

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI FILTER
PARTICULATE MATTER 0,1 (PM_{0,1}) MENGGUNAKAN
KOMPOSIT DENGAN *FILLER* LIMBAH KOKON DAN
Matriks Tepung Tapioka**

SKRIPSI

**Oleh :
NIZAKY AJAR PUTRA
145090307111010**



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU
PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI FILTER
PARTICULATE MATTER 0,1 ($PM_{0,1}$) MENGGUNAKAN
KOMPOSIT DENGAN *FILLER* LIMBAH KOKON DAN
Matriks Tepung Tapioka**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Sains dalam bidang Fisika

Oleh :
NIZAKY AJAR PUTRA
145090307111010



**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU
PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI FILTER
PARTICULATE MATTER 0,1 (PM_{0,1}) MENGGUNAKAN
KOMPOSIT DENGAN FILLER SERAT LIMBAH KOKON
DAN MATRIKS TEPUNG TAPIOKA**

Oleh :

Nizaky Ajar Putra
145090307111010

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
Pada Tanggal **17 JUN 2019**.....
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana
Sains dalam bidang Fisika

Pembimbing I



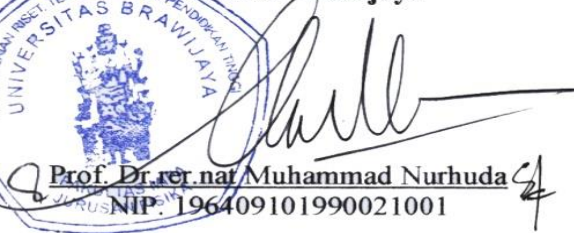
Drs. Arinto Y. P. W., M.Sc., Ph.D
NIP. 196407021989031001

Pembimbing II



Dra. Lailatin Nuriyah, M. Si
NIP. 195606171986022001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Brawijaya



Prof. Dr. rer. nat. Muhammad Nurhuda
NIP. 196409101990021001

Penelitian ini dilaksanakan dengan dukungan pendanaan dari dana DPP/SPP dari Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya tahun 2018

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : NIZAKY AJAR PUTRA
NIM : 145090307111010
Jurusan : Fisika
Penulis Skripsi Berjudul : Pembuatan dan Karakterisasi Filter *Particulate matter* 0,1 (PM_{0,1}) Menggunakan Komposit Dengan Filler Limbah Kokon Dan Matriks Tepung Tapioka

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain. Nama-nama yang termaksud di isi dan tertulis di daftar pustaka digunakan sebagai referensi pendukung dalam skripsi ini.
2. Apabila di kemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 26 April 2019

Yang menyatakan,

(Nizaky Ajar Putra)
NIM. 145090307111010

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI FILTER *PARTICULATE MATTER*_{0,1} (PM_{0,1}) MENGGUNAKAN KOMPOSIT DENGAN FILLER LIMBAH KOKON DAN Matriks Tepung Tapioka

ABSTRAK

Pada penelitian sebelumnya didapatkan hasil bahwa filter limbah kokon dapat mengurangi nilai konsentrasi keluaran PM_{2,5} dan PM₁₀ pada keluaran gas buang emisi sepeda motor yang berfokus pada banyaknya konsentrasi tangkapan dan efisiensi filter. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat dan mengetahui karakteristik filter komposit berbahan limbah kokon dengan matriks tepung tapioka dan pengaruh ketebalan filter komposit terhadap nilai efisiensi filter. Pembuatan filter komposit dari limbah kokon dilakukan dengan cara dibersihkan dan diolesi tepung tapioka dengan metode *hand lay-up*. Filter komposit divariasikan pada banyak nya lapisan sehingga menghasilkan filter komposit 1 lapis, 2 lapis dan 3 lapis. Metode pengumpulan data dilakukan dengan Pengujian filter berfokus pada pengukuran banyaknya konsentrasi *particulate matter* <0,1 (PM_{0,1}) pada emisi gas buang tiga unit sepeda motor 150cc dengan menggunakan alat *P-Track Ultrafine Particle Counter*. Kemampuan fisis filter komposit juga diujikan dengan mengambil data kecepatan alir, porositas dan densitas filter. Dari hasil penelitian didapati bahwa karakteristik filter komposit yang berhasil dibuat memiliki tingkat kelolosan udara sebesar 42-55% dan memiliki densitas 0.043-0.055 g/cm³. Ketebalan terbukti berpengaruh dalam kenaikan nilai efisiensi filter dalam menyaring partikel bekisar 12-21% karena meningkatnya nilai *blocking* seiring bertambahnya ketebalan. PM_{0,1} yang tertangkap oleh filter komposit 1 lapis adalah 28,7 x 10⁶ partikel pada setiap detiknya.

Kata kunci :PM_{0,1}, kokon, komposit. tepung tapioka

MAKING AND CHARACTERIZING OF 0,1 FILTER PARTICULATE MATTER 0,1(PM_{0,1}) USING COMPOSITES WITH COCOON WASTE AS FILLER AND TAPIOCA FLOUR AS MATRIC

ABSTRACT

In the previous study, it was concluded that the cocoon waste filter could reduce the concentration values of PM_{2.5} and PM₁₀ output on the exhaust emissions of motorcycle which focused on the number of concentration and efficiency of the filter. The aim of this study was to create and characterize composite filters made of cocoon wastes with tapioca flour as matrix and the effect of composite filter thickness on the filter efficiency value. The cocoon was cleaned and smeared the with tapioca flour using the hand lay-up method. The composite filter was varied in many layers resulting in a 1-layer, 2-layer and 3-layer of composite filter. The data collection was done by filter testing which focused on measuring the amount of *particulate matter* concentration <0,1 (PM_{0,1}) on the exhaust emissions of three 150cc motorbikes using P-Track Ultrafine Particle Counter. The physical properties of composite filters were also tested by taking data on flowrate, porosity and filter density. From the result of the study it was found that the characteristics of composite filters that were successfully made had an air escape rate of 42 -55% and an density of 0.043-0.055 g / cm³. Thickness proved to be influence in increasing the filter efficiency in filtering of the composite filter from 12-21% due to increased blocking values as thickness increases. The number PM_{0,1} captured by the composite filter layer is 28,7 x 10⁶ particles for each second.

Keyword : PM_{0,1} , cocoon, composite, tapioca flour

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami ucapkan kepada Allah SWT, atas segala limpahan rahmat, kuasa serta hidayah-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi Semester Ganjil 2018/2019 Fakultas MIPA Universitas Brawijaya dengan lancar.

Penelitian ini disusun dengan dilaksanakannya mulai tanggal Juli 2018, di Universitas Brawijaya, Malang. Pembuatan penelitian ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari orang-orang yang telah mendukung pelaksanaan Skripsi ini. Oleh karena itu, kami mengucapkan terima kasih atas bimbingan dan bantuan yang telah diberikan oleh:

1. Nabi Muhamad SAW dan sahabat-sahabat beliau, yang senantiasa memberikan contoh dan panutan bagi pemeluk agama muslim di dunia.
2. Drs. Adi Susilo, M.Si., Ph.D, selaku Dekan Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya
3. Prof. Dr. Muhammad Nurhuda, Rer.Nat selaku Ketua Jurusan Fisika, Universitas Brawijaya
4. Gancang Saroja S.Si. M.T. Selaku Dosen Pembimbing Akademik
5. Drs. Arinto Yudi. P. W, M.Sc., Ph.D Selaku Dosen Pembimbing Skripsi I
6. Dra. Lailatin Nuriyah, M.Si. Selaku Dosen Pembimbing II
7. Ibu Helmiyati dan Bapak Ir. Eko Ajar Susilo dan Edo Rizky Ajar Putra sekeluarga yang telah mendukung dari belakang baik secara lahir maupun batin
8. Seluruh Dosen Jurusan Fisika serta Staff dan Karyawan Jurusan Fisika yang telah membantu dalam proses perkuliahan
9. Asty Mufitasari yang selalu memberikan semangat disegala saat dan membantu proses pendewasaan
10. Fahri Ariansyah, Dana ,Muhammad Fajri, Samuel Richard, Fadhil Haqq, Maulana Putra, Pandya

Parahita, Yafi, Hanif dan Pak Salam dan keluarga yang telah memberikan tempat singgah dan tempat yang bisa dijadikan rumah di Malang .

11. Mas Arif, Mbak Mia, Mas Eko, dan teman-teman di *Laboratorium Of Air Quality and Astro Imaging* yang telah sabar memberikan bimbingan & bantuan.
12. Ainin Uswatun Hasanah, Bonar Togi Ivan Pakpahan, dan Mohammad Soenargo selaku rekan satu tim dan seperjuangan yang selalu memberikan motivasi dan semangat.
13. Para sahabat di Tangerang Selatan yang mendukung dan bersabar menunggu kepulangan saya
14. Seluruh anggota NORMAL dan segenap alumni yang mengajarkan arti solidaritas selama di Malang dan menunjukkan bahwa keluarga besar tetap bisa menjadi keluarga di mana pun kita berada
15. Teman-teman Jurusan Fisika angkatan 2014 karena sudah menyediakan waktu untuk bercerita, berkeluh kesah dan membentuk kisah selama di perantauan
16. Teman-teman KKN Poncokusumo 2018 dan seluruh pihak yang terlibat pada proses mulai hingga selesai, semoga kita tetap jadi saudara untuk masa yang akan datang
17. Sejumlah instansi maupun perorangan yang telah mendukung Skripsi ini
18. Semua pihak yang tidak disebutkan disini serta telah ikut membantu menyelesaikan Skripsi ini

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa penulisan Skripsi ini jauh dari kata sempurna. Untuk itu, penulis dengan senantiasa menerima kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi mahasiswa Penulis dan Universitas Brawijaya

Malang, Maret 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ivi
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1Latar Belakang.....	1
1.2Rumusan Masalah	3
1.3Tujuan Penelitian.....	3
1.4Batasan Masalah.....	3
1.5Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1Polusi Udara.	5
2.2 <i>Particulate matter</i> (PM)	5
2.3Dampak	7
2.4Porositas	8
2.5Komposit	8
2.6Tepung Tapioka.....	9
2.7KokonUlat Sutra.....	11
BAB III METODE PENELITIAN.....	15

3.1Tempat dan Waktu Penelitian.....	15
3.2Alat dan Bahan	15
3.3Tahap penelitian	16
3.3.1Preparasi Bahan.....	17
3.3.1.1 Pembuatan Lembaran Kokon	17
3.3.1.2 Pembuatan Filter Komposit	17
3.3.1.3PengujianKarakterisasi Filter.....	18
3.3.1.4 Pengukuran Konsentrasi Filter.....	20
3.3.1.5Analisis Hasil	20
BAB IV HASIL & PEMBAHASAN	21
4.1 Hasil Pembuatan Filter	23
4.2 Hasil Uji Karakteristik Fisis Filter	24
4.2.1 Pengukuran Densitas	24
4.2.2 Pengujian Morfologi.....	25
4.2.3 Uji <i>flowrate</i>	25
4.2.4 PengukuranKonsentrasi PM _{0,1}	26
4.3 Efisiensi Filter	28
4.4 Pembahasan	30
BAB V KESIMPULAN.....	36
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Fine</i> partikel terbentuk dari proses pembuangan bahan bakar Diesel.....	5
Gambar 2. 2 Kategori PM berdasarkan ukuran diameternya....	6
Gambar 2. 3 Bagian-bagian TSI P-Track	14
Gambar 3. 1 Skema Diagram Alir Penelitian	16
Gambar 3. 2 Skema pengambilan data.....	17
Gambar 3. 3 Pengukuran Diameter filter	18
Gambar 3. 4 Pengukuran Ketebalan filter	19
Gambar 3. 5 Pengujian Morfologi Filter	19
Gambar 3. 6 Pengujian Flowrate Filter	20
Gambar 4. 1 Filter Tepung Tapioka 1 lapis.....	23
Gambar 4. 2 Filter Tepung Tapioka 2 lapis.....	23
Gambar 4. 3 Filter Tepung Tapioka 3 lapis.....	23
Gambar 4. 4 Morfologi permukaan filter TT limbah kokon 1 lapis (F1) dengan perbesaran 25x	25
Gambar 4. 5 Grafik penurunan konsentrasi $PM_{0,1}$ dalam waktu 5 menit.....	27
Gambar 4. 6 Grafik Hasil konsentrasi $PM_{0,1}$ 1 jam	28
Gambar 4. 7 Grafik efisiensi filter pada $PM_{0,1}$ 5 menit	29
Gambar 4. 8 Grafik efisiensi filter pada $PM_{0,1}$ 60 menit	29
Gambar 4. 9 (a) Morfologi permukaan filter TT limbah kokon lapis 1, (b) Permukaan filter TT limbah kokon lapis 2, perbesaran 25x.....	31
Gambar 4. 10 Grafik efisiensi filter terhadap ketebalan filter.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil data konsentrasi $PM_{0,1}$ FOP1 60 menit	43
Lampiran 2 Hasil data konsentrasi $PM_{0,1}$ FOP2 60 menit	44
Lampiran 3 Hasil data konsentrasi $PM_{0,1}$ FOP3 60 menit	45
Lampiran 4 Olah data Konsentrasi $PM_{0,1}$ F0 60 menit	46
Lampiran 5 Data hasil konsentrasi $PM_{0,1}$ F1P1 60 menit	47
Lampiran 6 Data hasil konsentrasi $PM_{0,1}$ F1P2 60 menit	48
Lampiran 7 Data hasil konsentrasi $PM_{0,1}$ F1P2 60 menit	49
Lampiran 8 Olah data Konsentrasi $PM_{0,1}$ F1 60 menit	50
Lampiran 9 Hasil Efisiensi Filter 60 menit	51
Lampiran 10 Hasil data konsentrasi $PM_{0,1}$ M1 5 menit	52
Lampiran 11 Hasil data konsentrasi $PM_{0,1}$ M2 5 menit	53
Lampiran 12 Hasil data konsentrasi $PM_{0,1}$ M3 5 menit	54
Lampiran 13 Hasil data konsentrasi $PM_{0,1}$ tanpa filter 5 menit	55
Lampiran 14 Hasil olah data efisiensi M1 5 menit	56
Lampiran 15 Hasil olah data efisiensi M2 5 menit	57
Lampiran 16 Hasil olah data efisiensi M3 5 menit	58
Lampiran 17 Hasil olah data efisiensi masing-masing motor.	59
Lampiran 18 Efisiensi setiap lapis	60
Lampiran 19 Hasil data <i>flowrate</i> 5 menit dalam varian lapis .	61
Lampiran 20 Hasil data <i>flowrate</i> F1 60 menit	62
Lampiran 21 Rangkaian pengujian konsentrasi $PM_{0,1}$	63
Lampiran 22 Pengambilan data konsentrasi $PM_{0,1}$	64
Lampiran 23 Rangkaian pengujian <i>flowrate</i>	65
Lampiran 24 Proses pengujian <i>flowrate</i>	66
Lampiran 25 Filter komposit 1 lapis	67
Lampiran 26 Filter komposit 2 lapis	68
Lampiran 27 Filter komposit 3 lapis	69
Lampiran 28 Permukaan filter komposit sebelum uji, perbesaran 50x	70

Lampiran 29 Permukaan filter komposit setelah uji, perbesaran 50x.....	71
---	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jumlah dan area PM dengan satuan densitas.....	7
Tabel 2. 2 Kandungan Nutrisi pada singkong	10
Tabel 2. 3 Perbandingan kandungan Tapioka dengan Pati lain	10
Tabel 2. 4 Perbandingan serat sutera dengan serat lainnya	12
Tabel 2. 5 Daftar spesifikasi P-Track <i>UltraFine counter</i>	13
Tabel 4. 1 Hasil pengukuran densitas filter.....	24
Tabel 4. 2 Hasil pengukuran <i>flowrate</i> seluruh varian lapis 5menit.....	26
Tabel 4. 3 Hasil pengukuran konsentrasi $PM_{0,1}$ seluruh varian lapis dalam waktu 5 menit	26
Tabel 4. 4 <i>Flowrate</i> $PM_{0,1}$ 5 menit	31
Tabel 4. 5 Efisiensi filter 5 menit setelah dikurangi nilai <i>Blocking</i>	32

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin majunya suatu peradaban maka semakin tinggi pula jumlah transportasi yang digunakan untuk berbagai tujuan baik dari segi efisiensi maupun dari segi gaya hidup. Menurut data dari Badan Pusat Statistik tercatat pada tahun 2016 terjadi kenaikan jumlah kendaraan bermotor meningkat sebesar 6.268.815 unit sepeda motor yang meningkat sebesar 6% jika dibandingkan dengan unit sepeda motor pada tahun 2015(BPS, 2018). Jumlah ini diperkirakan akan terus meningkat sepanjang tahunnya dikarenakan dari jumlah sepeda motor yang terus meningkat tajam dibandingkan kendaraan bermotor yang lainnya. Salah satu alasannya karena memiliki harga yang lebih terjangkau untuk masyarakat Indonesia.

Semakin meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, maka semakin berdampak juga terhadap pencemaran udara berupa gas-gas berbahaya yang mencemari udara. Udara merupakan salah satu faktor penting dalam kehidupan di alam dimana hampir disetiap daratan yang terdapat Makhluk Hidup memerlukan udara. Oleh karena itu, apabila udara tercemar maka udara di lingkungan sekitar tidaklah sehat dan akan berdampak pada kehidupan organisme yang ada disekitarnya.

Pada daerah perkotaan tingginya tingkat polusi udara sudah masuk tahap mengkhawatirkan karena diperkirakan 70% polusi tersebut berasal dari pembuangan gas kendaraan bermotor yang didominasi oleh unit sepeda motor. Emisi kendaran bermotor dibagi menjadi dua, yakni, gas(SO_x, NO_x & CO_x) dan PM (*Particulate Matter*), emisi tersebut berbahaya bagi kesehatan manusia karena tidak kasat mata dan tidak dapat dirasakan langsung saat terpapar. (Wardoyo, 2016)

PM secara spesifik dapat dibagi menjadi 3, yaitu PM_{0,1}, PM_{2,5}, dan PM₁₀ dimana ukuran tersebut merupakan ukuran diameter partikel dalam skala mikrometer misalnya PM₁₀ menandakan bahwa ukuran partikel tersebut kurang dari 10 μm begitu juga PM_{0,1} dan PM_{2,5} ukuran-ukuran tersebut merupakan ukuran partikulat yang

membahayakan karena diperkirakan ukuran partikel-partikel tersebut gampang memasuki paru-paru dan mengendap dalam waktu yang lama baik di udara maupun di dalam tubuh. Pada dasarnya tubuh manusia memiliki penyaringan utama terhadap polusi udara yaitu bulu hidung tetapi bulu hidung tidak dapat menyaring partikulat yang berukuran $<5 \mu\text{m}$, karena ada ukuran $2-5 \mu\text{m}$ maka partikulat tersebut akan mengendap didalam alveoli tubuh sedangkan partikel berukuran $<2 \mu\text{m}$ maka akan mudah masuk ke dalam sistem respirasi dan dapat keluar dengan ekskresi juga tetapi ada kemungkinan partikel tersebut mengendap sehingga sulit untuk dikeluarkan kembali hal tersebut berbahaya karena jika masuk paru-paru maka sukar untuk dikeluarkan. Hal-hal tersebut dapat menyebabkan infeksi paru-paru ataupun asma sehingga tidak ramah untuk penderita penyakit pernapasan.

Untuk mengurangi pencemaran udara dari kendaraan bermotor, maka dilakukan pengembangan teknologifilter yang berfungsi sebagai komponen yang mengurangi keluaran emisi dari sepeda motor sehingga mengurangi pencemaran udara. Filter tersebut dibuat dari bahan yang tidak terpakai, seperti dibuatnya filter elektrostatis yang menggunakan arus DC dan filter limbah kokon.

Limbah kokon merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai filter karena memiliki daya tahan panas yang terbilang tinggi, memiliki kekuatan yang tinggi dan ringan sehingga memperkecil kemungkinan kerusakan filter saat digunakan selain itu ramah lingkungan (Moeliono & Siregar, 2012). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Nurul dan Fatma (2015) sudah dilakukan pembuatan filter limbah kokon yang bersifat tidak rigid dan terbukti dapat menurunkan konsentrasi $\text{PM}_{2,5}$ dan PM_{10} . Oleh karena itu, terinspirasi dari penelitian sebelumnya maka dilanjutkan penelitian tersebut dengan membuat komposit dari limbah kokon ditambah matriks tepung tapioka terhadap partikel $\text{PM}_{0,1}$ dengan harapan memiliki efektifitas lebih tinggi dari penelitian sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini memiliki rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik filter (densitas, morfologi, dan *Flowrate*) dari filter partikulat $PM_{0,1}$ berbahan serat limbah kokon terhadap emisi pembuangan sepeda motor?
2. Bagaimana efisiensi filter yang menggunakan matriks tepung tapioka jika dibandingkan dengan dengan filter tanpa matriks terhadap keluaran emisi gas $PM_{0,1}$?
3. Bagaimana pengaruh ketebalan filter terhadap efisiensi $PM_{0,1}$ yang dihasilkan oleh sepeda motor dengan filter komposit berbahan serat limbah kokon dengan matriks tepung tapioka?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukanya Penelitian ini adalah:

1. Memperoleh filter *Particulate matter* berbahan dasar kulit kokon dengan matriks tepung tapioka
2. Mengetahui karakteristik filter berbahan limbah kokon untuk filter partikulat $PM_{0,1}$ dengan matriks tepung tapioka terhadap sistem emisi gas buang sepeda motor
3. Mengetahui hubungan ketebalan filter limbah kokon untuk $PM_{0,1}$ yang dihasilkan dari knalpot sepeda motor dan efisiensinya

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan masalah seperti berikut:

1. Tidak meninjau kandungan kimia dari partikulat $PM_{0,1}$ yang terkandung pada emisi sepeda motor
2. Tidak membahas reaksi kimia yang terjadi saat filter limbah kokon terpapar oleh $PM_{0,1}$
3. Efisiensi filter limbah kokon dengan matriks tepung tapioka didefinisikan sebagai rasio selisih konsentrasi $PM_{0,1}$ sebelum dan sesudah diberi filter per konsentrasi $PM_{0,1}$ sebelum diberi filter.
4. Jumlah motor yang digunakan berjumlah tiga dengan jenis motor *sport 150cc* dengan bahan bakar pertamax dengan tahun yang berbeda-beda
5. Putaran mesin sepeda motor dalam kondisi rpm *idle*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memperoleh filter yang diharapkan dapat mengurangi konsentrasi $PM_{0,1}$ dari emisi sepeda Motor.

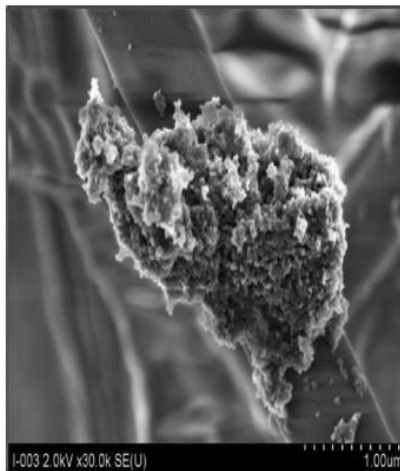
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Polusi Udara.

Polusi udara merupakan pencemaran udara yang dapat berasal dari berbagai sumber, polusi udara terbagi menjadi dua yaitu Gas (CO, NO, SO₂, O₃, VOC) dan Partikel (PM₁₀, PM_{2,5}, PM_{0,1}), untuk polusi pada fase Gas terbagi menjadi dua yaitu Logam berat seperti timbal, merkuri, nikel, perak serta yang lainnya dan *Persistent Organic Pollutant* (POP) seperti dioksidan, pestisida, furans dan PCB (Berglund dkk., 1992)

2.2 *Particulate matter*(PM)

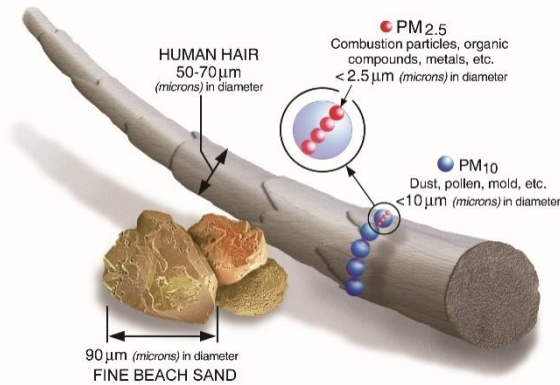
Particulate Matter (PM) merupakan partikel yang keluar dari banyaknya sumber polusi udara mulai dari PM₁₀. PM_{2,5} hingga PM_{0,1} dimana angka-angka tersebut mewakili ukuran partikulat dalam satuan mikro. PM merupakan aerosol yang biasanya diamati pada permukaan, PM menurut ukuran terbagi menjadi *UltraFine* (<0,1µm) *Fine* (0,1-2,5µm) dan *Coarse* (>2,5µm) berikut partikel antara *Fine* yang ditangkap menggunakan SEM pada **Gambar 2.1**



Gambar 2.1 *Fine* partikel terbentuk dari proses pembuangan bahan bakar diesel

Gambar 2.1 diatas merupakan *Fine* partikel yang terbentuk dari buangan bahan bakar diesel dan tetesan partikel basah yang mengandung karbon hitam (Dominici dkk,2014)

PM₁₀ merupakan aerosol yang memiliki ukuran diameter dibawah 10 µm, sedangkan PM_{2,5} memiliki diameter 2,5µm. PM₁₀ dan PM_{2,5} mudah terhirup kedalam pernapasan karena ukuranya yang kecil. Untuk mengetahui perbandingan ukuran PM_{2,5}dapat dilihat **Gambar 2.2** berikut



Gambar 2.2 Kategori PM berdasarkan ukuran diameternya

Sumber: www.epa.gov (2018)

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa PM₁₀ dan PM_{2,5} memiliki ukuran yang tak kasat mata sehingga tidak disadari apabila terhirup dan tidak memiliki efek langsung pada tubuh(USEPA, 2018).

Pada penelitian yang dilakukan di kota besar di China didapati bahwa PM_{2,5} dan PM₁₀ memiliki kemampuan untuk mengikat logam berat seperti Zn, Pb, Mn, dll. Hal tersebut dikarenakan sumber berasalnya PM juga mengandung banyak logam berat salah satunya dari emisi kendaraan bermotor, limbah kimia dan pembakaran batu bara (Lü dkk, 2019)

Pada PM_{0,1} atau yang biasa disebut *UltraFine Particles* (UFP) memiliki karakteristik lain, karena perbedaan massa yang cukup besar dari PM_{2,5} dan PM₁₀ maka UFP jarang diketahui komposisinya. Penelitian di hongkong menunjukkan bahwa

kandungan kimia dari UFP adalah Cd,Cu,Pb,Zn dan Sb dari banyaknya partikel tersebut unsur Cd atau Cadmium merupakan unsur paling berbahaya dari UFP, sehingga disimpulkan bahwa yang berbahaya dari UFP adalah kandungan kimiawi yang reaktif di dalam organ makhluk hidup. Semakin kecil UFP maka semakin tinggi jumlah Partikel yang dapat masuk ke organ tubuh, seperti yang diperlihatkan **Tabel 2.1** berikut

Tabel 2.1 Jumlah dan area PM dengan satuan densitas(Chen dkk., 2016)

Diameter Partikel (nm)	Nomor Partikel ($P \text{ cm}^{-3}$)	Luas permukaan Partikel ($\mu\text{m}^2 \text{ cm}^{-3}$)
5	153000000	12000
20	2400000	3016
100	18750	590
250	1200	24
2500	1.2	12
5000	0,15	12

Sumber: Chen,dkk. (2016)

2.3 Dampak

Dampak dari polusi udara sangatlah beragam mulai dari dampak yang langsung dengan organ paru-paru atau pun tidak. Pada penelitian tahun 2003 pengaruh PM_{10} kepada perempuan menunjukkan bahwa PM_{10} mengakibatkan bronchitis kronis baik pada wanita yang merokok ataupun tidak(Laura G. dkk., 2018). Bahkan menurut Aunan dkk tingkat polusi udara pada daerah kumuh dapat menjadi resiko besar dalam kesehatan terutama pemukiman yang sebagian besarnya masih menggunakan tungku untuk memasak yang menyerang wanita dan anak-anak (Aunan dkk, 2019). Menurut penelitian yang dilakukan oleh de Bont di Barcelona (2012), Sekolah Dasar yang berdekatan dengan sumber polusi udara memiliki resiko 30% muridnya terkena obesitas saat dewasa (de Bont dkk., 2019)

Upaya penanggulangan dampak polusi terutama PM adalah dengan membentuk persepsi publik yang mulai dipertimbangkan dalam penelitian lewat edukasi tentang lingkungan khususnya udara,

karena berpengaruh pada tindakan penanggulangan polusi udara dalam skala luas sehingga dapat meminimalisir dampak polusi udara (Gengdkk, 2019).

Tingkat tarikan nafas yang cepat juga berpengaruh dengan banyak nya jumlah PM yang masuk, hal tersebut diteliti oleh Int. Paris dkk bahwa orang yang bersepeda mendekati jalan raya memiliki tingkat PM 4 hingga 5 kali lebih banyak daripada pengendara mobil (Int Panis dkk., 2010) sedangkan penelitian lain menyimpulkan bahwa tingkat UFP yang terhirup saat bersepeda meninggi jika melewati titik halte, kendaraan diesel, perempatan dan berada di dekat sepeda motor, selain itu didapati bahwa setiap bertambahnya 100 kendaraan di dekat seseorang yang bersepeda maka diikuti dengan kenaikan tingkat UFP sebanyak 1,328 partikel per cm^3 (Qiu dkk., 2019)

2.4 Porositas

Porositas didefinisikan sebagai perbandingan antara pori-pori suatu benda dengan volume benda tersebut (yang terisi dengan fluida baik berupa gas ataupun cairan) terhadap serbuk keseluruhan.

$$\phi = \frac{(mw-mo)}{(mw-ms)} \times 100\% \quad (2-1)$$

dimana mw adalah massa percontoh jenuh, mo adalah masa percontoh kering, dan ms adalah masa pecontoh jenuh dalam air. (Ridha & Darminto, 2016)

2.5 Komposit

Komposit merupakan material yang memiliki karakteristik dari material penyusun lainnya, pada dasarnya komposit adalah material yang terbentuk berdasarkan gabungan antara dua penyusun atau lebih agar menghasilkan material dengan properti mekanik lebih baik dari penyusunya. Salah satu fokus dalam mengembangkan komposit adalah memastikan bahwa adanya ikatan antara matriks dan penguatnya yang dapat terjadi lewat ikatan kimia (Liotier dkk., 2019).

Komposit modern ditemukan sekitar setengah abad yang lalu, bermula dari pembuatan material tahan panas dengan membuat fiber metal sebagai matriks. Pada akhir tahun 60-an dibuatlah polimer yang fibernya sudah diperkuat. Setelahnya ditemukan fiber karbon yang nantinya akan digunakan untuk mengembangkan properti *Ceramic Matrix Composite* (COC) dan sukses pada pembuatan Silicon-Carbon (Mileiko, 2018). Selain itu pada komposit modern ilmuwan membentuk nanokomposit dimana penggabungan dua bahan atau lebih yang berukuran nano (100-1000nm). Nanokomposit memiliki beberapa keuntungan yaitu berenergi rendah, viskositas rendah, pembuatan mudah dan tingkat terjadinya abrasi saat proses permesinan rendah (Hemanth & Suresha, 2017).

Penggunaan bahan yang tidak ramah lingkungan merupakan salah satu fokus komposit. Oleh karena itu, dibuat komposit ramah lingkungan salah satunya komposit bambu dengan matriks epoxy. Menggabungkan sifat bambu yang kuat terhadap gaya dari luar dan sifat mengikat epoxy maka komposit yang dibuat memiliki properti fisis yang lebih tinggi daripada penyusunya (Huang & Young, 2019)

2.6 Tepung Tapioka

Tepung tapioka merupakan tepung yang terbuat dari pati umbi singkong yang dikeringkan dan dihaluskan. Tepung tapioka merupakan produk yang dapat bertahan selama 1-2 tahun dalam penyimpanan apabila dikemas dengan baik. umbi singkong mengandung sebagian besar air, 30%-35% karbohidrat, 1-2% lemak dan 1-2% protein serta sisanya adalah vitamin dan mineral, seperti pada **Tabel 2.2** berikut.

Tabel 2.2 Kandungan nutrisi pada singkong

Penelitian Kandungan	1	2	3	4	5
<i>Moisture</i> (% <i>wet basis</i>)	63.28	59.40	66.00	70.25	61.92
Karbohidrat (% <i>wet basis</i>)	29.73	38.10	26.00	26.58	35.7
Lemak (% <i>wet basis</i>)	0.08	0.20	0.30	0.41	0,10
Serat Kasar (% <i>wet basis</i>)	0.99	0.60	1.00	1.11	0.68
Protein (N x 6.25, % <i>wet basis</i>)	1.18	0.70	1.00	1.12	0.70

Sumber: Breuninger, Piyachomkwan, Sriroth (2009)

Sumber dari **Tabel 2.2** di atas menerangkan bahwa penelitian nomor 1 hingga nomor 4 merupakan penelitian yang dilakukan oleh orang lain dan nomor 5 dilakukan oleh Breuninger dkk yang menunjukkan bahwa Pada hasil pati umbi singkong dapat berubah sesuai dengan kondisi lingkungannya, dari yang terendah pati Singkong adalah 15% dan yang tertinggi adalah 33%. Singkong yang sudah menjadi tepung disebut tepung tapioka yang mengandung tingkat amilosa dan dari segi berat molekul paling tinggi dari tepung tanaman lain seperti yang dapat dilihat pada **Tabel 2.3** ini

Tabel 2.3 Perbandingan kandungan Tapioka dengan Pati lain

	Diameter Granule (μm)	Diameter rata-rata (μm)	Amilase (%)	Amilose rata-rata DP*
Tapioka	4-35	15	17	3000
Kentang	5-100	27	21	3000
Jagung	2-30	10	28	800
Jagung Lunak	2-30	10	0	n.a
Gandum	1-45	bimodal	28	800

*Degree of Polymerization

Sumber: Breuninger, Piyachomkwan, Sriroth. (2009)

Tingkat polimerisasi (*Degree of Polymerization*) merupakan tingkat seberapa cepat amilosa terurai, dari **Tabel 2.3** didapati bahwa tapioka merupakan salah satu yang memiliki tingkat polimerisasi tertinggi dibandingkan pati yang lain (Breuninger dkk., 2009).

2.7 Kokon Ulat Sutra

Ulat sutera merupakan ulat yang menghasilkan benang sutera yang halus dan digemari di dunia busana. Kokon terbentuk saat ulat sutera memasuki fase kepompong, tekstur kokon yang terbentuk sangat unik karena memiliki tekstur yang kasar di luar dan tekstur benang di dalam. Kokon ulat sutera menarik perhatian ilmuwan karena kokon mengandung banyak manfaat antara lain anti-jamur, anti-bakteri, ramah lingkungan, dan dapat diaplikasikan secara luas serta ekonomis. Pada penelitian yang pernah dilakukan kokon yang berinteraksi dengan Silver Nitrate (AgNO_3) berubah menjadi Perak tetapi dengan ukuran nano partikel (Dominici dkk., 2014)

Produk dari ulat sutera mengandung fibroin yang pada komposisinya terbagi menjadi tiga bagian yaitu fibroin rantai berat, fibroin rantai ringan dan P25. Fibroin sendiri merupakan bagian kokon yang berfungsi mengikat DNA dengan cara membuat ulang asam amino sehingga dapat sama dengan ikatan DNA ulat pembuatnya. (Liu dkk., 2019)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Morin & Alam (2016) menunjukkan pada saat fibroin pada kokon diubah menjadi biokomposit, tidak terlihat adanya retakan atau lubang saat dilihat. Selain itu, hasil pencampuran fibroin dengan sericin menunjukkan bahwa campuran tersebut memiliki kesamaan dengan fibroin saat masih murni, hal tersebut menunjukkan bahwa tingkat reaktif dari fibroin tidak terlalu tinggi dan hanya pada hal-hal tertentu saja (Morin & Alam, 2016)

Serat yang dihasilkan oleh hewan memiliki potensi untuk menjadi biokomposit yang lebih baik daripada serat tumbuhan ataupun serat kaca, hal tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2.4** berikut

Tabel 2.4 Perbandingan serat sutera dengan serat lainnya

Tipe Serat	Susunan Tekstil	Densitas area K (gm ⁻²)	vγ Saat P = 2.0 bar (%)
Sutra	Anyaman biaksial	87	57
Sutra	Anyaman biaksial	88	54
Rami	Anyaman biaksial	300-320	29
Kaca (1)	Rajutan biaxial	808	65
Kaca (2)	Jahitan biaksial	1000	61

Sumber:Shah,Porter, Vollrath (2014)

Meskipun kerapatan area pada tekstil dari sutera lebih sedikit daripada tekstil dari tumbuhan tetapi tekstil berbahan sutera memiliki kerapatan anyaman yang lebih tinggi dan porositas antar benangnya lebih rendah. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa sutera memiliki keunggulan yang jauh lebih banyak daripada serat tumbuhan seperti geometri benang yang terbentuk alami, kerapihan fiber yang terbentuk, properti teknis fiber yang dapat digunakan dibanyak bidang(Shah dkk., 2014).

2.8 P-Track *Ultrafine Counter Model 8525*

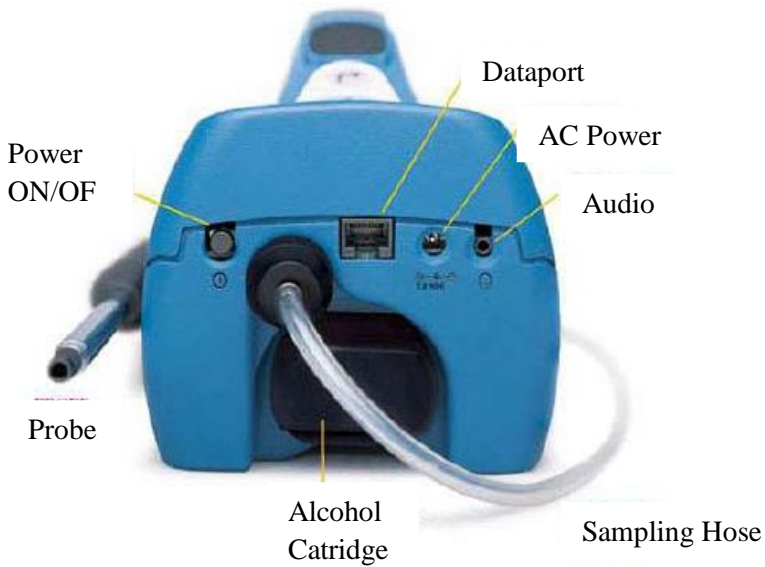
P-Track merupakan alat yang digunakan untuk menghitung partikel *Ultrafine* yang memiliki ukuran lebih kecil dari 0,1 mikrometer dan menandakan adanya polusi pada ruangan tersebut. P-Track memiliki keunggulan yaitu dapat menghitung jumlah partikel *Ultrafine* dari sumber yang tidak terlalu jelas seperti mesin fotokopi dan printer. Keunggulan lainnya adalah lebih mudah digunakan dan memiliki perhitungan *real-time*.

Tabel 2.5Daftar spesifikasi P-Track *Ultrafine counter*

Concentration Range	0 to 5×10^5 particles/cm ³
Particle Size Range	0.02 to greater than 1 micrometer
Temperature Range <i>Operation</i> <i>Storage</i>	32 to 100°F (0 to 38°C) -40 to 160°F (-40 to 70°C)
Flow Rate <i>Sample</i>	100 cm ³ /min
<i>Total</i>	700 cm ³ /min (nominal)
Power Requirement <i>Battery type</i> <i>Battery life</i>	6 AA alkaline 6 hrs at 70°F (21°C)
Alcohol Requirement <i>Type</i>	100% reagent grade isopropyl
Hours per charge	8 hours at 70°F (21°C)
RS232 Output	Baud rate 9600
Size	10.75 in. x 5.5 in. x 5.5 in.(27 cm x 14 cm x 14 cm)
Carrying Case <i>Size</i>	21 in. x 14 in. x 8.3 in. (53 cm x 36 cm x 21 cm)
Weight <i>Instrument with batteries.</i>	3.8 lbs (1.7 kg)
<i>Instrument with accessories in case.</i>	16.8 lbs (7.7 kg)
<i>Shipping Weight</i>	23 lbs (10.5 kg)
Factory Recalibration Interval	One year
Warranty	Two years on parts and labor
Computer Requirement	PC with Microsoft Windows® 95, 98 or NT; Windows-compatible printer; 5 MB hard disk space; and

	available RS232 serial port (for downloading)
--	---

Sedangkan, berikut merupakan bagian-bagian P-Track dapat dilihat pada **Gambar 2.3**



Gambar 2.3 Bagian-bagian TSI P-Track

Sumber: TSI Manual (2013)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika, Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Laboratorium Air Quality and Astro Imaging Jurusan Fisika, Fakultas MIPA Universitas Brawijaya dan Laboratorium Material Jurusan Fisika, Fakultas MIPA Universitas Brawijaya. Adapun rentang waktu dilaksanakan penelitian pada bulan Agustus 2018 hingga Februari 2019.

3.2 Alat dan Bahan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat dan bahan sebagai berikut:

3.2.1 Alat

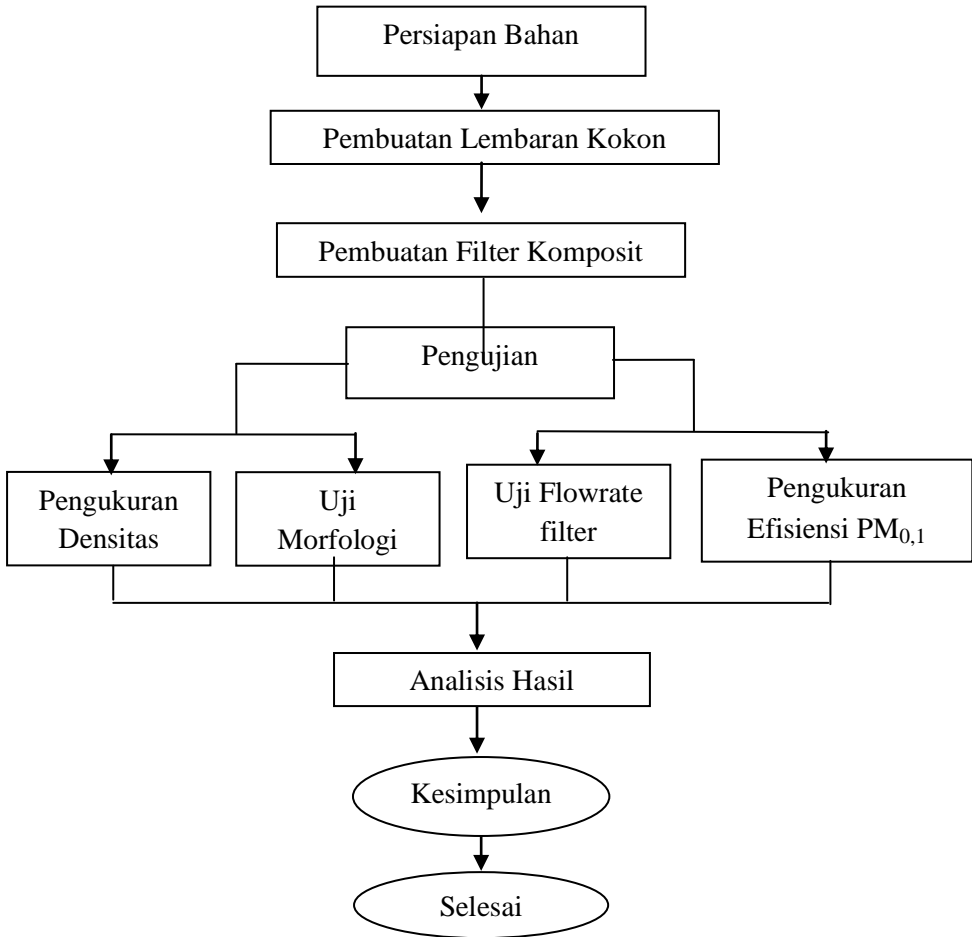
1. Neraca Analitik JM-C500.
2. Jangka Sorong
3. Handheld air Tester (Hinaway, CW-Hat200S)
4. TSI P-Track *UltraFine Particle Counter* Model 8528
5. Sepeda Motor Uji (M1, M2 dan M3) jenis Motor *Sport150cc*
6. Pipa PVC
7. Gunting
8. Mistar
9. Lakban hitam
10. Kuas
11. Mikrometer Sekrup

3.2.2 Bahan

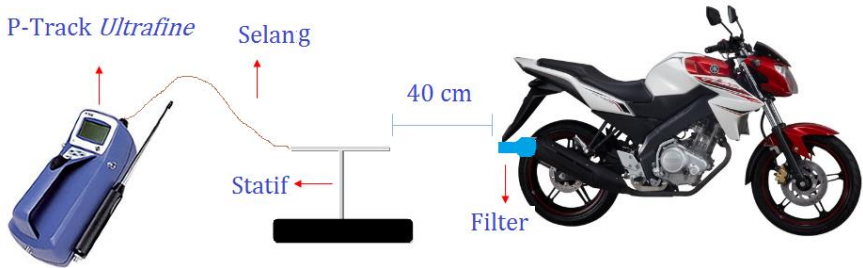
1. Limbah Kokon ulat sutera emas *Circula trifenestrata*
2. Tepung Tapioka
3. Benang sutera berwarna emas

3.3 Tahap penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan seperti berikut:



Gambar 3.1 Skema Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Skema pengambilan data

3.3.1 Preparasi Bahan

Pada tahap ini, dimulai dengan melakukan pembersihan pada kokon. Proses pembersihan kokon dilakukan untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang masih menempel pada kokon seperti sisa-sisa ulat yang masih tertinggal didalamnya ataupun benang-benang sutra yang masih menempel di kulit limbah kokon. Proses ini menghasilkan limbah kokon yang sudah bersih dari kotoran-kotoran yang tidak diperlukan

3.3.1.1 Pembuatan Lembaran Kokon

Pembuatan lembaran kokon dilakukan dengan cara kokon-kokon yang dijahit ditumpuk sesuai dengan lapis yang diinginkan dan dibiarkan berbentuk persegi agar mudah pada saat dijahit. Setelah itu, satu persatu kokon dijahit hingga diperoleh ukuran sampel 6 cm x 6 cm. Lalu, sampel dipotong sesuai dengan ukuran lubang knalpot yakni dipotong hingga membentuk lingkaran dengan diameter 5,08 cm. Setelah dipotong. Sampel-sampel yang dihasilkan selanjutnya diberi label sesuai dengan jumlah lapisan dan massanya. Sampel dengan satu lapisan diberi label F1, jika berlapis dua diberi label F2 dan lapis tiga diberi label F3. Jika sudah maka dihasilkan lembaran-lembaran kokon berlapis satu, dua dan tiga berbentuk lingkaran.

3.3.1.2 Pembuatan Filter Komposit

Lembaran Kokon diberikan matriks, pemberian matriks yang digunakan yakni tepung tapioka. Pemberian matriks dilakukan

dengan menggunakan metode *Hand Lay-up*, yakni metode paling sederhana dalam membuat komposit yaitu dengan caramengoleskan tepung tapioka pada permukaan nya secara merata menggunakan kuas kecil sesuai dengan ketebalan yang diinginkan. Setelah itu sampel dikeringkan dengan cara diangin-anginkan sekitar 12 jam, dan sampel ditimbang menggunakan neraca digital sebagai nilai massa dari filter komposit.Maka dihasilkan komposit yang tersusun dari limbah kokon yang berbentuk lingkaran dan matriks yang berasal dari tepung tapioka.

3.3.1.3 Pengujian Karakterisasi Filter

a. Pengukuran Dimensi Filter

Pengukuran Dimensi Filter dilakukan untuk mengetahui berapa diameter filter, massa filter, dan ketebalan filter. Diameter diukur menggunakan jangka sorong pada tiga posisi yang berbeda. (**Gambar 3.3**)



Gambar 3.3 Pengukuran Diameter filter

Kemudian filter diukur ketebalannya menggunakan mikrometer sekrup yang dilakukan pada tiga tempat berbeda untuk masing-masing filter (**Gambar 3.4**)



Gambar 3.4 Pengukuran Ketebalan filter

Massa filter diukur menggunakan neraca digital dengan ketelitian 0,001 gram. Pengukuran massa filter dilakukan sebanyak tiga kali untuk setiap sampel filternya .

b. Uji Morfologi

Uji porositas dilakukan untuk mengetahui bentuk dan sebaran porositas pada suatu filter menggunakan mikroskop optik, kemudian dibandingkan dengan ukuran $PM_{0,1}$ (**Gambar 3.5**)



Gambar 3.5 Pengujian Morfologi Filter

c. Uji *Flowrate*

Uji *flowrate* dilakukan guna mengetahui ketahanan fisik filter yang digunakan saat tertumbuk emisi dari sepeda motor. Serta, mengetahui tingkat kelolosan gas dari filter dalam menyaring emisi sepeda motor. Pengujian *flowrate* dilakukan dengan cara mengukur laju aliran asap dengan cara mensimulasikannya menggunakan *blower* yang dihubungkan dengan pipa PVC seperti pada **Gambar 3.6**



Gambar 3.6 Pengujian Flowrate Filter

3.3.1.4 Pengukuran Konsentrasi Filter

Pada tahap ini, filter komposit di uji satu persatu pada motor *sport* kategori *150cc*, menggunakan alat *P-track* untuk mengetahui konsentrasi $PM_{0,1}$ dari emisi gas buang knalpot sebelum dan setelah dikenakan filter. Sehingga dapat diketahui efisiensi dari filter tersebut terhadap $PM_{0,1}$. Pada pengujian juga digunakan alat *Q-track* yakni untuk mengetahui nilai dari kelembaban ambient dan kadar CO dari emisi gas buang knalpot. Selain itu diukur juga temperatur dari sistem buang knalpot dengan menempelkan satu buah termometer kopel pada leher knalpot sebagai nilai temperatur masukan (T_{in}) dan satu buah termometer kopel pada filter sebagai nilai temperatur keluaran (T_{out}).

3.3.1.5 Analisis Hasil

Pada pengujian yang dilakukan filter dapat dikategorikan memiliki efisiensi yang meningkat dengan cara nilai pada F_0 atau

tanpa filter lebih tinggi daripada konsentrasi lapis satu, dua dan tiga, dalam bahasa matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$\text{Efisiensi} = \frac{F_0 - F_n}{F_0} \times 100\% \quad (3-1)$$

Dimana efisiensi tersebut terjadi juga dilihat dari stabil tidaknya angka yang keluar pada alat *P-track*, semakin tinggi angkanya maka semakin kotor emisi gas yang keluar, sedangkan pada *Q-trak* gas emisi dikatakan kotor jika semakin tinggi nilai CO nya. Hasil dapat dikatakan tidak valid apabila nilai CO terlalu tinggi dan kelembaban yang ada di udara lebih dari 77%.

Pengukuran Densitas (ρ) Filter dilakukan dengan cara mengukur dimensi filter berdasarkan rasio massa filter (m) dan Volume filter (V) yang tertera pada persamaan berikut.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3-2)$$

Dimana nilai ρ adalah nilai densitas yang dicari, sedangkan m adalah massa filter dan V adalah nilai volume filter.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

HASIL & PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Filter

Preparasi bahan dan alat digunakan untuk membuat filter menghasilkan filter limbah kokon dan tepung tapioka menghasilkan komposit yang berfungsi sebagai filter dengan variasi ketebalan lapis satu, dua dan tiga, seperti yang terlihat pada Gambar 4.1, Gambar 4.2, dan Gambar 4.3.



Gambar 4.1 Filter Tepung Tapioka 1 lapis



Gambar 4.2 Filter Tepung Tapioka 2 lapis



Gambar 4.3 Filter Tepung Tapioka 3 lapis

Filter yang dihasilkan memiliki warna kecoklatan dengan tekstur yang bergelombang, tekstur tersebut didapatkan karena secara alamiah limbah kokon yang dihasilkan oleh ulat sutra s memiliki bentuk lengkung. Pada lubang porositas nya terlihat lapisan yang samar-samar jika dipandang dengan kasat mata yaitu matriks yang berupa lem tepung tapioka. Filter limbah kokon dengan matriks tepung tapioka memilikikarakteristik mekanis yang dapat dilihat dengan pengukuran densitas dan uji morfologi sedangkan, karakteristik fisinya menggunakan uji *flowrated* dan uji konsentrasi.

4.2 Hasil Uji Karakteristik Fisis Filter

Pengujian Karakteristik fisis filter dapat dilakukan dengan cara Mengukur Densitas dan Uji Morfologi.

4.2.1 Pengukuran Densitas

Pengukuran densitas filter dilakukan dengan cara menghitung massa filter dan volume nya serta ketebalan filter yang dirata-rata dan didapatkan hasil seperti pada tabel berikut.

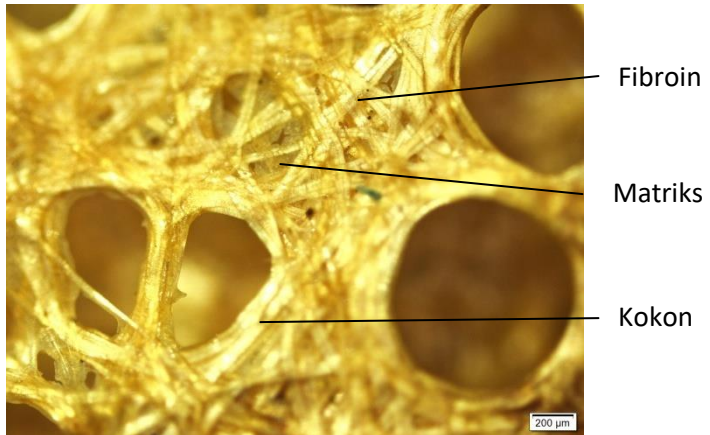
Tabel 4.1 Hasil pengukuran densitas filter

	Massa filter (g)	Ketebalan filter (cm)	Volume filter (cm ³)	Densitas filter (g/cm ³)
F1	0,257	0,183	4,739	0,055
F2	0,483	0,423	11,173	0,043
F3	0,722	0,543	14,595	0,050

Tabel 4.1 tersebut menunjukkan bertambahnya nilai massa dan ketebalan berpengaruh dengan meningkatnya nilai volume filter. Pengukuran dilakukan dengan cara analitik yaitu dengan mengukur massa filter yang dibagi dengan volume filternya yang menghasilkan nilai densitas rata-rata yang sama untuk setiap filter yaitu ± 0.050 g/cm³. Nilai densitas yang relatif sama menunjukkan bahwa bahan dasar filter merupakan bahan dasar yang homogen

4.2.2 Pengujian Morfologi

Pengujian morfologi dilakukan guna mendapatkan gambaran fisis bagaimana bentuk permukaan dari filter yang digunakan dan bentuk matriks tepung tapioka pada filter yang dapat dilihat pada **Gambar 4.4**



Gambar 4.4 Morfologi permukaan filter TT limbah kokon 1 lapis (F1) dengan perbesaran 25x

Bila dilihat dari **Gambar 4.4** dapat dilihat benang-benang fibroin yang menyusun limbah kokon dan matriks tepung tapioka. Fibroin dan matriks tepung tapioka memiliki peran meningkatkan kapasitas *blocking* sehingga partikulat semakin banyak yang tersaring pada filter, dimana ketebalan juga mempengaruhi peningkatan faktor *blocking*. Jika dianalisa dari **Gambar 4.4** diatas maka dapat dilihat bahwa porositas dalam permukaan filter berbeda-beda dan terjadi persebaran pori-pori makro secara acak.

4.2.3 Uji *flowrate*

Uji Fisis pada penelitian ini menggunakan uji *flowrate* dan uji konsentrasi partikulat untuk uji *flowrate* dilakukan dengan cara merangkai simulasi knalpot menggunakan *Blower*. Simulasi tersebut menggunakan perbandingan sebelum dan sesudah filter dipasang.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat *blocking* filter, yang tertera pada **Tabel 4.2** baik filter lapis satu, dua dan tiga.

Tabel 4.2 Hasil pengukuran *flowrate* seluruh varian lapis 5 menit

Lapis	F0	Filter	Kelolosan(%)
F1	7,15 ±0,59	3,93±0,22	54,98
F2	7,15 ±0,59	3,30 ±0,08	46,24
F3	7,15 ±0,59	3,00 ±0,06	41,92

Dari **Tabel 4.2** menunjukkan semakin tebal lapis filter tersebut maka semakin tinggi pula tingkat *blocking* filter. Pada simulasi tersebut filter yang digunakan masih dalam keadaan baik (tidak rusak) hal tersebut menunjukkan bahwa filter limbah kokon dapat menahan laju aliran asap dan memiliki sifat *blocking* dalam tahap yang masih bisa dimaklumi.

4.2.4 Pengukuran Konsentrasi PM_{0,1}

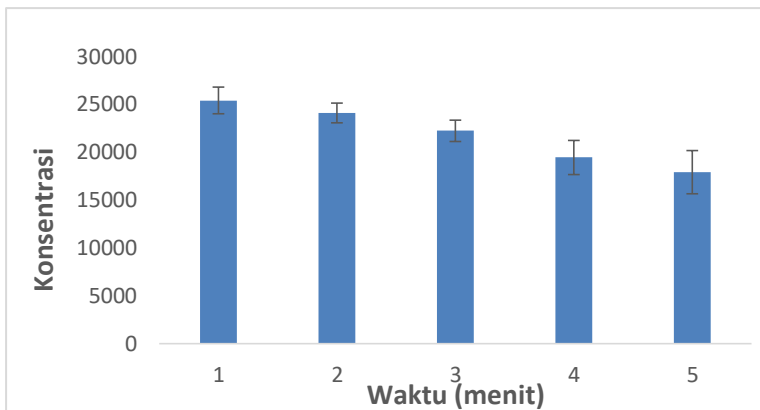
Konsentrasi merupakan ukuran yang menggambarkan banyaknya zat dalam suatu campuran dibagi dengan volume campuran tersebut. Pengukuran konsentrasi PM_{0,1} dapat dilihat pada **Tabel 4.3**

Tabel 4.3 Hasil pengukuran konsentrasi PM_{0,1} seluruh varian lapis dalam waktu 5 menit

Waktu (Menit)	M1 (x10 ² pt/cc)		
	F1	F2	F3
1	267	256	239
2	252	237	233
3	224	211	233
4	215	188	181
5	204	173	160

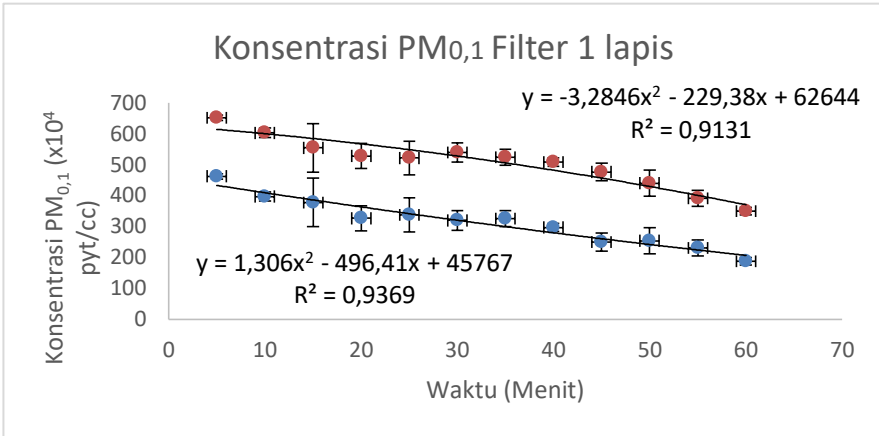
Waktu (Menit)	M2 ($\times 10^2$ pt/cc)		
	F1	F2	F3
1	254	240	228
2	238	237	218
3	203	190	176
4	195	160	147
5	196	178	128
Waktu (Menit)	M3 ($\times 10^2$ pt/cc)		
	F1	F2	F3
1	237	210	203
2	221	190	190
3	159	164	134
4	162	150	123
5	169	138	110

Pada **Tabel 4.3** diatas terlihat konsentrasi $PM_{0,1}$ mengalami penurunan secara signifikan setelah melewati filter. Pengurangan konsentrasi terhadap waktu dapat dilihat pada **Gambar 4.5** berikut.



Gambar 4.5 Grafik penurunan konsentrasi $PM_{0,1}$ dalam waktu 5 menit

Konsentrasi $PM_{0,1}$ mengalami penurunan dalam waktu 5 menit pada filter tersebut, guna melihat konsistensi filter yang efisien maka dibuat *secondary data* selama 1 jam dengan penurunan konsentrasi seperti yang terlihat pada **Gambar 4.6** berikut



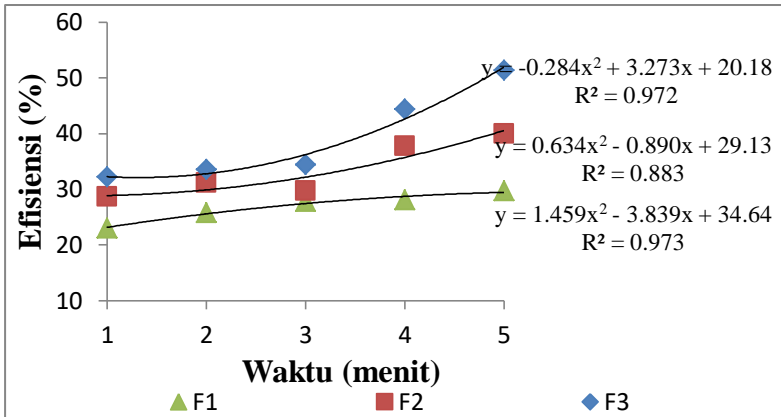
Gambar 4.6 Grafik Hasil konsentrasi $PM_{0,1}$ 1 jam

Dari **Gambar 4.6** diatas didapati bahwa secara keseluruhan konsentrasi $PM_{0,1}$ mengalami penurunan signifikan setelah melewati filter dengan cara membandingkan konsentrasi tanpa filter dan setelah dipasang filter

Pengukuran efisiensi pada $PM_{0,1}$ di filter ini dilakukan pada filter tepung tapioka dengan varian lapis satu, dua dan tiga pada tiga motor berbahan bakar pertamax dan memiliki cc 150. Pengukuran efisiensi dilakukan dengan cara konsentrasi akhir $PM_{0,1}$ dikurangi konsentrasi $PM_{0,1}$ tanpa filter.

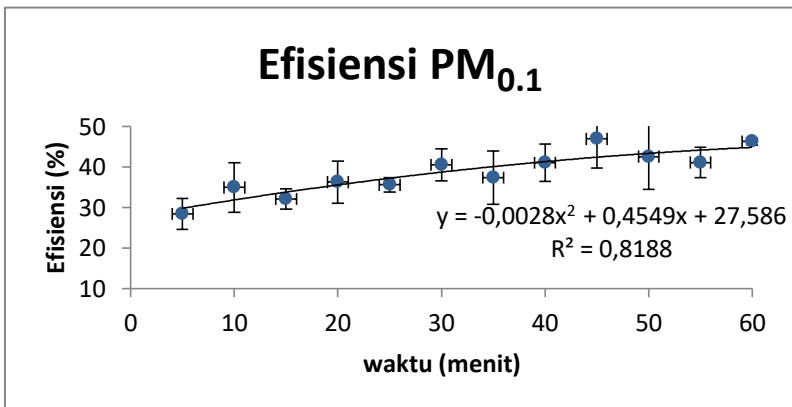
4.3 Efisiensi Filter

Efisiensi merupakan indikator berfungsi atau tidaknya filter yang digunakan. Efisiensi sendiri dapat didefinisikan sebagai perbandingan konsentrasi akhir dengan konsentrasi awal terhadap konsentrasi awal



Gambar 4.7 Grafik efisiensi filter pada PM_{0,15} menit

Dari **Gambar 4.7** dapat dilihat bahwa semakin lama waktu yang ditempuh maka semakin tinggi pula persen efisiensinya hal tersebut dikarenakan banyaknya lapis juga membuat faktor *blocking* meninggi pada konsentrasi. Pada lapis 1 diketahui memiliki efisiensi rata-rata sebesar 27% sedangkan pada motor 2 sebesar 33% dan motor 3 sebesar 39% yang memiliki kenaikan signifikan. Pada lapis yang berbeda maka efisiensi memiliki pola yang sama hanya saja dengan efisiensi yang lebih tinggi daripada lapis sebelumnya.



Gambar 4.8 Grafik efisiensi filter F1 pada PM_{0,1} 60 menit

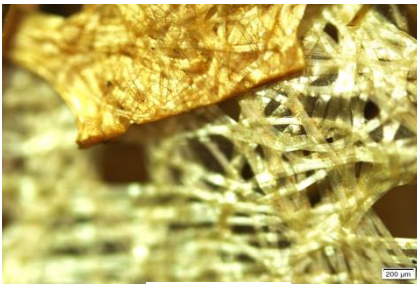
Dari **Gambar 4.8** didapati grafik dengan nilai efisiensi yang fluktuatif tetapi memiliki trendline yang meningkat secara signifikan hal tersebut menunjukkan bahwa semakin lama waktu penggunaannya selama 60 menit, maka semakin efektif filter tersebut menyaring $PM_{0,1}$ saat melewati filter.

4.4 Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan sebuah pengembangan filter limbah kokon yang ditambahkan matriks dari lem tepung tapioka menggunakan variasi filter yaitu lapis 1, lapis 2, dan lapis 3 hal tersebut guna mencari lapis mana yang menghasilkan efisiensi terbaik. Dari data yang telah diperoleh maka semakin tinggi ketebalannya maka semakin tinggi pula efisiensinya. Nilai efisiensi pada filter dipengaruhi oleh berbagai macam faktor.

Faktor pertama adalah ketebalan filter yang digunakan, semakin tebal lapisan maka semakin tinggi efisiensi. Hal tersebut disimpulkan dari informasi data yang diambil, hal tersebut juga terjadi dikarenakan pada saat melewati filter, konsentrasi $PM_{0,1}$ tertahan pada serat fibroin dan matriks sebagai penyusun filter dimana $PM_{0,1}$ yang tertahan akan menjadi endapan sehingga tidak melewati filter. Semakin tebal lapisannya maka semakin lama waktu yang dibutuhkan PM untuk melewati filter, sehingga semakin tinggi kemungkinan terjadinya interaksi PM terhadap filter yang juga meningkatkan kemungkinan tersaringnya PM .

Faktor kedua adalah dengan melihat sebaran pori secara acak pada filter yang berbeda lapis, seperti pada **Gambar 4.9** berikut



(a)



(b)

Gambar 4.9 (a) Morfologi permukaan filter TT limbah kokon lapis 1, (b) Permukaan filter TT limbah kokon lapis 2, perbesaran 25x

Dari **Gambar 4.9** diatas, dapat terlihat bahwa filter dengan lapis lebih banyak memiliki benang-benang fibroin lebih banyak sehingga $PM_{0,1}$ semakin banyak yang tidak melewati filter dan meningkatkan efisiensi. Selain itu ditinjau dari penelitian sebelumnya bahwa limbah kokon memiliki kandungan Kalsium yang cukup tinggi sehingga menaikkan kemungkinan terikatnya $PM_{0,1}$ pada filter yang berlapis lebih banyak. Selain itu, adanya tambahan matriks pada limbah kokon juga menambah faktor berkurangnya konsentrasi $PM_{0,1}$ untuk keluar.

Faktor Ketiga yang mempengaruhi efisiensi adalah *flowrate* dimana kecepatan aliran asap mempengaruhi kecepatan $PM_{0,1}$ sehingga semakin cepat aliran asap nya maka semakin banyak $PM_{0,1}$ yang melewati filter. Pada *flowrate* 5 menit didapati nilai *blocking* per-lapis seperti yang ditunjukkan tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 *Flowrate* $PM_{0,1}$ 5 menit

Lapis	F0	Filter	<i>blocking</i> (%)
F1	7,15 ±0,59	3,93 ± 0,22	45,02
F2	7,15 ±0,59	3,30 ±0,08	53,76
F3	7,15 ±0,59	3,00 ±0,06	58,08

Dari **Tabel 4.4** didapati nilai *blocking* setiap lapisnya meningkat. Nilai *blocking* berpengaruh kepada nilai efisiensi karena nilai efisiensi filter komposit yang didapatkan diatas merupakan efisiensi total dari fenomena terukur dan tidak terukur yang terjadi dan

efisiensi filter. Oleh karena itu efisiensi filter dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut.

$$E_{fmurni} = E_f \times \text{Blocking} \quad (4.1)$$

Dimana pada persamaan (4.1) diatas dilakukan dengan meniadakan faktor *blocking* karena merupakan faktor yang dapat diukur. Berikut nilai efisiensi setelah meniadakan faktor *blocking* nya.

Setelah dikurangi nilai *blocking* didapati nilai efisiensi seperti ditunjukkan **Tabel 4.5** berikut

Tabel 4.5 Efisiensi filter 5 menit setelah dikurangi nilai *Blocking*

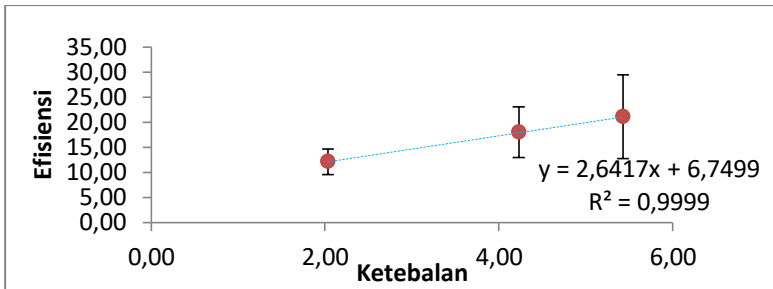
Waktu (menit)	Efisiensi (%)		
	F1	F2	F3
1	10,4	15,4	17,3
2	11,6	16,7	18
3	12,5	16	18,5
4	12,6	20,3	23,8
5	13,4	21,5	27,6

Tabel 4.5 diatas merupakan nilai efisiensi sebenarnya dimana sudah dikurangi oleh faktor *blocking*.

Dari pola *trendline* yang didapati pada **Gambar 4.7** dapat disimpulkan bahwa dari ketiga filter komposit yang dihasilkan, filter yang paling baik digunakan adalah filter F1 hal tersebut dikarenakan filter F1 memiliki pola *trendline* yang cenderung mengalami stagnan sehingga terlihat memiliki konsistensi. Konsistensi filter 1 lapis juga dibuktikan dari *trendline* efisiensi dalam waktu 60 menit yang menunjukkan pola yang stagnan dan akan diperkirakan tetap stagnan setelah melewati waktu 60 menit.

Filter F2 dan F3 meskipun memiliki nilai efisiensi yang terus meningkat seiring waktu tetapi saat melewati waktu yang ditentukan diperkirakan, pola tersebut tidak sesuai dengan fakta di lapangan karena akan menyentuh titik efisiensi 100% yang merupakan titik saturasi.

Sedangkan pada pengamatan yang dilakukan, didapati nilai yang mempengaruhi efisiensi yaitu ketebalan filter, didapati bahwa efisiensi meningkat seiring dengan meningkatnya ketebalan pada filter, hal tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4.10** berikut



Gambar 4.10 Grafik efisiensi filter terhadap ketebalan filter

Pada **Gambar 4.10** dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya nilai ketebalan maka semakin meningkat juga efisiensi filter, tetapi perlu diingat bahwa titik maksimum untuk efisiensi adalah 100% (titik saturasi) sehingga kenaikan efisiensi memiliki batas.

Berdasarkan penelitian di lapangan, didapati bahwa semakin cepat aliran udara yang terjadi maka relatif semakin tinggi suhunya. Hal tersebut dikarenakan saat suhu meningkat maka partikulat yang ada di dalam knalpot memiliki gerak cepat acak sehingga lebih mudah untuk terbawa aliran udara. Gerak partikulat yang acak memiliki kemungkinan untuk menghasilkan turbulensi udara di luar filter. Turbulensi yang terjadi dapat berperan sebagai filter sekunder dan menyaring $PM_{0,1}$ yang melewati filter.

Turbulensi merupakan kejadian dimana udara bergerak secara acak dengan pola yang tidak menentu. Terjadinya turbulensi di luar filter dikarenakan adanya perbedaan suhu didalam knalpot dan lingkungan. Pada saat PM melewati filter, dari suhu yang tinggi di dalam knalpot ke suhu yang lebih rendah di luar knalpot menyebabkan perubahan tekanan dan laju aliran PM sehingga PM yang keluar bergerak acak ke segala arah. Gerakan acak

tersebut dapat membuat efisiensi meningkat, karena turbulensi dapat berperan sebagai filter sekunder dalam menyaring $PM_{0,1}$ sehingga konsentrasi yang keluar tersaring lagi dan membuat $PM_{0,1}$ yang sudah melewati filter berkurang.

Terjadinya turbulensi dalam suatu sistem dapat diketahui dengan menghitung bilangan Reynold menggunakan persamaan matematis sebagai berikut.

$$R = \frac{v D \rho}{\mu} \quad (4.2)$$

Dimana v merupakan kecepatan udara pada titik yang diukur, sedangkan D merupakan diameter pipa dan ρ merupakan densitas udara, simbol μ merupakan densitas $PM_{0,1}$. Perhitungan bilangan Reynold menunjukkan nilai 4743 yang melebihi dari nilai 3000 yang berarti terjadi turbulen pada saat melewati filter. Turbulensi yang terjadi juga memicu Gerak Brown dimana PM bergerak tak menentu ke segala arah.

Pada pengukuran konsentrasi satuan pt/cc merupakan jumlah $PM_{0,1}$ per satuan volume asap. Asap pada emisi sepeda motor adalah udara dengan kandungan PM dan gas, oleh karena itu jumlah konsentrasi partikel keseluruhan dapat dihitung menggunakan persamaan debit sebagai berikut,

$$Q = A \cdot v \quad (4.3)$$

$$Q = V/t \quad (4.4)$$

dimana nilai A adalah nilai dari luas permukaan filter dan v adalah kecepatan aliran udara, sedangkan nilai V merupakan nilai Volume dan nilai t merupakan satuan waktu.

Nilai konsentrasi untuk $PM_{0,1}$ dapat diketahui dari persamaan (4.5) berikut

$$C = \frac{N}{V} \quad (4.5)$$

Pada persamaan (4.5) diatas nilai C adalah nilai konsentrasi dan nilai N merupakan jumlah partikel yang terbaca. Persamaan diatas digunakan untuk memperhitungkan kemampuan filter dalam menangkap $PM_{0,1}$.

Penghitungan dilakukan dengan menghitung integral dari persamaan grafik konsentrasi yang dihasilkan. Konsentrasi F0 ditunjukkan dengan persamaan

$$y_1 = -3,284x^3 - 229,3x^2 + 62644 \quad (4.6)$$

Sedangkan, konsentrasi F1 dengan persamaan

$$y_2 = 1,036x^3 - 496,4x^2 + 45767 \quad (4.7)$$

dimana persamaan (4.6) adalah persamaan yang mengacu pada kondisi tanpadipasang filter (F0) sedangkan persamaan (4.7) mengacu pada kondisi sudah dipasang filter (F1). Persamaan (4.6) dan (4.7) diintegalkan dengan mencangkup waktu 0 hingga 60 menit sebagai sumbu x dan didapati persamaan

$$y_1 = -1,092x^3 - 114,65x^2 + 62644x \quad (4.8)$$

$$y_2 = 0,435x^3 - 248,2x^2 + 45767x \quad (4.9)$$

jika dimasukan nilai x pada persamaan (4.8) dan (4.9) maka didapatkan nilai konsentrasi total masing-masing persamaan tersebut adalah $3,1 \times 10^6$ pt/cc dan $1,9 \times 10^6$ pt/cc. dimana keduanya memiliki selisih $1,1 \times 10^6$ pt/cc

Selisih yang dihasilkan merupakan konsentrasi total yang ditangkap oleh filter komposit yang digunakan. Sehingga ,untuk mengetahui banyaknya jumlah partikel yang tersaring dilakukan pendekatan dari persamaan (4.3) dan (4.5) dan didapati persamaan

$$N = C. t. Q \quad (4.10)$$

sehingga didapatkan hasil $28,7 \times 10^6$ yang juga merupakan banyaknya partikel yang ditangkap filter F1 dalam setiap detiknya

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN & SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

- 1) Telah dihasilkan lembaran filter komposit berbahan serat limbah kokon dengan penambahan matriks tepung tapioka.
- 2) Hasil filter komposit yang didapatkan memiliki karakteristik fisis berupa lembaran berbentuk lingkaran, yang berwarna coklat keemasan dan mengkilat, serta memiliki tekstur yang kaku. Filter memiliki densitas bekisar $0,043\text{g/cm}^3$ - $0,055\text{g/cm}^3$ dan dapat meloloskan aliran udara sebesar 42-55%. Selain itu filter F1 memiliki kemampuan menangkap jumlah partikel sebanyak $28,7 \times 10^6$ partikel setiap detik nya
- 3) Efisiensi filter komposit berbahan limbah kokon dengan matriks tepung tapioka mampu memfilter emisi dengan baik. Penambahan nilai ketebalan pada filter dapat meningkatkan efisiensi filter. Hal ini dibuktikan dengan meningkatnya efisiensi seiring dengan bertambahnya ketebalan yaitu bekisar 12-21%

5.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat meneliti dan mengkarakterisasi filter yang memiliki daya ikat PM tinggi dengan tingkat *blocking* yang rendah dengan adanya penambahan lapis filter dengan menggunakan bahan yang berbeda dan lebih ramah lingkungan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Aunan, K., Hansen, M. H., Liu, Z., & Wang, S. (2019). The Hidden Hazard of Household Air Pollution in Rural China. *Environmental Science and Policy*, 93(December 2018), 27–33. <https://doi.org/10,1016/j.envsci.2018.12.004>
- Berglund, B., Brunekreef, B., Knöppe, H., Lindvall, T., Maroni, M., Møhlhave, L., & Skov, P. (1992). *Effects of Indoor Air Pollution on Human Health. Indoor Air* (2nd ed., Vol. 2). Elsevier Inc. <https://doi.org/10,1111/j.1600-0668.1992.02-21.x>
- BPS, Badan Pusat Statistik. (2018). Jumlah Kendaraan Bermotor. Retrieved from <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>
- Breuninger, W. F., Piyachomkwan, K., & Sriroth, K. (2009). *Tapioca/Cassava Starch: Production and Use. Starch* (Third Edit). Elsevier Inc. <https://doi.org/10,1016/B978-0-12-746275-2.00012-4>
- Chen, R., Hu, B., Liu, Y., Xu, J., Yang, G., Xu, D., & Chen, C. (2016). *Beyond PM2.5: The role of ultraFine particles on adverse health effects of air pollution. Biochimica et Biophysica Acta - General Subjects* (Vol. 1860). Elsevier B.V. <https://doi.org/10,1016/j.bbagen.2016.03.019>
- de Bont, J., Casas, M., Barrera-Gómez, J., Cirach, M., Rivas, I., Valvi, D., ... Vrijheid, M. (2019). Ambient air pollution and overweight and obesity in school-aged children in Barcelona, Spain. *Environment International*, 125(September 2018), 58–64. <https://doi.org/10,1016/j.envint.2019.01.048>
- Dominici, F., Greenstone, M., & Sunstein, C. R. (2014). *Science and regulation. Particulate matter matters. Science (New York, N.Y.)* (Vol. 344). <https://doi.org/10,1126/science.1247348>
- Geng, L., Wu, Z., Zhang, S., & Zhou, K. (2019). The end effect in air pollution: The role of perceived difference. *Journal of Environmental Management*, 232(April 2018), 413–420.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.056>

Hemanth, R., & Suresha, B. (2017). *What are microfibrillar and nanofibrillar composites? Basic concept, characterization, and application. Micro and Nano Fibrillar Composites (MFCs and NFCs) from Polymer Blends*. Elsevier Ltd.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101991-7.00003-0>

Huang, J. K., & Young, W. Bin. (2019). The mechanical, hygral, and interfacial strength of continuous bamboo fiber reinforced epoxy composites. *Composites Part B: Engineering*, 166, 272–283. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.12.013>

Int Panis, L., de Geus, B., Vandebulcke, G., Willems, H., Degraeuwe, B., Bleux, N., ... Meeusen, R. (2010). Exposure to *particulate matter* in traffic: A comparison of cyclists and car passengers. *Atmospheric Environment*, 44(19), 2263–2270.

<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.04.028>

Laura G., H., Michael T., Y., Joshua P., K., Adam A., S., Katie M., O., Dale P., S., ... Joel D., K. (2018). Ambient air pollution and chronic bronchitis in a cohort of U.S. Women. *Environmental Health Perspectives*, 126(2), 27005.

<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1289/EHP2199>

Liotier, P. J., Pucci, M. F., Le Duigou, A., Kervoelen, A., Tirilló, J., Sarasini, F., & Drapier, S. (2019). Role of interface formation versus fibres properties in the mechanical behaviour of bio-based composites manufactured by Liquid Composite Molding processes. *Composites Part B: Engineering*, 163, 86–95.

<https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.10.103>

Liu, L., Wang, Y., Li, Y., Guo, P., Liu, C., Li, Z., ... He, H. (2019). Insights into the repression of fibroin modulator binding protein-1 on the transcription of fibroin H-chain during molting in *Bombyx mori*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 104(December 2018), 39–49.

<https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2018.12.004>

Lü, H., Huang, Y.-H., Huang, X.-J., & Cai, Q.-Y. (2019). *The state*

- of particulate matter contamination, particulate matter-bound heavy metals, and persistent organic pollutants (POPs) in megacities, China. Current Opinion in Environmental Science & Health* (Vol. 8). Elsevier B.V.
<https://doi.org/10,1016/j.coesh.2019.01.001>
- Mileiko, S. T. (2018). High temperature molybdenum matrix composites. *Ceramics International*.
<https://doi.org/10,1016/j.ceramint.2018.08.296>
- Moeliono, M., & Siregar, Y. (2012). Rekayasa Bahan Baku Sutera Dan Limbah Kokon Untuk Rompi Tahan Peluru. *Jurnal Riset Industri, VI*(1), 1–12.
- Morin, A., & Alam, P. (2016). Comparing the properties of Bombyx mori silk cocoons against sericin-fibroin regummed biocomposite sheets. *Materials Science and Engineering C, 65*, 215–220. <https://doi.org/10,1016/j.msec.2016.04.026>
- Qiu, Z., Wang, W., Zheng, J., & Lv, H. (2019). Exposure assessment of cyclists to UFP and PM on urban routes in Xi'an, China. *Environmental Pollution, 250*, 241–250.
<https://doi.org/10,1016/j.envpol.2019.03.129>
- Ridha, M., & Darminto, D. (2016). Analisis Densitas, Porositas, dan Struktur Mikro Batu Apung Lombok dengan Variasi Lokasi dan Kedalaman. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya, 12*(3), 124–129. <https://doi.org/10,12962/j24604682.v12i3.1403>
- Shah, D. U., Porter, D., & Vollrath, F. (2014). Opportunities for silk textiles in reinforced biocomposites: Studying through-thickness compaction behaviour. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 62*, 1–10.
<https://doi.org/10,1016/j.compositesa.2014.03.008>
- TSI, Test System Integration. (2013). P-TRAK ULTRAFINE PARTICLE COUNTER MODEL 8525 - Operation and Service Manual. Retrieved from <https://www.tsi.com/p-trak-ultraFine-particle-counter-8525/>

USEPA, United Space Environmental Protection Agency. (2018). *Particulate matter (PM) Pollution*. Retrieved from <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>

Wardoyo, A. Y. P. (2016). *Emisi Partikulat Kendaraan Bermotor dan Dampak Kesehatan - Arinto Yudi Ponco Wardoyo - Google Books*. Malang: UB Press. Retrieved from [https://books.google.co.id/books?id=OUpNDwAAQBAJ&pg=PA48&lpg=PA48&dq=sifat+partikulat&source=bl&ots=wJDt24o0K1&sig=uCzctPXNN_w7FnwVWcFgbQNcLWA&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiVtciD0p_bAhXEvo8KHJJaBLcQ6AEIejAG#v=onepage&q=sifat partikulat&f=false](https://books.google.co.id/books?id=OUpNDwAAQBAJ&pg=PA48&lpg=PA48&dq=sifat+partikulat&source=bl&ots=wJDt24o0K1&sig=uCzctPXNN_w7FnwVWcFgbQNcLWA&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwiVtciD0p_bAhXEvo8KHJJaBLcQ6AEIejAG#v=onepage&q=sifat%20partikulat&f=false)

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil data konsentrasi $PM_{0,1}$ FOP1 60 menit

MENTAHAN PERCOBAAN 1											
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
620	315	326	331	315	290	373	411	356	362	313	297
527	318	308	294	315	259	361	408	388	362	328	278
507	321	345	299	221	290	386	397	354	372	319	322
586	302	314	315	234	268	398	394	375	375	303	318
613	304	317	300	298	296	356	362	393	335	336	315
601	304	272	301	308	303	353	421	399	378	302	283
527	300	283	270	382	440	373	408	434	362	281	331
608	302	302	290	422	437	361	421	406	335	291	297
586	284	308	287	379	447	386	442	427	372	287	278
655	321	309	301	373	398	398	397	440	388	301	322
698	304	299	277	308	383	356	394	438	395	271	318

Lampiran 2 Hasil data konsentrasi PM_{0,1} FOP2 60 menit

Mentahan Data Pengulangan 2											
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
406	351	564	588	592	573	441	459	403	444	448	333
591	654	608	611	590	518	496	406	421	326	499	430
607	668	555	541	616	518	421	356	335	381	321	448
688	555	394	556	622	582	483	343	360	368	382	304
792	592	677	603	515	496	450	348	475	414	412	331
781	502	653	669	496	547	405	404	460	175	487	232
768	645	586	739	381	570	433	447	345	103	457	199
741	644	577	744	313	351	449	446	411	502	483	277
736	669	479	741		526	419	399	496	459	391	495
639	578	447	690	249	543	339	297	387	329	487	300
699	612	502	658	414	452	439	408	594	391	387	375

Lampiran 3 Hasil data konsentrasi PM_{0,1} FOP3 60 menit

Mentahan Data Pengulangan 3											
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
520	365	327	299	364	569	1044	588	607	478	401	357
546	464	312	300	341	662	1054	538	354	403	452	415
456	395	378	284	255	533	1004	577	280	463	274	158
450	362	296	278	282	266	1014	503	324	338	335	106
436	349	321	263	315	380	1004	538	307	250	365	107
515	495	281	297	307	462	894	534	408	231	440	139
426	338	241	233	315	445	745	525	587	243	410	87
573	361	255	316	241	414	894	406	560	272	436	61
503	455	306	250	214	390	904	484	521	440	344	58
452	346	255	235	213	230	695	624	634	695	440	80
514	348	251	258	178	233	934	670	568	463	340	246

Lampiran 4 Olah data Konsentrasi PM_{0,1} F0 60 menit

PENGULANGAN 1											
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
66500	60700	60800	58800	53200	51800	44100	45900	42100	38100	35500	33300
63900	60000	59200	56600	55300	51800	43800	44700	40300	36800	32100	31000
67200	60800	59000	54100	53600	49600	43600	44600	46000	41400	32500	37500
65900	62300	65300	56600	53100	52500	45000	44300	41200	39100	31700	30000
63900	61200	58300	57100	53300	49300	48300	45800	39800	36200	37200	31900
64900	64500	58000	59200	51500	49500	44900	43100	43700	40900	35500	32500
65300	61683	60100	56733	53333	50767	46950	44733	42183	38583	34133	33067
615	723	1220	894	543	652	1151	464	1041	1066	1022	1108
PENGULANGAN 2											
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
59800	46400	37300	31800	36400	53300	45200	48100	52100	46800	44000	35700
60600	49500	37800	36600	35200	56900	48300	52700	44300	46300	43600	41500
54600	48800	34400	35900	37300	46200	51500	53800	43600	45000	41000	37100
57300	48100	34300	32900	36000	41400	52000	53400	44800	44000	33900	39000
59500	43100	34400	34300	36500	44500	53400	48400	44000	45000	38800	41100
53600	47700	34200	32700	47900	39000	61300	53800	48800	47800	41000	44300
57567	47267	35400	33867	38217	46883	51950	51700	46267	45917	42067	39933
1304	1026	749	745	2144	3098	2438	1209	1532	625	954	1398
PENGULANGAN 3											
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
66680	70880	72080	68480	64680	64880	57880	55980	54480	48880	41380	33380
73080	73680	72780	69680	64580	65180	57780	54780	54580	46580	41080	32280
71480	70680	71480	69180	65380	65080	57480	56780	54380	48580	40880	31480
72280	71880	66780	66880	65380	58680	56580	56580	54680	46180	42080	33080
74380	73080	71480	67680	65180	63480	56580	55180	54480	45880	40580	29980
76680	71880	70680	65780	64280	63780	56980	57680	54380	50180	41080	31580
72430	72013333	70880	67796667	64980	64313333	58330	56163333	54480	47713333	41146667	31963333
1667,03329	529,65398	95120976	709,60083	2513361	38122609	344,96377	480,3471	40	779,57233	242,76189	553,83511

Lampiran 5 Data hasil konsentrasi $PM_{0,1}$ F1P1 60 menit

MENTAHAN PERCOBAAN 1											
10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
403	382	336	320	306	362	320	180	179	179	185	
410	362	362	379	532	305	352	189	224	191	177	
458	380	408	493	531	340	275	194	183	219	165	
465	392	346	399	502	356	271	224	191	218	187	
440	400	319	185	481	455	286	228	175	206	195	
492	420	301	285	437	475	278	206	180	191	209	
492	391	258	302	350	481	310	218	163	192	196	
424	382	338	356	320	475	317	238	181	196	197	
374	388	365	334	301	481	3329	246	200	191	191	
373	351	358	222	244	475	320	239	171	211	182	
358	422	342	221	205	438	351	224	170	233	164	

Lampiran 6 Data hasil konsentrasi PM_{0,1} F1P2 60 menit

MENTAHAN PERCOBAN 2																							
430	434	529	544	501	570	530	544	505	479	479	537	430	434	529	544	501	570	530	544	505	479	479	537
380	485	516	504	504	434	553	574	549	532	494	523	380	485	516	504	504	434	553	574	549	532	494	523
401	361	436	534	388	410	565	556	568	564	485	540	401	361	436	534	388	410	565	556	568	564	485	540
411	411	467	529	532	498	533	570	552	565	476	476	411	411	467	529	532	498	533	570	552	565	476	476
419	474	544	571	396	346	535	572	566	541	519	544	419	474	544	571	396	346	535	572	566	541	519	544
404	381	546	566	474	544	524	541	524	563	533	534	404	381	546	566	474	544	524	541	524	563	533	534
409	407	563	578	453	543	423	583	525	552	428	495	409	407	563	578	453	543	423	583	525	552	428	495
401	408	535	537	435	502	494	546	581	515	419	518	401	408	535	537	435	502	494	546	581	515	419	518
382	389	527	530	430	429	485	520	535	520	410	465	382	389	527	530	430	429	485	520	535	520	410	465
414	364	530	577	378	495	489	436	541	519	458	475	414	364	530	577	378	495	489	436	541	519	458	475
456	474	523	594	376	498	556	444	492	525	456	499	456	474	523	594	376	498	556	444	492	525	456	499
440	537	555	577	387	391	580	516	491	498	476	421	440	537	555	577	387	391	580	516	491	498	476	421

Lampiran 7 Data hasil konsentrasi PM_{0,1}F1P2 60 menit

MENTAHAN PERCOBAAN 3													
864	722	793	851	717	699	899	532	453	465	407	499		
758	667	810	785	720	703	886	524	465	498	416	452		
847	672	824	796	756	698	864	529	474	637	476	487		
868	685	820	763	743	701	699	526	483	437	420	541		
866	661	817	686	746	703	828	549	508	693	425	530		
864	675	800	731	728	701	853	563	508	666	401	507		
796	673	816	651	733	693	766	587	500	520	611	505		
791	693	835	616	747	662	361	550	503	555	676	508		
771	687	856	762	728	614	373	579	564	546	412	453		
794	643	863	731	711	566	342	612	567	428	351	447		
771	634	870	601	733	569	314	588	518	468	612	525		
875	656	865	772	701	597	329	445	518	499	610	548		

Lampiran 8 Olah data Konsentrasi PM_{0,1} F1 60 menit

Pengulangan 1											
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
45700	41000	38000	36200	37300	36000	30500	28800	22100	19100	17900	17700
45300	40300	39200	36500	34400	32000	34000	28600	24100	19900	19500	18700
45900	41000	36200	35800	36500	37700	35600	29700	22400	19700	18700	17000
45000	40400	38200	36100	38900	31400	36200	28800	19400	19700	19100	17000
45600	40800	38800	34200	34100	39100	37500	28600	22100	19800	19100	17700
45200	40800	38200	40800	34700	29800	37200	28600	18900	19900	19100	16900
45450	40683	38100	36600	35933	34167	35167	28850	21500	19883	18900	17500
339	299	1033	2212	2001	3713	2607	428	1873	299	551	690
Pengulangan 2											
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
46800	36400	23900	23500	21900	24000	22600	32800	31300	33900	26300	22000
43000	36100	23500	27100	26800	29300	28800	35600	30000	34900	25400	21300
46600	40800	24700	19700	26300	26400	29200	26200	29900	33900	30200	21900
4100	30600	23500	25200	21000	25400	28800	33600	32100	33200	30000	21000
47400	38100	24500	24100	23000	26100	26800	34000	30700	33300	27700	21500
47200	31000	24500	27600	23200	27100	28300	32500	30300	33300	28100	23000
45350	36500	24100	24533	23367	26817	27250	32283	30717	33750	27960	21100
2641	4007	537	2865	1875	1053	2686	3638	850	644	1827	703
Pengulangan 3											
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
45800	42200	49300	38600	41700	33300	39900	26300	20800	33700	3100	19900
49600	38600	51000	43100	42800	36200	36100	28700	20800	19800	17600	16200
49100	37600	51700	35100	43300	31400	37300	25000	20000	22000	12000	18700
47100	37300	50000	31600	42800	39900	34200	27900	26400	24600	12500	15300
49400	39300	51600	43100	41100	39800	31400	31200	26700	16800	31200	14700
47100	38700	53500	30100	40100	29700	32900	28800	21800	19900	31000	22500
48017	38917	5183	36933	41967	36050	35300	27983	22750	22800	22567	17717

Lampiran 9 Hasil Efisiensi Filter 60 menit

	1											
	5	10'	15	20'	25	30'	35	40'	45	50'	55	60'
F0	65383	61583	60100	56733	53333	50767	46950	44733	42183	38583	34133	33067
F1	45450	40683	38100	36600	35333	34167	35167	28850	21500	19683	16900	17500
	2											
	5	10'	15	20'	25	30'	35	40'	45	50'	55	60'
F0	57500	47300	35400	33900	38217	46883	51950	51700	46267	45800	42067	39333
F1	45400	35500	24100	24500	23367	25817	27250	32283	30717	33700	27950	21100
	3											
	5	10'	15	20'	25	30'	35	40'	45	50'	55	60'
F0	72430	72030	70880	67797	64980	64313	58330	56163	54480	47713	41147	31963
F1	48000	38900	51200	36900	42000	36100	35300	28000	22800	22800	22800	17700
	Efisiensi											
	28.419705	34.959755	32.087266	36.262815	35.615744	40.500392	37.375198	41.069251	46.93046	42.533912	41.087237	46.287

Lampiran 10 Hasil data konsentrasi PM_{0,1} M1 5 menit

Tepung Tapioka (M1; F1)					Tepung Tapioka (M1; F2)					Tepung Tapioka (M1; F3)				
22700	21500	19900	17200	17700	25500	17500	18500	18300	16800	26100	23800	24000	23300	15300
20200	21200	18000	17200	18200	17800	21700	18400	18500	17900	26000	23400	24600	19300	16200
27100	19800	17900	17100	19800	17900	27900	22300	18600	17800	24200	23400	23400	20300	15800
25300	15800	16600	16600	21200	17800	18400	18600	18700	19100	23900	23300	24600	23500	15900
22100	16100	17500	16300	21300	25700	17600	22500	18500	18700	23700	23400	24000	20300	16000
21200	17700	21400	15900	20800	17600	17100	18600	18700	17500	23900	23300	24100	23500	15900
23200	18000	15400	17000	17100	25600	17400	18500	18900	18300	24300	23500	23800	18800	23100
22300	17100	16500	19800	16100	25700	21700	22400	18800	18100	26100	23600	23500	20000	23300
22100	17200	15900	19600	18700	18000	18100	18600	18800	20000	23900	23500	23900	16400	23200
21100	23800	17000	16600	18900	17500	21600	18500	18900	18100	26100	23500	23200	24100	23100
23200	21100	17800	17000	19700	19100	18200	18600	18300	20000	23900	23400	23300	24200	23100

Lampiran 11 Hasil data konsentrasi PM_{0,1} M2 5 menit

Tepung Tapioka (M2; F1)					Tepung Tapioka (M2; F2)					Tepung Tapioka (M2; F3)				
24700	23900	21200	20100	18300	21200	22200	19600	22800	17800	18700	20700	21400	20500	12700
24200	23700	20600	20200	18200	22100	22300	19400	21800	17900	19100	24700	22400	22300	12800
24300	23100	19900	19400	17400	23800	25300	21200	21300	17800	21600	18200	15900	19500	12200
22800	22200	20000	19800	18300	21300	19300	15600	21800	13400	20600	18200	14300	15800	15200
23300	23800	21600	19300	19300	21700	24800	18300	16800	18000	14600	22100	14100	20700	11800
25100	23600	18800	20200	19600	22700	24000	21700	18100	15600	17100	20600	13100	20600	11700
26500	22100	20700	19200	19800	22700	18000	22300	15700	16800	16200	14900	13200	21800	11900
25300	22900	20500	19400	17000	22700	18600	17900	15100	14500	23400	15600	13000	21000	12400
25900	22600	20600	19100	17300	26400	19500	16900	21200	18600	24300	15300	13000	11400	12300
27900	20500	20600	19000	17600	22000	17800	24400	15800	13700	20900	16700	15400	16800	12500
24400	23300	20800	19400	18000	25600	19700	21800	16100	14200	14900	20100	15600	11100	12900

Lampiran 12 Hasil data konsentrasi PM_{0,1} M3 5 menit

Tepung Tapioka (M3; F1)					Tepung Tapioka (M3; F2)					Tepung Tapioka (M3; F3)				
22700	21500	19900	17200	17700	44300	20300	15600	15300	15700	18800	15000	12900	12000	11200
20200	21200	18000	17200	18200	44200	20600	15700	15300	15500	16600	14800	12800	12300	11000
27100	19800	17900	17100	19800	41600	25700	15800	15100	15600	18400	15900	12900	12800	9200
25300	15800	16600	16600	21200	36300	15800	16100	13700	15500	18800	15000	13200	11800	9650
22100	16100	17500	16300	21300	36700	16000	16700	13900	14200	19100	15300	13300	11800	9090
21200	17700	21400	15900	20800	30300	15800	16600	14000	14000	20200	14700	13500	12700	9600
23200	18000	15400	17000	17100	40600	14300	16500	15400	13300	20400	15200	13600	12100	10900
22300	17100	16500	19800	16100	20300	14800	16900	15600	14900	19500	15700	13700	12600	10900
22100	17200	15900	19600	18700	21200	16100	16700	14800	14800	21700	15700	13400	12500	10800
20100	23800	17000	16600	18900	21500	16100	16500	14600	14900	16100	15900	13500	12500	9140
21200	16500	17800	17000	18900	23200	16300	16600	14800	14800	21700	14500	13000	12300	10700

Lampiran 13 Hasil data konsentrasi PM0,1 tanpa filter 5 menit

M1;F0					M2; F0					M3; F0				
38200	38100	35100	33500	31500	58000	37200	20900	28300	30700	29400	17500	18000	19200	13000
38100	36400	34200	33600	31600	56400	54300	40300	28800	25800	28800	24400	19600	14700	19100
37900	35800	34000	32700	31700	55200	38100	41900	25100	23900	26100	18400	16200	14900	17400
38200	35900	33800	31900	31600	35200	38700	30900	26300	23500	23100	18100	19200	19500	20700
38600	35900	34000	31900	31800	35000	33900	32200	24600	25200	24000	14300	15300	18000	20500
37900	35700	36000	32100	31800	32600	39800	30600	27500	30000	20000	19000	17000	19500	20300
37800	35700	33700	32000	31900	34200	34900	30100	28900	27200	14700	17500	18100	11100	18500
39900	35200	35700	31600	32000	30100	43800	31800	28900	20400	14800	26900	17400	19200	15200
40100	35300	35400	32000	32200	30500	44000	38800	29100	26200	15100	19700	15400	18300	13900
40400	35500	35700	31500	32100	56100	25700	32900	25800	31900	14900	17600	16600	18500	16800
40200	35900	35500	31600	32700	50500	24800	32700	26700	23200	19500	27200	16000	18300	13300

Lampiran 14 Hasil olah data efisiensi M1 5 menit

M1							
Menit	Konsentrasi(pt/cc)				Efisiensi		
	F0	F1	F2	F3	F1	F2	F3
1	37900	26500	25500	24200	30,08	32,72	36,15
	37800	27700	25700	23900	26,72	32,01	36,77
	37900	26000	25600	23700	31,40	32,45	37,47
	Mean (%)				29,40	32,39	36,80
	SD				1,39	0,21	0,38
2	F0	F1	F2	F3	F1	F2	F3
	35900	26100	21700	23300	27,30	39,55	35,10
	35800	25500	27900	23300	28,77	22,07	34,92
	35900	24200	21600	23400	32,59	39,83	34,82
	Mean (%)				29,55	33,82	34,94
SD				1,58	5,88	0,08	
3	F0	F1	F2	F3	F1	F2	F3
	34200	22100	22300	23400	35,38	34,80	31,58
	34000	22500	18600	23200	33,82	45,29	31,76
	34000	22600	22400	23300	33,53	34,12	31,47
	Mean (%)				34,24	38,07	31,60
SD				0,57	3,62	0,09	
4	F0	F1	F2	F3	F1	F2	F3
	33500	21600	18700	19300	35,52	44,18	42,39
	33600	21200	18700	18800	36,90	44,35	44,05
	32700	21700	18900	16400	33,64	42,20	49,85
	Mean (%)				35,36	43,58	45,43
SD				0,95	0,69	2,26	
5	F0	F1	F2	F3	F1	F2	F3
	31500	20300	16800	16200	35,56	46,67	48,57
	31600	20500	17800	15800	35,13	43,67	50,00
	31600	20400	17500	15900	35,44	44,62	49,68
	Mean (%)				35,38	44,99	49,42
SD				0,13	0,88	0,43	

Lampiran 15 Hasil olah data efisiensi M2 5 menit

M2							
Menit	Konsentrasi(pt/cc)				Efisiensi		
	F0	F1	F2	F3	F1	F2	F3
1	35200	24700	23800	23400	29,83	32,39	33,52
	35000	25100	22700	20600	28,29	35,14	41,14
	34200	26500	25600	24300	22,51	25,15	28,95
	Mean (%)				26,88	30,89	34,54
	SD				2,23	2,98	3,56
2	F0	F1	F2	F3	F1	F2	F3
	37200	23900	24000	24700	35,75	35,48	33,60
	33900	23700	22300	20600	30,09	34,22	39,23
	34900	23800	24800	20100	31,81	28,94	42,41
	Mean (%)				32,55	32,88	38,41
SD				1,68	2,00	2,57	
3	F0	F1	F2	F3	F1	F2	F3
	30900	20500	19600	21400	33,66	36,57	30,74
	30600	20600	19400	15600	32,68	36,60	49,02
	30100	20000	17900	15900	33,55	40,53	47,18
	Mean (%)				33,30	37,90	42,31
SD				0,31	1,32	5,81	
4	F0	F1	F2	F3	F1	F2	F3
	29100	19300	16100	11400	33,68	44,67	60,82
	28900	19400	16800	15800	32,87	41,87	45,33
	28900	19800	15100	16800	31,49	47,75	41,87
	Mean (%)				32,68	44,76	49,34
SD				0,64	1,70	5,83	
5	F0	F1	F2	F3	F1	F2	F3
	30700	19800	17800	12700	35,50	42,02	58,63
	30000	19300	17900	12800	35,67	40,33	57,33
	31900	19600	17800	12900	38,56	44,20	59,56
	Mean (%)				36,58	42,18	58,51
SD				0,99	1,12	0,65	

Lampiran 16 Hasil olah data efisiensi M3 5 menit

M3							
Menit	Konsentrasi(pt/cc)				Efisiensi		
	F0	F1	F2	F3	F1	F2	F3
1	28800	22700	20300	19100	21,18	29,51	33,68
	24000	23200	21200	20200	3,33	11,67	15,83
	29400	25300	21500	21700	13,95	26,87	26,19
	Mean (%)				12,82	22,68	25,23
	SD				5,18	5,56	5,17
2	24400	21500	20300	18200	11,89	16,80	25,41
	26900	23800	20600	20600	11,52	23,42	23,42
	27200	21200	16300	18200	22,06	40,07	33,09
	Mean (%)				15,16	26,77	27,31
	SD				3,45	6,92	2,95
3	19600	16500	16100	13300	15,82	17,86	32,14
	19200	15900	16600	13500	17,19	13,54	29,69
	18100	15400	16600	13400	14,92	8,29	25,97
	Mean (%)				15,97	13,23	29,27
	SD				0,66	2,77	1,80
4	19500	15900	14800	12300	18,46	24,10	36,92
	19200	16600	15300	12300	13,54	20,31	35,94
	19500	16300	15100	12500	16,41	22,56	35,90
	Mean (%)				16,14	22,33	36,25
	SD				1,43	1,10	0,34
5	20700	16100	14800	11200	22,22	28,50	45,89
	20500	17700	13300	11000	13,66	35,12	46,34
	20300	17100	13300	10900	15,76	34,48	46,31
	Mean (%)				17,21	32,70	46,18
	SD				2,58	2,11	0,14

Lampiran 17 Hasil olah data efisiensi masing-masing motor

Menit	M1			M2			M3		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3
1	29	32	37	27	31	35	13	23	25
2	30	34	35	33	33	38	15	27	27
3	34	38	32	33	38	42	16	13	29
4	35	44	45	33	45	49	16	25	38
5	35	45	49	37	42	59	17	33	46

Lampiran 18 Efisiensi setiap lapis

Efisiensi (%)		
F1	F2	F3
23	29	32
26	31	34
28	30	34
28	38	44
30	40	51

Lampiran 19 Hasil data *flowrate* 5 menit dalam varian

Tanpa Filter				
1	2	3	4	5
7.35	7.46	7.57	7.34	6.66
7.42	7.86	7.52	6.62	6.77
7.26	7.92	7.41	6.67	6.85
7.21	7.97	7.5	6.14	6.2
7.2	8.05	7.53	6.2	6.01
TT LP 1				
1	2	3	4	5
4.36	4.08	3.93	3.83	3.64
4.08	4.09	3.96	3.78	3.62
4.05	4.1	3.94	3.8	3.65
4.04	4.1	3.98	3.79	3.61
4.36	4.05	3.94	3.81	3.65
TT LP 3				
1	2	3	4	5
2.96	2.96	2.96	3.03	3.07
2.9	2.95	2.98	3.02	3.06
2.93	2.97	2.97	3.04	3.09
2.89	2.96	3.02	3.07	3.06
2.91	2.95	3.01	3.06	3.08
TT LP 2				
1	2	3	4	5
3.41	3.42	3.29	3.24	3.21
3.38	3.38	3.3	3.26	3.2
3.4	3.37	3.27	3.23	3.2
3.43	3.36	3.3	3.26	3.21
3.44	3.35	3.28	3.25	3.18

Lampiran 20 Hasil data *flowrate* F1 60 menit

	v1 (m/s)	v2 (m/s)	v3 (m/s)
5	1.56	1.57	1.43
10	1.62	1.65	1.68
15	1.63	1.58	1.66
20	1.28	1.29	1.3
25	1.46	1.42	1.35
30	1.46	1.55	1.51
35	1.46	1.55	1.51
40	1.77	1.77	1.77
45	1.22	1.22	1.23
50	2.22	2.21	2.16
55	1.86	1.98	1.88
60	1.77	1.73	1.71

Lampiran 21 Rangkaian pengujian konsentrasi PM_{0,1}



Lampiran 22 Pengambilan data konsentrasi $PM_{0,1}$



Lampiran 23 Rangkaian pengujian *flowrate*



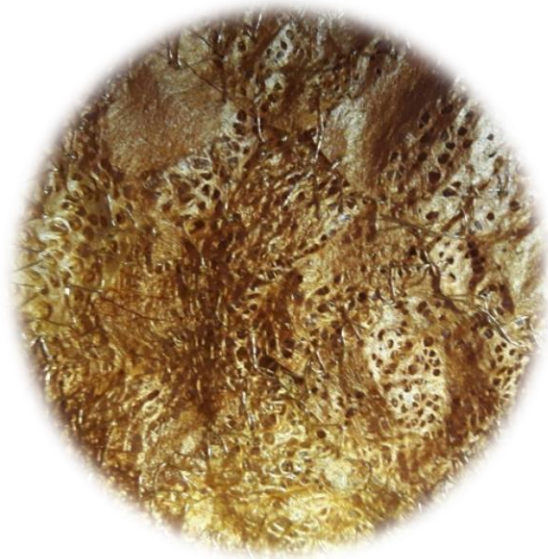
Lampiran 24 Proses pengujian *flowrate*



Lampiran 25 Filter komposit 1 lapis



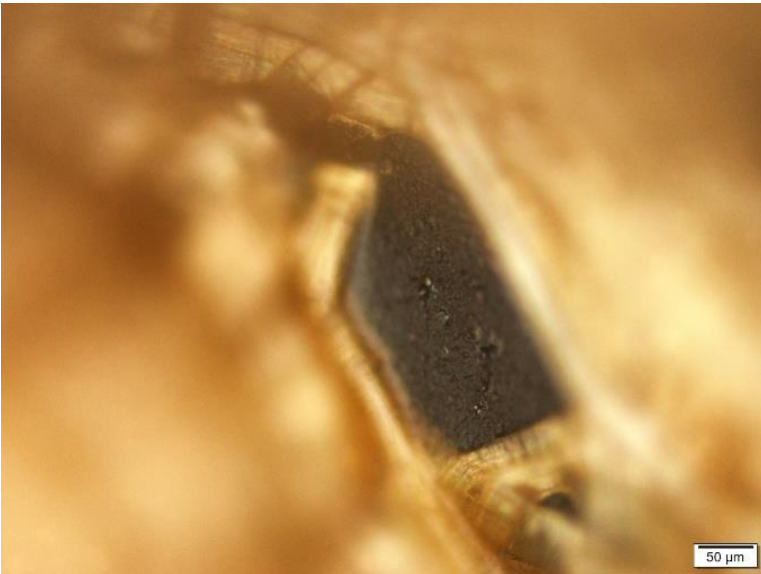
Lampiran 26 Filter komposit 2 lapis



Lampiran 27 Filter komposit 3 lapis



Lampiran 28 Permukaan filter komposit sebelum uji, perbesaran 50x



Lampiran 29 Permukaan filter komposit setelah uji, perbesaran 50x

