahui pengaruh penambahan volume GO dan lama pengeringan terhadap kualitas bata ringan tersebut.

Hasil UV-Vis GO abu sekam padi menunjukkan bahwa konsentrasi 0,025 gr/ml menghasilkan GO dengan jumlah paling banyak dibandingkan konsentrasi lainnya. Penambahan volume larutan GO abu sekam padi berpengaruh terhadap porositas bata ringan namun secara signifikan menambah kuat tekan dari bata ringan tersebut. Porositas bata ringan bertambah karena surfaktan pada larutan GO menambah jumlah *foam*. Kuat tekan bata ringan menjadi lebih tinggi karena GO memperkuat struktur pori-pori pada bata ringan. Pada proses pengeringan alami, kuat tekan tertinggi diperoleh pada penambahan volume GO 50 ml dengan nilai $7,31 \times 10^6$ N/m² yang menghasilkan porositas 38,08 % dan berat 134,64 gram. Sedangkan pada proses pengeringan dalam oven kuat tekan tertinggi terdapat pada lama pengeringan 4 jam dengan kuat tekan sebesar $1,23 \times 10^6$ N/m².

Kata Kunci: *graphene oxide*, *liquid sonification exfoliation*, abu sekam padi, UV-Vis, bata ringan, porositas, kuat tekan

THE EFFECT OF THE VARRIATION DRYING TIME AND VOLUME OF THE GRAPHENE OXIDE SOLUTION FROM RICE HUSK ASH TOWARD COMPRESSIVE STRENGHT AND LIGHTWEIGHT BRICK POROSITY TYPE CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE BRICK

Author:
Muhammad Nur Rohman
11306144005

ABSTRACT

This research aims to obtain Graphene Oxide (GO) synthesis from rice husk ash with Liquid Sonification Exfoliation (LSE) method using Tweeter Ultrasound Graphene Oxide Generator (TUGG), to obtain the effect of GO volume addition into the lightweight brick toward the compressive strength and the porosity, and to know the effect of GO's lightweight brick drying time variations toward the compressive strength result. Characterization and synthesis used in rice husk ash GO is spectrophotometer UV-Vis by looking at absorbance peak at the wavelength 230-270 nm.

This research began by making surfactant solution mixed with rice husk ash. The solution was made by 0,005 gr/ml; 0,010 gr/ml; 0,015 gr/ml; 0,020 gr/ml; and 0.025 gr/ml rice husk ash variation concentration. Those samples were synthesized with LSE method using TUGG for 5 hours, and then left it overnight so that some GO's layers could be separated from rice husk ash layers. The GO of rice husk ash samples were tested using UV-Vis spectrophotometer to determine the presence of GO layer. Then, the GO of rice husk ash solution was mixed into water, sand, cement, and foam. After that, the lightweight brick was molded into $(5 \times 5 \times 5) \text{ cm}^3$ mold size and dried. The drying processes were done in two methods: naturally and using oven. The lightweight brick product was being tested for its porosity and compressive strength to determine the effect of adding GO volume and drying time variation toward the quality of the lightweight brick.

The GO of rice husk ash showed that the 0,025 gr/ml concentration produced more GO than the other concentrations. The GO of rice husk ash solution addition given an effect on the lightweight brick porosity, but significantly increased the compressive strength of the lightweight brick. The lightweight brick porosity increased as the surfactant in the GO solution increased the amount of foam. The lightweight brick compressive strength became higher because GO strengthen the lightweight brick pore structures. On natural drying process, the highest compressive strength was obtained at the addition of 50 ml GO volume with value $7,31 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ which resulted 38.08 % porosity and 134.64 grams weight. While, on the oven drying process, the highest compressive strength was at 4 hours drying time with $1,23 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ of compressive strength.

Key words: graphene oxide, liquid sonification exfoliation, rice husk ash, UV-Vis, lightweight brick, compressive strength, porosity, and drying time.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan hidayah-Nya yang telah dikaruniakan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Lama Pengeringan Dan Volume Larutan *Graphene Oxide* Berbahan Dasar Abu Sekam Padi Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Bata Ringan Jenis *Cellular Lightweight Concrete*”**. Penulis menyadari bahwa telah mendapat bimbingan, arahan, bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak dalam menyelesaikan penelitian dan penyusunan laporan penelitian. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dr. Hartono, M.Si, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Yusman Wiyatmo, M.Si, selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Nur Kadarisman, M.Si, selaku Ketua Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Wispar Sunu Brams Dwandaru, Ph.D, selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, nasehat dan motivasi sehingga terselesaikannya penulisan skripsi ini.
5. Semua Dosen Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang senantiasa memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat.

6. Bapak Haris Murtanto, selaku petugas Laboratorium Fisika Koloid Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA UNY yang bersedia menyediakan tempat dan alat untuk melaksanakan penelitian
7. Teman satu-satunya dipenelitian ini Ardi Aryono yang telah banyak membantu selama penelitian berlangsung.
8. Teman-teman FISSE (Fisika E 2011) yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang selalu memberikan semangat dan dukungan serta canda tawa selama kuliah hingga terselesaikan skripsi ini.
9. Teman-teman dan semua pihak yang tak bisa disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan selama penelitian maupun hingga terselesaikannya tugas akhir skripsi ini.

Semoga semua bantuan dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis, Insya Allah mendapatkan balasan dari Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih ada kekurangan, maka dari itu pada kesempatan ini, penulis mengharapkan masukan berupa saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak demi kesempurnaan penelitian yang lebih lanjut. Akhir kata, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak dan perbaikan pendidikan di masa yang akan datang.

Yogyakarta,

2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR GRAFIK	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	7

BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	8
A. <i>Graphene</i> dan <i>Graphene Oxide</i> (GO).....	8
B. Sintesis Material <i>GO</i>	15
C. Abu Sekam Padi	19
D. Surfaktan	20
E. Ultrasonikasi	21
F. Tweeter Piezoelectric	24
G. Spektrofotometer UV-Vis	25
H. Beton Ringan atau Bata Ringan	31
I. Semen Portland	35
J. Agregat	37
K. Air	40
L. <i>Foam Agent</i>	40
M. Porositas	41
N. Kuat Tekan	42
O. Kerangka Berfikir	43
BAB III METODE PENELITIAN	44
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	44
1. Waktu Penelitian.....	44
2. Tempat Penelitian	44
B. Objek Penelitian.....	44
1. Variabel Bebas	45
2. Variabel terikat.....	45

3. Variabel Kontrol	45
C. Jenis Penelitian.....	45
D. Alat dan Bahan.....	46
1. Alat	46
2. Bahan	47
E. Langkah Kerja.....	47
1. Proses sintesis larutan GO dengan metode LSE untuk variasi konsentrasi massa abu sekam padi	47
2. Proses pembuatan batu bata ringan.....	48
F. Teknik Analisis Data.....	50
1. Pengujian UV-Vis	50
2. Pengujian porositas bata ringan	50
3. Pengujian kuat tekan bata ringan	51
G. Diagram Alir	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	54
A. Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis GO Abu Sekam Padi	54
B. Hasil Uji Porositas dan Kuat Tekan Batu Bata Ringan.....	56
1. Hasil Uji Porositas	57
2. Hasil Uji Kuat Tekan	59
3. Hubungan Antara Massa, Porositas dan Kuat Tekan Bata Ringan ..	60
C. Hasil dan Pembahasan Uji Kuat Tekan Bata Ringan dengan Variasi Lama Pengeringan	64

1. Hasil dan Pembahasan Uji Kuat Tekan Bata Ringan dengan Variasi Lama Waktu Pengeringan Tanpa Penambahan Larutan GO	65
2. Hasil dan Pembahasan Uji Kuat Tekan Bata Ringan dengan Variasi Lama Waktu Pengeringan Dengan Penambahan Larutan GO	67
BAB V PENUTUP	71
A. Kesimpulan	71
B. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN.....	78

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi abu dari sekam padi	20
Tabel 4.1 Hasil uji bata ringan	61
Tabel 4.2 Hasil uji bata ringan terhadap lama waktu pengeringan tanpa penambahan larutan GO.....	65
Tabel 4.3 Hasil uji bata ringan terhadap lama waktu pengeringan dengan Penambahan larutan GO	68

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bentuk alotrop karbon (a) intan dan (b) <i>graphite</i>	9
Gambar 2.2 Struktur atom karbon (a) intan dan (b) <i>graphite</i>	9
Gambar 2.3 Struktur <i>graphene</i>	10
Gambar 2.4 Struktur GO yang termasuk cincin <i>benzene</i>	15
Gambar 2.5 Metode <i>scotch tape</i> atau metode ME	16
Gambar 2.6 Proses sintesis <i>graphene</i> dengan metode rGO	16
Gambar 2.7 Peran surfaktan pada metode LE	18
Gambar 2.8 Struktur molekul surfaktan	20
Gambar 2.9 Rangkaian alat ultrasonikasi	23
Gambar 2.10 <i>Tweeter piezoelectric</i>	24
Gambar 2.11 Diagram kerja spektrofotometer	26
Gambar 2.12 Bata ringan	33
Gambar 2.13 Syarat – syarat fisis bata beton	34
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	53

DAFTAR GRAFIK

	Halaman
Grafik 2.1 Grafik hasil UV-Vis GO	27
Grafik 2.2 Grafik hasil UV-Vis rGO dan GO	28
Grafik 2.3 Grafik hasil UV-Vis GO	29
Grafik 2.4 Grafik GO dan rGO	29
Grafik 2.5 Grafik UV-Vis (a) GO, dan (b) <i>graphene</i> dalam air	30
Grafik 2.6 Spektrum absorpsi UV-Vis dengan metode LE dan elektrolisis	31
Grafik 4.1 Hasil uji UV-Vis GO sesudah sonifikasi untuk variasi abu sekam	
Padi	55
Grafik 4.2 Grafik uji porositas bata ringan GO	57
Grafik 4.3 Grafik uji kuat tekan bata ringan GO	59
Grafik 4.4 Hasil uji kuat tekan bata ringan terhadap lama waktu pengeringan	
tanpa penambahan GO	66
Grafik 4.5 Hasil uji kuat tekan bata ringan terhadap lama waktu pengeringan	
dengan penambahan GO	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Seperangkat alat <i>Tweeter Ultrasound Graphene Oxide Generator</i> (TUGG).....	78
Lampiran 2.	Analisis valisasi frekuensi ultrasonik <i>tweeter</i> piezoelektrik pada alat TUGG. Frekuensi ultrasonik 30 kHz.....	79
Lampiran 3.	Raw-data UV-Vis yang telah ternormalisasi.....	80
Lampiran 4.	Data puncak absorpsi hasil Uji UV-Vis GO abu sekam padi..	111
Lampiran 5.	Grafik uji spektrofotometer UV-Vis.....	112
Lampiran 6.	Hasil uji porositas dan kuat tekan bata ringan.....	115
Lampiran 7.	Hasil uji kuat tekan bata ringan dengan variasi lama pengeringan.....	116
Lampiran 8.	Hasil uji <i>Universal Testing Machine</i> (UTM).....	117
Lampiran 9.	Dokumentasi bata ringan.....	119

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Indonesia terkenal sebagai negara agraris dengan penghasilan padi terbanyak. Tanaman padi atau beras umumnya digunakan masyarakat Indonesia sebagai bahan pokok makan yaitu nasi. Nasi sendiri diperoleh dari kukusan padi yang telah digiling. Namun dari proses makanan pokok ini menyisakan limbah, limbah tersebut antara lain:

1. sekam (15-20 %), yaitu bagian pembungkus atau kulit terluar biji padi,
2. dedak atau bekatul (8-12 %), yaitu kulit ari yang dihasilkan dari proses penyosohan, dan
3. menir (± 5 %) yaitu bagian beras yang hancur.

Apabila produksi gabah kering giling nasional 49,8 jutaton/tahun, maka akan diperoleh sekam 7,5 – 10 juta ton, dedak atau bekatul 4-6 juta ton, dan menir 2,5 juta ton (Widowati, 2001). Namun jumlah ini tidak sebanding dengan pemanfaatannya. Minimnya kesadaran akan lingkungan membuat limbah-limbah tersebut hanya menjadi bahan residu yang tidak dimanfaatkan.

Limbah sekam padi pada umumnya digunakan untuk media pembakaran pada industri genteng dan bata konvensional. Dari hasil pembakaran ini terbentuk abu sekam padi. Pemanfaatan abu sekam padi untuk saat ini sangatlah jarang dan hanya menjadi limbah atau residu. Dulunya abu sekam

padi digunakan sebagai salah satu alat pembersih noda gosong pada alat masak, namun seiring perkembangan teknologi cara ini mulai ditinggalkan. Abu sekam padi sebenarnya memiliki kandungan anorganik yang bagus. Pada pembakaran secara terbuka (seperti di sawah-sawah) dapat menghasilkan abu silika bentuk amorf dan biasanya mengandung 86,9-97,8 % silika dan 10-15 % karbon (Dardjo Sumaatmaja, 1985). Kandungan silika dan karbon ini diharapkan dapat disintesiskan kedalam material baru, salah satunya *graphene oxide* (GO).

Graphene merupakan bentuk dua dimensi (2D) dari bahan dasar karbon dengan lapisan atom tunggal berbentuk kisi sarang lebah. Dengan perkembangan teknologi yang sudah maju, *graphene* dapat disintesis dengan berbagai metode. Salah satunya dengan metode *Liquid Sonication Exfoliation* (LSE) dimana *graphene* akan diperoleh dalam bentuk larutan. Metode *liquid sonification exfoliation* (LSE) diinovasikan dengan pemberian gelombang ultrasonik dengan variasi frekuensi dan banyaknya *tweeter piezoelektrik* sebagai sumber *tweeter ultrasound graphite oxide generator* (TUGG).

Dalam perkembangan infrastruktur bangunan, maraknya gedung-gedung tinggi menyebabkan para insinyur dan teknisi bangunan harus inovatif menggunakan bahan material bangunan yang kuat, ringan dan lebih efisien. Penggunaan beton cor yang pada dasarnya menggunakan campuran semen, pasir, dan batu, di era modern ini telah tergantikan oleh batubata ringan. Bata ringan atau disebut *hebel* atau *celcon*. Pembuatan material bata ringan sudah

sangat modern dimana material ini dibuat dengan menggunakan mesin pabrik. Bata ini cukup ringan, halus, dan memiliki tingkat kerataan yang baik. Bata ringan ini diciptakan agar dapat memperingan beban struktur dari sebuah bangunan konstruksi, mempercepat pelaksanaan, serta meminimalisasi sisa material yang terjadi pada saat proses pemasangan dinding berlangsung.

Pada bata ringan, kuat tekan dapat ditingkatkan dengan memberikan bahan tambahan (*admixture*) ke dalam campuran bata ringan tersebut pada saat pencampuran berlangsung (Aryono, 2017). Bahan tambah (*admixture*) adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. Berdasarkan American Concrete Insitute (ACI SP-19), bahan tambah adalah material selain air, agregat, dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton atau mortar (Mulyono, 2005). Meninjau dari sifat-sifat GO yang kuat serta fleskibel, maka dari itu diharapkan penambahan GO sebagai bahan *admixture* bata ringan dapat meningkatkan kualitas bata ringan terlebih untuk kuat tekan dan juga porositas. Sehingga bata ringan yang terbentuk tidak hanya kuat tetapi juga ringan.

Pembuatan bata ringan membutuhkan panas matahari untuk proses pengeringan. Namun iklim dan cuaca yang sulit diprediksi, secara teknis memberikan dampak negatif kepada pembuatan bata ringan, terutama untuk

bata ringan jenis *cellular lightweight concrete* (CLC). Hal ini berbeda dengan bata ringan jenis *autoclaved aerated concrete* (AAC), dimana proses pengeringannya menggunakan oven.

Dalam penelitian ini metode sintesi *graphene oxide* (GO) menggunakan metode LSE dengan menggunakan TUGG. Karakterisasi GO menggunakan uji spektrofotometer UV-Vis. Bahan dasar pembuatan GO dalam penelitian ini menggunakan limbah abu sekam padi. Diharapkan dalam penelitian ini peneliti dapat menghasilkan bata ringan yang unggul dari segi porositas dan kuat tekannya dengan penambahan volume larutan *graphene oxide*. Pengujian kuat tekan bata ringan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) sedangkan porositas bata ringan diketahui dengan menimbang berat basah dikurang berat kering dibagi volume benda dan dikali 100 persen.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Salah satu cara untuk mensintesis material *graphene oxide* adalah menggunakan metode LSE yang diinovasikan dengan pemberian gelombang ultrasonik menggunakan *tweeter piezoelectric* sebagai sumber TUGG.

2. Meningkatnya konsumsi bahan makanan pokok padi namun tidak diimbangi dengan pengolahan limbah yang maksimal, terutama limbah sekam padi.
3. Kebutuhan akan bahan bangunan berupa bata ringan yang masih awam di masyarakat, tidak diimbangi dengan kualitas dan mutu yang baik.

C. Batasan Masalah

Dari identifikasi masalah, pada penelitian ini perlu adanya batasan masalah untuk membatasi penelitian. Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini menggunakan serbuk karbon yang berasal dari sisa pembakaran sekam atau disebut abu sekam.
2. Metode yang digunakan adalah metode LSE menggunakan TUGG serta ditambahkan dengan surfaktan yang terdapat dalam deterjen komersil dan dengan penambahan silika.
3. Karakterisasi material *graphene oxide* yang dilakukan adalah dengan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui panjang gelombang serapan sampel.
4. Bata ringan yang dibuat dalam penelitian ini adalah bata ringan CLC dengan metode sederhana dan menggunakan *foam agent*.

5. Pengeringan bata ringan yang digunakan meliputi dua cara yaitu pengeringan dengan panas matahari dan pengeringan dengan memanfaatkan oven bersuhu 100 °C dalam skala laboratorium.

D. Rumusan Masalah

Dari batasan masalah yang telah diidentifikasi, maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana mensintesis *graphene oxide* dengan metode LSE menggunakan TUGG berbahan dasarnya abu sekam padi yang ditambahkan dengan surfaktan?
2. Bagaimana pengaruh variasi penambahan volume *graphene oxide* terhadap porositas dan kuat tekan bata ringan?
3. Bagaimana pengaruh variasi lama pengeringan bata ringan menggunakan oven ditinjau dari kuat tekan bata ringan?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mensintesis *graphene oxide* dengan metode LSE menggunakan TUGG berbahan dasar abu sekam padi yang ditambahkan surfaktan.
2. Mengetahui pengaruh variasi penambahan volume *graphene oxide* terhadap porositas dan kuat batubata ringan.

3. Mengetahui pengaruh variasi lama pengeringan bata ringan menggunakan oven ditinjau dari kuat tekan bata ringan?

F. Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah

1. Bagi mahasiswa
 - a. Mendapatkan informasi mengenai material yang bernama *graphene oxide* dengan sifat bahan yang unggul dengan bahan dasar abu sekam padi.
 - b. Mendapatkan informasi mengenai material bangunan yang bernama bata ringan yang telah ditambahkan dengan *graphene oxide*.
2. Bagi Universitas

Sebagai referensi penelitian di bidang fisika material beserta pengaplikasiannya yang kemudian dapat dikembangkan lebih lanjut dalam penelitian-penelitian berikutnya.
3. Bagi masyarakat
 - a. Dapat menjadi solusi untuk mengatasi kebutuhan material yang semakin meningkat.
 - b. Dapat menjadi salah satu informasi tentang pemanfaatan limbah dan kegunaannya.

BAB II

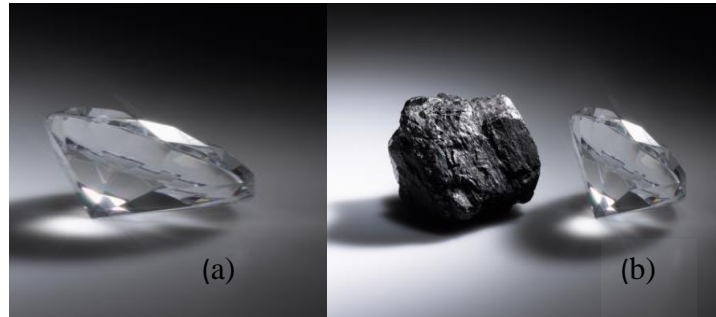
KAJIAN PUSTAKA

A. *Graphene* dan *Graphene Oxide* (GO)

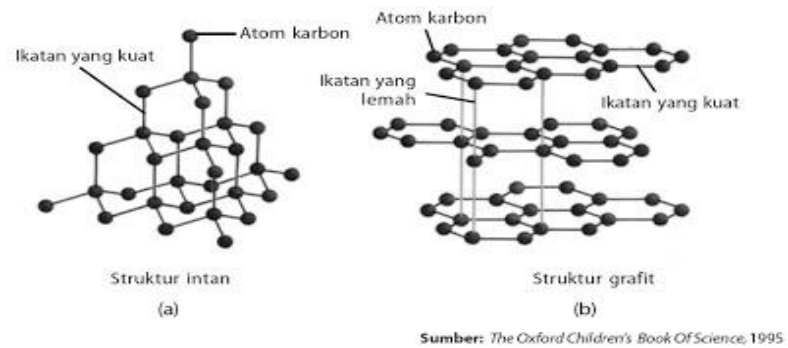
Graphene merupakan material yang sangat berkembang saat ini, menarik untuk dikaji oleh para peneliti dari berbagai bidang ilmu baik Fisika, Kimia, Biologi maupun dibidang Teknik material. *Graphene* atau grafena adalah material baru tertipis, terkuat, dan terunggul di dunia saat ini yang terbentuk dari satu lapis atom karbon yang memiliki struktur hexagonal menyerupai sarang lebah. *Graphite* sendiri merupakan material yang terdiri dari banyak lembaran *graphene* yang ditumpuk secara bersama (Geim, 2007).

Karbon memiliki beberapa bentuk alotrop (bentuk alam yang ditemukan), diantaranya intan, dan *graphite* yang dapat dilihat pada Gambar 2.1 *Graphite* umum dipakai dalam kehidupan sehari-hari, contohnya dalam bentuk isi pensil. Sedangkan intan sering dimanfaatkan sebagai perhiasan dan memiliki harga jual yang tinggi. Bahan tersebut tersusun dari karbon namun memiliki wujud yang berbeda dikarenakan susunan atom-atom di dalamnya juga berbeda yang dapat dilihat pada Gambar 2.2 *Graphite* sangat lunak sehingga dapat digunakan untuk menulis (isi pensil). Intan sangat keras sehingga dapat digunakan sebagai mata bor. Lapisan-lapisan pada *graphite* tersusun sangat lemah saat mendapat tekanan, sehingga ketika menulis

hubungan antar lapisannya terputus dan ada yang terbawa pada kertas (Aminah, 2016).



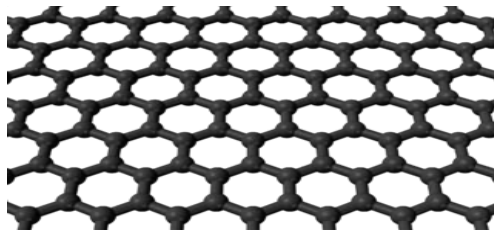
Gambar 2.1 Bentuk alotrop karbon: (a) intan dan (b) *graphite* (Aminah, 2016)



Gambar 2.2 Struktur atom karbon: (a) intan dan (b) *graphite* (Aminah, 2016)

Graphene lebih dekat hubungannya dengan *graphite* daripada intan. *Graphene* merupakan alotrop karbon yang berbentuk lembaran datar tipis. Setiap lembaran *graphene* diikat oleh ikatan *van der Waals* dengan jarak antar atom sebesar 0,142 nm. *Graphene* memiliki ikatan kovalen antar atomnya dan dikemas rapat dalam bentuk kisi kristal seperti sarang lebah (Truong, 2013).

Graphene merupakan susunan atom-atom monolayer 2D yang membentuk struktur Kristal heksagonal menyerupai sarang lebah. *Graphene* memiliki sifat unik dan unggul dibandingkan dengan material lain. *Graphene* tidak memiliki *band gap*, mobilitas elektron *graphene* multilayer sekitar 15000 cm^2/Vs pada suhu 300 K dan sekitar 60000 cm^2/Vs pada suhu 4000 K, sedangkan untuk *graphene few layer* antara (3000-10000) cm^2/Vs (Geim, 2007).



Gambar 2.3 Struktur graphene (Aminah, 2016)

Struktur yang unik dari *graphene* memberikan peningkatan sifat *graphene*, misalnya mobilitas pembawa elektron yang tinggi ($\sim 10,000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$), efek kuantum Hall pada suhu ruangan, transparansi optik yang baik (97,7 %), luas permukaan spesifik ($2630 \text{ m}^2/\text{g}$), modulus Young ($\sim 1 \text{ TPa}$), dan konduktivitas panas yang sangat baik $\sim 3000 \text{ W/mK}$ (Junaidi & Susanti, 2014). Sifat-sifat *graphene* dapat dijelaskan di bawah ini (Muthahhari, dkk, 2013), yaitu:

1. Ikatan antar atom karbon yang kuat dan terdiri atas enam atom karbon yang saling bergabung secara kimiawi. Jarak antar atom C-nya adalah 0,142 nm.

Konfigurasinya menyerupai struktur sarang lebah dengan ketebalan ukuran orde atom. Dalam 1 mm grafit terdapat ± 3000 lapisan *graphene*.

2. Transparansi yang sangat tinggi. Hal ini disebabkan oleh dimensi *graphene* yang mirip selembar kertas dan ketebalannya yang berorde atom. *Graphene* memiliki kerapatan yang cukup tinggi yaitu $0,77 \text{ mg/m}^2$.
3. Daya tekan yang besar, yaitu 42 N/m , seratus kali lebih kuat dari baja yang memiliki kekuatan tekanan $0,25 - 1,2 \times 10^9 \text{ N/m}$.
4. Ikatan atom karbonnya sangat fleksibel yang memungkinkan jaringannya merenggang hingga 20 % dari ukuran semula.
5. Konduktor listrik yang tinggi ($0,96 \times 10^6 \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$) dan konduktivitas termal yang tinggi (5000 W/mK).
6. Tingkat resistivitasnya menuju nol.
7. Elektron – elektron pada *graphene* berperilaku sebagai partikel cahaya.
Foton – foton tanpa massa dalam keadaan vakum dapat bergerak dengan kecepatan $3 \times 10^8 \text{ m/s}$. Elektron dalam *graphene* yang tidak memiliki massa dapat bergerak dengan kecepatan konstan sebesar 10^6 m/s .
8. Transparansi hampir 98 % dan dapat menghantarkan arus listrik dengan sangat baik. *Graphene* berpeluang untuk diaplikasikan pada pembuatan lapisan sentuh yang transparan, panel listrik, dan sel surya.
9. Campuran 1 % *graphene* dengan bahan plastik dapat membuat bahan plastik bersifat menghantarkan panas. Resistansi plastik akan meningkat sampai 30°C bersamaan dengan meningkatnya kekuatan

mekanis. Hal ini memberi peluang untuk menghasilkan material baru yang sangat kuat, tipis, elastis dan tembus pandang.

Telah diperhitungkan bahwa fragmen-fragmen kecil lembaran *graphene* dihasilkan ketika *graphite* dikikis. Dengan mengoksidasi *graphene* secara kimiawi dan kemudian merendamnya dalam air dan diultrasonikasi, lapisan-lapisan teroksidasi bisa terkelupas membentuk lembaran tunggal dengan ikatan sangat kuat, yang disebut lembaran *Graphene Oxide* (GO) (Achmad, 2016).

Graphene oxide (GO) merupakan modifikasi preparasi *graphene* secara kimiawi dengan oksidasi dan eksfoliasi yang disertai dengan modifikasi oksidatif dari bidang basal. GO tersusun oleh lapisan tunggal yang berisikan oksigen yang tinggi dari pada *graphene*, dengan perbandingan atom C/O kurang dari 3,0 dan mendekati 2,0. Bagaimanapun juga, bentuk ini sering direduksi secara kimiawi ataupun elektrokimia sebelum digunakan (Wisnuwijaya, 2017).

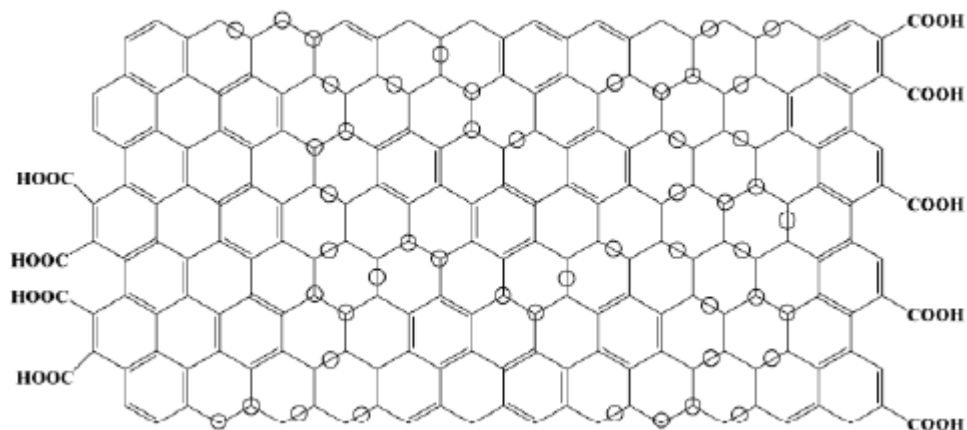
Graphite oxide dapat dieksfoliasi menggunakan pelarut organik untuk membentuk GO dan menghasilkan berbagai bentuk pembiasan dengan berbagai umur stabilitas dan ketebalan *monolayer* GO. Empat jenis pelarut organik seperti DMF, NMP, THF dan *ethylene glycol* dapat membentuk *monolayer* GO yang sama ketika menggunakan pelarut air (Zabba, dkk. 2017). Menurut T. Kavinkumar dkk (2015), karena mengandung ikatan atom karbon sp^3 yang lebih banyak dibandingkan dengan ikatan atom karbon sp^2 , GO menjadi elemen

yang non-konduktif. Ketidaksempurnaan ikatan atom karbon sp^3 dan berbagai kelompok gugus fungsional O_2 yang melekat pada bagian dasar dan tepi diperoleh saat proses penyisipan dengan pelarut organik (Kavinkumar, dkk. 2015). Oleh karena itu S.Ray dkk (2015) menyatakan bahwa dikarenakan ikatan atom karbon sp^3 , gugus fungsional pada permukaan GO memungkinkan mempengaruhi konduktivitas elektrik GO (Ray, dkk. 2015). Pada saat proses eksfoliasi dari gugus fungsi O_2 , konduktivitas elektrik dari GO meningkat (Chen, dkk. 2009).

Menurut O. Moradi dkk (2015) dalam penelitiannya berhasil meningkatkan konduktivitas GO dari 0,005 S/m hingga 0,14 S/m dengan menggunakan *conductive-meter* dalam larutan aquades pada suhu 35 °C (Moradi, dkk. 2015). Dari pernyataan diatas menyatakan bahwa *graphene* mengandung *modulus young* yang besar. Namun disisi lain karena adanya gugus fungsional O_2 pada GO, *modulus young* pada GO sangatlah rendah yakni sekitar 207,6 Gpa sampai 23,4 Gpa (Zabba, dkk. 2017). Sama dengan konduktivitas elektrik, konduktivitas termal dari GO lebih rendah daripada *graphene* karena adanya gugus fungsional dan kandungan lainnya. Maka dapat disimpulkan bahwa gugus fungsional dapat mempengaruhi konduktivitas elektrik dan konduktivitas termal dari GO (Poulikakos, dkk. 2009). Maka dari itu baik *graphene* ataupun GO menjadi daya tarik peneliti untuk diteliti lebih lanjut di berbagai bidang penelitian.

Setelah ditemukannya *graphene* dan GO, beberapa aplikasi penerapan mulai dikembangkan dan beberapa sudah dilakukan seperti biosensor, sensor gas, dan juga superkapasitor. Selain itu GO yang diaplikasikan pada *epoxy*, *hydroxyl*, *carboxyl* dan kelompok *carbonyl* yang mempunyai peran dengan molekul gas, DNA, dan enzim (Zabba dkk .2017). Berdasarkan pada penelitian H. Hsu dkk (2015) jarak antar lapis dari GO meningkat karena gugus fungsional O₂, mengakibatkan meningkatnya luas permukaan GO, volume *mesopore* meningkat, dan meningkatkan beberapa level tertentu dari konduktivitas elektrik (Hsu, dkk. 2015). *Interdigitated Electrode* (IDE) saat ini sudah digunakan kedalam molekul, gas, akustik dan sensor MEMS. Berbagai macam sensor sudah teroptimalkan dengan sintesis material pada IDE (Zabba, dkk. 2017).

Kelarutan GO dalam air dan juga pelarut lain memungkinkan untuk diendapkan dalam substrat yang luas seperti pada film atau jaringan tipis, sehingga berpotensi digunakan untuk makroelektronik (Watcharotone, 2007). GO merupakan isolator namun adanya oksidasi yang terkendali menyebabkan GO memiliki sifat mekanis yang unggul untuk digunakan pada elektronik, termasuk kemungkinan memiliki *band-gap* nol melalui penghilangan ikatan C-O (Mkhoyan, 2009). Struktur GO secara sederhana diasumsikan sebagai lembaran *graphene* yang terikat dengan oksigen dalam bentuk karboksil, hidroksil, atau kelompok epoksi.



Gambar 2.4 Struktur GO yang termasuk pada cincin benzene (Li, 2014).

B. Sintesis Material GO

Sintesis material GO dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu dengan metode *top-down* dan metode *bottom-up* (Truong, 2013).

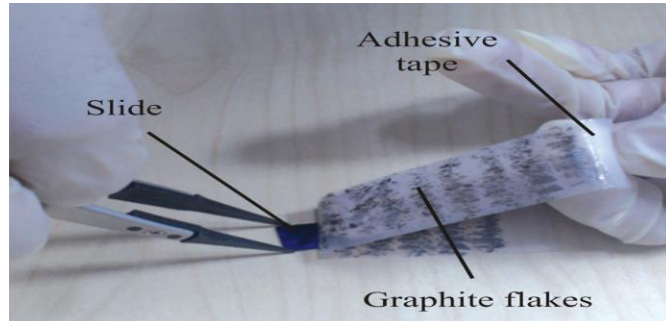
1. Metode *Top-down*

Metode *top-down* merupakan proses sintesis *graphene* secara fisika, dimana pada metode ini terjadi proses pemecahan material besar menjadi material berukuran nanometer. Proses sintesis *graphene* yang termasuk dalam metode *top-down* antara lain:

a. *Mechanical Exfoliation* (ME)

Metode ME merupakan metode pertama yang dipakai untuk mensintesis *graphene* oleh penemu *graphene* sendiri yaitu Geim dan Novoselov (Low, dkk, 2012). Metode ME dilakukan dengan cara mengelupas lapisan-lapisan kristalin *graphite* atau karbon hingga skala mikrometer menggunakan selotip. Satu lembar *graphene* teramati

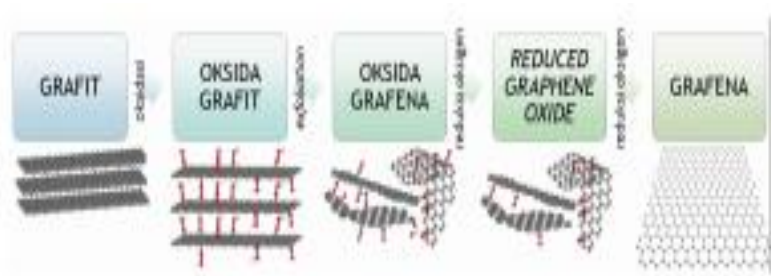
menggantung pada substrat silikon oksida dengan mikroskop optik (Geim, 2007).



Gambar 2.5 Metode *scotch tape* atau metode ME (Randvii, dkk, 2014)

b. Reduksi *Graphite Oxide* (rGO)

Metode rGO adalah metode sintesis *graphene* secara kimiawi, dimana serbuk *graphite* dioksidasi menggunakan bahan kimia seperti asam sulfat, asam nitrat, kalium klorat, dan lain sebagainya. Sintesis menggunakan metode rGO melewati dua tahap pengoksidasian yaitu dari *graphite* menjadi *graphite oxide* dan *graphite oxide* menjadi *graphene oxide*. Setelah melalui kedua tahap itu barulah didapatkan material *graphene* atau lembaran *graphene* yang tipis (Efelina, 2015).



Gambar 2.6 Proses sintesis *graphene* dengan metode rGO (Syakir, 2015)

c. *Liquid Exfoliation (LE)*

Metode LE adalah metode sintesis *graphene* dalam fase cair menggunakan surfaktan. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Coleman, dkk. pada tahun 2008. Sintesis menggunakan LE dilakukan dengan cara mencampur serbuk *graphite* ke dalam larutan surfaktan anionik (fungsi pembersih) yang kemudian didiamkan satu malam. Surfaktan akan bekerja selama satu malam agar didapatkan material *graphene*.

Surfaktan dalam metode ini berfungsi untuk melemahkan ikatan *van der Waals* antar lembaran *graphene* pada sebuah material *graphite*. Pelemahan ikatan *van der Waals* tersebut menyebabkan lembaran-lembaran *graphene* saling terlepas. Material *graphite* yang terdiri dari banyak lembaran *graphene* dapat disintesis menjadi beberapa lembar *graphene* berkat peran dari surfaktan. Metode LE menjadi metode yang efisien karena caranya yang mudah dan murah, namun dapat menghasilkan lembaran *graphene* dengan kualitas yang baik (Wang, dkk. 2014).



Gambar 2.7 Peran surfaktan pada metode LE (Yumin, dkk. 2011)

2. Metode *Bottom-up*

Metode *bottom-up* merupakan proses sintesis *graphene* secara kimia yang melibatkan reaksi kimia dari sejumlah material awal (*precursor*) sehingga dihasilkan material lain yang berukuran nanometer. Salah satu contoh metode *bottom-up* adalah *chemical vapor deposition* (CVD).

CVD adalah metode sintesis *graphene* yang menggunakan substrat SiO_2 sebagai media penggabungan atau pertumbuhan atom-atom karbon menjadi *graphene*. Metode ini dapat menghasilkan *graphene* dalam jumlah banyak tetapi kualitasnya tidak sebaik metode lainnya. CVD juga membutuhkan biaya yang mahal karena menggunakan substrat SiO_2 dan peralatan penunjang yang berteknologi tinggi (Ilhami, 2014).

C. Abu Sekam Padi

Abu sekam padi merupakan limbah yang diperoleh dari hasil pembakaran sekam padi. Pada pembakaran sekam padi, semua komponen organik diubah menjadi gas karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O) dan tinggal abu yang merupakan komponen anorganik (Amaria, 2012). Sekam padi apabila dibakar secara terkontrol pada suhu tinggi ($500\text{-}600\text{ }^\circ\text{C}$) akan menghasilkan abu silika. Sebagian besar abu tersebut mengandung silika, sedikit logam oksida, dan karbon residu yang diperoleh dari pembakaran terbuka. Sebagian besar abu tersebut mengandung silika, sedikit logam oksida, dan karbon residu yang diperoleh dari pembakaran terbuka. Komposisi kimia abu sekam padi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Berdasarkan literatur lain dijelaskan bahwa sekam padi yang dibakar pada suhu antara $500\text{-}700\text{ }^\circ\text{C}$ akan menghasilkan struktur abu sekam padi yang amorf (Ngatijo, dkk, 2011). Pembakaran sekam padi dapat menghasilkan silika dalam berbagai bentuk tergantung pada kebutuhan industri tertentu dengan mengatur suhu pembakaran. Silika dalam bentuk *amorf* sangat reaktif. Pembakaran secara terbuka (seperti di sawah-sawah) dapat menghasilkan abu silika bentuk *amorf* dan biasanya mengandung 86,9-97,8 % silika dan 10-15 % karbon (Dardjo Sumaatmaja, 1985).

Tabel 2.1 Komposisi abu dari sekam padi (Houston, 1972)

Komponen	Berat Kering (%)
SiO ₂	86,9 – 97,3
K ₂ O	0,58 – 2,50
Na ₂ O	0,00 – 1,75
CaO	0,20 – 1,50
MgO	0,12 – 1,96
Fe ₂ O ₃	0,00 – 0,54
P ₂ O ₅	0,20 – 2,84
SO ₃	0,10 – 1,13
Cl	0,00 – 0,42

D. Surfaktan

Surfaktan berasal dari kata *surfactant* yang merupakan kependekan dari *surface active agent*. Surfaktan adalah bahan yang bekerja secara aktif di permukaan. Molekul surfaktan terdiri dari kepala (*head*) dan ekor (*tail*). Bagian kepala bersifat *hydrophilic* (suka air) dan bagian ekor bersifat *hydrophobic* (tidak suka air) (Suparno, 2012).



Gambar 2.8 Struktur molekul surfaktan.

Berdasarkan sifatnya, surfaktan diklasifikasikan menjadi empat kelompok, yaitu (Suparno, 2012):

1. Surfaktan anionik, yaitu surfaktan yang grup hidrofiliknya bermuatan negatif.
2. Surfaktan kationik, yaitu surfaktan yang grup hidrofiliknya bermuatan positif.
3. Surfaktan nonionik, yaitu surfaktan yang grup hidrofiliknya tidak bermuatan.
4. Surfaktan amfoterik, yaitu surfaktan yang pada rantai utamanya terdapat muatan positif dan negatif.

Surfaktan merupakan bahan yang memiliki banyak fungsi. Fungsi-fungsi surfaktan diantaranya sebagai bahan pemberi muatan (*charging agent*), bahan pembersih (*cleaning agent*), bahan pengemulsi (*emulsifying agent*), bahan pembuat busa (*foaming agent*), dan bahan pelapis (*coating agent*). Salah satu fungsi dari surfaktan dapat digunakan untuk mensintesis *graphene*, yaitu fungsi pembersih. Surfaktan dapat mensintesis *graphene* dalam fasa cair. Sintesis *graphene* dalam fase cair sering disebut dengan metode *LSE*. Fungsi surfaktan sebagai pembersih biasa digunakan untuk mencuci pakaian.

E. Ultrasonikasi

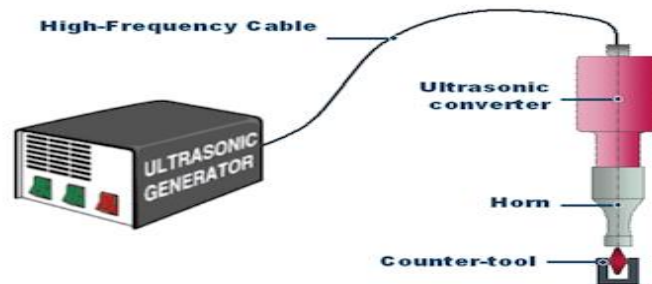
Ultrasonikasi adalah suatu teknologi yang memanfaatkan gelombang ultrasonik. Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi dengan frekuensi

yang lebih besar dari pada batas frekuensi tertinggi yang dapat didengar oleh telinga manusia yaitu lebih besar dari 20 KHz. Gelombang ultrasonik merupakan gelombang longitudinal, yaitu gelombang yang terjadi karena perapatan dan perenggangan partikel-partikel dalam medium yang dilaluinya. Hal ini diakibatkan oleh gangguan dari benda yang bergetar. Dapat pula dikatakan, gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang terjadi karena adanya getaran dari partikel zat padat, zat cair atau juga gas yang dilaluinya. Partikel-partikel tersebut bergetar di sekitar titik setimbangnya sehingga ikut menggetarkan partikel-partikel tetangganya.

Penggunaan ultrasonikasi berdasarkan rentangnya yang luas ini dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama adalah suara beramplitudo rendah. Gelombang beramplitudo rendah ini secara umum digunakan untuk analisis pengukuran kecepatan dan koefisien penyerapan gelombang pada rentang 2 hingga 10 KHz. Bagian kedua adalah gelombang berenergi tinggi dan terletak pada frekuensi 20 hingga 100 KHz. Gelombang ini dapat digunakan untuk pembersihan, pembentukan plastik, dan modifikasi bahan-bahan organik maupun anorganik (Wisnuwijaya, 2017).

Proses ultrasonikasi mengubah sinyal listrik menjadi getaran fisik yang dapat diarahkan untuk suatu bahan menggunakan alat yang bernama sonikator. Sonikasi ini biasanya dilakukan untuk memecah senyawa atau sel. Getaran ini memiliki efek yang sangat kuat pada larutan sehingga menyebabkan pecahnya molekul, putusnya sel, dan pecahnya partikel (Achmad, 2016).

Perangkat utama pada sonikasi adalah generator listrik ultrasonik. Perangkat ini membuat sinyal yang berfrekuensi tinggi untuk disalurkan ke transduser. Transduser ini mengubah sinyal listrik menggunakan bahan piezoelektrik menjadi getaran mekanis dan kemudian dikeluarkan melewati *probe*.



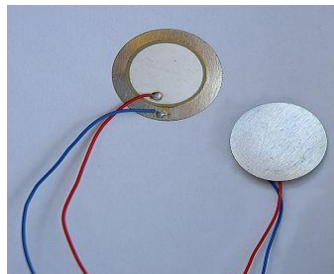
Gambar 2.9 Rangkaian alat ultrasonikasi (Aminah, 2015)

Proses sonikasi terjadi ketika gelombang ultrasonik terbentuk dari pembangkit *ultrasound* yang dihasilkan oleh tenaga listrik, diteruskan oleh media cair ke medium yang dituju. Ketika sonikasi pada intensitas dan frekuensi rendah, terjadi dua efek yaitu kenaikan suhu dan pengacauan dinding sel atau pemecahan partikel. Getaran pada ultrasonikasi menimbulkan terjadinya gaya gesek antar partikel-partikel dalam cairan. Gaya gesek tersebut menyebabkan terjadinya kenaikan suhu dan pemecahan partikel sehingga membebaskan ikatan satu dengan yang lain.

Pada intensitas tinggi dan frekuensi rendah ultrasonikasi, muncul dua efek juga, yaitu fenomena kavitasi dan pemecahan partikel. Fenomena kavitasi atau gelembung kavitasi pada dinding atau permukaan cairan diakibatkan oleh energi kinetik yang melewati seluruh bagian cairan. Fenomena tersebut menghasilkan daya patah yang akan memecahkan dinding sel secara mekanis dan meningkatkan transfer material.

F. *Tweeter Piezoelectric*

Piezoelectric adalah bahan atau benda yang apabila diberi tekanan mekanik akan menghasilkan listrik sedangkan apabila diberi arus listrik akan menghasilkan getaran mekanik (Suwarno, 2009). Getaran mekanik tersebut dapat berupa gelombang suara berfrekuensi rendah maupun tinggi. *Piezoelectric* dapat disebut sebagai *tweeter piezoelectric* karena kemampuan *piezoelectric* yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi gelombang suara berfrekuensi tinggi hingga frekuensi ultrasonik (Suwarno, 2009).



Gambar 2.10 *Tweeter piezoelectri.*

Tweeter piezoelectric dapat menghasilkan gelombang suara ultrasonik dengan frekuensi di atas 20 KHz, ketika sebuah sinyal listrik diberikan pada benda tersebut (Suwarno, 2009). Kelebihan yang dimiliki oleh *tweeter piezoelectric* ini dapat diaplikasikan sebagai sumber gelombang suara ultrasonik pada sebuah rangkaian alat ultrasonikasi sederhana.

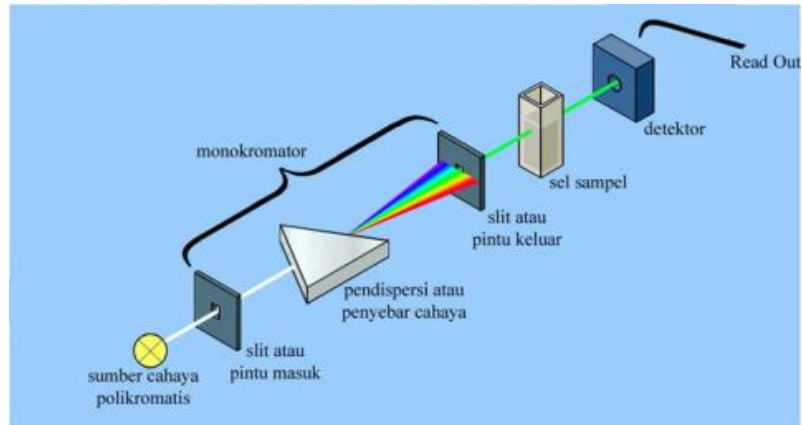
G. Spektrofotometer UV-Vis

1. Prinsip kerja UV-Vis

Spektrofotometri sinar tampak (UV-Vis) adalah metode analisis yang menggunakan sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dekat dan sinar tampak pada instrumen spektrofotometer (Budianto, 2015). Sinar ultraviolet (UV) mempunyai panjang gelombang 200 nm – 400 nm dan sinar tampak (*visible*) mempunyai panjang gelombang 400 nm – 750 nm. Spektrum UV-Vis sangat berguna untuk karakterisasi sebuah sampel secara kuantitatif.

Hasil dari karakterisasi menggunakan UV-Vis adalah grafik hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang. Grafik tersebut biasanya berupa puncak-puncak absorbansi pada panjang gelombang tertentu. Radiasi UV-Vis yang memiliki frekuensi yang sama dengan partikel sampel akan beresonansi, sehingga radiasi mengalami absorpsi oleh sampel tersebut. Absorbansi oleh sampel akan mengakibatkan terjadinya transisi elektron, yaitu elektron-elektron dari orbital dasar akan

tereksitasi ke orbital yang lebih tinggi (Efelina, 2015). Ketika elektron kembali ke orbital asal elektron tersebut memancarkan energi dan energi itulah yang terdeteksi sebagai puncak-puncak absorpsi.

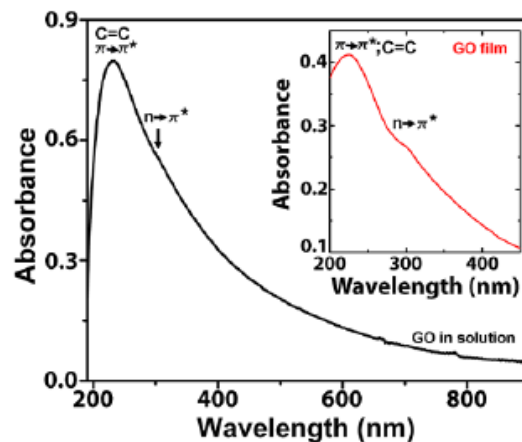


Gambar 2.11 Diagram kerja spektrofotometer UV-Vis.

Dari Gambar 2.11, dapat dilihat prinsip kerja spektrofotometer UV-Vis. Sumber radiasi berasal dari sinar polikromatik. Sinar polikromatik didispersikan menjadi sinar monokromatik yang dikenakan pada sampel yang kemudian sinar transmisinya terdeteksi oleh detektor. Hasil yang terbaca oleh detektor yaitu berupa data absorpsi cahaya yang diserap oleh sampel pada panjang gelombang tertentu. Absorpsi di panjang gelombang tertentu menunjukkan karakter dari suatu senyawa atau partikel (Octavia, 2014). Nilai absorpsi menunjukkan jumlah partikel yang terbentuk.

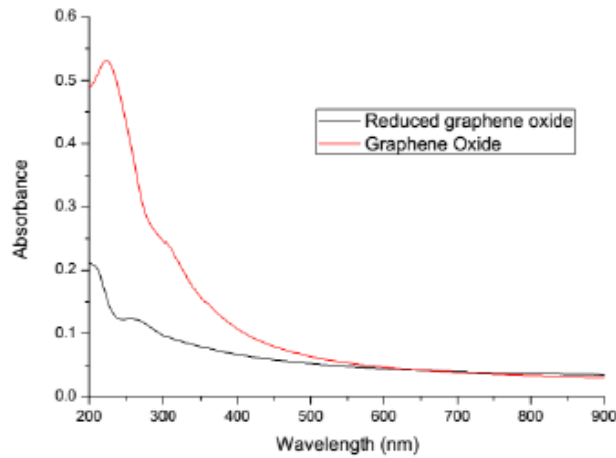
2. Data Uji Karakterisasi GO dengan Spektrofotometer UV-Vis

Sintesis *graphene* yang dikarakterisasi dengan UV-Vis *absorbtion spectroscopy*. UV-Vis-NIR menunjukkan spektrum GO yang tercampur dengan air tercatat transisi dari keadaan *ground (ground state)* ke keadaan lebih tinggi (*excited states*) dari *chromophores* didalam sampel. Spektrum yang diperoleh dengan karakteristik puncak absorbansi yang tajam pada panjang gelombang 233 nm dan tepi melebar pada ~290 – 305 nm. Puncak absorbansi pada ~233 nm telah ditandai sebagai transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ dari ikatan C = C. Grafik dapat dilihat pada grafik 2.1 (Saxena, 2011).



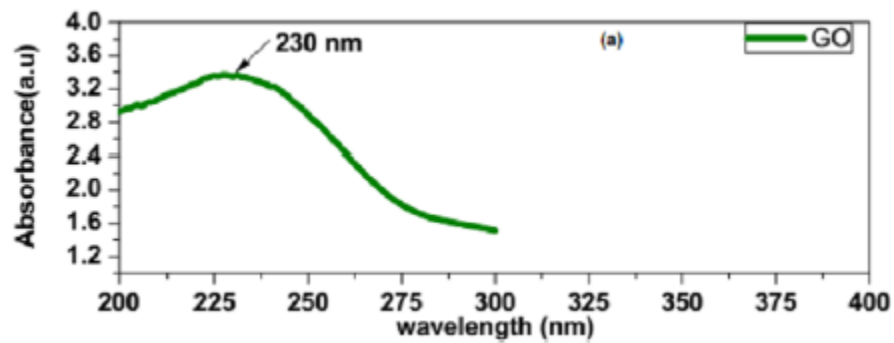
Grafik 2.1. Grafik hasil UV-Vis GO (Saxena, 2011).

UV-VIS spectra dari GO pada Grafik 2.2 menunjukkan sebuah puncak maksimum pada sekitar 223 nm, sesuai dengan transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ untuk ikatan aromatik C – C. Puncak absorpsi untuk GO yang sudah tereduksi berada pada 270 nm (Nanoinnova).



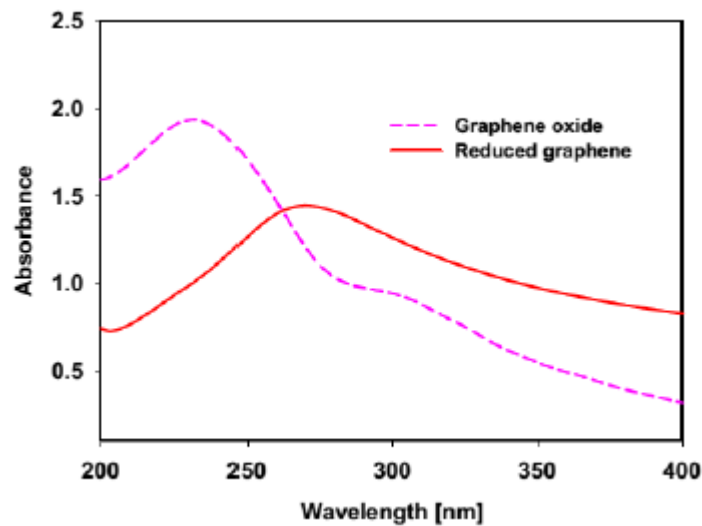
Grafik 2.2.. Grafik hasil UV-Vis rGO dan GO (Nanoinnova)

Spektroskopi UV-Vis digunakan dalam mempelajari derajat oksidasi untuk GO dan sampel fungsional GO. λ_{\max} dari spektrum UV-Vis digunakan untuk mengetahui derajat residual konjugasi dalam GO murni dan fungsional. Sebuah λ_{\max} yang lebih tinggi dalam spektrum mengindikasikan bahwa sedikit energi yang telah digunakan untuk transisi elektronik yang merupakan indikasi dari pemulihan konjugasi. Spektrum menunjukkan bahwa puncak absorpsi dari GO pada 230 nm. Transisi $\pi \rightarrow \pi^*$ dari C – C, ikatan C = C ada dalam daerah hibrid sp^2 dari GO yang merupakan penyebab utama munculnya puncak ini (Javed, 2015).



Grafik 2.3.. Grafik hasil UV-Vis GO (Javed, 2015).

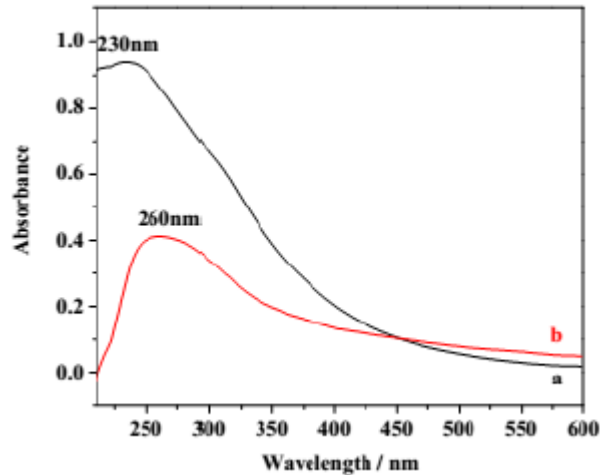
Puncak absorbansi GO pada 230 nm bergeser menjadi 270 nm, menandakan adanya konjugasi elektronik didalam lembaran *graphene* tereduksi yang dibangkitkan pada reduksi GO (Choi, 2010).



Grafik 2.4. Grafik GO dan rGO (Choi, 2010: 3).

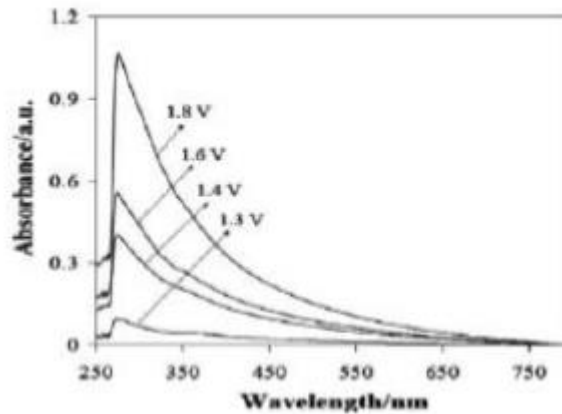
Sintesis *graphene* tereduksi dapat diketahui dengan spektroskopi UV-Vis. Spektrum UV-Vis dari GO dalam air menunjukkan sebuah puncak

absorbansi pada 230 nm. Setelah direduksi dengan AA, puncak *graphene* tereduksi menjadi pada 260 nm. Absorbansi *graphene* tereduksi yang berubah dari 230 nm menjadi 260 nm, mengindikasikan bahwa konjugasi elektronik didalam lembaran *graphene* kembali setelah reaksi (Zhu, 2012).



Grafik 2.5. Grafik UV-Vis (a) GO, (b) *graphene* dalam air (Zhu, 2012)

Hasil mengkarakterisasi menggunakan spektrometer UV-Vis yang dilakukan Murat (2011) dalam mensintesis material *graphene* menggunakan metode LE yang dikombinasikan dengan metode elektrolisis dalam dapat dilihat pada Grafik 2.6. Puncak diamati pada panjang gelombang antara 250 nm sampai 350 nm yang merupakan karakter dari *graphene* atau *graphene oxide* (Murat, dkk. 2011).



Grafik 2.6. Spektrum absorpsi UV-Vis dengan metode LE dan elektrolisis (Murat, dkk. 2011).

H. Beton Ringan atau Bata Ringan

Beton normal merupakan bahan yang relatif cukup berat dengan berat jenis 2.400 kg/m^3 . Untuk mengurangi beban suatu struktur beton atau mengurangi sifat hantaran panasnya, maka telah banyak dipakai beton ringan. Berdasarkan Standart Nasional Indonesia (SNI) 03-2847-2002, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat jenis tidak lebih dari 1.900 kg/m^3 . Pada dasarnya, beton ringan diperoleh dengan cara penambahan pori-pori udara ke dalam campuran betonnya. Menurut Tjokrodinuljo (2007), pembuatan beton ringan dapat dilakukan dengan cara-cara berikut:

1. Dengan membuat gelembung-gelembung gas atau udara dalam adukan semen. Dengan demikian, akan terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya. Bahan tambahan khusus (pembentuk gelembung udara dalam

beton) ditambahkan ke dalam semen dan akan timbul gelembung-gelembung udara.

2. Dengan menggunakan agregat ringan, beton yang terjadipun akan lebih ringan daripada beton normal.
3. Pembuatan beton tidak dengan butir-butir agregat halus. Beton ini hanya dibuat dari semen dan agregat kasar saja (dengan butir maksimum agregat kasar sebesar 20 mm atau 10 mm).

Bata ringan adalah batu bata yang memiliki berat jenis lebih ringan daripada batu bata pada umumnya. Bata ringan dibuat dari campuran semen, pasir, air, dan *foam agent*. *Foam agent* berfungsi untuk memberi gelembung udara dalam pasta semen, sehingga batu bata menjadi ringan. Bata ringan umumnya memiliki ukuran 60 cm × 20 cm dengan ketebalan 8-10 cm.

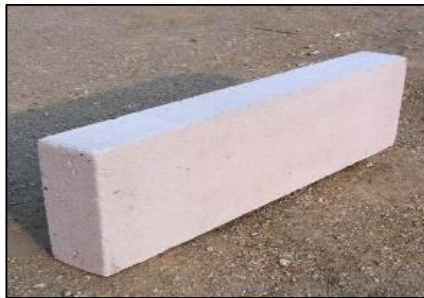
Ada dua macam jenis bata ringan yaitu:

a. *autoclaved aerated concrete* (AAC)

Bata ringan AAC adalah beton selular dimana gelembung udara yang ada disebabkan oleh reaksi kimia, yaitu ketika bubuk aluminium atau aluminium pasta mengembang. Material pembuatan bata ringan AAC memakai pasir khusus yaitu silika (> 95% SiO₂) dan harus digiling sampai ukuran mikro. Gelembung udara yang relatif banyak memungkinkan dihasilkannya AAC dengan kerapatan yang rendah yaitu sekitar 700–800 kg/m³ (Anonim, 2012).

b. *cellular lightweight concrete (CLC)*

Bata ringan CLC adalah beton selular yang mengalami proses *curing* secara alami. CLC adalah beton konvensional yang mana agregat kasar (kerikil) digantikan oleh udara. Dalam prosesnya digunakan busa organik yang sangat stabil dan tidak ada reaksi kimia ketika proses pencampuran adonan. *Foam* atau busa berfungsi sebagai media untuk membungkus udara. Hanya pasir, semen, air dan *foam* yang digunakan dan kepadatan yang didapatkan dapat disesuaikan mulai dari 350 sampai 1.800 kg/m³ (Anonim, 2012).



Gambar 2.12. Bata ringan.

Badan Standarisasi Nasional dalam SNI-03-0349-1989 mengklasifikasi beton kedalam empat mutu atau kualitas seperti pada Gambar 2.12. Pembagian mutu bata ringan dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. mutu I memiliki kuat tekan 7 MPa,
- b. mutu II memiliki kuat tekan 5 MPa,
- c. mutu III memiliki kuat tekan 3,5 MPa, dan
- d. mutu IV memiliki kuat tekan 2 MPa.

Syarat fisis	Satuan	Tingkat mutu bata beton pejal				Tingkat mutu bata beton berlubang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Kuat tekan bruto rata-rata minimum	Mpa	10	7	4	2,5	7	5	3,5	2
2. Kuat tekan bruto masing-masing benda uji minimum	Mpa	9	6,5	3,5	2,1	6,5	4,5	3	1,7
3. Penyerapan air rata-rata maksimum	%	25	35	-	-	25	35	-	-

*Kuat tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda coba pecah dibagi luas ukuran nyata dari bata termasuk luas lubang serta cekungan tepi.

Gambar 2.13. syarat-syarat fisis bata beton (SNI-03-0349-1989)

American Society for Testing and Material (ASTM) dalam ASTM C330 dan ASTM C332 menggolongkan bata ringan berdasarkan kegunaan bata ringan tersebut yaitu:

- Tembok utama (*structural*) pada kuat tekan sebesar 17 MPa atau di atasnya.
- tembok utama/penyekat (*structural / insulating*) pada kuat tekan sebesar 3,4 MPa sampai 17 MPa.
- tembok penyekat (*insulating*) pada kuat tekan sebesar 0,7 MPa sampai 3,4 MPa.

I. Semen Portland

Semen Portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *clincer* yang terdiri atas silika-silika kaslium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan. (Tjokrodimuljo, 1996)

Jenis semen portland dapat dibagi menjadi beberapa kategori, berdasarkan kebutuhan, penggunaan, dan kekuatan (Samekto dan Candra, 2001)

1. Segi kebutuhan khusus

- a. Semen portland mengeras cepat (*rapid hardening portland cement*),
- b. Semen portland tahan sulfat yang sedang dan semen portland tahan sulfat,
- c. Semen portland dengan panas rendah,
- d. Semen portland pozzolan,
- e. *Masonry cement*,
- f. Semen portland putih,
- g. Semen aluminium,

2. Segi penggunaan

Ditinjau dari penggunaannya, menurut *American Society for Testing and Material* (ASTM), semen portland dapat dibedakan menjadi lima, yaitu:

a. Jenis I

Semen portland jenis umum (*normal portland cement*), yaitu jenis semen portland untuk penggunaan dalam konstruksi beton secara umum yang tidak memerlukan sifat khusus.

b. Jenis II

Semen jenis umum dengan perubahan-perubahan (*modified portland cement*). Semen ini memiliki panas hidrasi lebih rendah dan keluarnya panas lebih lambat daripada semen jenis I. Jenis ini digunakan untuk bangunan-bangunan tebal seperti pilar dengan ukuran besar, tumpuan, dinding tahan tanah tebal, dan sebagainya.

c. Jenis III

Semen portland dengan kekuatan awal tinggi (*high-early-strength-portland-cement*). Jenis ini memperoleh kekuatan besar dalam waktu singkat, sehingga dapat digunakan untuk perbaikan bangunan-bangunan beton yang perlu segera digunakan atau yang acuannya perlu segera dilepas.

d. Jenis IV

Semen portland dengan panas hidrasi yang rendah (*low-heat portland cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus untuk penggunaan yang memerlukan panas hidrasi serendah-rendahnya.

e. Jenis V

Semen portland tahan sulfat (*sulfate-resisting portland cement*). Jenis ini merupakan jenis khusus yang maksudnya hanya untuk penggunaan pada bangunan-bangunan yang kena sulfat, seperti di tanah atau air yang tinggi kadar alkalinya.

3. Segi kekuatan

Ditinjau dari kekuatannya semen portland dapat dibedakan menjadi empat, yaitu:

- a. Semen portland mutu S-400, yaitu semen portland dengan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 400 kg/cm^2 .
- b. Semen portland mutu S-475, yaitu semen portland dengan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 475 kg/cm^2 .
- c. Semen portland mutu S-550, yaitu semen portland dengan kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 550 kg/cm^2 .
- d. Semen portland mutu S-S, yaitu semen portland dengan kuat tekan pada umur 1 hari sebesar 225 kg/cm^2 , dan pada umur 7 hari sebesar 525 kg/cm^2 .

J. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton dan menempati kira-kira 70% dari volume beton. Walaupun hanya sebagai bahan pengisi tetapi agregat sangat berpengaruh

terhadap sifat-sifat beton atau mortar, sehingga dalam pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pertumbuhan beton atau mortar (Tjokrodinuljo,1996)

Ditinjau dari besarnya butiran, maka agregat dapat dibedakan menjadi tiga (Samekto dan Candra, 2001) antara lain yaitu:

1. agregat halus

Agregat halus adalah agregat yang semua butirannya menembus ayakan dengan lubang 4,8 mm. Agregat halus dapat digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu:

- a. pasir galian

Pasir galian dapat diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali dari dalam tanah.

- b. pasir sungai

Pasir sungai diperoleh langsung dari dasar sungai. Pasir sungai pada umumnya berbutir halus dan bersifat kuat akibat proses gesekan yang terjadi.

- c. pasir laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Bentuk butirannya halus dan kuat karena proses gesekan. Pasir jenis ini banyak mengandung garam. Oleh karena itu kurang baik untuk bahan bangunan.

2. agregat kasar

Agregat kasar adalah agregat dengan butiran-butiran tertinggal di atas ayakan dengan lubang 4,8 mm, tetapi lolos ayakan 40 mm.

3. batu

Batu adalah agregat yang butirannya lebih besar dari 40 mm. Di dalam beton, agregat (agregat kasar dan agregat halus) mengisi sebagian besar volume beton, yaitu antara 50% sampai 80%, sehingga sifat-sifat dan mutu agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat dan mutu beton.

Penggunaan agregat dalam beton adalah

- a. menghemat penggunaan semen portland,
- b. menghasilkan kekuatan yang besar pada beton,
- c. mengurangi susut pengerasan pada beton,
- d. mencapai susunan yang padat pada beton. Dengan gradasi agregat yang baik, maka akan didapatkan beton yang padat.
- e. mengontrol "*workability*" atau sifat dapat dikerjakan aduk beton.

Dengan gradasi agregat yang baik, maka akan didapatkan beton yang mudah dikerjakan atau memiliki "*workability*" yang baik.

Semakin banyak bahan batuan yang digunakan dalam beton, maka semakin hemat dalam penggunaan semen portland, sehingga semakin murah harganya. Tentu saja dalam penggunaan bahan batuan tersebut ada batasnya, sebab pasta semen diperlukan untuk pelekatan butir-butir dalam pengisian rongga-rongga halus dalam adukan beton.

K. Air

Air merupakan bahan pembuat beton yang sangat penting. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air hanya diperlukan 25 % dari berat semen saja. Selain itu, air juga digunakan untuk perawatan beton dengan cara pembasahan setelah dicor (Tjokrodinuljo, 1996).

Menurut Standard Nasional Indonesia (SNI) S 04-1989-F, air sebagai bahan bangunan sebaiknya memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Air harus bersih.
2. Tidak mengandung minyak, lumpur, dan benda melayang lainnya yang dapat dilihat secara visual. Benda-benda tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gram per liter.
3. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
4. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
5. Tidak mengandung senyawa sulfat (sebagai SO_3) lebih dari 1 gram/liter.

L. *Foam Agent*

Foam agent adalah suatu larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air. *Foam agent* kemudian membuat gelembung-gelembung gas atau udara dalam adukan semen, dengan

demikian akan terjadi banyak pori-pori udara di dalam betonnya (Husin dan Setiaji, 2008). Pengaruh *foam agent* dalam bata ringan baik tipe AAC dan CLC sangat berpengaruh dalam hasil baik buruknya kualitas dari bata ringan tersebut. *Foam Agent* berperan penting dalam memberikan rongga berupa gelembung udara yang terdapat di dalam bata ringan tersebut. Namun perlu dicatat bahwa pemberian foam agent yang terlalu banyak justru akan memberikan dampak buruk terhadap nilai kualitas bata ringan.

M. Porositas

Porositas adalah ukuran dari ruang kosong di antara material dan merupakan fraksi dari volume ruang kosong terhadap total volume yang bernilai antara 0 dan 1 atau sebagai persentase antara 0-100 %. Jika persentase porositas semakin kecil, maka kekuatan beton semakin besar sehingga dapat menyangga konstruksi yang lebih berat. Sebaliknya, persentase porositas semakin besar maka kekuatan beton akan semakin kecil sehingga hanya dapat menyangga konstruksi yang ringan. Porositas dapat diakibatkan oleh adanya partikel-partikel bahan penyusun beton yang relatif besar, sehingga kerapatan tidak maksimal. Nilai porositas dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Porositas (\%)} = \frac{mb - mk}{vb} \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

dimana *mb* adalah massa basah benda, *mk* adalah massa kering benda, dan *vb* adalah volume benda.

Pengujian porositas pada bata ringan dilakukan dengan uji kemampuan penyerapan air dimana bata ringan direndam selama 24 jam kemudian ditimbang menggunakan timbangan atau neraca.

N. Kuat Tekan

Salah satu cara untuk pengendalian mutu batu bata ringan adalah dengan pengujian sampel atau benda uji. Ada dua tipe pengujian, yaitu *steady loading* yang dilakukan dengan mengontrol pembebanan dan *controlled strain rate* dengan mengontrol regangan (Aryono, 2017).

Pada dasarnya, kuat tekan beton tergantung pada tiga hal, yaitu:

1. kekuatan pasta (air dan semen),
2. daya rekat antara pasta dan permukaan butir-butir agregat,
3. kuat tekan agregat.

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tertentu oleh mesin uji tekan. Jika kuat tekan tinggi, maka mutu bata ringan termasuk bagus. Untuk menguji kuat tekan digunakan alat *universal testing machine* (UTM).

Besarnya kuat tekan beton dapat diperoleh dengan rumus:

$$f'_c = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2)$$

dimana: f'_c adalah kuat tekan (MPa), F adalah kuat tekan maksimum (N), dan A adalah luas penampang (mm^2).

Mpa = Mega Pascal; 1 Mega Pascal = 1×10^6 Pascal; 1 Pascal = 1 N/m^2 ;
1 MPa = $1 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. Nilai kuat tekan benda uji diperoleh dari hasil pengujian dengan dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk elemen uji seperti faktor air, bahan baku, kepadatan, dan cara pembebanannya (Aryono, 2017).

O. Kerangka Berpikir

Penelitian ini bertema tentang GO abu sekam padi. GO abu sekam padi ini diaplikasikan pada bidang konstruksi yaitu pada pembuatan bata ringan. Alasan peneliti mengambil penelitian ini adalah cepat rusaknya bahan bangunan yang disebabkan oleh kurangnya kualitas mutu bahan bangunan, serta faktor cuaca yang menjadi faktor utama proses pembuatan bata ringan, terutama untuk jenis CLC. Banyak teori yang muncul tentang peningkatan kualitas mutu beton dan teori tentang karakteristik GO. Dari berbagai masalah yang muncul pada latar belakang, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan variasi larutan GO abu sekam padi (0 ml, 10 ml, 20ml, 30ml, 40 ml, 50 ml, 60ml, dan 70 ml) dengan konsentrasi GO yang tetap (0,025 gr/ml) terhadap porositas dan kuat tekan bata ringan dan pengaruh lama waktu pengeringan terhadap kualitas kuat tekan bata ringan GO.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan September 2016 sampai dengan Oktober 2017.

2. Tempat Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di beberapa tempat, yaitu:

- a. Pembuatan GO dan bata ringan: Laboratorium Koloid, lantai II Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA, UNY.
- b. Pengujian UV-Vis: Laboratorium Kimia lantai II Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA, UNY.
- c. Pengujian porositas bata ringan: Laboratorium Koloid, lantai II Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA, UNY.
- d. Pengujian kuat tekan bata ringan: Laboratorium Bahan dan Bangunan Teknik Sipil, FT, UNY.

B. Objek Penelitian

Pada penelitian ini, ada beberapa variabel yang muncul dalam pengujian nanomaterial GO, pengujian porositas bata ringan, dan pengujian kuat tekan bata ringan sebagai berikut:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang dapat ditentukan secara bebas untuk variasi tertentu. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu:

- a. Volume larutan GO dan air.
- b. Lama waktu pengeringan.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang diukur sebagai hasil perubahan dari variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu:

- a. Porositas bata ringan (berat bata ringan setelah perendaman).
- b. Kuat tekan bata ringan (gaya beban tekan maksimum bata ringan).

3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol adalah variabel yang keduanya dikontrol supaya selalu tetap sama. Dalam penelitian ini variabel kontrolnya yaitu:

- a. Perbandingan campuran antara semen : pasir : *foam agent*
- b. Suhu pemanasan

C. Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah jenis penelitian eksperimen dengan metode eksperimen. Eksperimen ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi volume larutan GO terhadap porositas dan kuat tekan bata ringan. Bata ringan tanpa GO dan bata ringan dengan pemberian variasi volume larutan GO akan

diuji porositas dan kuat tekannya. Pengujian porositas dilakukan dengan mengukur berat bata ringan dan pengujian kuat tekan dilakukan dengan alat uji daya desak atau UTM.

D. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. Alat

- a. gelas ukur 250 ml,
- b. gelas ukur 50 ml,
- c. gelas *beaker*,
- d. timbangan digital,
- e. blender,
- f. seperangkat alat TUGG,
- g. *mixer*,
- h. sendok,
- i. pipet tetes,
- j. saringan pasir,
- k. ember,
- l. toples,
- m. spektrofotometer UV-VIS,
- n. *Universal Testing Machine* (UTM),
- o. cetakan batako 5x5x5.

2. Bahan

- a. Bahan-bahan yang digunakan pada sintesis larutan GO yaitu:
 - i. deterjen dengan komposisi LAS 50 %,
 - ii. serbuk abu sekam padi,
 - iii. *aquades*.
- b. Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan bata ringan yaitu:
 - i. pasir,
 - ii. semen,
 - iii. air,
 - iv. *foam agent*,
 - v. larutan GO,
 - vi. oven.

E. Langkah Kerja

1. Proses sintesis larutan GO dengan metode LSE untuk variasi konsentrasi massa abu sekam

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
- b. Menimbang serbuk abu sekam dengan variasi berat (dalam gram): 0, 1, 2, 3, 4, 5 menggunakan timbangan digital.
- c. Menimbang deterjen seberat 0,5 gram menggunakan timbangan digital sebanyak 6 kali.
- d. Menyiapkan aquades 200 ml sebanyak 6 kali.

- e. Mencampurkan serbuk abu sekam, deterjen, dan *aquades* menggunakan blender lalu menuangkannya ke gelas *beaker* dan menandainya sesuai variasi yang ada.
- f. Mengultrasonikasi larutan selama 5 jam dengan frekuensi 30 KHz dan setelah itu mendiamkan larutan tersebut selama satu malam.

2. Proses pembuatan bata ringan

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk membuat bata ringan.
- b. Menimbang bahan yang digunakan dengan timbangan digital, dan menakar larutan menggunakan gelas ukur.
- c. Untuk membuat 3 buah bata ringan yang berukuran $(5 \times 5 \times 5)$ cm³, diperlukan 300 gram pasir, 150 gram semen, 3 gram *foam*, kemudian menambahkan air dan larutan GO sebanyak 70 ml dengan ketentuan sebagai berikut:
 - Jika volume air 70 ml maka larutan GO 0 ml,
 - Jika volume air 60 ml maka larutan GO 10 ml,
 - Jika volume air 50 ml maka larutan GO 20 ml,
 - Jika volume air 40 ml maka larutan GO 30 ml,
 - Jika volume air 30 ml maka larutan GO 40 ml,
 - Jika volume air 20 ml maka larutan GO 50 ml,
 - Jika volume air 10 ml maka larutan GO 60 ml,
 - Jika volume air 0 ml maka larutan GO 70 ml.

- d. Mencampurkan pasir dan semen secara manual sampai tercampur rata dan homogen.
- e. Membuat *foam* dengan bahan *foam agent* yaitu, 1 gram *foam agent* dan 40 ml air lalu *mixer* sehingga menghasilkan *foam* yang digunakan untuk campuran membuat bata ringan.
- f. Setelah *foam* jadi, mencampurkan antara pasir, semen, air, dan larutan *graphene* menggunakan *mixer* sampai benar-benar homogen.
- g. Jika sudah homogen, memasukkan *foam* 3 gram ke dalam adonan dan *mixer* hingga adonan homogen. Adonan yang homogen siap untuk di cetak.
- h. Sebelum memasukan dalam cetakan, terlebih dulu mengoleskan minyak pada sisi-sisi cetakan agar pada saat melepas bata ringan tidak menempel pada cetakan.
- i. Memasukkan adonan ke dalam cetakan dan ratakan permukaannya. Kemudian menaruh cetakan pada ruang terbuka dan jangan terkena sinar matahari secara langsung.
- j. Melepas bata ringan dari cetakan dan diamkan selama 28 hari, kemudian siap untuk di uji porositas dan kuat tekan.

F. Teknik Pengambilan Data

1. Pengujian UV-Vis

Pengujian UV-Vis dilakukan untuk mengetahui panjang gelombang serapan dan absorbansi yang dimiliki sampel larutan GO. Hasil dari UV-Vis tersebut terlebih dahulu dinormalisasi. Normalisasi dilakukan untuk memisahkan hasil UV-Vis antara larutan hasil sintesis GO dengan larutan surfaktan murni. Hasil normalisasi larutan sintesis GO akan dibandingkan dengan literatur atau tinjauan pustaka yang ada. Telah diketahui pada literatur bahwa panjang gelombang serapan UV-Vis dari sintesis material *graphene* berada pada *range* 200 nm sampai 400 nm.

2. Pengujian Porositas Bata Ringan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya porositas pada bata ringan. Untuk mengetahui porositas bata ringan dilakukan uji penyerapan air pada batu bata ringan tersebut. Adapun tahap pengujiannya, yaitu:

- a. Merendam bata ringan ke dalam ember yang berisi air.
- b. Setelah melakukan perendaman selama 24 jam, benda uji dikeluarkan dari tempat perendaman kemudian dilap dengan kain kering sampai tidak ada air yang menetes.
- c. Menimbang benda uji. Penimbangan ini menunjukkan berat basah bata ringan.

- d. Mengeringkan bata ringan secara alami dibawah sinar matahari selama 28 hari.
- e. Setelah 28 hari, menimbang kembali benda uji tersebut. Penimbangan ini menunjukkan berat kering bata ringan.
- f. Menghitung besarnya porositas bata ringan menggunakan persamaan.

$$porositas (\%) = \frac{m_b - m_k}{v_b} \times \frac{1}{\rho_{air}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

dimana m_b adalah massa basah (gr), m_k adalah massa kering (gr),
 v_b adalah volume benda (ml), dan ρ_{air} adalah massa jenis air $\left(\frac{gr}{ml}\right)$.

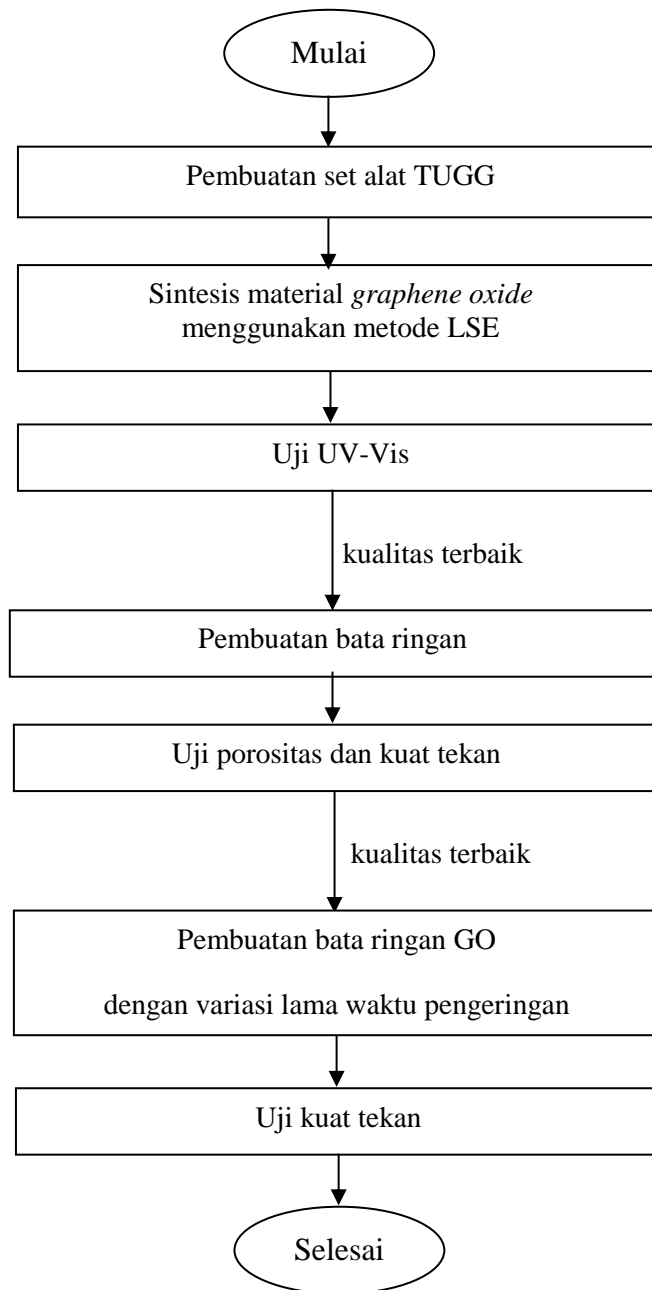
3. Pengujian Kuat Tekan Bata Ringan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan maksimal dari bata ringan. Dalam pengujian kuat tekan diperlukan alat yaitu *universal testing machine* (UTM). Jumlah bata ringan yang diuji untuk setiap variasi yaitu 3 buah benda uji. Tahap pengujian kuat tekan antara lain:

- a. Setelah benda diuji porositas, kemudian benda diuji kuat tekan.
- b. Meletakkan benda uji batu bata ringan pada mesin UTM yang telah terhubung dengan komputer untuk memberikan *display* hasil gaya beban tekan (F).
- c. Memberikan tekanan secara perlahan pada benda uji dari mesin UTM yang telah diatur oleh komputer.

- d. Saat benda uji sudah hancur maka komputer secara otomatis akan berhenti menghitung. Nilai yang tertera pada komputer menunjukkan nilai gaya beban tekan maksimum benda uji (F).
- e. Melakukan langkah seperti di atas untuk benda uji yang lain.
- f. Untuk bataringan GO dengan variasi lama waktu pengeringan, pengujian kuat tekan tanpa melewati proses uji porositas terlebih dahulu.

G. Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

BAB IV

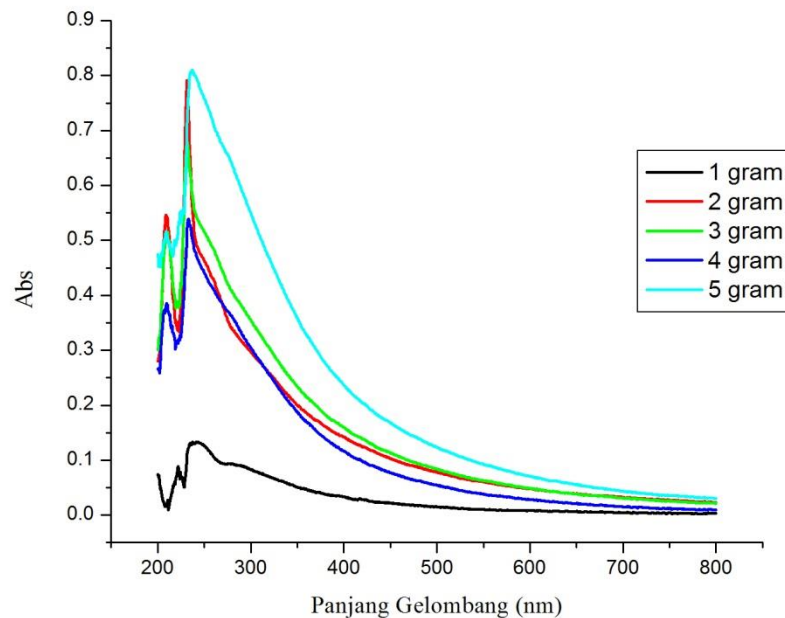
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis GO abu sekam padi

Karakterisasi UV-Vis dilakukan untuk mengetahui adanya GO abu sekam padi pada larutan sampel hasil sintesis material GO abu sekam padi menggunakan metode LSE. Hasil karakterisasi akan ditampilkan dalam bentuk grafik hubungan antara absorbansi dengan panjang gelombang yang kemudian dibandingkan dengan literatur. Adapun variasi yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu variasi konsentrasi abu sekam padi. Variasi konsentrasi abu sekam padi pada penelitian ini, yaitu (dalam gr/ml): 0; 0,005; 0,01; 0,015; 0,02; dan 0,025. Hasil karakterisasi UV-Vis dapat dilihat pada grafik 4.1.

Berdasarkan literatur, puncak absorbansi di sekitar panjang gelombang 270 nm menunjukkan transisi π - π^* dari ikatan C-C yang merupakan karakteristik dari material GO atau *graphene* satu lapis (*single-layer*) (Murat, dkk. 2011). Sedangkan puncak absorbansi disekitar panjang gelombang 350 nm menunjukkan transisi n - π^* dari ikatan C-C yang merupakan karakteristik dari material *reduced graphene oxide* (rGO) atau *graphene* banyak lapis. Oleh sebab itu, jika terdapat puncak absorbansi pada panjang gelombang sekitar 230 nm dan 270 nm, maka grafik tersebut merupakan karakteristik dari GO. Dan jika terdapat puncak absorbansi pada panjang gelombang sekitar 270 nm dan 350 nm maka grafik tersebut merupakan karakteristik dari rGO. Semakin tinggi

puncak absorbansi di sekitar panjang gelombang 270 nm, maka lapisan GO yang dihasilkan akan semakin banyak, begitu juga sebaliknya.



Grafik 4.1 Hasil uji UV-Vis GO sesudah sonikasi untuk variasi konsentrasi abu sekam padi.

Dari grafik 4.1 ditunjukkan bahwa terdapat puncak absorbansi pada panjang gelombang sekitar 230 nm dan 270 nm. Hal tersebut menunjukkan bahwa material yang dihasilkan merupakan GO. Selain itu, pada variasi konsentrasi abu sekam padi didapatkan bahwa variasi konsentrasi 0,005 gr/ml menghasilkan GO abu sekam padi dengan jumlah GO abu sekam padi paling sedikit dibandingkan variasi lainnya. Sedangkan pada variasi konsentrasi 0,025 gr/ml dihasilkan GO abu sekam padi dengan jumlah GO abu sekam padi paling banyak dibandingkan variasi lainnya. Hal tersebut menunjukkan konsentrasi

surfaktan yang paling baik untuk mensintesis GO dengan metode LSE dengan bahan dasar abu sekam padi adalah pada konsentrasi 0,025 gr/ml. Semakin besar penambahan abu sekam padi, maka semakin banyak GO abu sekam padi yang dihasilkan.

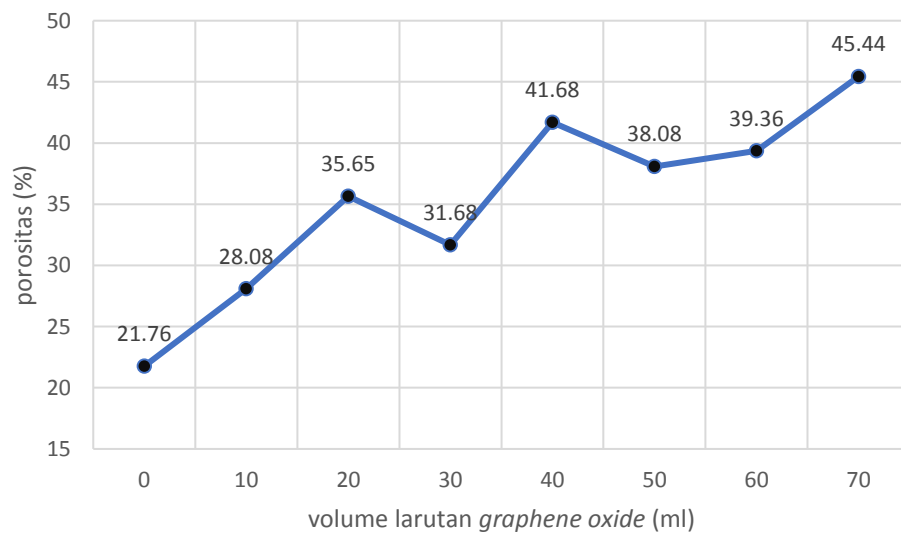
B. Hasil Uji Porositas dan Kuat Tekan Bata Ringan

Konsentrasi larutan GO yang dipilih dalam penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya, maka dipilihlah konsentrasi larutan GO 0,025 gr/ml yang memiliki GO paling banyak. Variasi volume larutan GO dalam penelitian ini bervariasi namun tetap menghasilkan volume 70 ml sebagai pelarut campuran adonan bata ringan (volume air + larutan GO menghasilkan 70 ml). Dalam pembuatan bata ringan CLC digunakan semen Portland 1 yang sering digunakan dalam konstruksi bangunan, pasir gunung merapi yang sudah terayak halus, *foam agent* yang biasa digunakan dalam pembuatan bata ringan jenis CLC.

Pembuatan bata ringan dilakukan dalam waktu sehari, kemudian didiamkan dan melewati masa pengeringan dalam cetakan selama 2 hari. Setelah berlangsung 2 hari bata ringan didiamkan selama 30 hari kemudian direndam sehari dan kemudian di tirisakan sehari guna mendapatkan hasil uji porositas. Setelah mendapatkan hasil porositas, kemudian bata ringan di keringkan seminggu untuk diuji tekan. Uji kuat tekan menggunakan alat UTM yang berada di Laboratorium Bahan dan Bangunan FT UNY.

1. Hasil Uji Porositas

Dari hasil berat basah dan berat kering batu bata ringan tersebut dengan persamaan (1) diperoleh porositas bata ringan. Pengukuran porositas dilakukan pada batu bata ringan dengan variasi volume larutan GO abu sekam padi. Hasil pengujian porositas batu bata ringan dapat diamati pada grafik 4.2.



Grafik 4.2 Grafik uji porositas bata ringan GO.

Dari grafik 4.2 dapat diamati bahwa porositas pada batu bata ringan nilainya bervariasi. Porositas batu bata ringan dengan penambahan GO abu sekam padi dengan volume 0 ml sebesar 21,76 %. Sedangkan porositas batu bata ringan dengan penambahan GO abu sekam padi dengan volume 10 ml, 20 ml, 30ml, 40 ml, 50 ml, 60 ml dan 70 ml secara berturut-turut yaitu 28,08 %; 35,65 %; 31,68 %; 41,68 %; 38,08 %; 39,36 % dan 45,44%.

Penambahan GO pada campuran adonan bata ringan memberikan dampak yang signifikan terhadap nilai porositas bata ringan. Untuk masing-masing variasi penambahan GO mengalami kenaikan. Titik porositas tertinggi didapati pada penambahan GO sebanyak 70 ml dimana nilai porositasnya sebesar 45,44 %. Titik terendah nilai porositas setelah penambahan GO terjadi pada penambahan 30 ml dengan nilai porositas sebesar 31,68 %.

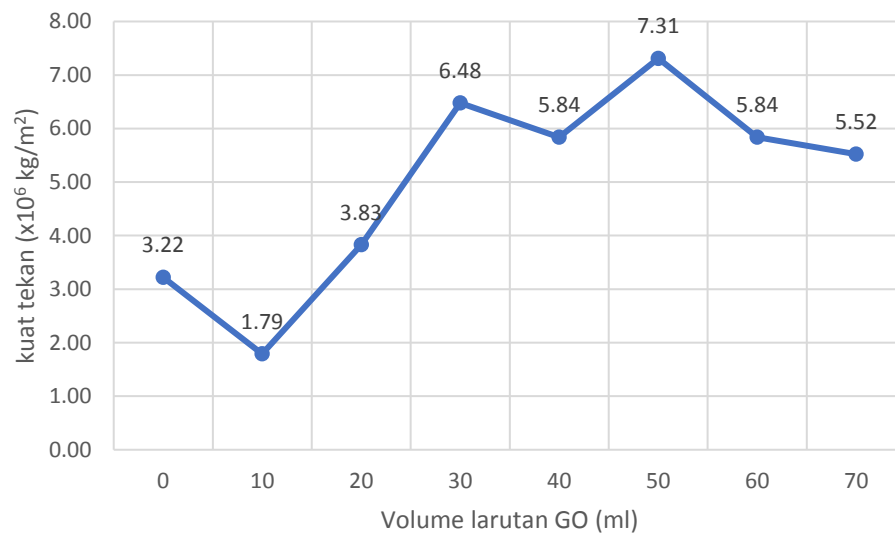
Perubahan nilai porositas antara sebelum dan sesudah penambahan GO ini terjadi karena dalam pembuatan GO dalam penelitian ini ditambahkan surfaktan yaitu deterjen komersil. Pemberian deterjen ini menjadi berperan penting dalam kenaikan nilai porositas karena deterjen ini dapat menghasilkan busa atau *foam* sehingga menambah rongga di dalam bata ringan itu sendiri. Namun perlu diketahui terkait sifat GO yang tipis, elastis dan kuat penambahan GO diharapkan selain untuk meringankan bata ringan atau menaikkan nilai porositas juga untuk memperkuat bata ringan. Sehingga tercapailah tujuan peneliti yang ingin membuat atau merekayasa bata ringan yang ringan namun kuat.

Naik turunnya nilai porositas atau tidak konsistennya pertumbuhan nilai porositas di setiap penambahan volume GO dikarenakan oleh beberapa faktor. Selain faktor alam yang tidak dapat dikontrol berupa insentisas panas saat proses pengeringan bata ringan juga dalam proses pembuatan

bata ringan yang hampir keseluruhannya dilakukan secara manual sehingga sulit untuk menyamakan kualitas bahan setiap pembuatan bata ringan.

2. Hasil Uji Kuat Tekan

Kuat tekan didefinisikan sebagai perbandingan antara beban terhadap luas penampang benda uji. Besarnya kuat tekan pada batu bata ringan menunjukkan kualitas batu bata ringan tersebut. Pengujian dilakukan dengan memberi gaya pada sampel batu bata ringan dengan menggunakan alat UTM. Hasil pengujian kuat tekan batu bata ringan sebagai berikut:



Grafik 4.3 Grafik uji kuat tekan bata ringan GO.

Grafik 4.3 merupakan hasil uji kuat tekan pada batu bata ringan dengan variasi volume larutan GO abu sekam padi. Pada batu bata ringan GO abu sekam padi 0 ml didapat kuat tekan sebesar $3,22 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$.

sedangkan nilai kuat tekan bata ringan GO abu sekam padi pada penambahan volume (dalam ml) 10, 20, 30, 40, 50, 60 dan 70 secara berturut-turut (dalam 10^6 kg/m^2) 1,79; 3,83; 6,48; 5,84; 7,31; 5,84 dan 5,52.

Nilai kuat tekan pada bata ringan GO abu sekam padi 10 ml mengalami penurunan dibandingkan dengan bata ringan GO abu sekam padi 0 ml. Pada bata ringan GO abu sekam padi 20 ml, 30 ml dan 40 ml mengalami kenaikan dan nilai kuat tekan lebih besar dibandingkan dengan bata ringan GO abu sekam padi 0 ml. Bata ringan GO abu sekam padi 50 ml mengalami penurunan, namun nilai kuat tekan masih lebih besar dibandingkan dengan bata ringan GO abu sekam padi 0 ml. Pada bata ringan GO abu sekam padi 60 ml mengalami kenaikan dan nilai kuat tekan lebih besar dibandingkan dengan bata ringan GO abu sekam padi 0 ml. Bata ringan GO abu sekam padi 60 ml dan 70 ml mengalami penurunan, namun nilai kuat tekan masih lebih besar dibandingkan dengan bata ringan GO abu sekam padi 0 ml. Nilai kuat tekan yang paling tinggi yaitu pada bata ringan GO abu sekam padi 50 ml dengan nilai kuat tekan $7,31 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$.

3. Hubungan Antara Massa, Porositas dan Kuat Tekan Bata Ringan

Nilai porositas berpengaruh terhadap kuat tekan suatu bahan. Secara singkat pengertian porositas adalah rongga di dalam suatu benda. Semakin padat suatu benda atau semakin rendah nilai porositasnya maka akan semakin kuat benda tersebut, begitu pula sebaliknya. Selain menggunakan

bahan-bahan yang ringan pemberian rongga dalam suatu beton diharapkan dapat menurunkan massa dari beton tersebut dengan harapan tidak mengurangi kuat tekan dari beton tersebut. Berikut hasil dari penelitian disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 4.1 Hasil Uji Bata Ringan GO

Volume GO (ml)	massa (gram)	kuat tekan ($\times 10^6$ kg/m ²)	porositas (%)
0	167,00	3,22	21,76
10	146,83	1,79	28,08
20	149,26	3,83	35,65
30	153,60	6,48	31,68
40	137,97	5,84	41,68
50	134,64	7,31	38,08
60	131,87	5,84	39,36
70	125,20	5,52	45,44

Dari tabel 4.1 di atas terlihat bahwa untuk setiap penambahan variasi volume GO berpengaruh terhadap kualitas bata ringan. Berdasarkan massa bata ringan massa paling berat yaitu pada variasi 0 ml GO dengan massa 167,00 gram dengan kuat tekan $3,22 \times 10^6$ kg/m² dan porositas sebesar 21,76 %. Pada variasi penambahan GO ini sekaligus didapati nilai porositas yang paling rendah (21,76 %). Sedangkan nilai massa yang paling ringan terjadi pada variasi GO 70 ml dimana nilai massanya 125,20 gram dengan

kuat tekan $5,52 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$ dan porositas 45,44 %, Pada variasi penambahan 70 ml ini sekaligus didapati nilai porositas tertinggi (45,44 %).

Dari kedua variasi penambahan graphene ini (0 ml dan 70 ml) bisa dikatakan sesuai dengan teori porositas, dimana semakin besar porositas maka semakin ringan batuan (massa kecil) yaitu pada variasi 70 ml (massa 125,20 gram dan porositas 45,44 %) dan juga sebaliknya semakin kecil porositasnya maka semakin berat bata ringan (massa besar) yaitu pada variasi 0 ml (massa 167,00 gram dan porositas 21,76 %). Namun teori ini belum dapat menjelaskan besar kecilnya kuat tekan karena nilai kuat tekan terbesar dan terkecil tidak pada variasi ini.

Nilai kuat tekan terbesar terdapat pada variasi penambahan graphene 50 ml dengan kuat tekan sebesar $7,31 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$ (massa 134,64 gram dan porositas 38,08%). Komposisi ini kemudian digunakan untuk penelitian selanjutnya. Sedangkan nilai kuat tekan terendah terdapat pada variasi 10 ml dengan nilai kuat tekan sebesar $1,79 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$ (massa 146,83 gram dan porositas 28,08 %).

Penambahan larutan GO pada penelitian ini sangat berpengaruh terhadap massa, kuat tekan dan porositas. Ditinjau dari massa masing-masing benda uji jika ditarik rata-rata semakin banyak volume GO yang di campurkan dalam adonan pembuatan bata ringan maka akan didapatkan hasil semakin ringan bata ringan tersebut. Ditinjau dari nilai porositas, jika ditarik rata-rata maka semakin banyak volume GO yang di tambahkan

kedalam campuran adonan maka nilai porositasnya juga semakin besar. Hal ini dikarenakan dalam pembuatan larutan GO sendiri menggunakan surfaktan yang terdapat pada deterjen komersil, dimana deterjen tersebut dapat memberikan dampak terciptanya lebih banyak gelembung dalam adonan (porositas meningkat). Ditambah dengan sifat GO yang ringan (lebih ringan dari pada air) maka didapatkan semakin banyak volume GO yang digunakan maka semakin ringan bata ringan tersebut (massa menurun).

Berbeda dengan kuat tekan, kuat tekan terbesar terdapat pada variasi GO 50 ml. Hal ini terkait dengan sifat dari bahan bahan yang digunakan, salah satunya adalah komponen semen yang digunakan. Semen tetap memerlukan air untuk membuat ikatan yang kuat. Dengan variasi pelarut 50 ml GO dan 20 ml air, peneliti menyimpulkan pada variasi pelarut ini semen mendapatkan kinerja optimal. Ikatan yang terbentuk dalam adonan semen menjadi kuat dengan adanya penambahan GO.

Naik turunnya nilai porositas atau tidak konsistennya pertumbuhan nilai porositas di setiap penambahan volume GO dikarenakan karena beberapa faktor. Selain faktor alami yang tidak dapat dikontrol berupa insentisas panas di saat pengeringan bata ringan juga proses pembuatan bata ringan yang hampir keseluruhannya dilakukan secara manual sehingga sulit untuk menyamakan kualitas bahan disetiap kali pembuatan bata ringan.

C. Hasil dan Pembahasan Uji Kuat Tekan Bata Ringan dengan Variasi Lama Waktu Pengeringan

Dalam penelitian ini, peneliti masih menggunakan bahan dan metode yang sama. Perbedaan yang dilakukan oleh peneliti adalah metode dalam pengeringan bata ringan. Pengeringan ini memanfaatkan oven dengan tujuan sebagai alternatif pengeringan secara alami dengan pemanfaatan panas matahari. Suhu oven dibuat konstan dengan suhu 100 °C. Lama pengeringan dalam oven ini bervariasi mulai dari 0 jam, 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam. Bahan dan komposisi dibuat sama dengan penelitian sebelumnya, menggunakan pasir gunung merapi yang sudah terayak halus, semen portland tipe 1, serta air yang bersumber dari air yang terdapat pada kompleks Laboratorium FMIPA UNY. Banyaknya pelarut atau air dalam penelitian ini adalah sebanyak 70 ml, Namun untuk bata ringan yang ditambahkan larutan GO berbeda. Campuran antara larutan GO dan air menggunakan perbandingan 50 ml untuk GO dan 20 ml untuk air. Komposisi ini mengacu pada penelitian sebelumnya dimana pada komposisi ini didapati hasil uji porositas dan kuat tekan yang terbaik.

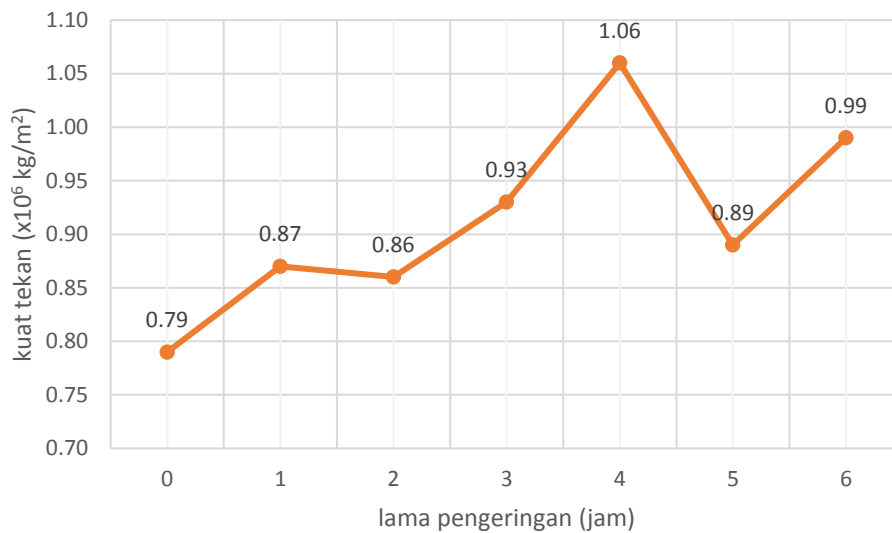
Uji kuat tekan menggunakan alat UTM yang berada di Laboratorium Bahan dan Bangunan FT UNY. Pengujian dilakukan pada hari yang sama dengan hari dimana bata ringan dimasukkan ke dalam oven. Kemudian bata ringan yang sudah tidak dalam perlakuan oven disimpan dan menunggu bata ringan selesai melalui proses pengeringan.

1. Hasil dan Pembahasan Uji Kuat Tekan Bata Ringan dengan Variasi Lama Waktu Pengeringan Tanpa Penambahan GO

Hasil dari penelitian uji kuat tekan bata ringan dengan variasi lama pengeringan dengan memanfaatkan oven tanpa menggunakan GO dapat dilihat dalam tabel dan grafik berikut.

Tabel 4.2 Hasil uji bata ringan terhadap lama pengeringan tanpa penambahan larutan GO

Nama Sampel	Lama Pengeringan (Jam)	Kuat Tekan ($\times 10^6 \text{ kg/m}^2$)
N1	-	0,79
N2	1	0,87
N3	2	0,86
N4	3	0,91
N5	4	1,06
N6	5	0,89
N7	6	0,99



Grafik 4.4 Hasil uji kuat tekan bata ringan terhadap lama waktu pengeringan tanpa penambahan GO.

Dari hasil penelitian diatas, terlihat bahwa lama pengeringan berpengaruh terhadap kuat tekan bata ringan. Bata ringan yang tidak diberi perlakuan pengeringan memiliki nilai kuat tekan paling rendah dibandingkan bata ringan yang diberi perlakuan pengeringan yaitu sebesar $0,79 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$. Pada pengeringan 1 jam mengalami kenaikan hasil kuat tekan yaitu sebesar $0,87 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$. Pada saat pengeringan 2 jam mengalami sedikit penurunan yaitu sebesar $0,86 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$. Pada pengeringan 3 dan 4 jam mengalami kenaikan yang cukup signifikan, pada pengeringan 3 jam nilai kuat tekan sebesar $0,93 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$ sedangkan pada saat pengeringan 4 jam nilai kuat tekan sebesar $1,06 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$. Pada pengeringan 5 jam mengalami penurunan sehingga kuat tekan menjadi $0,89 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$.

Kemudian naik kembali pada variasi pengeringan 6 jam sebesar $0,99 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$.

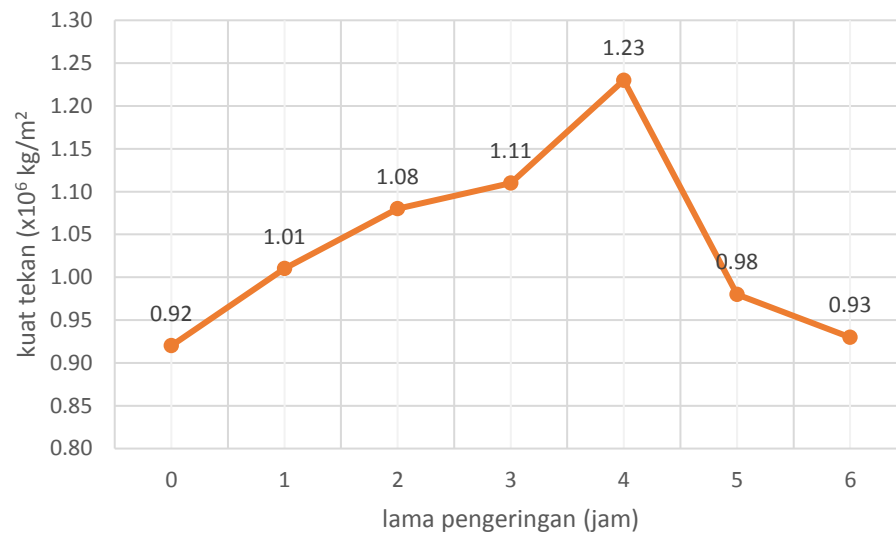
Walaupun pada penelitian ini terjadi naik turun hasil kuat tekan, namun dapat ditarik kesimpulan bahwa efek pengeringan berdampak terhadap nilai kuat tekan suatu bata ringan. Harapan dari penelitian ini adalah semakin lama waktu pengeringan diharapkan nilai kuat tekan akan semakin baik. Namun pada kenyataannya terjadi naik turun pada hasil kuat tekan. Ketidakstabilan hasil ini dikarenakan sulitnya peneliti untuk mensamaratakan kualitas dari masing-masing sampel. Hal ini karena proses pembuatan yang masih berupa manual dan tidak banyak menggunakan mesin, sehingga kualitas dari masing – masing sampel tidak dapat terkontrol dengan baik. Namun walau demikian dapat disimpulkan bahwa bata ringan mencapai hasil optimal (kuat tekan paling tinggi) pada lama pengeringan 4 jam yaitu dengan kuat tekan sebesar $1,06 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$.

2. Hasil dan Pembahasan Kuat Tekan Bata Ringan dengan Variasi Lama Waktu Pengeringan Dengan Penambahan GO

Hasil dari penelitian uji kuat tekan bata ringan dengan variasi lama pengeringan dengan memanfaatkan oven menggunakan GO dapat dilihat dalam tabel 4.3 dan grafik 4.5

Tabel 4.3 Hasil uji bata ringan terhadap lama waktu pengeringan dengan penambahan larutan GO

Nampa sample	Lama Pengeringan (Jam)	Kuat Tekan ($\times 10^6 \text{ kg/m}^2$)
N11	-	0,92
N12	1	1,01
N13	2	1,08
N14	3	1,11
N15	4	1,23
N16	5	0,98
N17	6	0,93



Grafik 4.5 Hasil uji kuat tekan bata ringan terhadap lama waktu pengeringan dengan penambahan GO

Dari tabel 4.3 dan grafik 4.5 diatas terlihat bahwa efek pengeringan berpengaruh terhadap kuat tekan bata ringan. Terlihat sebulum diperlakukan pengeringan, bata ringan yang telah dicampur dengan GO menunjukan hasil kuat tekan sebesar $0,92 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$. Hasil ini adalah hasil uji tekan yang paling rendah dibandingkan sampel lain. Pada perlakuan pengeringan 1 jam sampai 4 jam secara konstan mengalami kenaikan kuat tekan. Pada pengeringan 1 jam kuat tekan sebesar $1,01 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$, pada pengeringan 2 jam kuat tekan bertambah menjadi $1,08 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$, pada pengeringan 3 jam kuat tekan menjadi $1,11 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$, dan pada pengeringan 4 jam menjadi $1,23 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$. Pengeringan 4 jam ini menjadi nilai kuat tekan yang paling besar untuk kasus bata ringan dengan penambahan GO yang diberi perlakuan pengeringan berbasis oven. Namun pada pengeringan 5 jam dan 6 jam mengalami penurunan nilai kuat tekan. Pada pengeringan 5 jam menjadi $0,98 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$ dan pada pengeringan 6 jam menjadi $0,91 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$. Walaupun hasil dari pengeringan 5 jam dan 6 jam menurun, namun hasil ini masih diatas dari hasil uji kuat tekan bata ringan yang belum mendapat perlakuan pengeringan.

Pada penelitian ini diharapkan semakin lama waktu pengeringan makan semakin tinggi pula nilai kuat tekan yang dihasilkan. Namun pada kenyataannya terjadi penurunan. Hal ini disebabkan karena bata ringan sudah tidak dapat lagi menerima panas dari pengeringan, ikatan yang terjadi antara bahan pembuat bata ringan menjadi rusak (campuran antara semen,

pasir, air, dan GO). Walaupun terjadi penurunan namun tetap dapat disimpulkan bahwa pengeringan berdampak terhadap hasil kuat tekan bata ringan, dan kuat tekan paling optimal terjadi pada pengeringan 4 jam dengan kuat tekan sebesar $1,23 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Material GO berhasil disintesa dengan metode LSE yang dikarakterisasi menggunakan uji spektrofotometer UV-Vis. Hasil uji UV-Vis menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi abu sekam padi, maka jumlah GO abu sekam padi yang dihasilkan akan semakin banyak ditinjau dari semakin tingginya nilai absorbansi. Jumlah GO abu sekam padi paling banyak diperoleh pada konsentrasi abu sekam padi 0,025 gr/ml dengan puncak pada panjang gelombang 237 nm dan nilai absorbansi 0,810.
2. Penambahan GO abu sekam padi berperan dalam meningkatkan nilai porositas pada bataringan, terlebih bahan pembuat GO itu sendiri yang menyertakan surfaktan yang terdapat deterjen di dalamnya, sehingga *foam* yang dihasilkan lebih banyak dan lebih bagus. Kuat tekan bata ringan yang sudah ditambahkan dengan GO menjadi lebih baik. Hal ini dikarenakan GO berperan dalam memperkuat struktur bata ringan. Kuat tekan tertinggi diperoleh pada penambahan volume GO 50 ml yaitu sebesar $7,31 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$ dengan porositas 38,08% serta massa 134,64 gram.

3. Waktu pengeringan berpengaruh terhadap kuat tekan bata ringan, namun semakin panas pengeringan justru memberikan dampak yang buruk terhadap kuat tekan bataringan. Lama pengeringan bata ringan GO dalam oven bersuhu 100 °C paling baik adalah selama pengeringan 4 jam, dengan kuat tekan sebesar $1,23 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$.

B. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya, pembuatan GO abu sekam padi untuk penambahan abu sekam padi sekitar 5 gram lebih. Hal ini untuk mengetahui seberapa surfaktan dapat bekerja dengan bagus.
2. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) guna mengetahui atau sebagai karakterisasi ukuran nanopartikel pada sintesis *graphene oxide*.
3. Disarankan pembuatan *foam* dan pengadukan adonan sebaiknya menggunakan alat mesin sehingga mendapatkan *foam* dan adonan yang homogen secara maksimal.
4. Saat pembuatan bata ringan sebaiknya memperhatikan kelembaban pasir, karena kelembaban pasir berpengaruh terhadap kandungan air pada bata ringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Mikrajuddin. (2008). *Pengantar Nanosains*. Bandung: FMIPA ITB.
- Achmad Ainul Fikri. (2016). Pengaruh Variasi Konsentrasi Surfaktan dan Waktu Ultrasonikasi Terhadap Sintesis Material *Graphene* dengan Metode *Liquid Sonification Exfoliation* Menggunakan *Tweeter Ultrasonication Graphite Oxide Generator*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Amaria. (2012). Adsorpsi Ion Sianida Dalam Larutan Menggunakan Adsorben *Hibrida Aminopropil Silika Gel* Dari Sekam Padi Terimpregnasi Aluminium. *Manusia dan Lungkungan*. Vol 19, No 1. Hlm. 56-65.
- American Standard Testing and Material. (2017). ASTM C330 / C330M-17a: *Standard Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete*. Pennsylvania: ASTM International.
- American Standard Testing and Material. (2017). ASTM C332-17: *Standard Specification for Lightweight Aggregates for Insulating Concrete*. Pennsylvania: ASTM International.
- Aminah Nur Aisyah. (2016). Pengaruh Variasi Frekuensi dan Jumlah *Tweeter* Piezoelektrik Sebagai Sumber Gelombang Ultrasonik Terhadap Sintesis Material *Graphene* dengan Metode *Liquid Sonification Exfoliation*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Ardi Aryono. (2017). Pengaruh Variasi Konsentrasi Nanomaterial *Graphene Oxide* Berbahan Dasar Abu Sekam Padi Terhadap Porositas dan Kuat Tekan Batu Bata Ringan Jenis *Cellular Lightweight Concrete*. Yogyakarta: FMIPA UNY
- Badan Standarisasi Nasional, (1989). SK SNI S-04-1989-F: Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, Bahan Bangunan Bukan Logam. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional, (2002). SNI 03-2847-2002: Tata cara perhitungan Struktur Beton untuk bangunan gedung. Jakarta: BSN.

- Budianto. (2015). Pengaruh Penambahan Nanopartikel Perak Pada Setiap Sel Elemen Basah (ACCU) Terhadap Tegangan Keluaran Elemen Basah (ACCU). Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Chen J, Lu G, Ocola L. E. (2009). *Reduced graphene oxide for room-temperature gas sensors*. Nanotechnology, vol. 20, no. 44, p. 445502, 2009.
- Choi, Eun-Young. (2010). *Noncovalent Functionalization of Graphene with End-Functional Polymers*. Daejeon: The Royal Society of Chemistry.
- Dardjo Sumaatmadja. (1985). Sekam Gabah Sebagai Bahan Industri. Makasar: Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Banjar Baru.
- Efelina Vita. (2015). Kajian Pengaruh Konsentrasi Urea Dalam Sifat Optik Nanofiber *Graphene Oxide/PVA (Polyvinyl Alcohol)* yang Difabrikasi Mennggunakan Teknik *Electrospinning*. Yogyakarta: UGM.
- Geim,A.K. dan Novoselov,K.S. (2007). *The rise of graphene*. Nature Materials vol.6. 1-14.
- Houston, D.F. (1972). *Rice Chemistry and Technology*. Minnesota: American Association of Cereal Chemist, Inc.
- Hsu H, Wang C, Chang Y, Hu J, Yao B, and Lin C. (2015). *Journal of Physics and Chemistry of Solids Graphene oxides and carbon nanotubes embedded in poly-acrylonitrile-based carbon nano fibers used as electrodes for supercapacitor*. J. Phys. Chem. Solids, vol. 85, pp. 62-68, 2015.
- Ilhami & Susanti. (2014). Pengaruh Massa Zn Dan Temperatur Hydrothermal Terhadap Struktur Dan Sifat Elektrik Material *Graphene*. Surabaya: ITS.
- Javed, Safina Irham & Hussain, Zakir. (2015). *Covalently Functionalized Graphene Oxide – cahractionization and Its Electrochemical Performance*. Islamabad: National University of Sciences & Technology (NUST)
- Junaidi M. & Susanti D. (2014). Pengaruh Variasi Waktu Ultrasonikasi Dan Waktu Tahan Hydrothermal Terhadap Struktur Dan Konduktivitas Listrik Material *Graphene*. ITS: Jurnal teknik pomits.

- Kavinkumar T, Sastikumar D, and Manivannan S. (2015). *Effect of functional groups on dielectric, optical gas sensing properties of graphene oxide and reduced graphene oxide at room temperature*. *RSC Adv.*, vol. 5, no. 14, pp. 10816-10825, 2015.
- Li, Jianchang. (2014). *Preparation of Graphene Oxide and Its Derivatives and Their Application in Bio-Tribological Systems*. Shanghai: Lubricants
- Low, dkk. (2012). *Review Electrochemical Approaches to The Production of Graphene Flakes and Their Potential Application*. Amsterdam: Elsevier.
- Moradi O, Gupta V.K, Agarwal S, Tyagi I, Asif M, Makhoulf A.S.H, Sadegh H, and Shahryari-ghoshekandi R. (2015). *Characteristics and electrical conductivity of graphene and graphene oxide for adsorption of cationic dyes from liquids: Kinetic and Thermodynamic study*. *J. Ind. Eng. Chem.*, vol. 28, pp. 294-301, 2015.
- Murat, dkk. (2011). *The Synthesis of Graphene Sheets With Controlled Thickness and Order Using Surfactant-Assisted Electrochemical Processes*. Amsterdam: Elsevier.
- Muthhari, dkk. (2013). *Sejarah Penemuan Sifat dan Karakteristik, Metode Sintesis, serta Aplikasi Graphene*. Jatinangor: FMIPA UNPAD.
- Nanoinova Technologies SL. *Reduced Graphene Oxide Characterization Sheet*. diakses dari <http://www.nanoinnova.com/uploads/features/7652871.pdf> pada 15 Februari 2018.
- Ngatijo, Faizar Faried, dan Intan Lestari. (2011). *Pemanfaatan Abu Sekam Padi (ASP) Payo Dari Kerici Sebagai Sumber Silika Dan Aplikasinya Dalam Ekstraksi Fasa Padat Tembaga (II)*. *Jurnal Penelitian Universitas Jambi*. Vol 13, No 2. Hlm. 47-52.
- Octavia, Reza. (2014). *Pengaruh Konsentrasi Larutan Nanopartikel Perak terhadap Tegangan Keluaran Sel Volta Yang Berisi Larutan H₂SO₄*. Yogyakarta: FMIPA UNY.

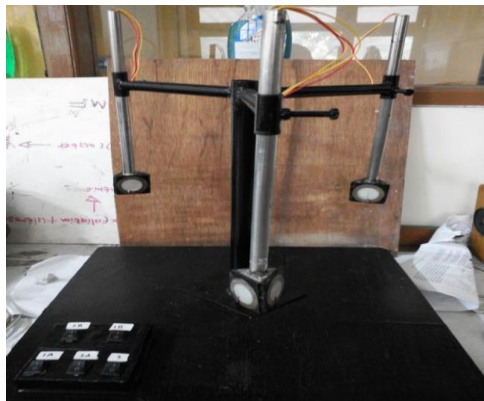
- Poulikakos D, Schwamb T, Burg B.R, and Schirmer N.C. (2009). *An electrical method for the measurement of the thermal and electrical conductivity of reduced graphene oxide nanostructures*. Nanotechnology, vol. 20, no. 40, p. 405704, 2009.
- Ray S. C, Bhunia S. K, Saha A, and Jana N. R. (2015). *Graphene oxide (GO)/reduced-GO and their composite with conducting polymer nanostructure thin films for non-volatile memory device*. Microelectron. Eng., vol. 146, pp. 48-52, 2015.
- Rhyko Irawan Wisnuwijaya. (2017). *Preparasi Dan Sintesis Graphene Oxide Dengan Metode Liquid Sonication Exfoliation Dan Random Collision Marbles Shaking Dengan Bahan Dasar Graphite Limbah Baterai Zinc-Carbon Berdasarkan Uji Spektrofotometer Uv-Vis*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Randviir, Edward, dkk. (2014). *A Decade of Graphene Research: Production, Applications and Outlook*. Manchester M1 5GD: Manchester Metropolitan University.
- Samekto, Wuryati & Candra, Rahmadiyanto. (2001). *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Kanisius.
- Saxena, Sumit. (2011). *Investigation of structural and electronic properties of graphene oxide*. Newark, New Jersey: AIP Publishing LLC
- Sumaatmadja, Dardjo. (1985). *Sekam Gabah Sebagai Bahan Industri*. Makasar : Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Banjar Baru.
- Suparno. (2012). *Dinamika Partikel Koloid*. Yogyakarta: UNY Press.
- Suwarno, Edi. (2009). *Kolokium Rancang Bangun Rangkaian Pemancar (Transmitter) dan Penerima (Receiver) Gelombang Ultrasonik*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Syakir, Norman, dkk. (2015). *Kjian Oksida Grafit untuk Produksi Grafena dalam Jumlah Besar*. Sumedang: Departemen Fisika Universitas Padjadjaran.
- Tjokrodinuljo, K. (1996). *Teknologi Beton*, Nafiri, Jakarta.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. (2007). *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

- Truong & Lee. (2013). *Graphene From Fundamental to Future Application*. South Korea: Chonbuk National University.
- Wang Shuai, dkk. (2014). *The Effect of Surfactants and Their Concentrations On The Liquid-Exfoliation of Graphene*. Cina: Beijing University.
- Widnya Ida Bagus. (2014). Perbandingan Bata Merah, Batako, dan Bata Ringan. Diakses dari <http://modelrumahminimalis21.com/perbandingan-bata-batako-bata-ringan/> pada tanggal 12 Oktober 2017. Jam 22. 25
- Yumin, dkk. (2011). *Synthesis of Graphene Layers Using Graphite Dispersion in Aqueous Surfactant Solutions*. South Korea: Seoul National University.
- Zaaba, dkk. (2017). Synthesis of Graphene Oxide using Modified Hummers Method: Solvent Influence. Amsterdam: Elseveir.
- Zhu, Xu & Liu Qin. (2012). *Reduction of Graphene Oxide Via Ascorbic Acid and Its Application for Simultaneous Detection of Dopamine and Ascorbic Acid*. Guangshou: Departement of Chemistry and Environment.

LAMPIRAN

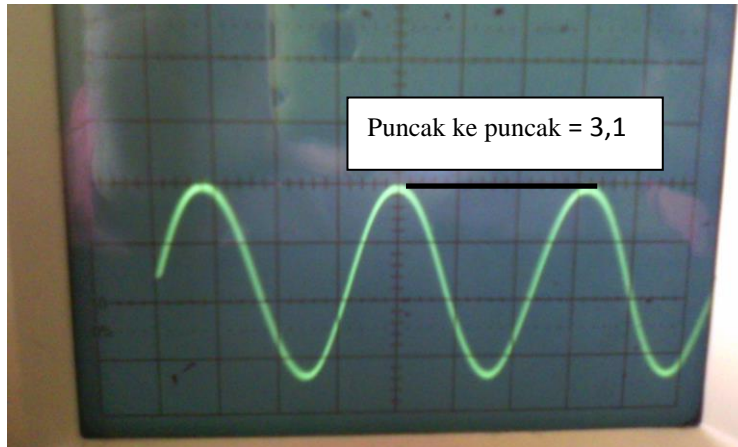
Lampiran 1

1. Seperangkat alat *Tweeter Ultrasound Graphene Oxide Generator* (TUGG)



Lampiran 2

2. Analisis valisasi frekuensi ultrasonik *tweeter* piezoelektrik pada alat TUGG.
Frekuensi ultrasonik 30 kHz



Diketahui.

Puncak ke puncak = 3,1

Time/Div = 10 μ s

Ditanya.

Frekuensi gelombang ?

Jawab.

$$\text{Frekuensi} = \frac{1}{T}$$

$$T = \text{Puncak ke puncak} \times \text{Time/Div}$$

$$= 3,1 \times 10 \mu\text{s}$$

$$= 31 \mu\text{s}$$

$$F = \frac{1}{T}$$

$$= \frac{1}{31 \mu\text{s}}$$

$$= 31.250 \text{ Hz}$$

$$= 31,250 \text{ kHz}$$

Lampiran 3

3. Raw-data UV-Vis yang telah ternormalisasi

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
200.0	0.074	0.280	0.301	0.266	0.475
200.5	0.070	0.280	0.306	0.265	0.465
201.0	0.072	0.284	0.317	0.267	0.453
201.5	0.072	0.290	0.323	0.266	0.459
202.0	0.059	0.295	0.322	0.259	0.457
202.5	0.049	0.307	0.333	0.273	0.452
203.0	0.046	0.323	0.341	0.289	0.454
203.5	0.049	0.348	0.356	0.299	0.467
204.0	0.043	0.369	0.379	0.319	0.477
204.5	0.036	0.393	0.402	0.331	0.474
205.0	0.029	0.418	0.418	0.343	0.473
205.5	0.025	0.440	0.441	0.359	0.491
206.0	0.026	0.466	0.456	0.363	0.495
206.5	0.024	0.491	0.466	0.369	0.493
207.0	0.021	0.511	0.482	0.373	0.499
207.5	0.016	0.524	0.488	0.368	0.503
208.0	0.020	0.533	0.501	0.372	0.507
208.5	0.018	0.542	0.498	0.374	0.510
209.0	0.016	0.546	0.504	0.380	0.516
209.5	0.017	0.544	0.513	0.385	0.513
210.0	0.020	0.542	0.515	0.383	0.510
210.5	0.027	0.540	0.515	0.382	0.504
211.0	0.019	0.527	0.502	0.373	0.496
211.5	0.010	0.521	0.500	0.371	0.497
212.0	0.014	0.515	0.500	0.368	0.497
212.5	0.021	0.504	0.497	0.364	0.488
213.0	0.026	0.494	0.487	0.365	0.491
213.5	0.027	0.478	0.475	0.359	0.493
214.0	0.030	0.468	0.468	0.347	0.484
214.5	0.036	0.457	0.461	0.341	0.482
215.0	0.042	0.442	0.446	0.345	0.476
215.5	0.042	0.416	0.434	0.344	0.475
216.0	0.042	0.405	0.427	0.333	0.475

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
216.5	0.053	0.397	0.421	0.332	0.471
217.0	0.052	0.389	0.407	0.331	0.476
217.5	0.056	0.384	0.404	0.325	0.495
218.0	0.060	0.365	0.401	0.323	0.501
218.5	0.056	0.351	0.387	0.313	0.495
219.0	0.061	0.350	0.382	0.302	0.493
219.5	0.066	0.350	0.377	0.305	0.491
220.0	0.071	0.346	0.386	0.315	0.497
220.5	0.073	0.342	0.387	0.315	0.503
221.0	0.082	0.337	0.388	0.315	0.506
221.5	0.085	0.351	0.379	0.318	0.503
222.0	0.088	0.352	0.382	0.313	0.518
222.5	0.084	0.336	0.378	0.319	0.534
223.0	0.075	0.333	0.381	0.322	0.531
223.5	0.066	0.342	0.391	0.319	0.537
224.0	0.072	0.356	0.400	0.327	0.549
224.5	0.078	0.372	0.423	0.325	0.552
225.0	0.067	0.377	0.415	0.324	0.539
225.5	0.067	0.397	0.422	0.339	0.533
226.0	0.068	0.421	0.466	0.352	0.548
226.5	0.069	0.444	0.483	0.356	0.554
227.0	0.063	0.490	0.484	0.367	0.556
227.5	0.057	0.521	0.526	0.384	0.558
228.0	0.051	0.559	0.544	0.398	0.549
228.5	0.051	0.605	0.559	0.417	0.550
229.0	0.057	0.643	0.594	0.432	0.569
229.5	0.065	0.686	0.619	0.439	0.592
230.0	0.074	0.727	0.647	0.458	0.609
230.5	0.084	0.760	0.668	0.478	0.635
231.0	0.100	0.784	0.675	0.496	0.670
231.5	0.109	0.791	0.678	0.517	0.702
232.0	0.114	0.778	0.678	0.530	0.727
232.5	0.121	0.758	0.671	0.538	0.750
233.0	0.123	0.731	0.658	0.539	0.769
233.5	0.125	0.705	0.643	0.536	0.782
234.0	0.128	0.683	0.635	0.533	0.792
234.5	0.130	0.664	0.629	0.528	0.801
235.0	0.131	0.644	0.622	0.527	0.806
235.5	0.128	0.621	0.609	0.521	0.805

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
236.0	0.128	0.601	0.599	0.515	0.806
236.5	0.130	0.582	0.593	0.511	0.808
237.0	0.132	0.567	0.587	0.506	0.810
237.5	0.133	0.554	0.579	0.501	0.810
238.0	0.132	0.541	0.572	0.495	0.807
238.5	0.131	0.529	0.565	0.491	0.805
239.0	0.130	0.519	0.559	0.486	0.802
239.5	0.130	0.511	0.556	0.483	0.801
240.0	0.130	0.506	0.552	0.480	0.800
240.5	0.132	0.501	0.549	0.479	0.799
241.0	0.133	0.497	0.547	0.477	0.797
241.5	0.133	0.493	0.544	0.473	0.796
242.0	0.132	0.490	0.542	0.471	0.794
242.5	0.133	0.489	0.540	0.468	0.792
243.0	0.132	0.486	0.537	0.465	0.789
243.5	0.133	0.484	0.536	0.464	0.787
244.0	0.132	0.481	0.534	0.461	0.785
244.5	0.132	0.480	0.533	0.460	0.782
245.0	0.131	0.478	0.531	0.458	0.779
245.5	0.131	0.476	0.529	0.456	0.777
246.0	0.131	0.475	0.527	0.454	0.774
246.5	0.130	0.474	0.525	0.452	0.772
247.0	0.130	0.473	0.524	0.451	0.770
247.5	0.129	0.470	0.523	0.449	0.768
248.0	0.128	0.469	0.521	0.448	0.766
248.5	0.129	0.468	0.520	0.447	0.765
249.0	0.128	0.466	0.519	0.445	0.762
249.5	0.127	0.465	0.517	0.443	0.760
250.0	0.126	0.463	0.516	0.441	0.758
250.5	0.126	0.461	0.514	0.439	0.757
251.0	0.125	0.460	0.513	0.438	0.755
251.5	0.124	0.458	0.511	0.436	0.753
252.0	0.123	0.457	0.510	0.434	0.751
252.5	0.123	0.455	0.508	0.433	0.748
253.0	0.122	0.454	0.507	0.431	0.746
253.5	0.120	0.453	0.506	0.429	0.744
254.0	0.119	0.450	0.503	0.427	0.741
254.5	0.118	0.448	0.501	0.425	0.739
255.0	0.117	0.446	0.500	0.424	0.737

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
255.5	0.116	0.443	0.498	0.422	0.735
256.0	0.115	0.441	0.496	0.421	0.733
256.5	0.114	0.439	0.495	0.420	0.731
257.0	0.112	0.436	0.493	0.418	0.728
257.5	0.111	0.435	0.491	0.417	0.726
258.0	0.111	0.433	0.490	0.416	0.723
258.5	0.110	0.432	0.488	0.414	0.721
259.0	0.108	0.431	0.487	0.413	0.717
259.5	0.108	0.431	0.487	0.412	0.715
260.0	0.106	0.430	0.485	0.411	0.712
260.5	0.105	0.427	0.483	0.409	0.708
261.0	0.104	0.425	0.481	0.408	0.705
261.5	0.103	0.423	0.479	0.406	0.703
262.0	0.102	0.419	0.476	0.404	0.701
262.5	0.101	0.416	0.474	0.403	0.699
263.0	0.101	0.413	0.472	0.401	0.698
263.5	0.101	0.411	0.470	0.401	0.697
264.0	0.099	0.408	0.467	0.398	0.695
264.5	0.099	0.406	0.466	0.397	0.692
265.0	0.098	0.405	0.464	0.396	0.690
265.5	0.098	0.403	0.462	0.395	0.689
266.0	0.097	0.401	0.460	0.393	0.686
266.5	0.097	0.399	0.458	0.392	0.684
267.0	0.096	0.397	0.456	0.391	0.682
267.5	0.095	0.394	0.453	0.389	0.679
268.0	0.095	0.391	0.451	0.388	0.678
268.5	0.095	0.389	0.448	0.387	0.677
269.0	0.095	0.386	0.446	0.385	0.675
269.5	0.094	0.383	0.444	0.384	0.673
270.0	0.094	0.380	0.442	0.383	0.672
270.5	0.094	0.378	0.441	0.382	0.671
271.0	0.094	0.376	0.439	0.380	0.669
271.5	0.094	0.374	0.436	0.379	0.667
272.0	0.093	0.371	0.434	0.378	0.665
272.5	0.093	0.368	0.432	0.377	0.663
273.0	0.093	0.365	0.430	0.375	0.661
273.5	0.093	0.362	0.427	0.374	0.659
274.0	0.093	0.360	0.425	0.373	0.658
274.5	0.093	0.358	0.424	0.372	0.658

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
275.0	0.094	0.356	0.423	0.372	0.657
275.5	0.094	0.353	0.420	0.371	0.655
276.0	0.094	0.352	0.419	0.370	0.654
276.5	0.094	0.349	0.417	0.369	0.652
277.0	0.094	0.348	0.415	0.368	0.650
277.5	0.094	0.346	0.413	0.367	0.648
278.0	0.094	0.344	0.411	0.365	0.646
278.5	0.093	0.342	0.410	0.364	0.644
279.0	0.094	0.342	0.409	0.363	0.642
279.5	0.094	0.341	0.408	0.362	0.640
280.0	0.094	0.339	0.406	0.361	0.638
280.5	0.094	0.338	0.405	0.359	0.635
281.0	0.093	0.337	0.404	0.358	0.633
281.5	0.093	0.335	0.403	0.356	0.631
282.0	0.093	0.335	0.401	0.355	0.629
282.5	0.092	0.333	0.399	0.354	0.626
283.0	0.092	0.332	0.398	0.352	0.623
283.5	0.092	0.331	0.397	0.352	0.622
284.0	0.091	0.329	0.395	0.350	0.619
284.5	0.092	0.329	0.394	0.349	0.618
285.0	0.092	0.328	0.394	0.347	0.616
285.5	0.091	0.326	0.392	0.345	0.613
286.0	0.091	0.326	0.391	0.344	0.611
286.5	0.091	0.324	0.389	0.342	0.608
287.0	0.091	0.323	0.389	0.341	0.606
287.5	0.091	0.323	0.388	0.340	0.604
288.0	0.090	0.321	0.386	0.337	0.602
288.5	0.090	0.320	0.385	0.336	0.600
289.0	0.089	0.319	0.383	0.334	0.597
289.5	0.090	0.318	0.382	0.333	0.596
290.0	0.089	0.317	0.381	0.331	0.593
290.5	0.089	0.316	0.380	0.329	0.591
291.0	0.088	0.315	0.378	0.327	0.588
291.5	0.089	0.314	0.377	0.327	0.587
292.0	0.089	0.314	0.377	0.326	0.585
292.5	0.088	0.312	0.375	0.324	0.583
293.0	0.087	0.311	0.373	0.322	0.580
293.5	0.088	0.310	0.372	0.321	0.578
294.0	0.087	0.309	0.371	0.320	0.576

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
294.5	0.087	0.308	0.369	0.319	0.573
295.0	0.087	0.308	0.368	0.318	0.572
295.5	0.086	0.306	0.366	0.316	0.569
296.0	0.085	0.305	0.365	0.314	0.566
296.5	0.085	0.303	0.363	0.313	0.564
297.0	0.084	0.302	0.362	0.311	0.562
297.5	0.085	0.302	0.361	0.311	0.560
298.0	0.084	0.301	0.360	0.310	0.558
298.5	0.084	0.300	0.358	0.308	0.556
299.0	0.083	0.299	0.357	0.307	0.553
299.5	0.083	0.298	0.356	0.305	0.551
300.0	0.082	0.296	0.354	0.304	0.549
300.5	0.083	0.296	0.354	0.304	0.548
301.0	0.083	0.295	0.352	0.302	0.546
301.5	0.082	0.294	0.351	0.301	0.543
302.0	0.082	0.293	0.350	0.300	0.541
302.5	0.080	0.292	0.347	0.298	0.538
303.0	0.080	0.291	0.346	0.297	0.536
303.5	0.080	0.290	0.345	0.295	0.534
304.0	0.080	0.289	0.344	0.294	0.532
304.5	0.079	0.288	0.343	0.293	0.530
305.0	0.079	0.287	0.342	0.292	0.528
305.5	0.079	0.286	0.340	0.290	0.525
306.0	0.079	0.285	0.339	0.289	0.523
306.5	0.079	0.285	0.339	0.288	0.522
307.0	0.078	0.283	0.337	0.287	0.519
307.5	0.078	0.283	0.335	0.286	0.517
308.0	0.078	0.282	0.334	0.285	0.515
308.5	0.078	0.281	0.333	0.284	0.513
309.0	0.076	0.279	0.331	0.282	0.510
309.5	0.077	0.279	0.330	0.281	0.509
310.0	0.076	0.278	0.329	0.280	0.507
310.5	0.076	0.277	0.328	0.279	0.505
311.0	0.076	0.277	0.327	0.278	0.503
311.5	0.075	0.275	0.325	0.276	0.500
312.0	0.075	0.274	0.324	0.275	0.498
312.5	0.076	0.273	0.323	0.274	0.497
313.0	0.074	0.271	0.321	0.272	0.494
313.5	0.074	0.271	0.320	0.271	0.492

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
314.0	0.074	0.270	0.319	0.270	0.491
314.5	0.073	0.268	0.317	0.268	0.488
315.0	0.073	0.268	0.316	0.268	0.486
315.5	0.073	0.267	0.315	0.267	0.484
316.0	0.073	0.267	0.314	0.266	0.482
316.5	0.072	0.265	0.312	0.264	0.480
317.0	0.072	0.264	0.311	0.263	0.478
317.5	0.072	0.264	0.310	0.262	0.477
318.0	0.071	0.262	0.308	0.260	0.474
318.5	0.071	0.261	0.308	0.259	0.473
319.0	0.071	0.260	0.307	0.258	0.471
319.5	0.070	0.259	0.305	0.256	0.468
320.0	0.070	0.258	0.304	0.255	0.467
320.5	0.070	0.258	0.303	0.254	0.465
321.0	0.069	0.256	0.301	0.253	0.463
321.5	0.069	0.255	0.300	0.252	0.461
322.0	0.069	0.255	0.299	0.251	0.459
322.5	0.068	0.253	0.297	0.249	0.457
323.0	0.068	0.252	0.296	0.248	0.455
323.5	0.068	0.251	0.295	0.247	0.453
324.0	0.068	0.251	0.294	0.246	0.452
324.5	0.067	0.249	0.292	0.244	0.449
325.0	0.067	0.248	0.291	0.243	0.448
325.5	0.067	0.248	0.290	0.243	0.446
326.0	0.066	0.246	0.288	0.241	0.443
326.5	0.066	0.245	0.287	0.240	0.442
327.0	0.066	0.244	0.286	0.239	0.440
327.5	0.065	0.243	0.284	0.237	0.438
328.0	0.065	0.242	0.283	0.236	0.436
328.5	0.065	0.241	0.283	0.235	0.435
329.0	0.065	0.241	0.282	0.234	0.433
329.5	0.064	0.239	0.280	0.232	0.430
330.0	0.063	0.237	0.278	0.230	0.428
330.5	0.063	0.237	0.277	0.230	0.427
331.0	0.063	0.236	0.276	0.229	0.425
331.5	0.063	0.235	0.275	0.228	0.423
332.0	0.062	0.233	0.273	0.226	0.421
332.5	0.062	0.233	0.272	0.225	0.419
333.0	0.062	0.232	0.271	0.224	0.418

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
333.5	0.061	0.230	0.269	0.222	0.415
334.0	0.061	0.230	0.268	0.221	0.413
334.5	0.061	0.229	0.268	0.220	0.412
335.0	0.061	0.228	0.267	0.219	0.410
335.5	0.060	0.227	0.265	0.218	0.408
336.0	0.060	0.226	0.264	0.217	0.407
336.5	0.059	0.224	0.262	0.215	0.404
337.0	0.059	0.223	0.262	0.214	0.402
337.5	0.059	0.223	0.261	0.214	0.401
338.0	0.059	0.222	0.260	0.213	0.400
338.5	0.058	0.221	0.258	0.211	0.397
339.0	0.057	0.220	0.257	0.210	0.395
339.5	0.057	0.219	0.256	0.209	0.394
340.0	0.057	0.218	0.255	0.208	0.392
340.5	0.057	0.218	0.255	0.208	0.391
341.0	0.056	0.216	0.253	0.206	0.388
341.5	0.057	0.216	0.252	0.205	0.387
342.0	0.055	0.214	0.250	0.203	0.385
342.5	0.055	0.214	0.250	0.203	0.384
343.0	0.055	0.212	0.248	0.202	0.381
343.5	0.055	0.212	0.248	0.201	0.380
344.0	0.055	0.211	0.246	0.200	0.378
344.5	0.055	0.210	0.245	0.199	0.377
345.0	0.055	0.210	0.245	0.198	0.376
345.5	0.054	0.208	0.243	0.197	0.373
346.0	0.053	0.207	0.242	0.195	0.372
346.5	0.053	0.207	0.242	0.195	0.371
347.0	0.053	0.206	0.241	0.194	0.369
347.5	0.052	0.205	0.239	0.192	0.367
348.0	0.052	0.204	0.238	0.191	0.365
348.5	0.051	0.202	0.237	0.190	0.363
349.0	0.051	0.202	0.236	0.189	0.361
349.5	0.051	0.201	0.235	0.188	0.359
350.0	0.051	0.200	0.234	0.188	0.359
350.5	0.050	0.199	0.233	0.186	0.356
351.0	0.050	0.199	0.232	0.186	0.355
351.5	0.050	0.197	0.231	0.184	0.353
352.0	0.050	0.197	0.231	0.184	0.352
352.5	0.050	0.197	0.230	0.183	0.351

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
353.0	0.050	0.196	0.229	0.182	0.348
353.5	0.049	0.194	0.227	0.180	0.347
354.0	0.048	0.193	0.225	0.179	0.344
354.5	0.049	0.193	0.225	0.179	0.343
355.0	0.048	0.192	0.223	0.178	0.341
355.5	0.048	0.191	0.222	0.176	0.340
356.0	0.048	0.191	0.222	0.176	0.339
356.5	0.048	0.191	0.222	0.175	0.338
357.0	0.049	0.191	0.221	0.175	0.337
357.5	0.048	0.189	0.219	0.173	0.334
358.0	0.047	0.188	0.218	0.172	0.332
358.5	0.048	0.188	0.218	0.172	0.331
359.0	0.047	0.187	0.216	0.170	0.330
359.5	0.048	0.187	0.216	0.170	0.329
360.0	0.047	0.186	0.214	0.169	0.327
360.5	0.046	0.185	0.214	0.169	0.327
361.0	0.046	0.184	0.214	0.168	0.325
361.5	0.045	0.183	0.213	0.167	0.324
362.0	0.046	0.183	0.212	0.167	0.323
362.5	0.046	0.183	0.212	0.167	0.323
363.0	0.045	0.182	0.211	0.166	0.321
363.5	0.045	0.181	0.210	0.165	0.319
364.0	0.044	0.180	0.208	0.163	0.317
364.5	0.045	0.180	0.209	0.163	0.317
365.0	0.045	0.180	0.209	0.163	0.316
365.5	0.044	0.178	0.207	0.162	0.314
366.0	0.043	0.177	0.206	0.161	0.313
366.5	0.044	0.177	0.206	0.161	0.312
367.0	0.044	0.176	0.205	0.159	0.310
367.5	0.043	0.176	0.204	0.158	0.309
368.0	0.043	0.174	0.203	0.157	0.307
368.5	0.043	0.175	0.203	0.157	0.306
369.0	0.042	0.174	0.202	0.156	0.304
369.5	0.042	0.173	0.201	0.155	0.303
370.0	0.041	0.172	0.199	0.154	0.302
370.5	0.041	0.172	0.198	0.153	0.300
371.0	0.042	0.172	0.198	0.152	0.299
371.5	0.042	0.171	0.197	0.151	0.298
372.0	0.042	0.171	0.197	0.151	0.297

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
372.5	0.042	0.171	0.195	0.150	0.296
373.0	0.042	0.170	0.194	0.149	0.294
373.5	0.041	0.169	0.193	0.148	0.293
374.0	0.041	0.168	0.192	0.147	0.291
374.5	0.042	0.169	0.192	0.147	0.291
375.0	0.041	0.168	0.191	0.147	0.289
375.5	0.040	0.166	0.190	0.146	0.287
376.0	0.040	0.166	0.189	0.144	0.286
376.5	0.040	0.165	0.188	0.143	0.284
377.0	0.040	0.165	0.188	0.143	0.284
377.5	0.040	0.164	0.187	0.143	0.282
378.0	0.039	0.163	0.186	0.142	0.281
378.5	0.039	0.162	0.185	0.141	0.279
379.0	0.039	0.162	0.184	0.140	0.278
379.5	0.039	0.162	0.184	0.140	0.278
380.0	0.038	0.161	0.183	0.139	0.277
380.5	0.038	0.161	0.182	0.138	0.275
381.0	0.038	0.160	0.181	0.137	0.274
381.5	0.038	0.160	0.181	0.137	0.273
382.0	0.038	0.159	0.180	0.137	0.272
382.5	0.037	0.158	0.179	0.136	0.271
383.0	0.037	0.158	0.178	0.135	0.270
383.5	0.038	0.158	0.178	0.135	0.270
384.0	0.037	0.157	0.178	0.134	0.268
384.5	0.037	0.156	0.177	0.134	0.267
385.0	0.037	0.156	0.176	0.133	0.265
385.5	0.036	0.155	0.175	0.132	0.264
386.0	0.036	0.154	0.174	0.131	0.263
386.5	0.037	0.154	0.174	0.131	0.263
387.0	0.036	0.153	0.173	0.130	0.262
387.5	0.037	0.153	0.174	0.131	0.261
388.0	0.037	0.152	0.173	0.130	0.260
388.5	0.036	0.152	0.172	0.129	0.259
389.0	0.035	0.151	0.171	0.128	0.258
389.5	0.035	0.151	0.171	0.127	0.257
390.0	0.036	0.151	0.171	0.128	0.257
390.5	0.035	0.150	0.170	0.127	0.255
391.0	0.035	0.150	0.169	0.126	0.254
391.5	0.035	0.149	0.168	0.125	0.253

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
392.0	0.034	0.148	0.168	0.124	0.251
392.5	0.035	0.148	0.168	0.125	0.251
393.0	0.035	0.148	0.167	0.124	0.250
393.5	0.035	0.147	0.167	0.123	0.249
394.0	0.035	0.148	0.167	0.124	0.249
394.5	0.035	0.147	0.166	0.123	0.247
395.0	0.035	0.146	0.165	0.122	0.246
395.5	0.034	0.145	0.164	0.121	0.245
396.0	0.034	0.144	0.163	0.120	0.244
396.5	0.034	0.144	0.163	0.119	0.243
397.0	0.034	0.144	0.163	0.120	0.243
397.5	0.034	0.144	0.163	0.119	0.242
398.0	0.034	0.144	0.162	0.118	0.241
398.5	0.033	0.143	0.161	0.118	0.240
399.0	0.033	0.142	0.160	0.117	0.238
399.5	0.033	0.142	0.160	0.116	0.237
400.0	0.033	0.142	0.160	0.116	0.237
400.5	0.033	0.142	0.159	0.116	0.236
401.0	0.033	0.141	0.159	0.115	0.235
401.5	0.032	0.141	0.158	0.115	0.234
402.0	0.032	0.140	0.157	0.114	0.233
402.5	0.032	0.139	0.156	0.114	0.232
403.0	0.031	0.139	0.156	0.113	0.231
403.5	0.031	0.138	0.155	0.112	0.230
404.0	0.032	0.138	0.155	0.112	0.230
404.5	0.031	0.138	0.155	0.112	0.229
405.0	0.030	0.136	0.153	0.110	0.227
405.5	0.031	0.137	0.153	0.111	0.227
406.0	0.030	0.136	0.152	0.110	0.226
406.5	0.030	0.135	0.152	0.109	0.225
407.0	0.030	0.135	0.151	0.108	0.224
407.5	0.030	0.134	0.150	0.108	0.223
408.0	0.029	0.134	0.150	0.107	0.222
408.5	0.029	0.134	0.149	0.107	0.221
409.0	0.029	0.133	0.148	0.106	0.220
409.5	0.028	0.132	0.148	0.106	0.219
410.0	0.029	0.133	0.148	0.106	0.219
410.5	0.028	0.132	0.147	0.105	0.218
411.0	0.028	0.131	0.147	0.104	0.217

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
411.5	0.028	0.131	0.146	0.104	0.216
412.0	0.029	0.131	0.146	0.104	0.216
412.5	0.028	0.130	0.146	0.104	0.215
413.0	0.028	0.130	0.145	0.103	0.214
413.5	0.028	0.129	0.144	0.103	0.214
414.0	0.028	0.129	0.144	0.102	0.213
414.5	0.027	0.128	0.143	0.102	0.212
415.0	0.028	0.129	0.143	0.102	0.212
415.5	0.028	0.128	0.142	0.101	0.211
416.0	0.029	0.128	0.142	0.102	0.211
416.5	0.029	0.127	0.142	0.101	0.209
417.0	0.030	0.128	0.142	0.102	0.209
417.5	0.029	0.127	0.141	0.101	0.208
418.0	0.029	0.127	0.141	0.100	0.207
418.5	0.029	0.126	0.140	0.100	0.207
419.0	0.028	0.126	0.140	0.099	0.206
419.5	0.028	0.125	0.139	0.099	0.205
420.0	0.028	0.124	0.138	0.098	0.204
420.5	0.028	0.124	0.138	0.097	0.204
421.0	0.028	0.125	0.138	0.097	0.204
421.5	0.028	0.124	0.138	0.097	0.203
422.0	0.027	0.124	0.137	0.096	0.202
422.5	0.028	0.124	0.137	0.097	0.203
423.0	0.028	0.124	0.136	0.096	0.202
423.5	0.028	0.123	0.136	0.095	0.201
424.0	0.028	0.123	0.135	0.095	0.200
424.5	0.027	0.122	0.135	0.094	0.199
425.0	0.027	0.122	0.134	0.094	0.198
425.5	0.026	0.121	0.133	0.093	0.197
426.0	0.026	0.121	0.133	0.093	0.196
426.5	0.026	0.120	0.132	0.092	0.195
427.0	0.025	0.120	0.132	0.092	0.194
427.5	0.025	0.119	0.131	0.091	0.193
428.0	0.025	0.119	0.130	0.091	0.192
428.5	0.025	0.119	0.131	0.091	0.192
429.0	0.025	0.118	0.130	0.091	0.191
429.5	0.025	0.118	0.129	0.090	0.191
430.0	0.025	0.118	0.130	0.091	0.191
430.5	0.025	0.117	0.129	0.090	0.190

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
431.0	0.025	0.117	0.128	0.090	0.189
431.5	0.024	0.116	0.128	0.089	0.189
432.0	0.024	0.116	0.127	0.089	0.188
432.5	0.024	0.116	0.127	0.089	0.187
433.0	0.024	0.115	0.126	0.088	0.186
433.5	0.023	0.114	0.125	0.088	0.185
434.0	0.023	0.114	0.124	0.087	0.184
434.5	0.024	0.114	0.125	0.087	0.185
435.0	0.024	0.113	0.124	0.087	0.184
435.5	0.023	0.113	0.123	0.086	0.183
436.0	0.023	0.112	0.123	0.086	0.182
436.5	0.024	0.112	0.123	0.086	0.182
437.0	0.024	0.112	0.122	0.086	0.182
437.5	0.023	0.111	0.122	0.085	0.181
438.0	0.023	0.111	0.121	0.084	0.180
438.5	0.024	0.111	0.122	0.085	0.180
439.0	0.023	0.110	0.121	0.084	0.179
439.5	0.023	0.110	0.121	0.084	0.179
440.0	0.023	0.109	0.120	0.083	0.178
440.5	0.023	0.109	0.119	0.082	0.177
441.0	0.023	0.109	0.120	0.083	0.178
441.5	0.023	0.109	0.119	0.082	0.177
442.0	0.023	0.108	0.119	0.082	0.176
442.5	0.023	0.108	0.119	0.082	0.176
443.0	0.023	0.108	0.118	0.082	0.175
443.5	0.023	0.107	0.117	0.081	0.175
444.0	0.022	0.107	0.117	0.080	0.174
444.5	0.023	0.107	0.117	0.081	0.174
445.0	0.023	0.107	0.117	0.080	0.173
445.5	0.023	0.106	0.116	0.080	0.172
446.0	0.022	0.105	0.115	0.079	0.172
446.5	0.023	0.106	0.116	0.079	0.172
447.0	0.023	0.105	0.115	0.079	0.171
447.5	0.022	0.105	0.115	0.078	0.170
448.0	0.023	0.105	0.115	0.079	0.170
448.5	0.023	0.104	0.115	0.078	0.170
449.0	0.022	0.104	0.114	0.078	0.169
449.5	0.022	0.103	0.113	0.077	0.168
450.0	0.022	0.103	0.112	0.077	0.167

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
450.5	0.022	0.103	0.113	0.077	0.168
451.0	0.022	0.102	0.112	0.077	0.167
451.5	0.022	0.102	0.112	0.076	0.166
452.0	0.021	0.102	0.112	0.076	0.165
452.5	0.021	0.101	0.111	0.076	0.165
453.0	0.021	0.101	0.110	0.075	0.164
453.5	0.022	0.101	0.111	0.076	0.164
454.0	0.021	0.101	0.110	0.075	0.163
454.5	0.021	0.100	0.110	0.075	0.163
455.0	0.021	0.100	0.109	0.074	0.162
455.5	0.021	0.099	0.109	0.074	0.161
456.0	0.021	0.100	0.109	0.074	0.162
456.5	0.021	0.099	0.109	0.074	0.161
457.0	0.021	0.099	0.108	0.074	0.160
457.5	0.021	0.098	0.108	0.073	0.160
458.0	0.020	0.098	0.107	0.073	0.159
458.5	0.020	0.098	0.107	0.072	0.159
459.0	0.020	0.097	0.106	0.072	0.158
459.5	0.021	0.098	0.107	0.073	0.158
460.0	0.020	0.097	0.106	0.072	0.158
460.5	0.020	0.097	0.106	0.072	0.157
461.0	0.020	0.096	0.105	0.071	0.156
461.5	0.020	0.096	0.105	0.071	0.156
462.0	0.020	0.096	0.105	0.070	0.155
462.5	0.019	0.095	0.104	0.070	0.155
463.0	0.019	0.095	0.104	0.070	0.154
463.5	0.020	0.095	0.104	0.071	0.154
464.0	0.020	0.095	0.104	0.070	0.154
464.5	0.020	0.095	0.103	0.070	0.153
465.0	0.020	0.094	0.103	0.069	0.153
465.5	0.019	0.094	0.102	0.069	0.152
466.0	0.019	0.093	0.102	0.068	0.151
466.5	0.019	0.093	0.101	0.068	0.151
467.0	0.019	0.093	0.101	0.068	0.150
467.5	0.019	0.092	0.101	0.068	0.150
468.0	0.019	0.092	0.100	0.067	0.149
468.5	0.019	0.093	0.101	0.068	0.150
469.0	0.019	0.092	0.100	0.067	0.149
469.5	0.019	0.092	0.100	0.067	0.148

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
470.0	0.019	0.092	0.099	0.067	0.148
470.5	0.019	0.091	0.099	0.066	0.147
471.0	0.019	0.091	0.099	0.066	0.147
471.5	0.018	0.091	0.098	0.066	0.146
472.0	0.018	0.090	0.098	0.065	0.146
472.5	0.018	0.090	0.098	0.065	0.145
473.0	0.019	0.091	0.098	0.066	0.146
473.5	0.019	0.090	0.097	0.065	0.145
474.0	0.019	0.090	0.097	0.065	0.145
474.5	0.019	0.089	0.097	0.065	0.144
475.0	0.018	0.089	0.097	0.064	0.143
475.5	0.018	0.089	0.096	0.064	0.143
476.0	0.017	0.088	0.096	0.064	0.142
476.5	0.018	0.089	0.096	0.064	0.143
477.0	0.018	0.088	0.096	0.064	0.142
477.5	0.018	0.088	0.096	0.063	0.142
478.0	0.018	0.088	0.095	0.063	0.141
478.5	0.018	0.088	0.095	0.063	0.141
479.0	0.018	0.087	0.094	0.063	0.140
479.5	0.017	0.087	0.094	0.062	0.139
480.0	0.017	0.086	0.094	0.062	0.139
480.5	0.018	0.087	0.094	0.063	0.139
481.0	0.018	0.087	0.094	0.062	0.139
481.5	0.018	0.087	0.094	0.062	0.139
482.0	0.018	0.086	0.093	0.062	0.138
482.5	0.018	0.086	0.093	0.062	0.138
483.0	0.017	0.085	0.092	0.061	0.137
483.5	0.017	0.085	0.092	0.061	0.136
484.0	0.017	0.085	0.091	0.060	0.136
484.5	0.017	0.085	0.091	0.060	0.135
485.0	0.017	0.084	0.091	0.060	0.135
485.5	0.017	0.084	0.091	0.060	0.134
486.0	0.016	0.084	0.090	0.059	0.134
486.5	0.016	0.083	0.090	0.059	0.133
487.0	0.016	0.083	0.090	0.059	0.133
487.5	0.017	0.084	0.090	0.059	0.133
488.0	0.017	0.083	0.090	0.059	0.133
488.5	0.017	0.083	0.089	0.059	0.132
489.0	0.017	0.083	0.089	0.059	0.132

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
489.5	0.016	0.082	0.089	0.058	0.132
490.0	0.016	0.082	0.088	0.058	0.131
490.5	0.016	0.082	0.088	0.058	0.130
491.0	0.016	0.081	0.088	0.057	0.130
491.5	0.016	0.081	0.087	0.057	0.129
492.0	0.016	0.081	0.087	0.057	0.129
492.5	0.016	0.081	0.087	0.057	0.129
493.0	0.015	0.080	0.087	0.056	0.128
493.5	0.016	0.081	0.087	0.057	0.129
494.0	0.016	0.081	0.087	0.057	0.128
494.5	0.016	0.080	0.086	0.056	0.128
495.0	0.016	0.080	0.086	0.056	0.127
495.5	0.016	0.080	0.086	0.056	0.127
496.0	0.015	0.079	0.085	0.055	0.126
496.5	0.015	0.079	0.085	0.055	0.126
497.0	0.015	0.079	0.084	0.055	0.125
497.5	0.015	0.079	0.084	0.055	0.125
498.0	0.016	0.079	0.085	0.055	0.126
498.5	0.016	0.079	0.085	0.055	0.125
499.0	0.016	0.079	0.084	0.055	0.124
499.5	0.016	0.078	0.084	0.055	0.124
500.0	0.015	0.078	0.084	0.054	0.124
500.5	0.015	0.078	0.083	0.054	0.123
501.0	0.015	0.077	0.083	0.054	0.123
501.5	0.015	0.077	0.083	0.053	0.122
502.0	0.015	0.077	0.082	0.053	0.122
502.5	0.015	0.077	0.083	0.054	0.122
503.0	0.015	0.077	0.082	0.054	0.122
503.5	0.014	0.076	0.081	0.052	0.120
504.0	0.014	0.076	0.081	0.052	0.120
504.5	0.015	0.076	0.082	0.053	0.120
505.0	0.015	0.076	0.081	0.053	0.120
505.5	0.015	0.076	0.081	0.052	0.119
506.0	0.015	0.076	0.081	0.052	0.119
506.5	0.015	0.075	0.080	0.052	0.119
507.0	0.015	0.075	0.080	0.051	0.118
507.5	0.014	0.075	0.079	0.051	0.118
508.0	0.014	0.074	0.079	0.051	0.117
508.5	0.014	0.074	0.079	0.051	0.117

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
509.0	0.014	0.074	0.079	0.050	0.116
509.5	0.015	0.074	0.079	0.051	0.117
510.0	0.015	0.074	0.079	0.051	0.117
510.5	0.015	0.074	0.079	0.051	0.116
511.0	0.015	0.074	0.079	0.051	0.116
511.5	0.014	0.073	0.078	0.051	0.115
512.0	0.014	0.073	0.078	0.050	0.115
512.5	0.014	0.073	0.078	0.050	0.115
513.0	0.014	0.073	0.077	0.050	0.114
513.5	0.014	0.072	0.077	0.050	0.114
514.0	0.014	0.072	0.077	0.049	0.114
514.5	0.014	0.072	0.077	0.049	0.113
515.0	0.013	0.072	0.076	0.049	0.113
515.5	0.013	0.071	0.076	0.048	0.112
516.0	0.013	0.071	0.076	0.048	0.112
516.5	0.013	0.071	0.075	0.048	0.112
517.0	0.014	0.071	0.076	0.049	0.112
517.5	0.014	0.071	0.076	0.048	0.112
518.0	0.014	0.071	0.076	0.048	0.111
518.5	0.014	0.071	0.075	0.048	0.111
519.0	0.013	0.070	0.075	0.048	0.110
519.5	0.013	0.070	0.074	0.047	0.110
520.0	0.013	0.070	0.074	0.047	0.110
520.5	0.013	0.070	0.074	0.047	0.109
521.0	0.013	0.070	0.074	0.047	0.109
521.5	0.013	0.069	0.074	0.047	0.109
522.0	0.013	0.069	0.073	0.046	0.108
522.5	0.013	0.069	0.073	0.046	0.108
523.0	0.012	0.068	0.073	0.046	0.107
523.5	0.012	0.068	0.073	0.045	0.107
524.0	0.012	0.068	0.072	0.045	0.107
524.5	0.012	0.068	0.072	0.045	0.106
525.0	0.012	0.067	0.072	0.045	0.106
525.5	0.012	0.067	0.071	0.045	0.106
526.0	0.013	0.068	0.072	0.045	0.106
526.5	0.013	0.068	0.072	0.045	0.106
527.0	0.013	0.067	0.072	0.045	0.106
527.5	0.013	0.067	0.071	0.045	0.105
528.0	0.013	0.067	0.071	0.044	0.105

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
528.5	0.012	0.067	0.071	0.044	0.105
529.0	0.012	0.067	0.071	0.044	0.104
529.5	0.012	0.067	0.071	0.044	0.104
530.0	0.012	0.066	0.070	0.044	0.104
530.5	0.012	0.066	0.070	0.043	0.103
531.0	0.012	0.066	0.069	0.043	0.103
531.5	0.012	0.066	0.069	0.043	0.102
532.0	0.012	0.065	0.069	0.043	0.102
532.5	0.012	0.065	0.069	0.043	0.102
533.0	0.012	0.065	0.069	0.042	0.102
533.5	0.011	0.065	0.068	0.042	0.101
534.0	0.011	0.065	0.068	0.042	0.101
534.5	0.012	0.065	0.069	0.043	0.101
535.0	0.012	0.065	0.068	0.042	0.101
535.5	0.012	0.065	0.068	0.042	0.101
536.0	0.011	0.064	0.068	0.042	0.101
536.5	0.011	0.064	0.067	0.042	0.100
537.0	0.011	0.064	0.067	0.041	0.100
537.5	0.011	0.064	0.067	0.041	0.099
538.0	0.011	0.063	0.067	0.041	0.099
538.5	0.011	0.063	0.066	0.041	0.099
539.0	0.011	0.063	0.066	0.041	0.098
539.5	0.011	0.063	0.066	0.041	0.098
540.0	0.011	0.062	0.066	0.041	0.098
540.5	0.011	0.063	0.067	0.041	0.098
541.0	0.011	0.063	0.066	0.041	0.098
541.5	0.011	0.063	0.066	0.041	0.097
542.0	0.011	0.063	0.066	0.041	0.097
542.5	0.011	0.062	0.066	0.041	0.097
543.0	0.011	0.062	0.066	0.040	0.096
543.5	0.011	0.062	0.065	0.040	0.096
544.0	0.011	0.062	0.065	0.040	0.096
544.5	0.011	0.062	0.065	0.040	0.095
545.0	0.011	0.061	0.065	0.040	0.095
545.5	0.011	0.061	0.064	0.040	0.095
546.0	0.011	0.061	0.064	0.040	0.095
546.5	0.011	0.061	0.064	0.039	0.094
547.0	0.011	0.061	0.064	0.039	0.094
547.5	0.011	0.061	0.064	0.040	0.094

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
548.0	0.011	0.061	0.064	0.039	0.094
548.5	0.011	0.061	0.064	0.039	0.094
549.0	0.011	0.061	0.064	0.039	0.094
549.5	0.011	0.060	0.063	0.039	0.093
550.0	0.011	0.060	0.063	0.039	0.093
550.5	0.011	0.060	0.063	0.038	0.092
551.0	0.011	0.060	0.063	0.038	0.092
551.5	0.010	0.060	0.062	0.038	0.092
552.0	0.010	0.059	0.062	0.038	0.092
552.5	0.010	0.059	0.062	0.038	0.091
553.0	0.010	0.059	0.062	0.038	0.091
553.5	0.010	0.059	0.062	0.037	0.091
554.0	0.010	0.059	0.061	0.037	0.090
554.5	0.010	0.059	0.061	0.037	0.090
555.0	0.010	0.058	0.061	0.037	0.090
555.5	0.010	0.058	0.061	0.037	0.089
556.0	0.010	0.058	0.061	0.036	0.089
556.5	0.011	0.059	0.061	0.037	0.090
557.0	0.010	0.058	0.061	0.037	0.089
557.5	0.010	0.058	0.061	0.037	0.089
558.0	0.010	0.058	0.061	0.037	0.089
558.5	0.010	0.058	0.061	0.037	0.089
559.0	0.010	0.058	0.060	0.036	0.088
559.5	0.010	0.057	0.060	0.036	0.088
560.0	0.010	0.057	0.060	0.036	0.088
560.5	0.010	0.057	0.060	0.036	0.087
561.0	0.010	0.057	0.059	0.036	0.087
561.5	0.010	0.057	0.059	0.036	0.087
562.0	0.010	0.057	0.059	0.036	0.087
562.5	0.010	0.056	0.059	0.035	0.086
563.0	0.010	0.056	0.059	0.035	0.086
563.5	0.010	0.056	0.059	0.035	0.086
564.0	0.009	0.056	0.058	0.035	0.086
564.5	0.009	0.056	0.058	0.034	0.085
565.0	0.009	0.055	0.058	0.034	0.085
565.5	0.009	0.055	0.057	0.034	0.084
566.0	0.009	0.055	0.057	0.034	0.084
566.5	0.009	0.055	0.057	0.034	0.084
567.0	0.010	0.056	0.058	0.035	0.085

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
567.5	0.010	0.056	0.058	0.035	0.084
568.0	0.010	0.055	0.057	0.034	0.084
568.5	0.010	0.055	0.057	0.034	0.084
569.0	0.010	0.055	0.057	0.034	0.083
569.5	0.009	0.055	0.057	0.034	0.083
570.0	0.009	0.055	0.057	0.034	0.083
570.5	0.009	0.054	0.056	0.034	0.083
571.0	0.009	0.054	0.056	0.034	0.082
571.5	0.009	0.054	0.056	0.033	0.082
572.0	0.009	0.054	0.056	0.033	0.082
572.5	0.009	0.054	0.056	0.033	0.082
573.0	0.009	0.054	0.056	0.033	0.081
573.5	0.009	0.054	0.055	0.033	0.081
574.0	0.009	0.053	0.055	0.033	0.081
574.5	0.009	0.053	0.055	0.033	0.081
575.0	0.009	0.053	0.055	0.032	0.080
575.5	0.010	0.054	0.055	0.033	0.081
576.0	0.009	0.053	0.055	0.033	0.081
576.5	0.009	0.053	0.055	0.033	0.080
577.0	0.009	0.053	0.055	0.033	0.080
577.5	0.009	0.053	0.055	0.033	0.080
578.0	0.009	0.053	0.055	0.033	0.080
578.5	0.009	0.053	0.055	0.032	0.080
579.0	0.009	0.053	0.054	0.032	0.079
579.5	0.009	0.052	0.054	0.032	0.079
580.0	0.009	0.052	0.054	0.032	0.079
580.5	0.009	0.052	0.054	0.032	0.078
581.0	0.009	0.052	0.053	0.032	0.078
581.5	0.009	0.052	0.053	0.031	0.078
582.0	0.009	0.052	0.053	0.031	0.078
582.5	0.009	0.052	0.053	0.031	0.078
583.0	0.009	0.051	0.053	0.031	0.077
583.5	0.008	0.051	0.052	0.031	0.077
584.0	0.008	0.051	0.052	0.030	0.076
584.5	0.008	0.051	0.052	0.030	0.076
585.0	0.008	0.051	0.052	0.030	0.076
585.5	0.008	0.050	0.052	0.030	0.076
586.0	0.008	0.050	0.052	0.030	0.076
586.5	0.008	0.050	0.051	0.030	0.075

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
587.0	0.009	0.051	0.052	0.031	0.076
587.5	0.009	0.051	0.052	0.031	0.076
588.0	0.009	0.051	0.052	0.030	0.075
588.5	0.009	0.050	0.052	0.030	0.075
589.0	0.008	0.050	0.052	0.030	0.075
589.5	0.008	0.050	0.051	0.030	0.075
590.0	0.008	0.050	0.051	0.030	0.075
590.5	0.008	0.050	0.051	0.030	0.074
591.0	0.008	0.050	0.051	0.030	0.074
591.5	0.008	0.050	0.051	0.029	0.074
592.0	0.008	0.049	0.051	0.029	0.074
592.5	0.008	0.049	0.050	0.029	0.073
593.0	0.008	0.049	0.050	0.029	0.073
593.5	0.008	0.049	0.050	0.029	0.073
594.0	0.008	0.049	0.050	0.029	0.073
594.5	0.008	0.049	0.050	0.029	0.073
595.0	0.008	0.049	0.050	0.029	0.072
595.5	0.008	0.048	0.049	0.028	0.072
596.0	0.008	0.048	0.049	0.028	0.072
596.5	0.007	0.048	0.049	0.028	0.072
597.0	0.007	0.048	0.049	0.028	0.072
597.5	0.008	0.049	0.050	0.029	0.072
598.0	0.008	0.049	0.049	0.029	0.072
598.5	0.008	0.049	0.049	0.028	0.072
599.0	0.008	0.048	0.049	0.028	0.071
599.5	0.008	0.048	0.049	0.028	0.071
600.0	0.008	0.048	0.049	0.028	0.071
600.5	0.008	0.048	0.049	0.028	0.071
601.0	0.008	0.048	0.049	0.028	0.071
601.5	0.008	0.048	0.048	0.028	0.070
602.0	0.008	0.048	0.048	0.028	0.070
602.5	0.008	0.048	0.048	0.028	0.070
603.0	0.008	0.047	0.048	0.028	0.070
603.5	0.008	0.047	0.048	0.028	0.070
604.0	0.008	0.047	0.048	0.028	0.069
604.5	0.008	0.047	0.048	0.027	0.069
605.0	0.007	0.047	0.047	0.027	0.069
605.5	0.007	0.046	0.047	0.027	0.068
606.0	0.007	0.046	0.047	0.027	0.068

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
606.5	0.007	0.046	0.047	0.027	0.068
607.0	0.008	0.047	0.048	0.028	0.069
607.5	0.008	0.047	0.048	0.027	0.069
608.0	0.007	0.046	0.046	0.026	0.067
608.5	0.007	0.045	0.046	0.026	0.067
609.0	0.007	0.045	0.046	0.026	0.067
609.5	0.008	0.046	0.047	0.027	0.068
610.0	0.008	0.046	0.047	0.027	0.068
610.5	0.008	0.046	0.047	0.027	0.068
611.0	0.008	0.046	0.046	0.027	0.067
611.5	0.008	0.046	0.046	0.027	0.067
612.0	0.007	0.046	0.046	0.026	0.067
612.5	0.007	0.045	0.046	0.026	0.067
613.0	0.007	0.045	0.046	0.026	0.066
613.5	0.007	0.045	0.046	0.026	0.066
614.0	0.007	0.045	0.046	0.026	0.066
614.5	0.007	0.045	0.045	0.026	0.066
615.0	0.007	0.045	0.045	0.026	0.066
615.5	0.007	0.045	0.045	0.026	0.065
616.0	0.007	0.045	0.045	0.025	0.065
616.5	0.007	0.044	0.045	0.025	0.065
617.0	0.007	0.044	0.045	0.025	0.065
617.5	0.007	0.044	0.045	0.025	0.064
618.0	0.007	0.044	0.044	0.025	0.064
618.5	0.007	0.044	0.044	0.025	0.064
619.0	0.007	0.044	0.044	0.025	0.064
619.5	0.006	0.044	0.044	0.025	0.064
620.0	0.006	0.044	0.044	0.025	0.063
620.5	0.006	0.044	0.044	0.025	0.063
621.0	0.007	0.044	0.044	0.024	0.063
621.5	0.007	0.043	0.044	0.024	0.063
622.0	0.006	0.043	0.043	0.024	0.063
622.5	0.006	0.043	0.043	0.024	0.063
623.0	0.006	0.043	0.043	0.024	0.063
623.5	0.006	0.043	0.043	0.024	0.062
624.0	0.006	0.043	0.043	0.024	0.062
624.5	0.007	0.043	0.044	0.025	0.063
625.0	0.007	0.043	0.044	0.025	0.063
625.5	0.007	0.043	0.043	0.025	0.062

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
626.0	0.007	0.043	0.043	0.024	0.062
626.5	0.007	0.043	0.043	0.024	0.062
627.0	0.007	0.043	0.043	0.024	0.062
627.5	0.007	0.043	0.043	0.024	0.062
628.0	0.007	0.043	0.043	0.024	0.062
628.5	0.007	0.043	0.043	0.024	0.062
629.0	0.007	0.043	0.042	0.024	0.061
629.5	0.007	0.042	0.042	0.024	0.061
630.0	0.007	0.042	0.042	0.024	0.061
630.5	0.007	0.042	0.042	0.023	0.061
631.0	0.007	0.042	0.042	0.023	0.061
631.5	0.006	0.042	0.042	0.023	0.060
632.0	0.006	0.042	0.042	0.023	0.060
632.5	0.006	0.041	0.041	0.023	0.060
633.0	0.006	0.041	0.041	0.023	0.060
633.5	0.006	0.041	0.041	0.023	0.059
634.0	0.006	0.041	0.041	0.023	0.059
634.5	0.006	0.041	0.041	0.023	0.059
635.0	0.006	0.041	0.041	0.023	0.059
635.5	0.006	0.041	0.041	0.022	0.059
636.0	0.006	0.041	0.041	0.022	0.059
636.5	0.006	0.041	0.041	0.022	0.059
637.0	0.006	0.041	0.041	0.022	0.059
637.5	0.006	0.041	0.040	0.022	0.058
638.0	0.007	0.041	0.041	0.023	0.059
638.5	0.007	0.041	0.041	0.023	0.059
639.0	0.007	0.041	0.041	0.023	0.059
639.5	0.007	0.041	0.041	0.023	0.059
640.0	0.007	0.041	0.041	0.023	0.058
640.5	0.007	0.041	0.041	0.022	0.058
641.0	0.006	0.040	0.041	0.022	0.058
641.5	0.006	0.040	0.040	0.022	0.058
642.0	0.006	0.040	0.040	0.022	0.057
642.5	0.006	0.040	0.040	0.022	0.057
643.0	0.006	0.040	0.040	0.022	0.057
643.5	0.006	0.040	0.040	0.022	0.057
644.0	0.006	0.040	0.040	0.022	0.057
644.5	0.006	0.040	0.040	0.022	0.057
645.0	0.006	0.040	0.040	0.021	0.057

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
645.5	0.006	0.040	0.039	0.021	0.057
646.0	0.006	0.040	0.039	0.021	0.056
646.5	0.006	0.040	0.039	0.021	0.056
647.0	0.006	0.040	0.039	0.021	0.056
647.5	0.006	0.039	0.039	0.021	0.056
648.0	0.006	0.039	0.039	0.021	0.056
648.5	0.006	0.039	0.039	0.021	0.056
649.0	0.006	0.039	0.039	0.021	0.055
649.5	0.006	0.039	0.039	0.021	0.055
650.0	0.006	0.039	0.039	0.021	0.055
650.5	0.007	0.040	0.039	0.022	0.056
651.0	0.006	0.039	0.039	0.022	0.056
651.5	0.005	0.038	0.038	0.020	0.054
652.0	0.006	0.039	0.039	0.021	0.055
652.5	0.005	0.038	0.038	0.020	0.054
653.0	0.005	0.038	0.038	0.020	0.054
653.5	0.006	0.039	0.038	0.021	0.055
654.0	0.006	0.039	0.038	0.021	0.055
654.5	0.005	0.038	0.037	0.020	0.054
655.0	0.005	0.038	0.037	0.020	0.053
655.5	0.005	0.038	0.037	0.020	0.053
656.0	0.005	0.038	0.037	0.020	0.053
656.5	0.005	0.038	0.037	0.020	0.053
657.0	0.005	0.037	0.037	0.020	0.053
657.5	0.005	0.037	0.037	0.020	0.053
658.0	0.005	0.037	0.036	0.020	0.053
658.5	0.006	0.038	0.037	0.020	0.053
659.0	0.006	0.038	0.037	0.020	0.053
659.5	0.006	0.038	0.037	0.020	0.053
660.0	0.006	0.038	0.037	0.020	0.053
660.5	0.006	0.038	0.037	0.020	0.052
661.0	0.006	0.038	0.037	0.020	0.052
661.5	0.005	0.037	0.037	0.019	0.052
662.0	0.005	0.037	0.037	0.019	0.052
662.5	0.005	0.037	0.037	0.019	0.052
663.0	0.005	0.037	0.036	0.019	0.052
663.5	0.005	0.037	0.036	0.019	0.052
664.0	0.005	0.037	0.036	0.020	0.052
664.5	0.005	0.037	0.036	0.020	0.052

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
665.0	0.006	0.037	0.036	0.020	0.051
665.5	0.006	0.037	0.036	0.019	0.051
666.0	0.005	0.036	0.036	0.019	0.051
666.5	0.005	0.036	0.036	0.019	0.051
667.0	0.005	0.036	0.036	0.019	0.051
667.5	0.005	0.036	0.036	0.019	0.050
668.0	0.005	0.036	0.035	0.019	0.050
668.5	0.005	0.036	0.035	0.018	0.050
669.0	0.005	0.036	0.035	0.018	0.050
669.5	0.005	0.036	0.035	0.018	0.050
670.0	0.005	0.036	0.035	0.018	0.050
670.5	0.005	0.036	0.035	0.018	0.050
671.0	0.005	0.036	0.035	0.018	0.050
671.5	0.005	0.036	0.035	0.018	0.050
672.0	0.005	0.036	0.034	0.018	0.050
672.5	0.005	0.036	0.034	0.018	0.050
673.0	0.005	0.036	0.034	0.018	0.049
673.5	0.005	0.035	0.034	0.018	0.049
674.0	0.005	0.035	0.034	0.018	0.049
674.5	0.005	0.035	0.034	0.018	0.049
675.0	0.006	0.036	0.035	0.019	0.049
675.5	0.005	0.036	0.035	0.019	0.049
676.0	0.005	0.036	0.035	0.019	0.049
676.5	0.006	0.036	0.035	0.019	0.049
677.0	0.006	0.036	0.035	0.019	0.049
677.5	0.006	0.036	0.035	0.018	0.049
678.0	0.005	0.035	0.034	0.018	0.049
678.5	0.005	0.035	0.034	0.018	0.049
679.0	0.005	0.035	0.034	0.018	0.048
679.5	0.005	0.035	0.034	0.018	0.048
680.0	0.004	0.035	0.033	0.017	0.047
680.5	0.004	0.034	0.033	0.017	0.047
681.0	0.004	0.034	0.033	0.017	0.047
681.5	0.005	0.035	0.034	0.018	0.048
682.0	0.005	0.035	0.034	0.018	0.048
682.5	0.005	0.035	0.034	0.017	0.048
683.0	0.005	0.035	0.034	0.017	0.048
683.5	0.005	0.035	0.033	0.017	0.047
684.0	0.005	0.034	0.033	0.017	0.047

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
684.5	0.005	0.034	0.033	0.017	0.047
685.0	0.005	0.034	0.033	0.017	0.047
685.5	0.005	0.034	0.033	0.017	0.047
686.0	0.005	0.034	0.033	0.017	0.047
686.5	0.005	0.034	0.033	0.017	0.047
687.0	0.005	0.034	0.033	0.017	0.046
687.5	0.005	0.034	0.033	0.017	0.046
688.0	0.005	0.034	0.033	0.017	0.046
688.5	0.005	0.034	0.033	0.017	0.046
689.0	0.005	0.034	0.032	0.017	0.046
689.5	0.004	0.034	0.032	0.017	0.046
690.0	0.004	0.034	0.032	0.017	0.046
690.5	0.004	0.033	0.032	0.016	0.046
691.0	0.004	0.033	0.032	0.016	0.046
691.5	0.004	0.033	0.032	0.016	0.045
692.0	0.004	0.033	0.032	0.016	0.045
692.5	0.004	0.033	0.032	0.016	0.045
693.0	0.004	0.033	0.031	0.016	0.045
693.5	0.004	0.033	0.031	0.016	0.045
694.0	0.004	0.033	0.031	0.016	0.045
694.5	0.004	0.032	0.031	0.016	0.045
695.0	0.004	0.032	0.031	0.016	0.045
695.5	0.005	0.033	0.031	0.016	0.045
696.0	0.005	0.033	0.031	0.016	0.045
696.5	0.004	0.033	0.031	0.016	0.044
697.0	0.004	0.033	0.031	0.016	0.044
697.5	0.004	0.032	0.031	0.016	0.044
698.0	0.004	0.033	0.031	0.016	0.044
698.5	0.004	0.033	0.031	0.016	0.044
699.0	0.004	0.032	0.031	0.016	0.044
699.5	0.004	0.032	0.031	0.015	0.044
700.0	0.004	0.032	0.030	0.015	0.044
700.5	0.004	0.032	0.030	0.015	0.043
701.0	0.004	0.031	0.030	0.015	0.043
701.5	0.004	0.031	0.030	0.015	0.043
702.0	0.004	0.031	0.030	0.015	0.043
702.5	0.004	0.031	0.030	0.015	0.043
703.0	0.004	0.031	0.030	0.015	0.043
703.5	0.004	0.031	0.030	0.015	0.043

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
704.0	0.004	0.031	0.030	0.015	0.042
704.5	0.005	0.032	0.031	0.016	0.043
705.0	0.005	0.032	0.031	0.016	0.043
705.5	0.004	0.032	0.030	0.015	0.042
706.0	0.004	0.032	0.030	0.015	0.042
706.5	0.004	0.032	0.031	0.016	0.043
707.0	0.004	0.032	0.030	0.015	0.043
707.5	0.004	0.032	0.030	0.015	0.043
708.0	0.003	0.031	0.029	0.014	0.042
708.5	0.003	0.031	0.029	0.014	0.042
709.0	0.003	0.030	0.029	0.014	0.042
709.5	0.003	0.030	0.029	0.014	0.041
710.0	0.003	0.030	0.029	0.014	0.041
710.5	0.004	0.031	0.030	0.015	0.042
711.0	0.005	0.031	0.030	0.015	0.042
711.5	0.005	0.031	0.030	0.015	0.042
712.0	0.004	0.031	0.030	0.015	0.042
712.5	0.004	0.031	0.030	0.015	0.042
713.0	0.004	0.031	0.030	0.015	0.041
713.5	0.004	0.031	0.030	0.015	0.042
714.0	0.004	0.031	0.030	0.015	0.042
714.5	0.003	0.030	0.028	0.014	0.041
715.0	0.003	0.030	0.028	0.014	0.041
715.5	0.003	0.030	0.028	0.013	0.041
716.0	0.003	0.030	0.028	0.014	0.040
716.5	0.004	0.030	0.029	0.015	0.041
717.0	0.004	0.030	0.029	0.015	0.041
717.5	0.004	0.030	0.029	0.015	0.041
718.0	0.004	0.030	0.029	0.015	0.040
718.5	0.004	0.030	0.029	0.015	0.040
719.0	0.004	0.030	0.029	0.015	0.040
719.5	0.004	0.030	0.029	0.015	0.040
720.0	0.004	0.030	0.029	0.015	0.040
720.5	0.004	0.030	0.029	0.014	0.040
721.0	0.004	0.030	0.028	0.014	0.040
721.5	0.004	0.030	0.028	0.014	0.040
722.0	0.004	0.030	0.028	0.014	0.040
722.5	0.004	0.030	0.028	0.014	0.040
723.0	0.004	0.030	0.028	0.014	0.040

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
723.5	0.004	0.030	0.028	0.014	0.040
724.0	0.004	0.030	0.028	0.014	0.040
724.5	0.004	0.029	0.028	0.014	0.039
725.0	0.004	0.029	0.028	0.014	0.039
725.5	0.004	0.029	0.028	0.014	0.039
726.0	0.004	0.029	0.028	0.014	0.039
726.5	0.004	0.029	0.028	0.014	0.039
727.0	0.003	0.029	0.028	0.014	0.039
727.5	0.003	0.029	0.028	0.014	0.039
728.0	0.003	0.029	0.027	0.013	0.039
728.5	0.003	0.029	0.027	0.013	0.039
729.0	0.003	0.029	0.027	0.013	0.039
729.5	0.003	0.029	0.027	0.013	0.039
730.0	0.003	0.029	0.027	0.013	0.039
730.5	0.004	0.029	0.027	0.013	0.039
731.0	0.004	0.029	0.027	0.013	0.039
731.5	0.004	0.029	0.027	0.013	0.038
732.0	0.004	0.028	0.027	0.013	0.038
732.5	0.004	0.028	0.027	0.013	0.038
733.0	0.003	0.028	0.027	0.013	0.038
733.5	0.003	0.028	0.027	0.013	0.038
734.0	0.003	0.028	0.027	0.013	0.038
734.5	0.003	0.028	0.027	0.013	0.038
735.0	0.003	0.028	0.026	0.013	0.038
735.5	0.003	0.028	0.026	0.013	0.038
736.0	0.003	0.028	0.026	0.012	0.037
736.5	0.004	0.029	0.027	0.013	0.038
737.0	0.004	0.029	0.027	0.013	0.038
737.5	0.004	0.029	0.027	0.013	0.038
738.0	0.004	0.029	0.027	0.013	0.037
738.5	0.003	0.027	0.026	0.012	0.036
739.0	0.003	0.027	0.026	0.012	0.036
739.5	0.003	0.027	0.026	0.012	0.037
740.0	0.003	0.028	0.026	0.012	0.037
740.5	0.003	0.028	0.026	0.012	0.037
741.0	0.003	0.028	0.026	0.012	0.037
741.5	0.003	0.028	0.026	0.012	0.036
742.0	0.003	0.027	0.025	0.012	0.036
742.5	0.004	0.028	0.026	0.013	0.037

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
743.0	0.004	0.028	0.026	0.013	0.037
743.5	0.004	0.028	0.026	0.013	0.037
744.0	0.004	0.028	0.026	0.013	0.037
744.5	0.004	0.028	0.026	0.013	0.037
745.0	0.003	0.027	0.025	0.012	0.036
745.5	0.003	0.027	0.025	0.012	0.035
746.0	0.003	0.027	0.025	0.012	0.035
746.5	0.002	0.027	0.025	0.012	0.036
747.0	0.002	0.027	0.025	0.012	0.036
747.5	0.003	0.028	0.026	0.013	0.037
748.0	0.003	0.028	0.026	0.013	0.037
748.5	0.004	0.028	0.026	0.012	0.036
749.0	0.004	0.027	0.026	0.012	0.036
749.5	0.004	0.027	0.026	0.012	0.036
750.0	0.004	0.027	0.025	0.013	0.036
750.5	0.004	0.027	0.025	0.013	0.036
751.0	0.004	0.027	0.026	0.013	0.036
751.5	0.003	0.026	0.025	0.012	0.035
752.0	0.003	0.026	0.025	0.011	0.035
752.5	0.002	0.026	0.025	0.011	0.035
753.0	0.002	0.026	0.025	0.011	0.035
753.5	0.003	0.027	0.025	0.012	0.036
754.0	0.003	0.027	0.025	0.012	0.036
754.5	0.003	0.027	0.025	0.012	0.036
755.0	0.003	0.027	0.025	0.012	0.035
755.5	0.003	0.027	0.025	0.012	0.035
756.0	0.003	0.027	0.025	0.012	0.035
756.5	0.003	0.026	0.025	0.012	0.035
757.0	0.003	0.027	0.025	0.012	0.035
757.5	0.003	0.026	0.025	0.012	0.035
758.0	0.003	0.026	0.025	0.012	0.035
758.5	0.002	0.025	0.024	0.011	0.034
759.0	0.003	0.027	0.025	0.012	0.035
759.5	0.003	0.027	0.025	0.012	0.035
760.0	0.003	0.026	0.025	0.012	0.034
760.5	0.003	0.026	0.025	0.012	0.034
761.0	0.003	0.026	0.024	0.012	0.034
761.5	0.003	0.026	0.024	0.012	0.034
762.0	0.003	0.026	0.024	0.012	0.034

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
762.5	0.003	0.026	0.024	0.012	0.034
763.0	0.003	0.026	0.024	0.012	0.034
763.5	0.003	0.026	0.024	0.011	0.034
764.0	0.003	0.026	0.024	0.011	0.034
764.5	0.003	0.026	0.024	0.011	0.034
765.0	0.003	0.026	0.024	0.012	0.034
765.5	0.003	0.026	0.024	0.012	0.034
766.0	0.003	0.026	0.024	0.011	0.034
766.5	0.003	0.025	0.024	0.011	0.033
767.0	0.003	0.025	0.024	0.011	0.033
767.5	0.003	0.026	0.024	0.011	0.033
768.0	0.003	0.026	0.024	0.011	0.034
768.5	0.003	0.026	0.024	0.011	0.034
769.0	0.003	0.026	0.023	0.011	0.033
769.5	0.003	0.025	0.023	0.011	0.033
770.0	0.003	0.025	0.023	0.011	0.033
770.5	0.003	0.025	0.023	0.011	0.033
771.0	0.003	0.025	0.023	0.011	0.033
771.5	0.003	0.025	0.023	0.011	0.033
772.0	0.003	0.025	0.023	0.011	0.033
772.5	0.003	0.025	0.023	0.011	0.032
773.0	0.003	0.025	0.023	0.011	0.033
773.5	0.002	0.025	0.023	0.011	0.033
774.0	0.002	0.025	0.023	0.011	0.033
774.5	0.002	0.025	0.023	0.011	0.033
775.0	0.003	0.025	0.023	0.011	0.033
775.5	0.002	0.025	0.023	0.011	0.033
776.0	0.002	0.025	0.023	0.011	0.032
776.5	0.002	0.024	0.023	0.011	0.032
777.0	0.003	0.024	0.023	0.011	0.032
777.5	0.003	0.024	0.023	0.011	0.032
778.0	0.003	0.024	0.022	0.010	0.032
778.5	0.003	0.024	0.022	0.010	0.032
779.0	0.003	0.024	0.023	0.010	0.031
779.5	0.002	0.024	0.023	0.010	0.031
780.0	0.002	0.024	0.022	0.010	0.031
780.5	0.002	0.024	0.022	0.010	0.032
781.0	0.002	0.024	0.022	0.010	0.031
781.5	0.002	0.024	0.022	0.011	0.031

Wavelength (nm)	konsentrasi (gr/ml)				
	0.005	0.010	0.015	0.020	0.025
782.0	0.002	0.024	0.022	0.011	0.032
782.5	0.002	0.024	0.022	0.010	0.032
783.0	0.002	0.024	0.022	0.010	0.031
783.5	0.002	0.024	0.022	0.010	0.031
784.0	0.002	0.024	0.022	0.010	0.031
784.5	0.002	0.023	0.022	0.010	0.031
785.0	0.002	0.024	0.022	0.010	0.031
785.5	0.002	0.024	0.022	0.010	0.031
786.0	0.002	0.024	0.022	0.010	0.031
786.5	0.003	0.024	0.023	0.011	0.032
787.0	0.003	0.025	0.023	0.011	0.032
787.5	0.003	0.025	0.022	0.011	0.032
788.0	0.003	0.025	0.022	0.011	0.032
788.5	0.002	0.024	0.022	0.010	0.031
789.0	0.002	0.023	0.022	0.010	0.031
789.5	0.002	0.023	0.022	0.010	0.031
790.0	0.003	0.023	0.022	0.010	0.031
790.5	0.003	0.023	0.022	0.010	0.030
791.0	0.003	0.023	0.022	0.010	0.031
791.5	0.004	0.024	0.023	0.011	0.031
792.0	0.003	0.024	0.023	0.011	0.031
792.5	0.003	0.024	0.022	0.011	0.031
793.0	0.003	0.024	0.022	0.011	0.031
793.5	0.003	0.024	0.022	0.011	0.031
794.0	0.003	0.024	0.022	0.011	0.031
794.5	0.003	0.024	0.022	0.011	0.031
795.0	0.003	0.024	0.022	0.011	0.031
795.5	0.003	0.023	0.022	0.010	0.031
796.0	0.003	0.023	0.022	0.010	0.031
796.5	0.003	0.023	0.022	0.010	0.031
797.0	0.003	0.023	0.022	0.010	0.030
797.5	0.003	0.023	0.022	0.010	0.030
798.0	0.003	0.023	0.022	0.010	0.030
798.5	0.003	0.023	0.022	0.010	0.030
799.0	0.003	0.023	0.021	0.010	0.030
799.5	0.003	0.023	0.021	0.010	0.030
800.0	0.003	0.023	0.022	0.010	0.030

Lampiran 4

4. Data puncak absorbansi hasil Uji UV-Vis GO abu sekam padi.

0,005 gr/ml

λ (nm)	Absorbansi
201,5	0,072
210,5	0,027
222	0,088
235	0,131
280	0,094

0,010 gr/ml

λ (nm)	Absorbansi
209	0,546
222	0,352
232	0,779

0,015 gr/ml

λ (nm)	Absorbansi
208	0,501
210,5	0,515
221	0,388
224,5	0,423
232	0,678

0,020 gr/ml

λ (nm)	Absorbansi
209,5	0,385
224	0,327
233	0,539

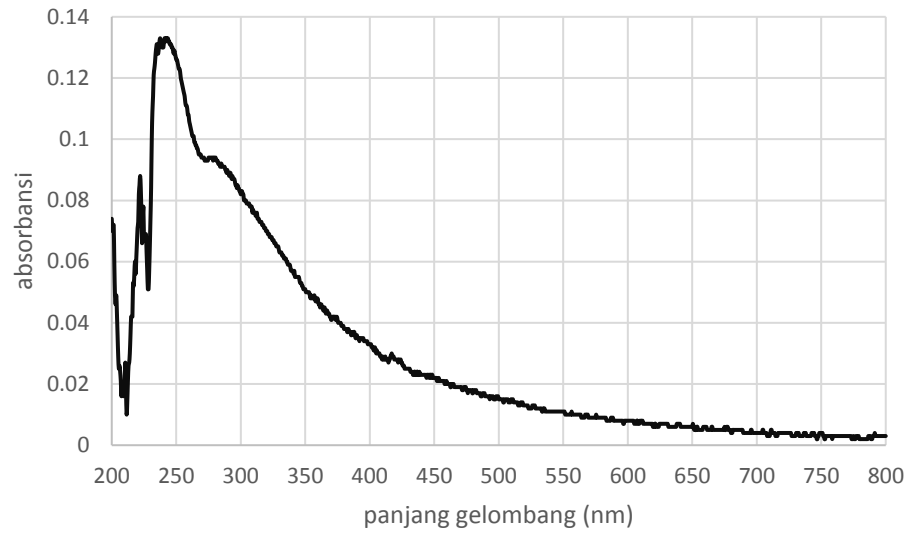
0,025 gr/ml

λ (nm)	Absorbansi
209	0,516
213,5	0,439
218	0,501
224,5	0,552
237	0,810

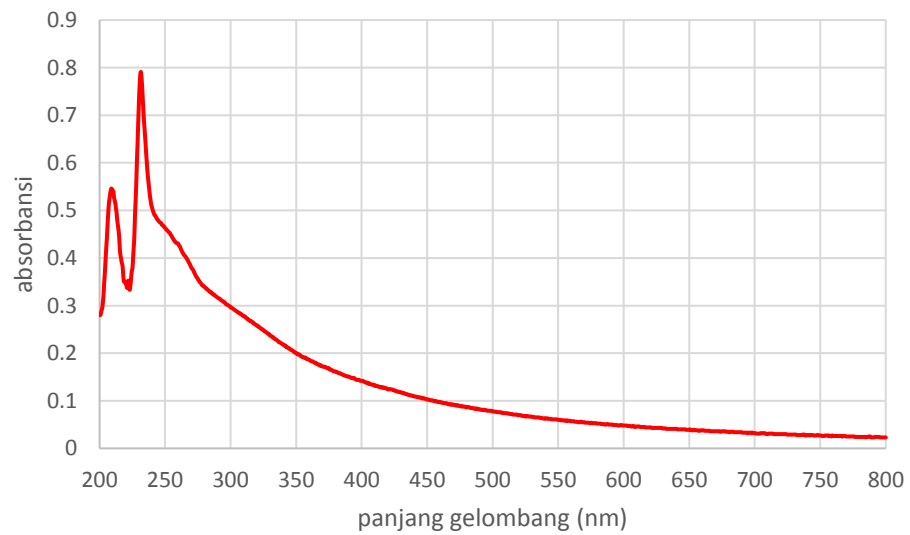
Lampiran 5

5. Grafik uji spektrofotometer UV-Vis

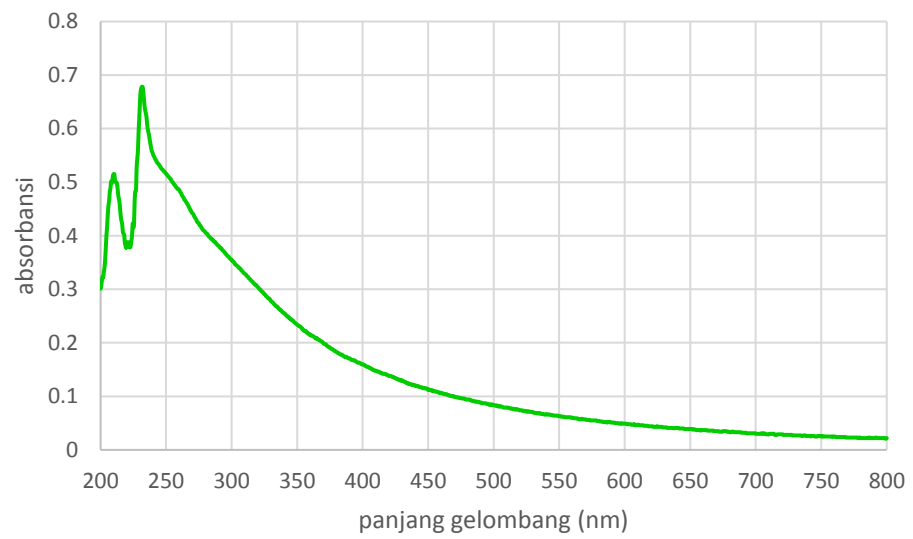
a. Konsentrasi abu sekam padi 0,005 gr/ml



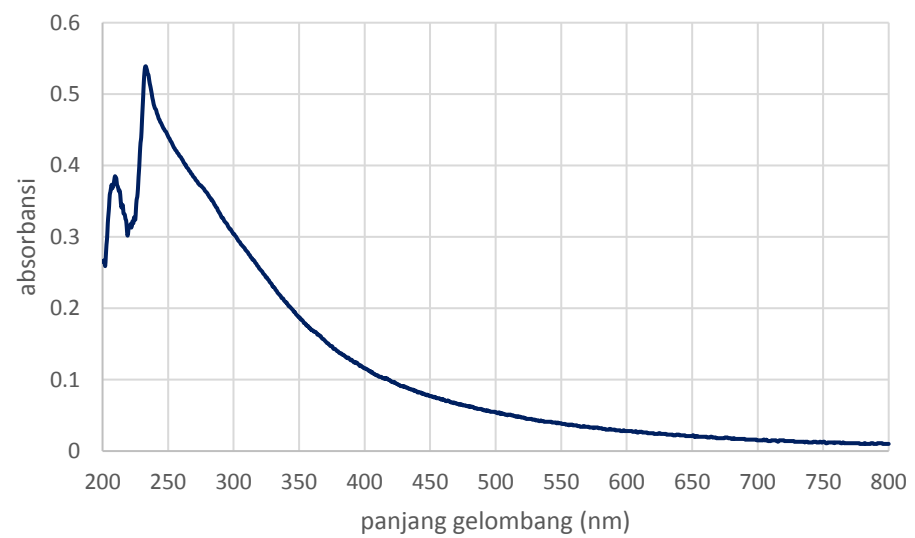
b. Konsentrasi abu sekam padi 0,010 gr/ml



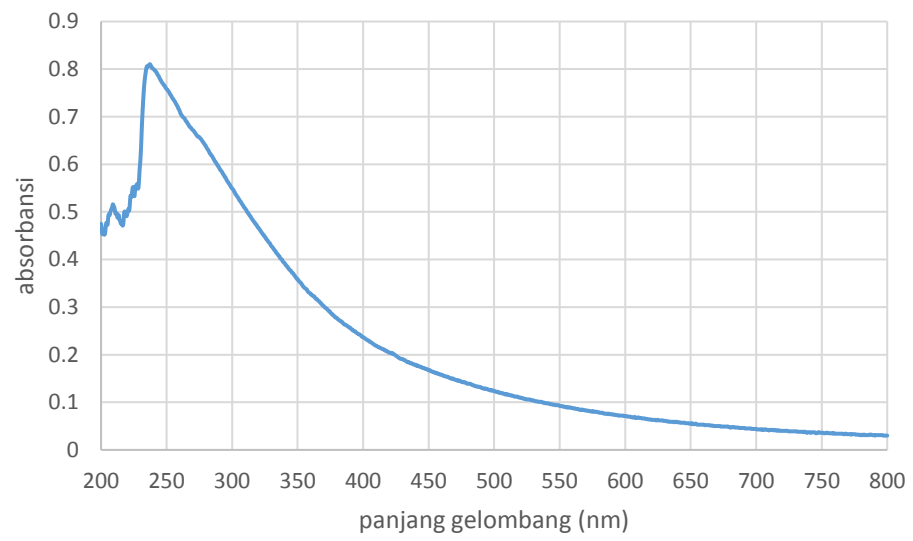
c. Konsentrasi abu sekam padi 0,015 gr/ml



d. Konsentrasi abu sekam padi 0,020 gr/ml



e. Konsentrasi abu sekam padi 0,025 gr/ml



Lampiran 6

6. Hasil uji porositas dan kuat tekan bata ringan

Volume GO (ml)	massa (gram)	kuat tekan ($\times 10^6$ kg/m ²)	porositas (%)
0	167,00	3,22	21,76
10	146,83	1,79	28,08
20	149,26	3,83	35,65
30	153,60	6,48	31,68
40	137,97	5,84	41,68
50	134,64	7,31	38,08
60	131,87	5,84	39,36
70	125,20	5,52	45,44

Lampiran 7

7. Hasil uji kuat tekan bata ringan dengan variasi lama pengeringan
- a. Sebelum pengeringan dalam oven

Nama Sampel	Lama Pengeringan (Jam)	Kuat Tekan ($\times 10^6$ kg/m ²)
N1	-	0,79
N2	1	0,87
N3	2	0,86
N4	3	0,91
N5	4	1,06
N6	5	0,89
N7	6	0,99

- b. Setelah pengeringan dalam oven

Nama Sampel	Lama Pengeringan (Jam)	Kuat Tekan ($\times 10^6$ kg/m ²)
N11	-	0,92
N12	1	1,01
N13	2	1,08
N14	3	1,11
N15	4	1,23
N16	5	0,98
N17	6	0,93

Lampiran 8

8. Hasil Uji *Universal Testing Machine* (UTM)

a. Uji kuat tekan bata ringan GO pada pengeringan alami



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN
Alamat. Kampus Karangmalang, Yogyakarta, Telpn (0274) 586168, 554692



HASIL PERHITUNGAN KUAT DESAK KUBUS HEBEL

Pekerjaan : Tugas Akhir Penelitian/Sekripsi

Pengguna : Fisika UNY

No.	Kode	Tanggal		Umur (Hari)	Berat (Gram)	Ukuran (mm)			Beban Maxs (kN)	Kuat Tekan Dalam (Mpa)
		Cetak	Uji			P	L	T		
1	NA		10 Maret 2017		167.00	50.00	50.00	50.00	6.52	3.22
2	NB		10 Maret 2017		146.83	50.00	50.00	50.00	1.79	1.79
3	NC		10 Maret 2017		149.26	50.00	50.00	50.00	6.48	3.83
4	ND		10 Maret 2017		153.60	50.00	50.00	50.00	5.05	6.48
5	NE		10 Maret 2017		137.97	50.00	50.00	50.00	0.70	5.84
6	NF		10 Maret 2017		134.64	50.00	50.00	50.00	0.93	7.31
7	NG		10 Maret 2017		131.87	50.00	50.00	50.00	7.31	5.84
8	NH		10 Maret 2017		125.20	50.00	50.00	50.00	0.79	5.52

Yogyakarta, 10 Maret 2017

Mengatahui
Kepala Lab. Bahan Bangunan PTSP

Dr. Slamet Widodo, S.T., M.T.
NIP. 19761103 2000003 1 001

Di Uji Oleh Laboran Lab. Bahan Bangunan PTSP

Kimia Triono

b. Uji kuat tekan bata ringan dengan variasi lama waktu pengeringan



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN
Alamat. Kampus Karangmalang, Yogyakarta, Telpn (0274) 586168, 554692



HASIL PERHITUNGAN KUAT DESAK KUBUS HEBEL

Pekerjaan : Tugas Akhir Penelitian/Sekripsi

Pengguna : Fisika UNY

No.	Kode	Tanggal		Umur (Hari)	Berat (Gram)	Ukuran (mm)			Beban Maxs (kN)	Kuat Tekan Dalam (Mpa)
		Cetak	Uji			P	L	T		
1	N1		10 November 2017		173.90	50.00	50.00	50.00	1.97	0.79
2	N2		10 November 2017		179.30	50.00	50.00	50.00	2.17	0.87
3	N3		10 November 2017		169.50	50.00	50.00	50.00	2.15	0.86
4	N4		10 November 2017		170.90	50.00	50.00	50.00	2.32	0.93
5	N5		10 November 2017		164.30	50.00	50.00	50.00	2.65	1.06
6	N6		10 November 2017		173.90	50.00	50.00	50.00	2.22	0.89
7	N7		10 November 2017		183.60	50.00	50.00	50.00	2.47	0.99

Yogyakarta, 10 November 2017

Mengatahui
Kepala Lab. Bahan Bangunan PTSP

Dr. Slamet Widodo, S.T., M.T.
NIP. 19761103 2000003 1 001

Di Uji Oleh Laboran Lab. Bahan Bangunan PTSP

Kimia Triono

c. Uji kuat tekan bata ringan GO dengan variasi lama waktu pengeringan



UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
LABORATORIUM BAHAN BANGUNAN
Alamat. Kampus Karangmalang, Yogyakarta, Telpn (0274) 586168, 554692



HASIL PERHITUNGAN KUAT DESAK KUBUS HEBEL

Pekerjaan : Tugas Akhir Penelitian/Sekripsi

Pengguna : Fisika UNY

No.	Kode	Tanggal		Umur (Hari)	Berat (Gram)	Ukuran (mm)			Beban Maxs (kN)	Kuat Tekan Dalam (Mpa)
		Cetak	Uji			P	L	T		
1	N11		8 Desember 2017		175.60	50.00	50.00	50.00	2.30	0.92
2	N12		8 Desember 2017		170.30	50.00	50.00	50.00	2.52	1.01
3	N13		8 Desember 2017		168.50	50.00	50.00	50.00	2.70	1.08
4	N14		8 Desember 2017		171.70	50.00	50.00	50.00	2.77	1.11
5	N15		8 Desember 2017		164.60	50.00	50.00	50.00	3.07	1.23
6	N16		8 Desember 2017		169.90	50.00	50.00	50.00	2.45	0.98
7	N17		8 Desember 2017		166.60	50.00	50.00	50.00	2.32	0.93

Yogyakarta, 8 Desember 2017

Mengatahui
Kepala Lab. Bahan Bangunan PTSP

Dr. Slamet Widodo, S.T., M.T.
NIP. 19761103 2000003 1 001

Di Uji Oleh Laboran Lab. Bahan Bangunan PTSP


Kimin Triono

Lampiran 9

9. Dokumentasi bata ringan

Bata ringan dengan pengeringan alami



Bata ringan dengan pengeringan oven

