



UNIVERSITAS INDONESIA

**SINTESIS FLUIDA TERSUSPENSI PARTIKEL SUBMIKRON
KARBON DENGAN METODE KOMINUSI MENGGUNAKAN
*PLANETARY BALL MILL***

SKRIPSI

**ALFARI RADIAN WAHYUDYA
0405040074**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
DESEMBER 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**SINTESIS FLUIDA TERSUSPENSI PARTIKEL SUBMIKRON
KARBON DENGAN METODE KOMINUSI MENGGUNAKAN
*PLANETARY BALL MILL***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**ALFARI RADIAN WAHYUDYA
0405040074**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI DAN MATERIAL
DEPOK
DESEMBER 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan
semua sumber baik yang dikutip maupun
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Alfari Radian Wahyudya
NPM : 0405040074

Tanda Tangan :
Tanggal : 17 Desember 2009



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Alfari Radian Wahyudya
NPM : 0405040074
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul Skripsi : Sintesis Fluida Tersuspensi Partikel Submikron Karbon dengan Metode Kominusi Menggunakan *Planetary Ball Mill*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Sri Harjanto ()
Penguji 1 : Dr. Ir. Sotya Astutiningsih, M.Eng ()
Penguji 2 : Ir. Deni Ferdian, M.Sc ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 29 Desember 2009

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya ucapkan kepada Allah.SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Metalurgi dan Material pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Ir. Sri Harjanto, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, pikiran dan biaya untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Istri saya Shendi Kalynda Prameswari yang selalu menyemangati saya dan berjuang bersama dalam menyelesaikan skripsi masing-masing;
- (3) Kedua orang tua saya yang senantiasa mendoakan saya, memberikan perhatian, dan bantuan baik material maupun moral;
- (4) Saudara M. Rifqi Azhari, selaku teman kerja pada penelitian skripsi ini yang telah banyak membantu saya dalam melaksanakan penelitian; dan
- (5) Teman-teman metalurgi '05 dan seluruh pihak yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Allah.SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 17 Desember 2009

Penulis,
Alfari Radian Wahyudya

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini, :

Nama : Alfari Radian Wahyudya
NPM : 0405040074
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Departemen : Metalurgi dan Material
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**Sintesis Fluida Tersuspensi Partikel Submikron Karbon dengan Metode
Kominusi Menggunakan *Planetary Ball Mill***

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 29 Desember 2009

Yang menyatakan

(Alfari Radian Wahyudya)

ABSTRAK

Nama : Alfari Radian Wahyudya
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material
Judul : Sintesis Fluida Tersuspensi Partikel Submikron Karbon dengan Metode Kominusi Menggunakan *Planetary Ball Mill*

Kemajuan perkembangan teknologi memungkinkan manusia untuk melakukan rekayasa material hingga tingkat nano. Kemajuan nanoteknologi saat ini dapat menciptakan alat dan piranti elektrik berukuran sangat kecil. Piranti ini mempunyai kecepatan proses tinggi dan menghasilkan perbandingan nilai kalor per area (fluks) tinggi. Saat ini sebuah sistem pendingin konvensional dengan menggunakan fluida kerja seperti air, oli maupun etilen glikol menjadi tidak mampu dalam mengatasi transfer panas yang tinggi untuk mendinginkan piranti tersebut. Jadi, timbul ide untuk meningkatkan konduktivitas termal fluida dengan cara menyisipkan partikel solid berukuran nano yang memiliki konduktivitas termal jauh lebih baik dibanding fluida dasar. Tetapi proses pembuatan nanofluida ini masih cukup mahal dan tergolong sulit diproduksi secara massal. Oleh karena itu pada penelitian kali ini melakukan sintesis nanofluida dengan prinsip kominusi (*top-down*) menggunakan metode penggilingan melalui alat *planetary ball mill*. Material umpan yang digunakan adalah serbuk karbon konsentrasi 15% volum dan media fluida air distilasi. Parameter proses yang digunakan adalah kecepatan putar alat 500 rpm dan waktu putar efektif 15 jam, tanpa campuran aditif. Hasil yang didapat kemudian diencerkan menjadi variabel konsentrasi terhadap volum untuk dilihat pengaruhnya terhadap nilai konduktivitas termal. Hasil pengujian ukuran partikel menunjukkan bahwa diameter minimum partikel karbon yang dapat dicapai adalah 347,9 nm (belum dibawah 100 nm) pada variabel 1% volum. Nilai konduktivitas termal mengalami kecenderungan kenaikan sebesar 2,809% pada setiap peningkatan kadar karbon 1%.

Kata kunci : Nanofluida, nanopartikel karbon, kominusi, sistem koloid, suspensi.

ABSTRACT

Name : Alfari Radian Wahyudya
Major : Metallurgy and Materials Engineering
Title : Synthesize of Carbon Submicron Particle Suspended Fluid
by Comminution Process of Planetary Ball Mill

Recent technology development gives possibility for mankind to be able to manipulate and develop material in nano scale. Development of nanotechnology can produce super-mini electrical devices. These devices have great processing speed and produce great amount of heat in localized area (heat flux). Nowadays, a conventional cooling system with traditional working fluids, such as water, oil or ethylene glycol became unable to handle great amount of heat flux, in order to chill the device. Thus, an idea emerge to improve thermal conductivity of base fluid by dissipating solid nano particle which has greater thermal conductivity than base fluid. However, this nanofluid processing is still expensive and difficult for mass production. Therefore, this research will study about nanofluid synthesize by comminution (top-down) method, using planetary ball mill. Feeds used in this research are carbon powder with 15% concentration of base fluid volume and distilated water as base fluid. Variables used are 500 rpm milling speed and 15 hours effective milling time of the planetary ball mill, without additive mixing. The result obtained is divided into some variables base on concentration to see the effect toward thermal conductivity value. The particle size testing result shows that minimum diameter of carbon particle achieved is 347.9 nm (not under 100 nm yet) at 1% volume variable. Thermal conductivity has increasing tendency about 2,809% for every 1% carbon concentration increase.

Keywords : Nanofluid, carbon nanoparticle, comminution, colloidal system, suspension.

DAFTAR ISI

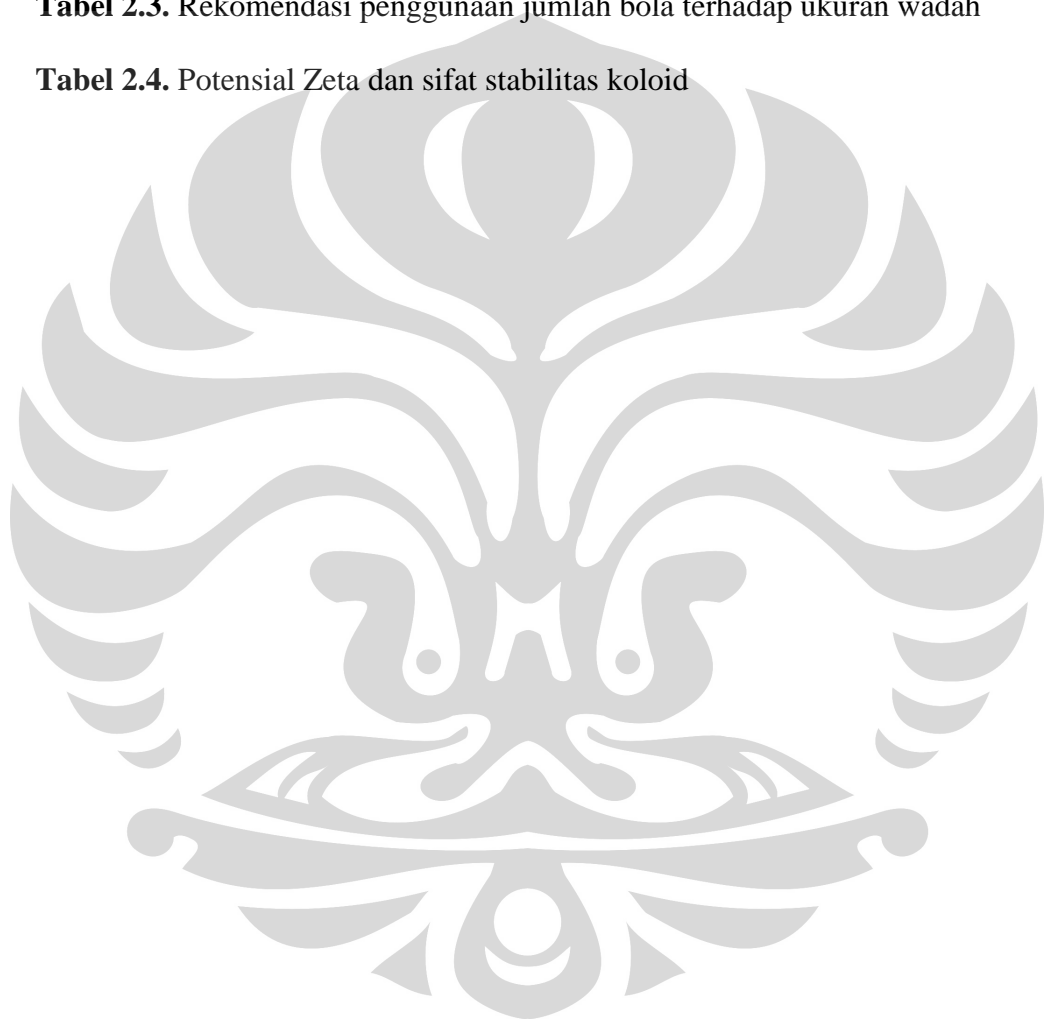
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	1
I.1. Latar belakang	1
I.2. Perumusan masalah	5
I.3. Tujuan penelitian	5
I.4. Metodologi penelitian	5
I.5. Ruang lingkup penelitian	6
I.6. Sistematika penulisan	7
II. DASAR TEORI	9
II.1. Nanofluida	9
II.2. Proses fabrikasi	11
II.1. Proses terpisah (<i>two steps process</i>)	11
II.2. Proses tergabung (<i>one step process</i>)	12
II.3. <i>Planetary ball mill</i> (PBM)	14
II.4. Faktor-faktor berpengaruh pada sintesis nanofluida	17
II.4.1. Stabilitas kinetika termal	17
II.4.2. Kemampuan berdispersi partikel (<i>dispersability</i>)	20
II.4.3. Kemampuan manipulasi kompatibilitas kimia	21

II.5. Karakterisasi nanofluida	22
II.5.1. Kestabilan sistem koloid	22
II.5.2. Konduktivitas termal	25
II.5.2.1. Volume konsentrasi partikel	26
II.5.2.2. Jenis material partikel	27
II.5.2.3. Ukuran partikel	28
II.5.2.4. Bentuk partikel	28
II.5.2.5. Jenis fluida dasar	29
II.5.2.6. Temperatur	30
II.5.2.7. Penambahan aditif	31
II.5.2.8. Derajat keasaman (pH)	32
II.5.3. Distribusi dan ukuran partikel	33
II.5.4. Komposisi dan senyawa partikel	34
II.5.5. Morfologi dan bentuk partikel	35
III. METODE PENELITIAN	36
III.1. Diagram Alir Penelitian	36
III.2. Alat dan Bahan	37
III.2.1 Alat	37
III.2.2 Bahan	38
III.3. Preparasi sampel	38
III.3.1. Penghalusan butir	38
III.3.2. Pengayakan dan penyaringan serbuk	39
III.3.3. Penghitungan dan penimbangan berat serbuk	39
III.3.4. Penghitungan volum bola dan sampel	39
III.3.5. Pencampuran awal sebelum penggilingan	40
III.4. Proses penggilingan	40
III.5. Pengenceran dan sonifikasi	40
III.5.1. Pengenceran awal	40
III.5.2. Pengenceran akhir	41
III.5.3. Sonifikasi	42
III.6. Pengujian karakterisasi	42

III.6.1. PSA	42
III.6.2. XRD	42
III.6.3. Konduktivitas termal	43
IV. PEMBAHASAN	44
IV.1. Karakteristik visual suspensi	44
IV.2. Jenis senyawa partikel	46
IV.3. Ukuran partikel	47
IV.3.1. Ukuran partikel awal	47
IV.3.2. Ukuran partikel akhir	48
IV.4. Konduktivitas termal	55
V. PENUTUP	57
V.1. Kesimpulan	57
V.2. Saran	57
DAFTAR REFERENSI	58

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Nilai konduktivitas termal beberapa material	4
Tabel 2.1. Beragam nanofluida dan konduktivitas termalnya	10
Tabel 2.2. Spesifikasi material yang sering dipakai sebagai bola dan wadah	16
Tabel 2.3. Rekomendasi penggunaan jumlah bola terhadap ukuran wadah	16
Tabel 2.4. Potensial Zeta dan sifat stabilitas koloid	23



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Perkembangan teknologi terhadap dimensi	1
Gambar 1.2. Mikro chip	2
Gambar 1.3. Skematis perbandingan kinerja antara nanopartikel vs mikropartikel	3
Gambar 1.4. Grafik perbandingan konduktivitas termal beberapa material	3
Gambar 2.1. Skematis alat untuk metode evaporasi-kondensasi pada <i>one step process</i> untuk menghasilkan nanofluid Cu/CuO	13
Gambar 2.2. Skematis proses evaporasi-kondensasi	13
Gambar 2.3. Arah gaya yang bekerja selama PBM berputar	14
Gambar 2.4. Peningkatan derajat energi bebas pada ukuran material yang semakin mengecil	17
Gambar 2.5. Kurva energi bebas partikel dan pengaruh <i>shielding barrier</i>	19
Gambar 2.6. Skematis nanopartikel yang berikatan dengan suatu gugus dispersan dan membentuk lapisan monolayer yang bersifat protektif	20
Gambar 2.7. Skematis kinerja suatu gugus dispersan dalam menahan aglomerasi nanopartikel akibat gaya van der waals	21
Gambar 2.8. Skematis, a) <i>charged ion & zeta potensial</i> b) <i>electric double layer</i>	22
Gambar 2.9. Pergerakan ion pada partikel akibat gelombang ultrasonik	24
Gambar 2.10. Grafik peningkatan konduktivitas termal terhadap peningkatan volum konsentrasi	26
Gambar 2.11. Grafik peningkatan konduktivitas termal terhadap jenis partikel	27

Gambar 2.12. Grafik peningkatan konduktivitas termal terhadap ukuran partikel	28
Gambar 2.13. Grafik peningkatan konduktivitas termal terhadap bentuk partikel	29
Gambar 2.14. Grafik peningkatan konduktivitas termal terhadap jenis fluida	30
Gambar 2.15. Grafik peningkatan konduktivitas termal terhadap jenis temperatur	31
Gambar 2.16. Grafik peningkatan konduktivitas termal terhadap penambahan aditif	32
Gambar 2.17. Grafik peningkatan konduktivitas termal terhadap pH	33
Gambar 3.1. <i>Vial Stainless Steel</i>	37
Gambar 3.2. Bola <i>corrundum</i> 5 mm dan 10 mm	37
Gambar 3.3. Pengukuran sampel dengan pengukur konduktivitas termal <i>digital-portable</i>	43
Gambar 4.1. Pengamatan visual sampel nanofluid karbon setelah 2 minggu a) 1%, b) 2%, c) 3%, d) 4%, e) 5%, f) 6%, g) 8%, h) 10%	45
Gambar 4.2. Grafik hasil XRD menggunakan radiasi Cu	46
Gambar 4.3. Grafik distribusi diameter partikel karbon, sampel awal	47
Gambar 4.4. Grafik distribusi diameter partikel karbon, sampel 1%	48
Gambar 4.5. Grafik distribusi diameter partikel karbon, sampel 2%	49
Gambar 4.6. Grafik distribusi diameter partikel karbon, sampel 3%	50
Gambar 4.7. Grafik distribusi diameter partikel karbon, sampel 4%	50
Gambar 4.8. Grafik distribusi diameter partikel karbon, sampel 5%	51
Gambar 4.9. Grafik distribusi diameter partikel karbon, sampel 6%	52
Gambar 4.10. Grafik distribusi diameter partikel karbon, sampel 8%	52
Gambar 4.11. Grafik distribusi diameter partikel karbon, sampel 10%	53
Gambar 4.12. Grafik diameter vs konsentrasi, tiap sampel	54

Gambar 4.13. Grafik rasio peningkatan konduktivitas termal terhadap variabel konsentrasi



DAFTAR LAMPIRAN

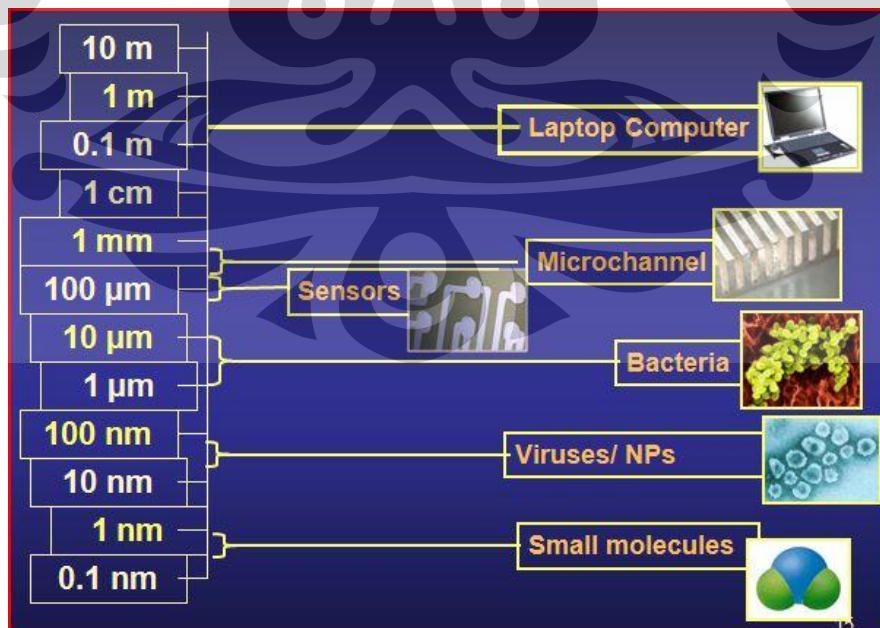
Lampiran 1 Data PSA sampel awal	61
Lampiran 2 Data PSA sampel 1% karbon	63
Lampiran 3 Data PSA sampel 2% karbon	66
Lampiran 4 Data PSA sampel 3% karbon	69
Lampiran 5 Data PSA sampel 4% karbon	72
Lampiran 6 Data PSA sampel 5% karbon	75
Lampiran 7 Data PSA sampel 6% karbon	78
Lampiran 8 Data PSA sampel 8% karbon	81
Lampiran 9 Data PSA sampel 10% karbon	84
Lampiran 10 Data XRD sampel karbon	87
Lampiran 11 Data pengukuran konduktivitas termal sampel karbon	98
Lampiran 12 Grafik pola difraksi karbon alotropi grafit, referensi PCPDF #080415	99

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Era perkembangan teknologi saat ini telah memungkinkan manusia untuk mengeksplorasi fenomena-fenomena skala sub-mikron atau nano. Semenjak ditemukannya material rekayasa seperti allotrof karbon fuleren (kemudian CNT) dan juga instrumentasi mikroskop seperti STM (*Scanning Tunneling Microscopy*) dan AFM (*Atomic Force Microscopy*), manusia telah menjejakkan dirinya dalam pengetahuan dan kemampuan perekayasaan pada level atom, seperti gambar 1.1. Teknologi yang dikenal dengan istilah nanoteknologi ini telah memungkinkan manusia untuk mencapai hal-hal yang sebelumnya hanya berupa impian. Berbagai macam produk hasil perekayasaan nanoteknologi telah mengubah cara hidup manusia, seperti komputer dan *periperhal*-nya, transportasi, telpon genggam, obat-obatan, dan lain sebagainya. Nanoteknologi telah mempengaruhi paradigma ilmu pengetahuan saat ini dan siapa yang berhasil untuk menguasainya dipercaya akan menjadi yang terunggul di masa mendatang.



Gambar 1.1. Perkembangan teknologi terhadap dimensi. Rekayasa material semakin mendekati skala sub mikron dan atomik.⁽¹⁾

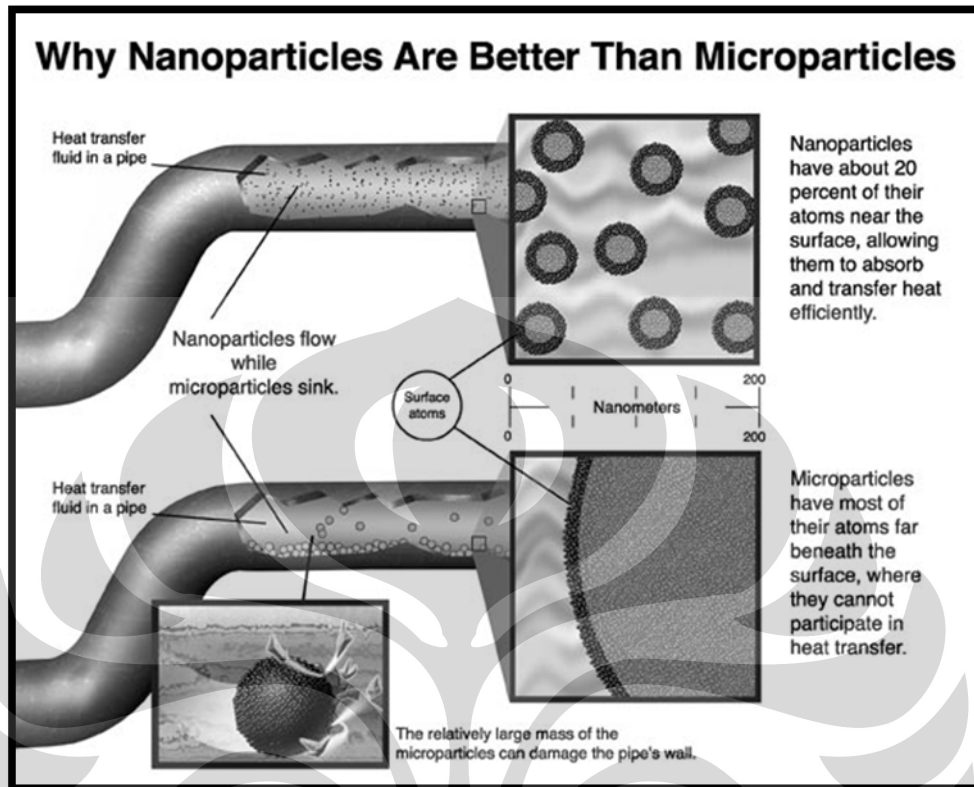
Salah satu bidang dari penelitian nanoteknologi yang sedang marak adalah nanofluida. Nanofluida adalah campuran antara partikel padat yang memiliki diameter dalam skala nanometer (1-100 nm) dengan fluida dasarnya. Nanofluida merupakan salah satu perkembangan teknologi yang diperhitungkan karena karena efektif sebagai fluida perpindahan panas. Saat ini banyak dijumpai peralatan-peralatan berdimensi kecil yang memiliki kemampuan luar biasa, misalnya chip komputer, seperti ditunjukkan gambar 1.2, memiliki ukuran sangat kecil dan mempunyai kecepatan proses luar biasa cepat.



Gambar 1.2. Mikro chip. Terdiri dari piranti semikonduktor dalam skala nano, memiliki kecepatan proses cepat dan flux kalor tinggi.⁽¹⁾

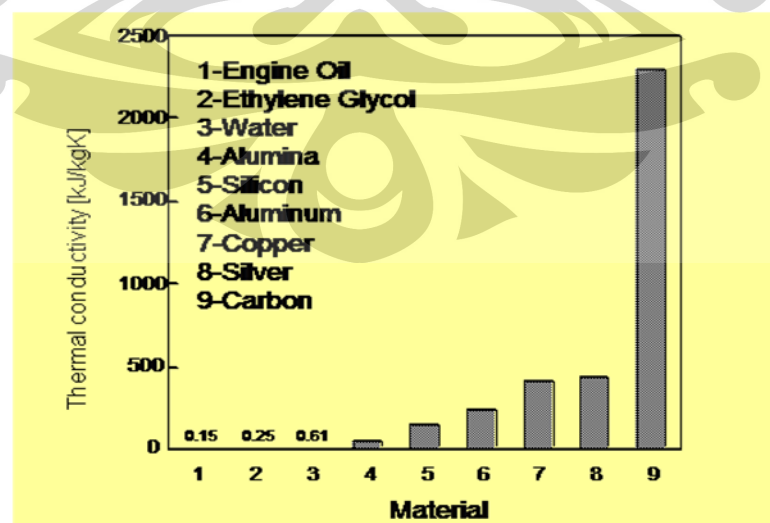
Dari segi dimensi sangatlah menguntungkan karena dapat menghemat ruang, akan tetapi tentunya peralatan tersebut akan menghasilkan flux kalor (kalor per satuan luas) yang tinggi. Dalam suatu aplikasi tertentu chip tersebut dapat bekerja dan menghasilkan flux kalor sebesar 200 W/cm^2 atau $2.000.000 \text{ W/m}^2$, dan dibandingkan dengan nilai konduktivitas termal air yang hanya $0,613 \text{ W/mK}$. Diperlukan air dalam kuantitas besar dan sistem pendinginan yang lebih dibanding mesin atau piranti konvensional biasa. Oleh karena itu sistem pendinginan yang baik dan tepat sangatlah dibutuhkan agar kestabilan fungsi dari peralatan tersebut terjamin. Air ataupun fluida biasa lainnya kurang optimal dalam melakukan transfer panas, karena nilai konduktivitas termalnya yang rendah. Untuk menaikkan efisiensi dari fluida tersebut harus dipercepat alirannya dan diperbanyak volumenya. Hal ini tidak efektif, karena hal itu akan menambah *space*

dari aplikasi yang dijalankan, sedang tuntutan jaman sekarang adalah mereduksi ruang atau lazim disebut *miniaturization*, seperti ditunjukkan gambar 1.3 ini.



Gambar 1.3. Skematis perbandingan kinerja antara nanopartikel vs mikropartikel. Nanopartikel dengan luas permukaan 1000x permukaan mikropartikel menghantar kalor lebih efisien dan tidak menyebabkan *clogging* pada saluran pipa.⁽¹⁾

Dapat dilihat pada grafik di bawah ini perbandingan nilai konduktivitas termal antara beberapa material.



Gambar 1.4. Grafik perbandingan konduktivitas termal beberapa material. Umumnya nilai konduktivitas termal padatan (contohnya karbon) sangat tinggi dibanding fluida.⁽¹⁾

Tabel 1.1. Nilai konduktivitas termal beberapa material. Karbon tipe CNT's dapat mencapai 3000 W/mK.⁽¹⁾

	Material	Thermal Conductivity (W/m · K) ^a
Metallic solids	Silver	429
	Copper	401
	Aluminum	237
Nonmetallic solids	Diamond	3300
	Carbon nanotubes	3000
	Silicon	148
	Alumina (Al ₂ O ₃)	40
Metallic liquids	Sodium at 644 K	72.3
Nonmetallic liquids	Water	0.613
	Ethylene glycol	0.253
	Engine oil	0.145

Dari grafik 1.4 dan tabel 1.1 di atas terlihat bahwa beberapa material solid memiliki konduktivitas sangat superior dibanding fluida seperti air atau oli. Tetapi material solid sulit untuk dipergunakan secara teknis untuk menghantar kalor, dibanding dengan fluida yang lebih fleksibel. Oleh karena itu timbul ide untuk memasukkan partikel solid ke dalam fluida untuk menaikkan nilai konduktivitas termal.

Seperti pada gambar 1.3, partikel di dalam fluida yang mampu menghantarkan panas secara superior tersebut, harus berukuran nanometer agar tidak terjadi penyumbatan (clogging) dan tersuspensi dalam fluida dasar secara permanen yang dikarenakan adanya efek Brownian pada partikel tersebut. Gerak Brownian adalah gerak acak dari partikel nanofluida yang terdispersi, dan ini yang menyebabkan partikel nano tersebut tetap tersuspensi tersebut tidak jatuh mengendap akibat gaya gravitasi dan membantu menghantar kalor melalui tumbukan acak tersebut.

Kendala tersendiri dari nanofluida adalah kemampuan partikel nano untuk terdispersi ke dalam mediana dan stabilitas dari suspensi. Beberapa dari partikel nano, memiliki gaya tarik-menarik seperti gaya van der Waals. Ini menyebabkan partikel yang sudah tersuspensi tersebut untuk cenderung tarik menarik sesamanya dan beraglomerasi kembali. Ketika aglomerasi, partikel akan menjadi

berat dan cenderung akan mengendap jatuh ke bawah. Oleh karena itu, salah satu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa kemampuan partikel nano untuk terdispersi ke medianya dengan proses kominusi dan kestabilan suspensi yang baik didapat setelahnya. Kendala lain atau non teknis adalah mahalnya peralatan dan persiapan untuk memproduksi nanofluida yang sesuai kebutuhan pasar, sehingga pihak peneliti ingin mengembangkan metode pembuatan nanofluida secara konvensional.

I.2. Perumusan Masalah

Pembuatan nanofluida secara umumnya dilakukan dengan teknologi modern pada produksi skala kecil dan dengan biaya produksi tinggi. Mengingat pentingnya peran nanofluida ke depan, penelitian ini menitikberatkan kepada teknologi konvensional untuk produksi skala besar dengan biaya produksi lebih murah, yaitu dengan proses kominusi dengan peralatan *high-speed milling*. Salah satu peralatan tersebut adalah Planetary ball mill. Dalam teknologi nano hal ini lazim dikenal dengan sebutan *top-down*. Pada dasarnya proses kominusi dengan menggunakan proses planetary ball mill sudah dapat menghasilkan partikel skala nano pada beberapa material tertentu. Diharapkan dari proses kominusi ini dapat dilangsungkan didalam suatu media fluida seperti air, sehingga dapat sekaligus menghasilkan partikel skala nano yang terdispersi dalam fluida dengan stabilitas yang baik.

I.3. Tujuan Penelitian

- Untuk mendapatkan partikel skala submikron tersuspensi dalam media air dengan alat *planetary ball mill*.
- Untuk mengetahui kemampuan dispersi (kompatibilitas) beberapa jenis elemen seperti karbon untuk dijadikan nanofluid dalam media air dengan alat *planetary ball mill*.
- Untuk mengetahui konduktivitas termal nanofluida

I.4. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian ini adalah tentang studi awal mengenai pembuatan nanofluida dari karbon dalam media air. Dimulai dari studi literatur dari beberapa jurnal dan penelitian sebelumnya kemudian menetapkan parameter proses yaitu variabel persen volum dan waktu *milling*. Kemudian melakukan proses *milling* sesuai parameter dan melakukan pengamatan selama proses. Setelah didapat hasil kemudian dilakukan pengujian dan karakterisasi.

I.5. Ruang Lingkup Penelitian

Pembatasan masalah dan ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Pembuatan fluida tersuspensi dengan metode kominusi ukuran (*top-down*) dengan menggunakan alat *planetary ball mill*.
2. Media fluida yang digunakan adalah air distilasi dengan pH 7,0.
3. Partikel yang digunakan adalah serbuk karbon dengan ukuran rata-rata partikel awal <90 μm .
4. Alat yang digunakan :
 - a. Seperangkat *custom made planetary ball mill*
 - b. Vial *ferritic stainless steel* dengan volum 250 ml
 - c. Bola pereduksi adalah *sintered corundum* (Al_2O_3) dengan jumlah bola diameter 10 mm sebanyak 50 buah dan diameter 5 mm sebanyak 250 buah.
5. Parameter penggilingan :
 - a. Waktu penggilingan adalah 30 jam dengan waktu giling efektif adalah 15 jam
 - b. Penggilingan dengan persen volum serbuk adalah 15%
 - c. Kecepatan (frekuensi) putaran adalah 500 rpm.
6. Proses pengenceran dengan variabel persen volum : 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 8% dan 10%
7. Pengamatan dan pemeriksaan :
 - a. Untuk alat:
 - i. Pengamatan kinerja alat

- ii. Pengencangan baut dan pelumasan selang 3 jam
- b. Untuk sampel:
 - i. Penandaan waktu selesai *milling*
 - ii. Pengamatan visual berdasar kekeruhan
 - iii. Pengecekan pH akhir
- 8. Pengujian dan karakterisasi :
 - a. *Particle Size Analyzer*
 - b. Konduktivitas termal
 - c. XRD

I.6. Sistematika Penulisan

Sistematika ini dibuat agar konsep penulisan tersusun secara berurutan sehingga didapat kerangka alur pemikiran yang tepat. Sistematika tersebut dituliskan dalam bentuk bab-bab yang saling berkaitan satu sama lain. Adapun sistematika penulisan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Bab I : Pendahuluan

Membahas mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup, metodologi penelitian serta sistematika penulisan.

Bab II : Dasar Teori

Membahas mengenai dasar teori terkait dan studi literatur pada jurnal dan penelitian terdahulu berkaitan dengan pengembangan dan penelitian nanofluida yang akan dilakukan.

Bab III : Metodologi Penelitian

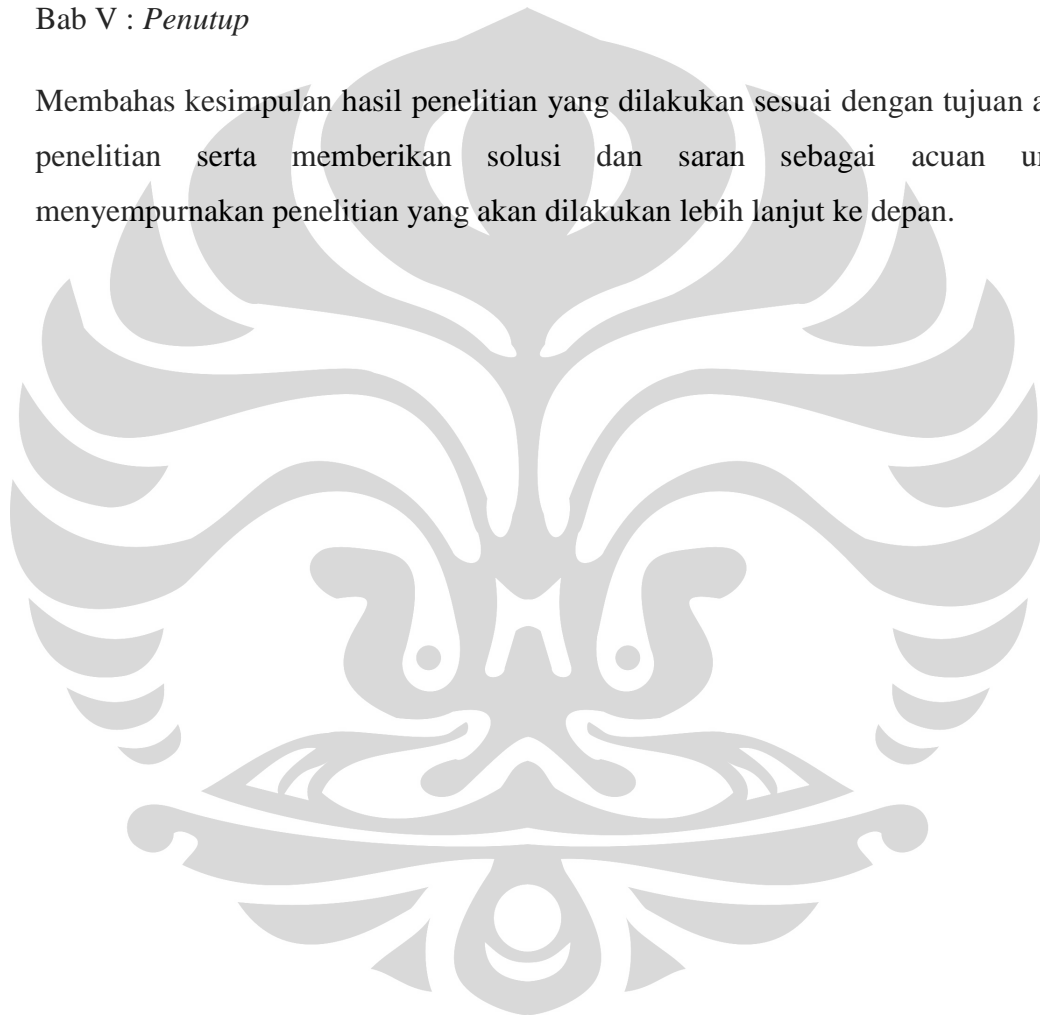
Membahas mengenai hal terkait selama dilakukan penelitian, menyangkut proses yang dilakukan, pengumpulan data dan informasi, preparasi sampel, hingga pengujian yang dilakukan baik berupa gambar maupun grafik.

Bab IV : *Pembahasan*

Membahas mengenai pengolahan data keseluruhan hasil yang diperoleh berdasarkan penelitian dan pengujian. Setelah data diperoleh dan diolah kemudian dibandingkan dengan literatur sehingga didapatkan suatu analisa yang dapat menggambarkan sifat dan karakter dari proses sintesis nanofluida karbon dalam media air distilasi dengan proses kominusi menggunakan *planetary ball mill*.

Bab V : *Penutup*

Membahas kesimpulan hasil penelitian yang dilakukan sesuai dengan tujuan awal penelitian serta memberikan solusi dan saran sebagai acuan untuk menyempurnakan penelitian yang akan dilakukan lebih lanjut ke depan.



BAB II

DASAR TEORI

II.1. Nanofluida

Nanopartikel adalah partikel sub mikron dengan besar ukuran berada pada nilai 0,1 nm sampai dengan 100 nm. Nanopartikel memiliki sifat fisika dan sifat kimia unik bila dibandingkan dengan partikel lebih besar pada material sama (skala mikron atau lebih besar). Sedangkan nanofluida merupakan fluida dengan adanya kehadiran nanopartikel yang terdispersi didalamnya. Dispersi yang terjadi didalamnya merupakan kondisi sistem koloid partikel berukuran nano dalam medianya dengan syarat kondisi dan parameter kemampuan serta kestabilan sistem koloid yang terpenuhi. Nanopartikel yang digunakan pada nanofluida telah dikembangkan dari berbagai material baik dari logam maupun keramik. Fluida yang digunakan umumnya merupakan fluida konvensional seperti air, oli, minyak, alkohol ataupun etilen glikol. Pemilihan fluida juga bergantung dari pemilihan jenis partikel yang digunakan, karena masing-masing partikel mempunyai kompatibilitas dengan fluida tertentu. Selain itu untuk meningkatkan kompatibilitas suatu partikel dengan fluida dapat ditambahkan dispersan ataupun aditif lainnya.

Jika ditinjau dari sifat proses yang digunakan, pembuatan nanofluida dibagi secara proses fisika dan kimiawi. Termasuk proses fisika adalah, kominusi penggilingan (*ball mill*), *arc sparking* dan kondensasi dengan gas inert, *mechanical stirring* dan ultrasonifikasi. Intinya, proses ini menggunakan proses secara mekanis dan tidak terjadi reaksi. Proses secara fisika ini bisa terpisah (*two steps*) atau bergabung (*one step*), tergantung dari metode yang dipilih. Lalu termasuk proses kimia adalah presipitasi kimiawi, CVD, emulsi mikro, pirolisis, *sonochemical* dan *termal spraying*. Semua dari proses kimia, juga dapat terjadi secara terpisah (*two steps*) atau bergabung (*one step*)⁽³⁾.

Partikel nano dapat berupa metalik dan nonmetalik. Termasuk metalik diantaranya adalah Al, Cu, Ag, Fe. Lalu termasuk nonmetalik adalah golongan

keramik seperti oksida logam (Al_2O_3 , CuO , TiO_2), nitrida (AlN , SiN), karbida (SiC , TiC). Atau dapat juga golongan nanopartikel spesial seperti *carbon nanotubes* (*single wall*, *double wall*, *multi wall*) dan golongan komposit⁽³⁾. Setiap partikel dan fluida yang dipilih akan menghasilkan sifat yang berbeda, terutama dalam sifat konduktivitas termalnya. Berikut lebih jelas untuk dilihat tabel 2.1, perbandingan konduktivitas termal beberapa jenis nanofluida, ditinjau dari parameter partikel nano dan media fluida yang digunakan, ukuran partikel, konsentrasi koloid, penambahan dispersan serta metode fabrikasi⁽³⁾.

Base fluid	Nanoparticles / average diameter / concentration	Method	Dispersant	Peak thermal conductivity ratio
Water	Al_2O_3 <50 nm; up to 4.3 vol%	Two-step	Not specified	1.08
Water	Al_2O_3 ; $s = 25 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$; 5.0 vol%	Two-step	No dispersant	1.22
Water	CuO < 50 nm; up to 3.4 vol%	Two-step	Not specified	1.1
Water	Cu 18 nm; up to 5.0 vol%	One-step	No dispersant	1.6
Water	Cu up to 100 nm; up to 7.6 vol%	Two-step	Laurate salt 9 wt% via particles	1.76
Water	C-MWNT 50 μm , 5 μm 3 μm ; 0.6 vol%	Two-step	Sodium Dodecyl Sulfate	1.38
Ethylene Glycol EG	Al_2O_3 <50 nm; up to 5.0 vol%	Two-step	Not specified	1.18
Ethylene Glycol EG	Al_2O_3 ; $s = 25 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$; 5.0 vol%	Two-step	No dispersant	1.29
Ethylene Glycol EG	CuO 35 nm; up to 4 vol%	Two-step	Not specified	1.21
Ethylene Glycol EG	Cu 10 nm; up to 0.5 vol%	One-step	No dispersant	1.14
Ethylene Glycol EG	Cu 10 nm; up to 0.5 vol%	One-step	Thioglycolic acid < 1 vol%	1.41
Glycerol Gly	Al_2O_3 ; $s = 25 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$; 5.0 vol%	Two-step	No dispersant	1.27
Oil (Pump oil)	Al_2O_3 ; $s = 25 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$; 5.0 vol%	Two-step	No dispersant	1.38
Oil (Trans.oil)	Cu up to 100 nm; up to 7.6 vol%	Two-step	Oleic acid 22 wt% via particles	1.43
Water + (up to 100 vol%) Ethylene Glycol EG	Al_2O_3 ; $s = 25 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$; 5.0 vol%	Two-step	No dispersant	1.29
Water + (up to 100 vol%) Glycerol Gly	Al_2O_3 ; $s = 25 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$; 5.0 vol%	Two-step	No dispersant	1.27
Oil (500 SN)	TiO_2 ; 20 nm; 0.757 wt %; 0.84 wt %; 0.92 wt %	Two-step	Sorbitol monostearat of 1.00 wt %	

Partikel nano secara umum diproduksi dalam bentuk serbuk. Dalam bentuk serbuk, partikel nano dapat didispersikan dalam media larutan organik atau aqueous untuk membentuk nanofluid dengan spesifikasi untuk aplikasi tertentu. Banyak jenis cairan yang digunakan sebagai media. Sebagai contoh fluida untuk digunakan adalah air distilasi dan etilen glikol. Kedua media ini umum diaplikasikan pada bidang otomotif dan industri. Untuk beberapa jenis media lain tentu saja memiliki kelebihan tersendiri untuk aplikasi lain.

II.2. Proses Fabrikasi

Proses pembuatan nanofluida dapat dibagi menjadi dua proses. Proses pertama adalah proses terpisah (*two steps*), yaitu dengan cara membuat partikel nano terlebih dahulu, setelah itu dicampurkan dalam suatu media. Tentu saja masing-masing dari partikel nano dan media sudah sedemikian rupa dipersiapkan dengan variable-variabel proses tertentu, sehingga partikel nano tersebut akan mampu untuk terdispersi ke dalam media. Proses kedua adalah proses tergabung (*one step*), yaitu proses kominusi dan pembuatan partikel nano berjalan pada satu wadah dimana wadah tersebut sudah dipersiapkan dengan diisi media. Contoh dari proses ini adalah kominusi dengan planetary ball mill dalam media air distilasi.

Karakteristik struktur dari partikel nano seperti ukuran partikel, besar distribusi partikel, dan bentuknya sangat dipengaruhi proses fabrikasinya, oleh karena itu pengontrolan terhadap parameter proses harus tepat. Karakteristik sangat sulit dinilai karena variasi dan penyimpangan dari proses juga sangat beragam sehingga untuk penilaian hasil penelitian butuh dilakukan karakterisasi nanofluida untuk memastikan kualitas hasil dari suatu proses.

II.2.1. Proses Terpisah (*Two Step Process*)

Proses ini dimulai dengan menggunakan partikel nano yang diproduksi terlebih dahulu, baik secara proses fisika maupun kimia, kemudian diproses lebih lanjut untuk mendispersi partikel tersebut ke fluida dasarnya. Kelebihan dari proses terpisah adalah, kemampuan produksi besar. Fabrikasi dari partikel nano dapat dibuat sekaligus banyak dalam proses yang terpisah. Ini memungkinkan untuk peningkatan keefektifan dari biaya produksi.

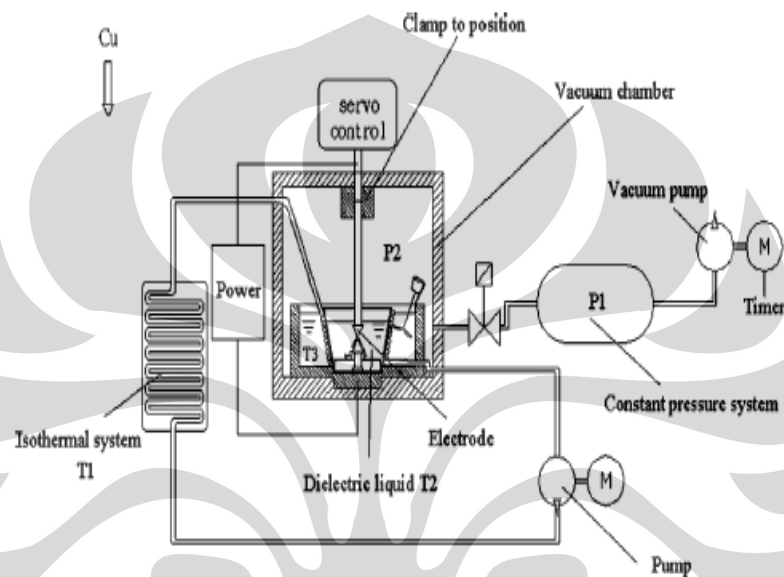
Tetapi ada kendala dari proses terpisah ini. Partikel nano yang telah diproduksi, seiring dengan waktu akan terjadi aglomerasi. Hal ini diakibatkan dari adanya gaya van der Waals antar partikel. Oleh karena itu, partikel nano yang sudah disiapkan, sebaiknya segera dicampurkan ke dalam media. Meskipun begitu, kecenderungan untuk aglomerasi juga terjadi setelah pencampuran dengan media. Ini umum terjadi pada partikel nano golongan oksida. Pada aplikasi berkaitan dengan *heat transfer*, semakin tinggi kadar partikel nano dalam media, akan menaikkan nilai konduktifitas termal nanofluida. Umumnya partikel golongan oksida membutuhkan konsentrasi lebih besar dibanding partikel golongan logam murni, untuk dapat optimal menghantarkan kalor. Konsekuensi dari konsentrasi tinggi adalah kemungkinan terjadinya aglomerasi semakin besar. Oleh karena itu umumnya kadar tertinggi partikel nano dalam suatu nanofluida adalah sebesar 5% volum media⁽³⁾.

Pengembangan dan pemecahan terhadap masalah ini adalah dengan merekayasa permukaan dari partikel nano tersebut. Beberapa percobaan memperlihatkan nano partikel dengan surface treatment tertentu seperti pelapisan film sangat tipis, dapat mengurangi efek van der Waals, dan kemungkinan aglomerasi menjadi turun. Akan tetapi teknik ini masih mahal dan tidak efektif untuk produksi massal, mengingat proses terpisah ini kelebihannya adalah untuk produksi massal. Jadi tantangan terbesar untuk proses terpisah adalah bagaimana mengurangi kemungkinan untuk terjadinya aglomerasi pada proses fabrikasi.

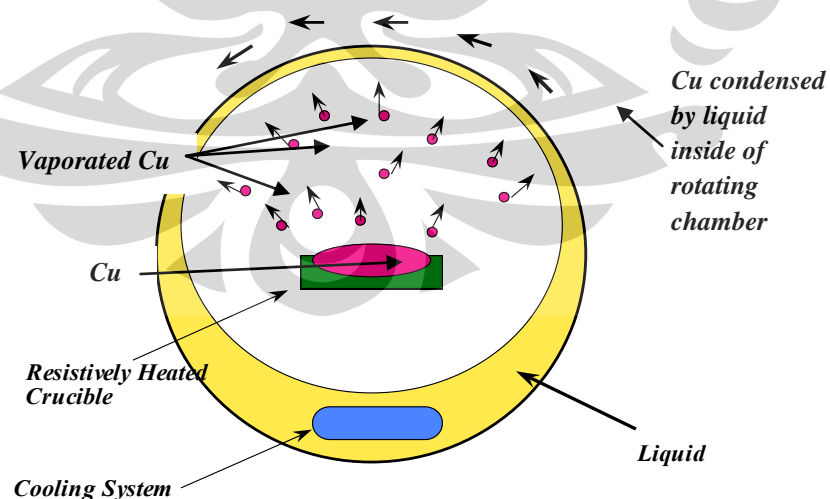
II.2.2. Proses Tergabung (*One-Step Process*)

Proses ini secara serentak membuat dan mendispersikan nano partikel secara langsung kedalam fluida dasarnya. Untuk beberapa partikel nano seperti Al dan Cu, lebih dipilih untuk digunakan proses tergabung. Ini digunakan untuk mencegah oksidasi, karena oksidasi dapat menurunkan kualitas dari partikel nano, seperti penurunan konduktivitas termal dan kemampuan dispersi. Contoh lain adalah beberapa proses paten, seperti yang dikembangkan Hong-Ming Lin dari National Taipei University of Technology⁽⁴⁾, yang menghasilkan partikel nano Cu dalam media etilen glikol dengan metode kondensasi uap tekanan rendah dalam ruang vakum. Penguapan Cu digunakan dengan *charge* busur listrik. Skematis

rangkaian alat dan prinsip kerja ditunjukkan oleh gambar 2.1 dan gambar 2.2. Hasil yang didapat adalah dispersi seragam dan peningkatan konduktivitas termal sebesar 40% dengan kadar 0,3% partikel nano Cu. Metode lain yang juga mirip, adalah dengan pemanasan elektroda (*arc sparking*) lalu penguapan dan kondensasi ke dalam media fluida. Metode-metode seperti ini menghasilkan keseragaman dan stabilitas dispersi sangat baik.



Gambar 2.1. Skematis alat untuk metode evaporasi-kondensasi pada *one step process* untuk menghasilkan nanofluid Cu/CuO⁽⁴⁾



Gambar 2.2. Skematis proses evaporasi-kondensasi. Dimana Cu diuapkan dan diembunkan bersama fluida dielektris⁽⁴⁾

dimasukkan ke dalam *vial* akan terkena efek sentrifugal dan akan tertumbuk dengan bola dan dinding. Bola-bola di dalam akan saling bertumbukkan satu sama lain dan menghasilkan energi kinetik. Energi kinetik dari pergerakan bola akan dikonversi menjadi energi impact untuk menghancurkan dan mereduksi ukuran partikel. Selain impact, bekerja gaya friksi antara partikel dan dinding bagian dalam *vial*. Friksi ini juga ikut membantu penggerusan dan reduksi ukuran.

Material yang digunakan untuk bola dan *vial* umumnya berasal dari jenis logam dan keramik. Pemilihan material berdasarkan jenis partikel yang akan digiling. Jika partikel memiliki kekerasan dan kekuatan tinggi, maka material yang digunakan harus keras juga. Material dari logam dan keramik memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing.

Adapun kelebihan utama dari material logam adalah memiliki densitas tinggi (umumnya golongan *steel*, dengan densitas $7,8 - 7,9 \text{ g/cm}^3$). Akibat dari densitas tinggi adalah membantu meningkatkan energi impact bola. Sedangkan kekurangan material logam adalah rentan terjadi kontaminasi pada serbuk sampel. Permukaan bola dan wadah logam akan mudah teroksidasi dan tergerus selama proses penggilingan, akibatnya akan mengotori sampel. Selain itu akibat sifat ulet dari material logam akan menghasilkan fenomena *cold weld* selama penggilingan. *Cold weld* adalah proses penyambungan dan pepaduan yang terjadi pada material logam bola dan wadah, maupun material logam yang digunakan sebagai serbuk. Ini karena energi impact yang digunakan selama penggilingan tidak mampu memecah partikel-partikel logam yang bersifat ulet, akibatnya partikel logam tadi malah akan bergabung. Dengan kata lain partikel sulit tereduksi ukurannya. Untuk mengatasi kekurangan dari material logam pada bola dan wadah, umumnya digunakan logam paduan untuk mengeraskan permukaan atau perlakuan pengerasan seperti proses kuens, karburisasi dan nitridasi. Contoh material logam yang umum digunakan adalah *hardened steel* seperti AISI 1191, 2080, 2601, 4301 maupun stainless steel seperti SS 316 & 310⁽⁵⁾.

Untuk material keramik, memiliki keunggulan utama yaitu kekerasan permukaan tinggi. Merupakan sifat dasar keramik mempunyai kekerasan dan ketahanan abrasi tinggi. Akibat dari keunggulan sifat ini, kontaminasi yang terjadi

selama proses penggilingan akan dapat dikurangi seminimal mungkin. Adapun kekurangan dari material keramik adalah densitas yang lebih rendah jika dibanding logam terutama golongan *steel*. Densitas rendah ini memberi efek dampak lebih kecil dibanding logam. Selain itu jika memilih keramik densitas tinggi seperti *tungsten-carbide* (WC) dengan nilai densitas dapat mencapai dua kali densitas baja, yaitu $14,75 \text{ g/cm}^3$, adalah sangat mahal. Beberapa keramik yang biasa digunakan seperti *sintered corundum* (Al_2O_3), agate, zirkonia dan SiN sudahlah mahal jika dibandingkan dengan baja. Oleh karena itu untuk mengatasi kekurangan dari material keramik adalah dengan menaikkan rpm dari putaran untuk mendapatkan nilai dampak yang lebih baik. Berikut tabel 2.2 menunjukkan jenis material keramik dan logam yang sering dipakai sebagai bola dan wadah.

Tabel 2.2. Spesifikasi material yang sering dipakai sebagai bola dan wadah⁽⁵⁾

Grinding set Type "C"	Composition (approx.)	Degree of Hardness	Density
Agate	99.9% SiO_2	7.0 Mohs	app. 2 600 kg/m ³
Sintered corundum I	99.7% Al_2O_3	9.0 Mohs	app. 3 900 kg/m ³
Silicon nitride	53.0% Si, 35.2% N, 3.5% I, 2.5% Al, 0.5% Mg	HV = 1400 kg/mm ² \approx 14 GPA	app. 3 200 kg/m ³
Zirconia	97.0% ZrO_2	8.5 Mohs	app. 5 700 kg/m ³
Stainless steel	84.5% Fe, 13.0% Cr	53 HRC \approx app. HV = 5.7 GPA	app. 7 700 kg/m ³
Chrome steel 2	86.0% Fe, 11.5% Cr	60 HRC \approx app. HV = 7 GPA	app. 7 700 kg/m ³
Chrome steel 4	84.0% Fe, 13.5% Cr	53 HRC \approx app. HV = 5.7 GPA	app. 7 700 kg/m ³
Tungsten carbide	94.0% WC, 6.0% Co	HV = 1150 kg/mm ² \approx 11.2 GPA	app. 14 400 kg/m ³

Variabel lain yang patut diperhatikan untuk penggilingan dengan PBM adalah jumlah bola yang digunakan. Menurut literatur, ada nilai perbandingan antara jumlah bola dengan diameter tertentu terhadap volum wadah untuk penggilingan optimum. Nilai perbandingan berkisar 1 : 2 sampai 3 : 5, antara volum total bola terhadap volum wadah. Berikut dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3. Rekomendasi penggunaan jumlah bola terhadap ukuran wadah⁽⁵⁾

Nominal volume	Useful volume (sample and balls)	Recommended ball charge						
		PM100	PM200	Max. feed size	40 mm dia.	30 mm dia.	20 mm dia.	10 mm dia.
50ml	5-30ml	✓	✓	<3 mm	-	-	3	10
125ml	15-80ml	✓	✓	<4 mm	-	-	6	25
250ml	25-150ml	✓		<6 mm	-	5	12	50
500ml	75-300ml	✓		<10 mm	4	8	20	100

II.4. Faktor – faktor berpengaruh terhadap sintesis nanofluida

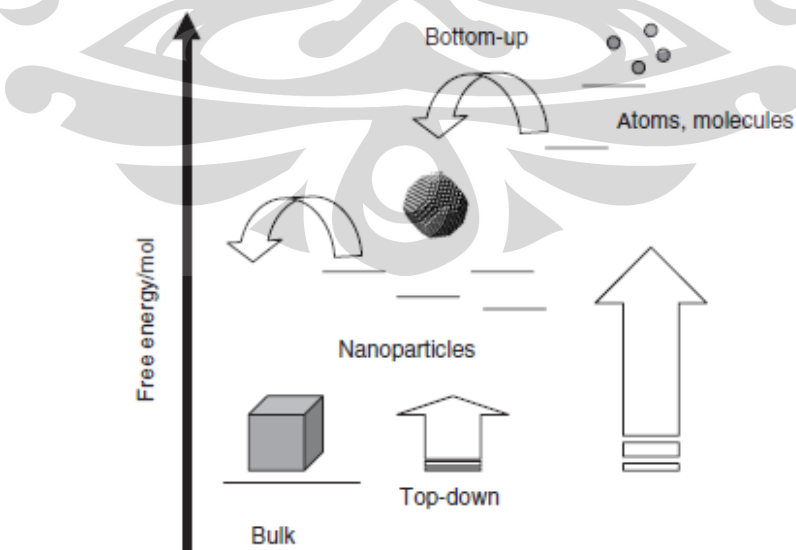
Nanofluida merupakan sebuah sistem koloid dengan menggunakan nanopartikel. Oleh karena itu ada kesamaan dengan sistem koloid mengenai faktor yang berpengaruh terhadap sintesis dan dispersi partikel tersuspensi pada suatu media fluida⁽⁶⁾. Faktor itu adalah :

- Stabilitas kinetika termal
- Kemampuan berdispersi partikel (*dispersability*)
- Kemampuan manipulasi kompatibilitas kimia

Faktor-faktor ini merupakan acuan dan pertimbangan awal untuk memprediksi keberhasilan penelitian atau pengembangan metode sintesis baru untuk nanofluida di masa depan kemudian.

II.4.1. Stabilitas Kinetika Termal

Nanopartikel merupakan sebuah sistem koloid metastabil. Setiap sistem metastabil akan bergerak menuju kestabilannya, yaitu yang memiliki energi bebas minimal. Secara teori energi bebas material ini, nanopartikel memiliki energi bebas lebih tinggi dari material skala mikro atau lebih besar, dapat dilihat pada ilustrasi gambar 2.4 di bawah.



Gambar 2.4. Peningkatan derajat energi bebas pada ukuran material yang semakin mengecil⁽⁶⁾

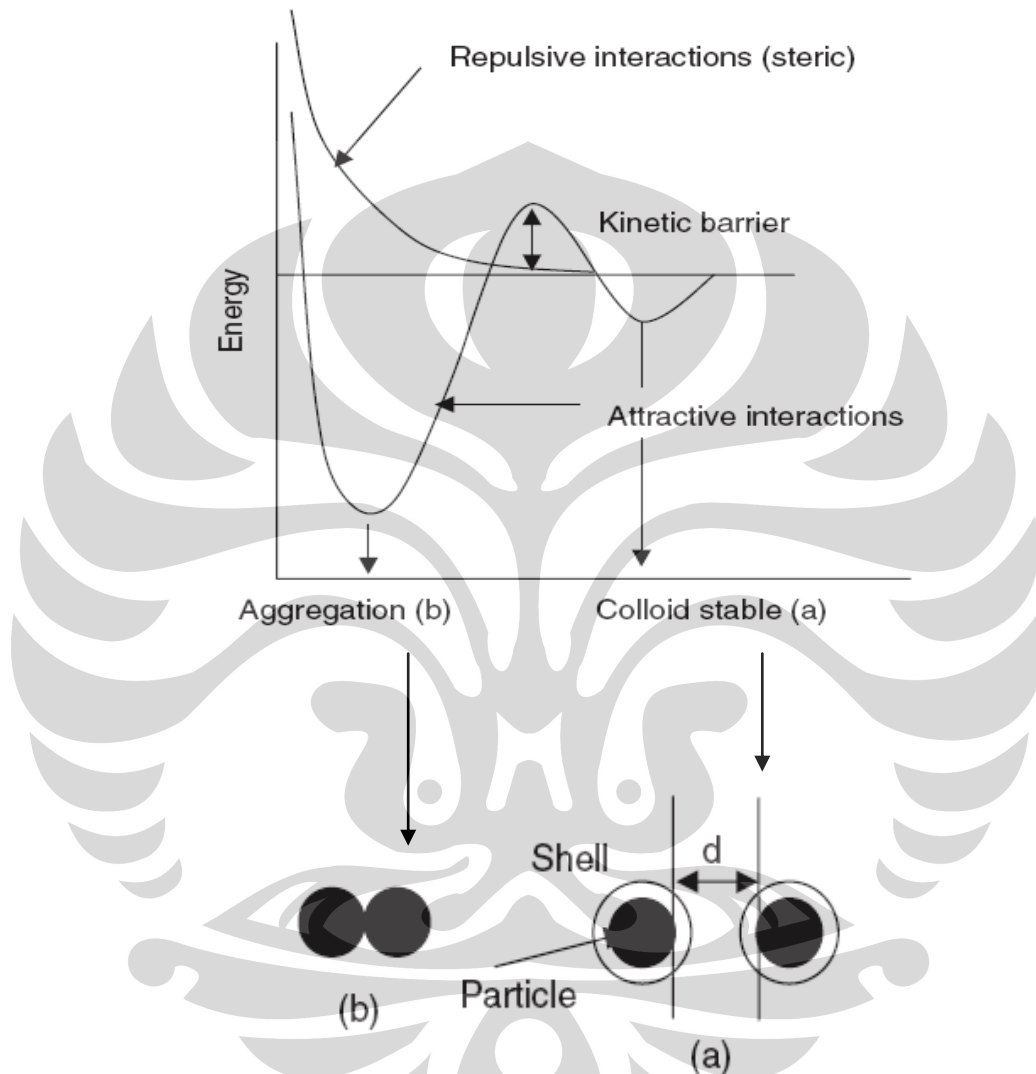
Untuk ukuran $<100\text{nm}$, nanopartikel cenderung membentuk struktur *cluster*. *Cluster* merupakan kumpulan nanopartikel yang berkumpul satu dengan lainnya. Tiap dari *cluster* memiliki struktur isomerik dan kestabilan tersendiri. Oleh karena itu besar struktur akan bervariasi dan memberikan sifat tidak serupa. Ketika sudah membentuk ukuran lebih besar seperti pada nanorod, nanopartikel tersebut akan berubah sifat elektriknya. Melalui keunikan ini banyak metode sintesis dikembangkan untuk memanipulasi dan meningkatkan sifat seperti pada material logam atau keramik.

Pada partikel yang sangat kecil, derajat energi ini juga mempunyai pengaruh terhadap kestabilan struktur elektrik partikel. Ukuran partikel akan mendekati skala atomik yang mempunyai kekuatan tarik menarik yang besar, akibatnya partikel akan membentuk aglomerasi. Nanopartikel merupakan keadaan dimana energi berada diantara keadaan kestabilan mikro dan ketidakstabilan atom. Oleh karena itu besar kemungkinan terjadi perubahan menjadi keadaan lain yang lebih stabil akibat pengaruh fisika atau kimia.

Setiap dari nanopartikel akan mengalami gaya interpartikel dan akan mengalami aglomerasi. Dalam keadaan tersebut partikel tetap mempertahankan ukurannya, tetapi mengubah sifat permukaan karena terjadi interaksi interpartikel. Interaksi interpartikel juga dapat menghasilkan *coalesce*, yaitu penggabungan material yang menghasilkan partikel besar permanen. Interaksi interpartikel adalah efek dari gaya elektrostatis atau gaya van der Waals karena adanya perbedaan kestabilan molekul dalam pelarut dielektrik seperti air. Gaya elektrostatis antar partikel mengikat satu dengan yang lainnya dan inti partikel agar tidak berjauhan. Hasilnya energi bebas menjadi minimal dan sistem mencapai kestabilan.

Setelah kestabilan tercapai akibat gaya van der Waals, aglomerat sulit dipisahkan. Untuk mencegah hal ini, digunakan *shield* atau penutup yang dapat melindungi permukaan dari tarikan elektrostatis. Seperti pada penggambaran skematis gambar 2.5 di bawah, prinsip kerja *shield* adalah menjadi *barrier* atau penghalang pada jarak dekat di sekeliling permukaan partikel. Jika besar energi penghalang ini lebih besar dari energi kinetik termalnya (kT), maka antara partikel

akan tercipta tolakan (*repulsive*) dan laju kinetik perubahan termal akan mengecil sehingga perubahan atau penggabungan partikel akan terhalang⁽⁶⁾. Sifat atau karakteristik dari pelindung ini beragam bergantung dari jenis partikel yang digunakan.



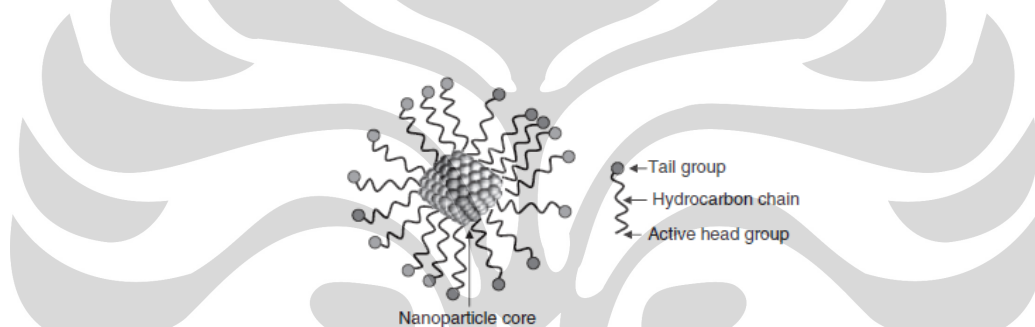
Gambar 2.5. Kurva energi bebas partikel dan pengaruh *shielding barrier*. Tanpa penyalimut partikel akan stabil dalam bentuk aglomerat atau agregat.⁽⁶⁾

Umumnya lapisan pelindung stabil dalam kondisi normal yaitu pada kondisi tidak mengalami perubahan temperatur dan tekanan yang besar. Dengan kata lain ada kestabilan secara termodinamika dimana laju atau kinetika termal menjadi kecil. Selain dari temperatur dan tekanan, faktor lain yang mempengaruhi kestabilan pelindung adalah bentuk struktural, sifat elektrik dan magnetik dari suatu nanopartikel.

II.4.2. Kemampuan berdispersi partikel (*dispersability*)

Secara garis besar nanopartikel terdiri dari inti dan lapisan tipis penyelimut yang memiliki sifat ikatan ionik, molekular, polimer, atau metalik. Sifat dari nanopartikel tergantung dari inti dan lapisan pelindung. Kelarutan dan derajat dispersi partikel nano ditentukan oleh sifat kimia lapisan penyelimut. Molekul penyelimut memiliki karakteristik berupa afinitas kimia terhadap inti nanopartikel dan suatu gugus kimia tertentu. Gugus kimia ini nantinya akan berperan sebagai aditif dispersan atau surfaktan dan mempunyai sifat protektif terhadap ikatan interpartikel dan kemampuan dispersi dalam media.

Gugus kimia pada dispersan terdiri dari dua bagian utama, yaitu bagian kepala dan ekor, seperti pada ilustrasi gambar 2.6 di bawah ini⁽⁶⁾.

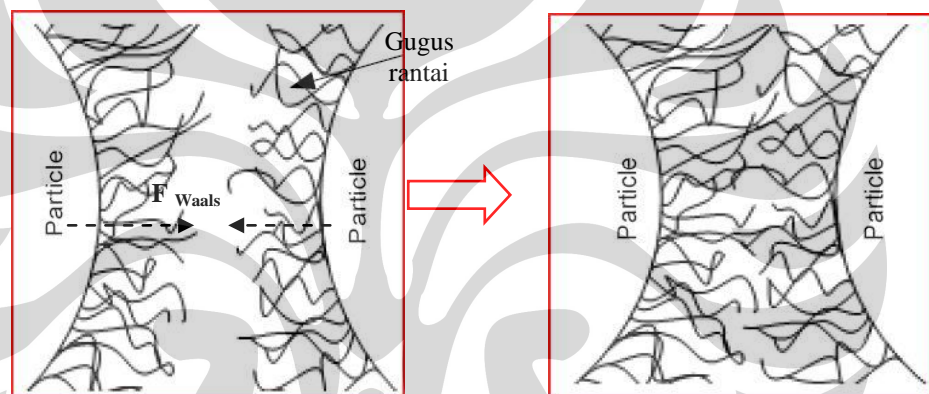


Gambar 2.6. Skematis nanopartikel yang berikatan dengan suatu gugus dispersan dan membentuk lapisan monolayer yang bersifat protektif⁽⁶⁾

Bagian kepala akan bersifat mengikat kepada permukaan partikel yang mempunyai afinitas yang baik. Afinitas antara kepala dan permukaan lebih besar dibanding afinitas permukaan dengan ion-ion sekitar pada medium atau pun ion dari permukaan partikel lain, sehingga gaya van der Waals akan menurun. Sedang pada bagian ekor akan mempengaruhi kemampuan dispersi ke dalam media. Untuk nanofluida dengan menggunakan media air, maka dipilih gugus ekor yang mempunyai sifat hidrofilik yang baik, sehingga derajat dispersi akan naik. Kalau dipilih gugus hidrofobik maka gugus ekor menolak menjulur keluar dan menurunkan kestabilan dispersi dengan media

Kehadiran pelindung pada permukaan partikel nano bukan hanya berupa molekul, tetapi juga bisa berupa gugus rantai. Gugus rantai tersebut berperan sebagai dispersan dan aktivator seperti asam laurat [$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COO-X}$] dan

asam oleik $[\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}]^{(6)}$. Tujuan dari penambahan aditif ini adalah penstabilan nanopartikel pada media pendispersinya, seperti di oli, air, dan etilen glikol. Sehingga didapat kestabilan baik dan secara termodinamik laju kinetika termal akan menurun. Struktur monolayer pelindung dari sistem nanopartikel tidak terbatas untuk partikel bulat saja, tetapi juga ditemukan pada *nanorods*, *nanotubes*, dan *nanoshells*, dimana terdapat kompatibilitas kimia disekitar nanopartikel sehingga memudahkan untuk menjadi sebuah larutan dalam lingkungan tertentu. Secara skematis prinsip kerja dari gugus dispersan ini adalah membentuk lapisan monolayer (seperti rambut-rambut) yang menghalangi bertemunya permukaan antar partikel solid, seperti ilustrasi oleh gambar 2.7 di bawah ini⁽⁶⁾.



Gambar 2.7. Skematis kinerja suatu gugus dispersan dalam menahan aglomerasi nanopartikel akibat gaya van der waals (F_{Waals})⁽⁶⁾

II.4.3. Kemampuan Manipulasi Kompatibilitas Kimia

Proses sintesis yang dilakukan sangat mempengaruhi nanopartikel dalam sifat fisika-kimia, ukuran, dan bentuk. Dari tiap perubahan faktor ini berdampak pada efek penggunaan untuk aplikasi. Hal ini sangat diharapkan untuk sebuah sistem yang metastabil. Oleh karena itu parameter sintesis sangat penting untuk penentuan hasil. Penentuan parameter yang tepat dan teruji merupakan awal untuk menerapkan sebuah metodologi terpercaya dalam pengembangan nanofluida, mengingat sekarang ini teknis dan standar pembuatan nanofluida masih sedikit yang *acceptable* secara penerapan industri luas. Adanya hal ini menyebabkan keterbatasan terhadap keadaptifan dari sistem terhadap beberapa kondisi dan kimianya. Sebagai contoh, jika sistem sensitif terhadap penambahan kimia karena

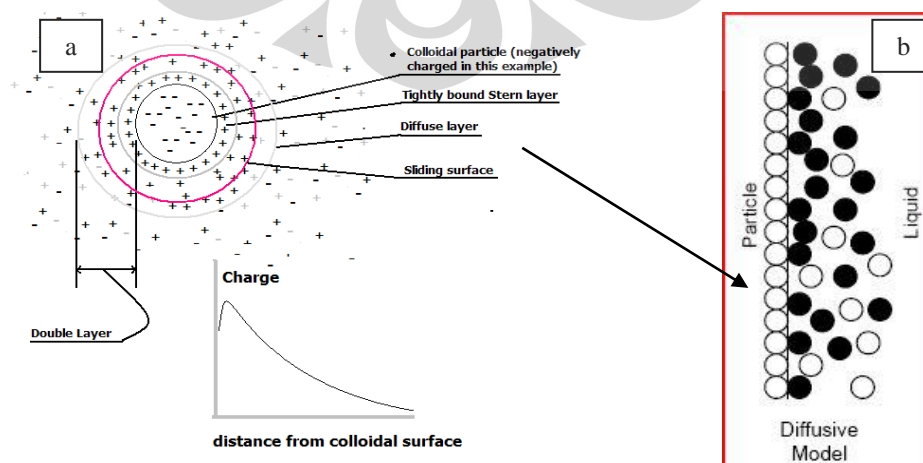
sifat kimia dan afinitas partikel dan pelindungnya, maka modifikasi akan mudah dilakukan. Hal ini berarti akibat efek penambahan aditif atau kehadiran zat kimia lain, pelindung monolayer dapat dimanipulasi kembali setelah sintesis berlangsung, sehingga kita dapat bebas memilih sifat kimia yang diinginkan dari nanopartikel dan pelindungnya untuk diaplikasikan⁽⁶⁾.

Sebagai contoh mengenai mampu manipulasi kimia, salah satunya adalah mengenai mampu larut. Kemampuan larut dapat ditingkatkan dengan perubahan lapisan dengan proses fotosintesis menggunakan prinsip perubahan ligan. Ligan akan tersubstitusi dengan monolayer lain dalam keadaan tertentu. Proses perubahan harus berada dalam kondisi stabil antara molekul yang diserap dan keadaan bebasnya. Dengan mengulangi proses ini untuk beberapa waktu, perubahan sempurna monolayer akan didapat, sesuai dengan sifat barunya yang diinginkan.

II.5. Karakterisasi Nanofluida

II.5.1. Kestabilan Sistem Koloid

Salah satu parameter penting dalam menentukan kestabilan derajat dispersi partikel nano dalam media adalah nilai potensial zeta. Potensial zeta merupakan fenomena elektrokinetik dalam suatu sistem koloid, suspensi, atau fluida heterogen dimana di dalamnya terdapat partikel terdispersi. Potensial zeta adalah beda potensial elektrik pada daerah *interfacial double layer* antara partikel dan media. Atau sering juga diartikan potensial gerak pada *sliding surface* dari partikel ketika bergerak didalam media. Secara skematis, lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.8 di bawah ini.



Gambar 2.8. Skematis : a) *charged ion & zeta potensial* b) *electric double layer*⁽⁷⁾

Difusi atau pergerakan dari double layer ini tergantung dari perbedaan polaritas ion yang terjadi pada fasa liquid. Lapisan ganda memiliki dua bagian, daerah dalam yang memiliki ikatan ion relatif kuat terhadap permukaan, dan daerah difusi dimana distribusi ion ditentukan oleh keseimbangan gaya elektrostatis pada pergerakan di temperatur acak. Ketika diberikan muatan elektrik, partikel akan berinteraksi dengan elektroda, tergantung dari polaritas partikel.

Adanya potensial ini akan menyebabkan partikel akan mempunyai sifat repulsif satu antara lain, sehingga tidak akan terjadi kecenderungan untuk menyatu (agregasi & aglomerasi). Nilai potensial zeta jika semakin tinggi, maka kestabilan dari partikel tersebut juga semakin baik⁽⁷⁾. Berikut tabel 2.4 untuk membandingkan beberapa nilai potensial zeta dan perilaku partikel dalam koloid:

Tabel 2.4. Potensial zeta dan sifat stabilitas koloid⁽⁷⁾

Zeta potensial (mV)	Stabilitas dan sifat koloid
0 – -10	Sangat tidak stabil, mudah beraglomerasi
-10 – -30	Kurang stabil, kemungkinan beraglomerasi
-30 – -40	Cukup stabil, aglomerasi sangat sedikit terjadi
-40 – -60	Stabil, tidak ada aglomerasi
<-60	Sangat stabil, tidak terjadi aglomerasi dalam jangka waktu panjang

Zeta potensial ditentukan oleh beberapa parameter seperti muatan permukaan, ion yang diserap pada permukaan, dan komposisi sekitar medianya. Muatan murni disekitar media tergantung dari muatan partikel dan penstabil. Zeta

potensial adalah indeks interaksi antara partikel. Dideskripsikan dengan formula *Smoluchowski*⁽⁷⁾:

$$\zeta = \frac{4\pi\eta}{\epsilon} \times U \times 300 \times 300 \times 1000 \quad \text{.....(1)}$$

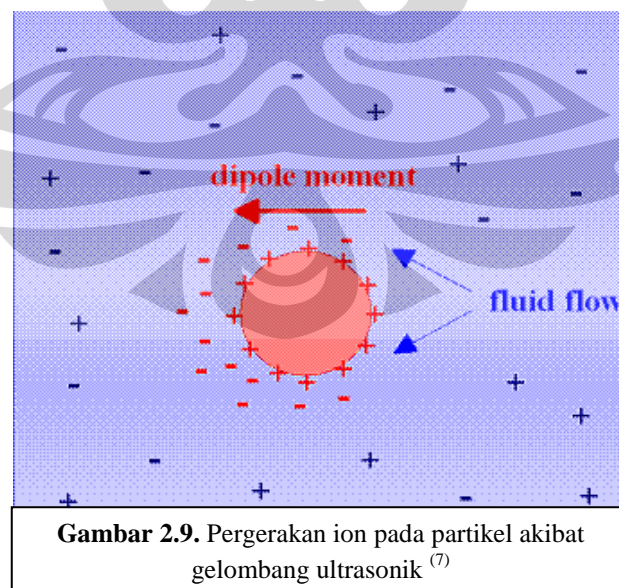
Z = zeta potensial dalam mV

ϵ = dielektrik konstan dalam media

η = viskositas media

U= mobilitas *electrophoretic* (v/V/L)

Cara penentuan nilai potensial zeta adalah dengan metode *colloid vibration current*⁽⁷⁾. Metode ini sering disebut juga dengan *electroacoustic methods*, memakai gelombang ultrasonic yang ditujukan pada suspensi. Adanya perbedaan tekanan (*pressure gradient*) dari gelombang ultrasonic, akan mempengaruhi kondisi *double layer* pada permukaan partikel-media. Ion-ion negatif pada *double layer* akan bergerak akibat gelombang ultrasonic, dan bergerak mengikuti aliran fluida. Sementara itu pada permukaan partikel lain dimana telah ditinggalkan ion negative, akan kekurangan ion negative. Akibatnya akan terjadi perbedaan dua kutub, atau lazim disebut momen dipole. Momen dipole ini akan menghasilkan suatu arus dan kecepatan pergerakan partikel. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada ilustrasi oleh gambar 2.9 di bawah ini.



Gambar 2.9. Pergerakan ion pada partikel akibat gelombang ultrasonik⁽⁷⁾

Kecepatan pergerakan partikel yang ditimbulkan akan diukur dengan alat *laser Doppler electrophoresis* kemudian dikonversi menggunakan rumus *Henry's* untuk mendapatkan nilai potensial zeta⁽⁷⁾.

$$U = \frac{2\varepsilon z f(ka)}{3\eta} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

ε = konstan dielektrik

z = zeta potensial

η = viskositas

$f(ka)$ fungsi Henry's

U = kecepatan partikel yang terukur

Nilai $f(ka)$ diasumsikan :

bernilai 1,5 (berdasar perhitungan *Smoluchowski's*) untuk media larutan

bernilai 1 (berdasar perhitungan *Huckel*) untuk media non larutan.

II.5.2. Konduktivitas Termal

Konduktivitas termal merupakan sifat yang paling utama untuk nanofluida karena terkait fungsi aplikasi nanofluida sebagai fluida kerja. Adanya partikel nano terdispersi menyebabkan daya hantar panas meningkat. Ini dimanfaatkan untuk aplikasi piranti-piranti canggih yang mempunyai flux kalor tinggi. Dalam perhitungan literatur ilmu teknik, data terkumpul hasil penelitian bertahun – tahun akan disajikan sebagai landasan teori. Rasio perubahan konduktivitas termal didefinisikan sebagai rasio konduktivitas termal nanofluida terhadap termal konduktivitas fluida dasarnya. Persen perubahan dari konduktivitas termal adalah hubungan antara konduktivitas termal awal, koefisien transfer panas, dan *Nusselt Number*. Perubahan persentase didapat dari perbedaan nilai-nilai tersebut.

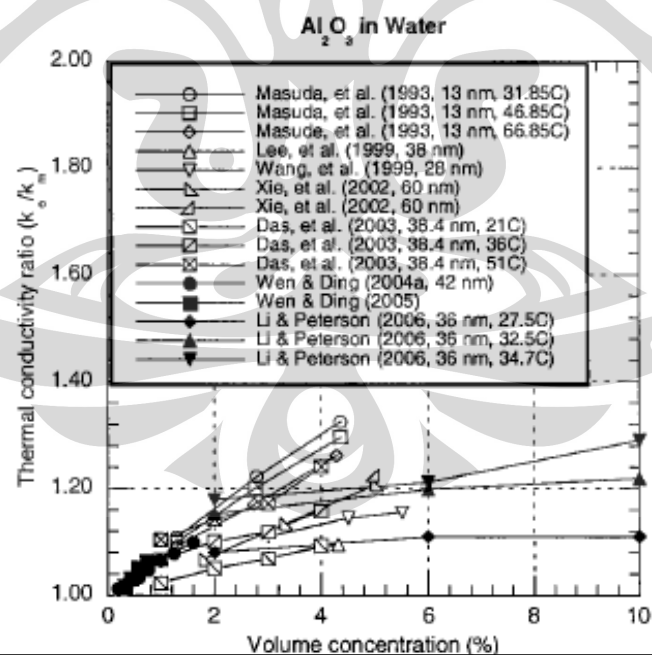
Menurut penelitian yang telah dikumpulkan oleh Argonne National Laboratory⁽⁹⁾, ada delapan faktor yang mempengaruhi perubahan konduktivitas termal dari sebuah sistem nanofluida. Faktor itu adalah :

- Volume konsentrasi partikel
- Jenis material partikel

- Ukuran partikel
- Bentuk partikel
- Jenis fluida dasar
- Temperatur
- Penambahan additif (surfaktan, dispersan)
- Derajat keasaman (pH)

II.5.2.1. Volume Konsentrasi Partikel

Volum konsentrasi partikel berpengaruh terhadap koefisien konduktivitas termal. Berdasar tujuh data percobaan terpisah yang dilakukan oleh Masuda, Lee, Wang, Xie, Das, Wen & Ding dan Li & Peterson⁽¹⁰⁾, pengukuran konduktivitas termal nanofluida Al_2O_3 + air untuk pengaruh variabel volum konsentrasi adalah semakin tingginya konsentrasi nanopartikel terdispersi, maka koefisien konduktivitas termal juga semakin meningkat. Dapat dilihat pada grafik percobaan mereka di bawah ini.



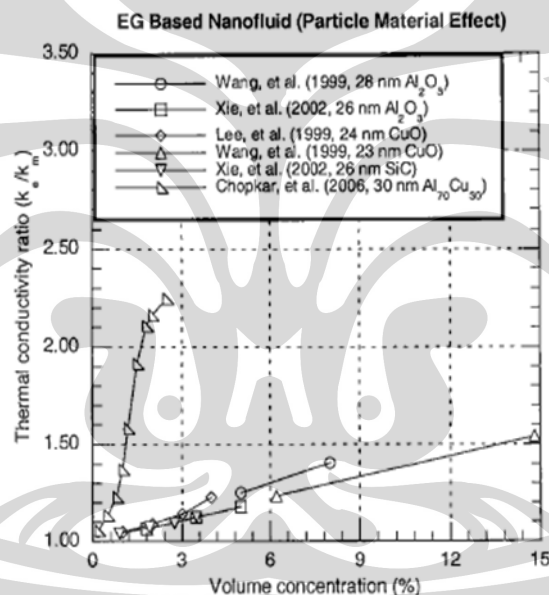
Gambar 2.10. Grafik peningkatan konduktivitas termal terhadap peningkatan volum konsentrasi⁽¹⁰⁾

Data di atas didapat dari perbandingan beberapa penelitian. Sebagai kesimpulan gambar 2.10, semua data dari berbagai jenis nanofluida dapat disimpulkan bahwa

semakin tinggi volume konsentrasi partikel, maka kadar partikel nano terdispersi dalam nanofluida akan meningkat dan menyebabkan adanya penyerapan panas yang baik oleh partikel.

II.5.2.2. Jenis Material Partikel

Jenis partikel berpengaruh terhadap koefisien konduktivitas termal. Berdasar data percobaan terpisah yang dilakukan oleh Lee, Wang, Xie, Eastman, Hong dan Chopkar⁽¹⁰⁾, nanofluida berbagai jenis material partikel (logam, oksida, karbida, logam paduan) dengan etilen glikol sebagai fluida dasarnya menunjukkan pengaruh terhadap koefisien konduktivitas termal. Dapat dilihat pada grafik percobaan mereka di bawah ini.



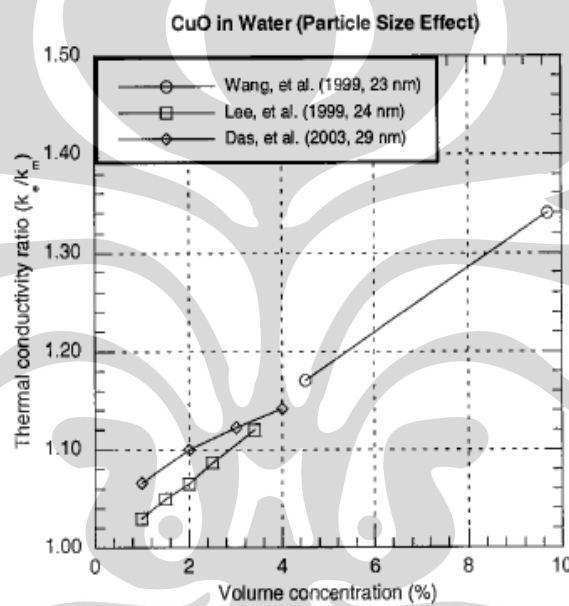
Gambar 2.11. Grafik peningkatan konduktivitas termal terhadap jenis partikel terdiri dari logam, oksida logam, karbida dan logam paduan⁽¹⁰⁾

Sesuai dengan yang digambarkan grafik 2.11 di atas, partikel logam memiliki peningkatan koefisien konduktivitas termal paling tinggi. Ini terlihat dari kemiringan (*slope*) atau nilai tangensial kurva. Hal ini diduga karena partikel logam lebih tinggi nilai konduktivitas termal dasarnya dibanding oksida ataupun karbida. Akan tetapi ada kendala tersendiri dalam membuat nanofluida dengan partikel logam murni. Ini dikarenakan sangat sulit memproduksi partikel nano

logam tanpa adanya oksidasi, sehingga harus digunakan metode *one step process* yang memiliki keakuratan dan kepresisian tinggi, seperti evaporasi-kondensasi.

II.5.2.3. Ukuran Partikel

Ukuran partikel berpengaruh terhadap koefisien konduktivitas termal. Berdasar data percobaan terpisah yang dilakukan oleh Lee, Wang, Xie, dan Das⁽¹⁰⁾, nanofluida dengan beragam ukuran partikel (mulai 28 nm – 60 nm) dalam air sebagai fluida dasarnya menunjukkan pengaruh terhadap koefisien konduktivitas termal. Dapat dilihat pada grafik percobaan mereka di bawah ini.



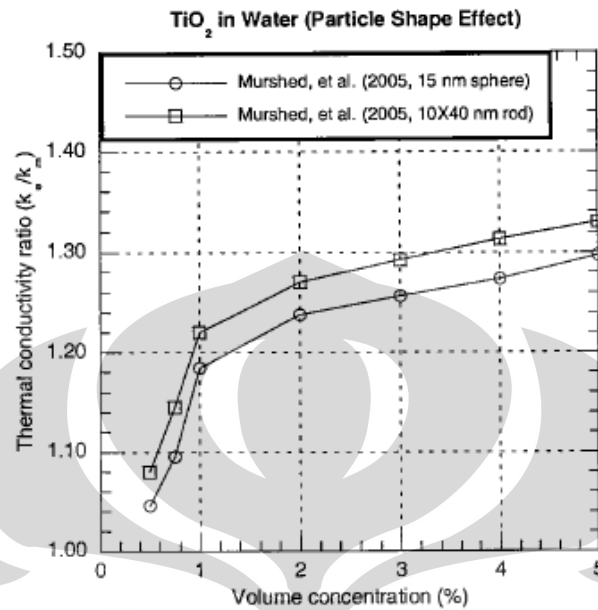
Gambar 2.12. Grafik peningkatan konduktivitas termal terhadap ukuran partikel⁽¹⁰⁾

Gambar 2.12 menunjukkan semakin kecil ukuran partikel maka akan memberikan kenaikan nilai konduktivitas termal signifikan. Ini disebabkan karena luas permukaan partikel akan bertambah. Tetapi ada hal yang perlu diperhatikan jika terdapat penyimpangan data. Ini merupakan indikasi adanya aglomerasi. Aglomerasi menyebabkan partikel membesar dan menurunkan konduktivitas termal yang seharusnya naik.

II.5.2.4. Bentuk Partikel

Bentuk partikel berpengaruh terhadap koefisien konduktivitas termal. Berdasar data percobaan yang dilakukan oleh Murshed⁽¹⁰⁾, nanofluida dengan

bentuk partikel *rod* dan *sphere* dibandingkan konduktivitas termalnya. Dapat dilihat pada grafik percobaan mereka di bawah ini.

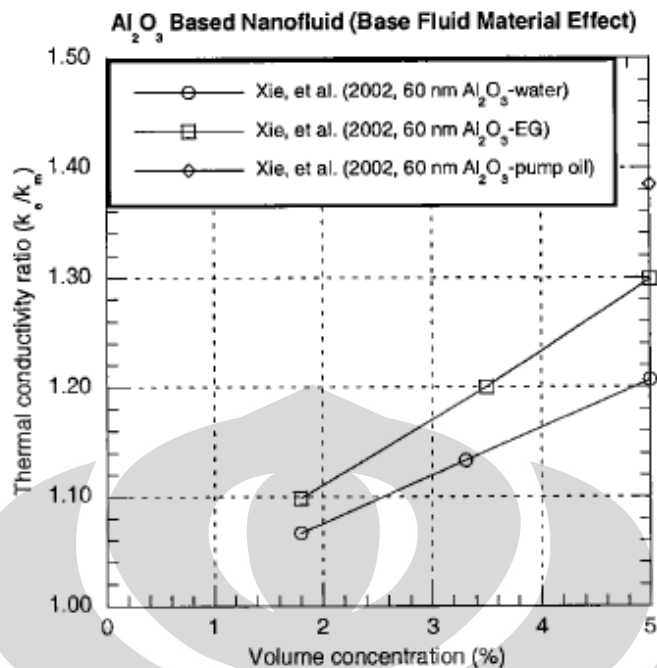


Gambar 2.13. Grafik peningkatan konduktivitas termal terhadap bentuk partikel⁽¹⁰⁾

Gambar 2.13 diatas memperlihatkan perbandingan konduktivitas termal nanopartikel berbentuk *sphere* dan *rod*. Konduktivitas termal lebih tinggi terlihat pada bentuk *rod* karena bentuk panjang yang mengkonduksi transfer panas melalui partikel. akan tetapi untuk menghasilkan nanorod lebih sulit dibanding dengan partikel bulat yang biasa. Meskipun bentuk bulat konduktivitas termalnya sedikit lebih rendah, bentuk bulat lebih disenangi karena mudah dibuat dan murah biayanya.

II.5.2.5. Jenis Fluida Dasar

Fluida dasar berpengaruh terhadap koefisien konduktivitas termal. Berdasar data percobaan yang dilakukan oleh Xie⁽¹⁰⁾, nanofluida dengan beragam jenis fluida (air, oli, etilen glikol) dibandingkan konduktivitas termalnya. Dapat dilihat pada grafik percobaan di bawah ini.

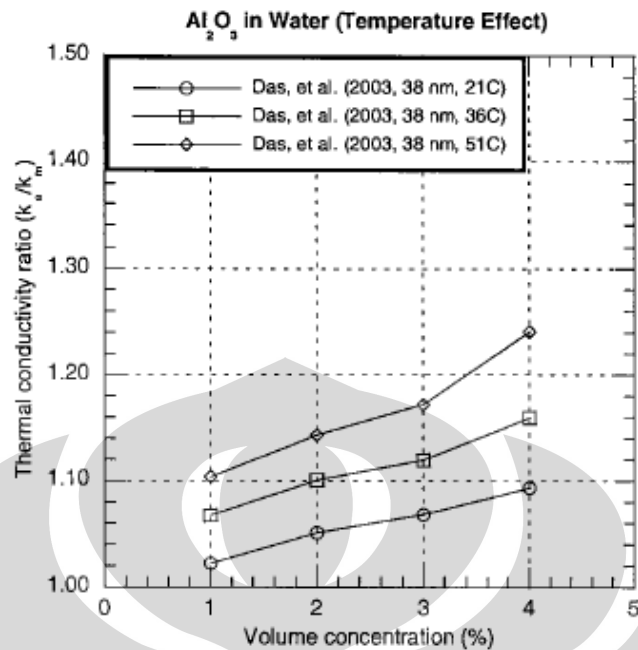


Gambar 2.14. Grafik peningkatan konduktivitas termal terhadap jenis fluida⁽¹⁰⁾

Jika dilihat pada gambar 2.14, rasio peningkatan konduktivitas termal oleh kehadiran nanopartikel Al₂O₃, lebih baik pada etilen glikol dibanding dengan air. Hal ini cukup membingungkan karena konduktivitas termal dasar etilen glikol lebih rendah dibandingkan dengan air. Hal ini terkait juga dengan kemampuan dispersi nanopartikel tertentu (dalam percobaan di atas digunakan alumina) dalam suatu fluida. Jadi kesimpulan pengaruh fluida dasar terhadap rasio peningkatan konduktivitas termal adalah semakin baik kompatibilitas dispersi partikel dalam fluida, jauh lebih meningkatkan konduktivitas termal, dibandingkan dengan kompatibilitas partikel-fluida yang rendah meski konduktivitas termal masing-masingnya tinggi.

II.5.2.6. Temperatur

Temperatur berpengaruh terhadap koefisien konduktivitas termal. Berdasar data percobaan yang dilakukan oleh Das⁽¹⁰⁾, nanofluida dengan beragam temperatur dibandingkan konduktivitas termalnya. Dapat dilihat pada grafik percobaan di bawah ini.

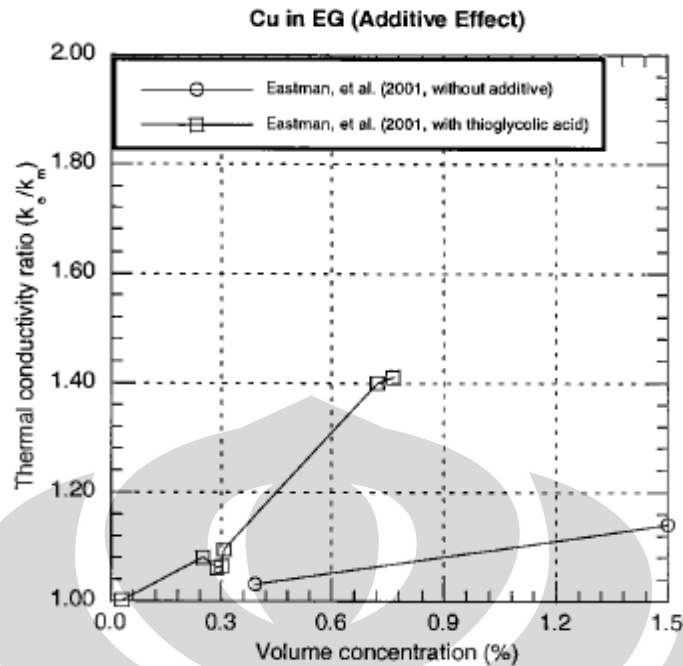


Gambar 2.15. Grafik peningkatan konduktivitas termal terhadap jenis temperatur.⁽¹⁰⁾

Pada gambar 2.15 terlihat rasio peningkatan konduktivitas termal berjalan seiring dengan peningkatan temperatur fluida. Das menyimpulkan bahwa peningkatan konduktivitas termal dikarenakan pergerakan dari partikel – partikel nanofluida semakin cepat pada temperatur lebih tinggi. Pergerakan partikel akan membantu dalam transfer kalor melalui tumbukan-tumbukan antar partikel. Semakin cepat partikel bergerak dan semakin sering tumbukan terjadi maka akan berdampak kenaikan konduktivitas termal.

II.5.2.7. Penambahan Aditif

Aditif berpengaruh terhadap koefisien konduktivitas termal. Berdasar data percobaan yang dilakukan oleh Eastman⁽¹⁰⁾, nanofluida dengan penambahan aditif tertentu dibandingkan konduktivitas termalnya. Dapat dilihat pada grafik percobaan di bawah ini.

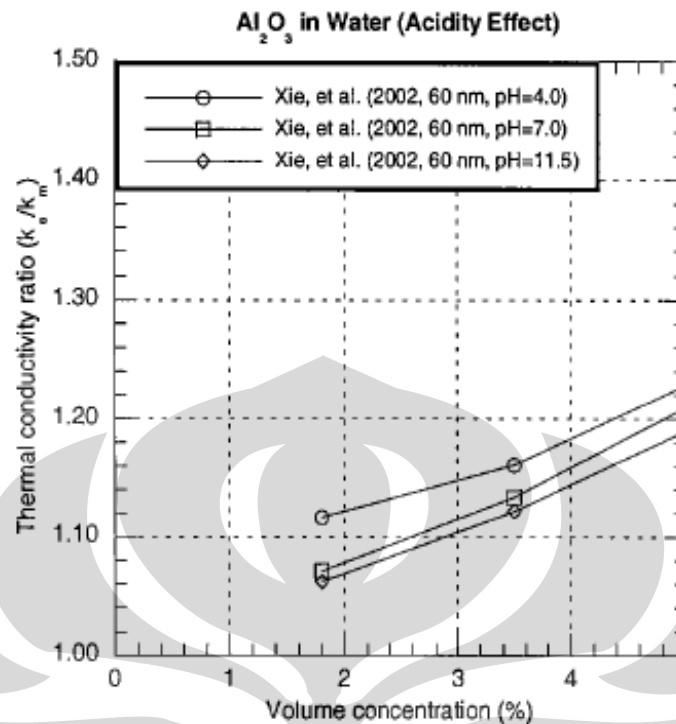


Gambar 2.16. Grafik peningkatan konduktivitas termal terhadap penambahan aditif⁽¹⁰⁾

Dari gambar 2.16 terlihat kenaikan rasio peningkatan konduktivitas termal terjadi pada nanofluida dengan penambahan aditif dibanding dengan yang tidak ditambahkan. Ini disebabkan karena beberapa aditif seperti surfaktan, dispersan dan aktivator akan menurunkan tegangan muka partikel dan meningkatkan derajat dispersi serta membantu kompatibilitas partikel-fluida, sehingga akan meningkatkan konduktivitas termal. Perlu diingat tidak semua aditif memberi efek yang sama terhadap suatu nanofluida. Semua bergantung dari jenis partikel yang digunakan, terutama dari sifat mampu manipulasi kimia dari partikel tersebut.

II.5.2.8. Derajat Keasaman (pH)

Keasaman (pH) berpengaruh terhadap koefisien konduktivitas termal. Berdasar data percobaan yang dilakukan oleh Xie dan Lee⁽¹⁰⁾, nanofluida dengan penambahan aditif tertentu dibandingkan konduktivitas termalnya. Dapat dilihat pada grafik percobaan di bawah ini.



Gambar 2.17. Grafik peningkatan konduktivitas termal terhadap pH⁽¹⁰⁾

Terlihat dari gambar 2.17 diatas, kecenderungan yang terjadi adalah semakin rendahnya pH maka akan semakin meningkat konduktivitas termal. Tetapi kenyataannya tidak selalu seperti itu. Pengaruh pH akan berdampak terhadap nilai zeta potensial. Setiap material partikel nano akan mempunyai pH optimum untuk menghasilkan nilai zeta potensial optimum untuk mencapai kestabilan sistem koloid (nilai zeta < -30 mV)⁽¹⁰⁾. Sistem koloid yang stabil akan mengakibatkan partikel tidak beraglomerasi. Partikel yang tidak beraglomerasi akan memiliki derajat dispersi yang baik, sehingga nilai koefisien konduktivitas termal juga meningkat.

II.5.3. Distribusi dan Ukuran Partikel

Untuk mengetahui ukuran dan distribusi partikel dapat digunakan *particle size analyzer* (PSA). PSA menggunakan prinsip *light scattering*. Ketika ditembakkan dengan laser, maka partikel akan menghamburkan cahaya. Dari hamburan cahaya tersebut akan menghasilkan sudut hamburan dan intensitas

cahaya hamburan. Kedua faktor ini merupakan interferensi cahaya, dan akan terdeteksi gelombangnya kemudian dikonversi menjadi nilai ukuran partikel.

Pada partikel yang bergerak, penentuan ukuran berdasarkan dari perubahan intensitas cahaya selama pergerakan itu terjadi. Ketika bergerak, partikel dalam nanofluida akan bergerak dalam gerak acak brownian, sesuai dengan rumus-rumus dibawah ini⁽¹¹⁾:

$$D = \frac{k_B T}{3\pi\eta_0 d} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

D : koefisien difusi K_B : konstanta boltzmann
 T : temperatur absolut η_0 : viskositas
 d : hidrodinamik meter

Untuk hubungan sudut hamburan dan koefisien difusi, digunakan rumus dibawah ini:

$$\Gamma = Dq^2 \dots\dots\dots(4)$$

Dimana:

Γ : konstanta *decay*
 q : nilai *scattering vector*, dengan besar $4\pi n \sin(\theta/2)/\lambda$, dengan:
 n : index refraksi media
 θ : sudut hamburan
 λ : panjang gelombang cahaya yang digunakan

Dari persamaan diatas, untuk partikel berukuran besar maka akan memiliki kecepatan gerak relatif rendah dan nilai koefisien difusi rendah. Sebaliknya untuk partikel kecil akan memiliki kecepatan gerak relatif lebih tinggi dan koefisien difusi tinggi. Akibatnya terdapat fluktuasi perubahan intensitas cahaya pada penghamburan. Untuk partikel kecil, akan terlihat nilai fluktuasi lebih banyak dari pada partikel besar.

II.5.4. Komposisi dan Senyawa Partikel

XRD digunakan untuk mengetahui komposisi senyawa dan struktur kristal dari suatu material. Prinsipnya menggunakan penembakan sinar X pada suatu permukaan material dengan menggunakan sudut elevasi tembak tertentu.

Tembakan tadi akan menghasilkan difraksi (pantulan) dan intensitas difraksi. Setiap material akan memberikan nilai intensitas difraksi yang berbeda terhadap sudut tembak awalnya. Sesuai dengan rumus yang diberikan seperti dibawah ini:

$$n\lambda = 2 d \sin \theta \quad \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

n : orde

λ : panjang gelombang sinar X

d : jarak antar kisi kristal

θ : sudut datang

Dari rumus di atas, didapat perbandingan antara intensitas dan sudut difraksi yang akan digunakan untuk mengetahui karakteristik senyawa, struktur kristal maupun alotropi suatu material.

II.5.5. Morfologi dan Bentuk Partikel

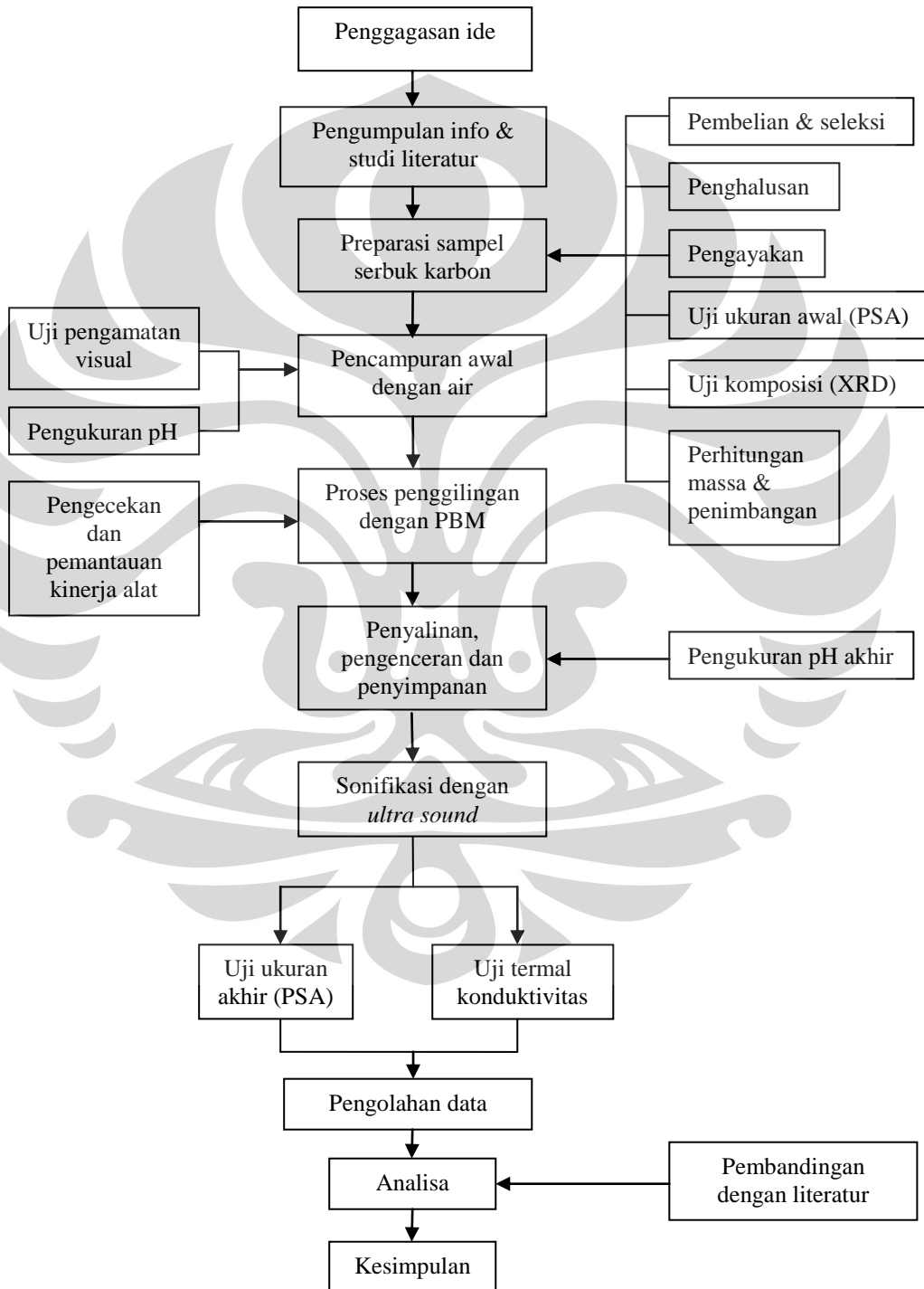
Informasi lebih detail mengenai bentuk partikel pada nanofluida, dapat digunakan TEM. Pengamatan terhadap bentuk partikel cukup penting. Sesuai dengan penjelasan sebelumnya mengenai karakterisasi konduktivitas termal, bentuk partikel akan berpengaruh terhadap kenaikan koefisien konduktivitas termal, meski konsentrasi volum dan jenis partikel serta media yang digunakan adalah sama. Setiap bentuk partikel nano tertentu akan menghasilkan nilai berbeda. Adapun jenis bentuk partikel nano berbagai macam, seperti *nanorod*, *spherical*, *nanotube*, *buckyball*, *fullerene* dan lain-lain. Sejauh ini beberapa penelitian terdahulu⁽¹²⁾ telah mendapatkan data, *nanorod* merupakan bentuk nano yang paling baik meningkatkan konduktivitas termal setelah itu bentuk *spherical*.

Prinsip yang digunakan TEM adalah dengan cara menembakkan elektron pada sampel. Elektron tersebut tidak dipantulkan, melainkan diteruskan menembus sampel. Elektron yang menembus sampel tersebut akan dideteksi pada sensor, kemudian akan ditampilkan dalam bentuk gambar dalam resolusi tertentu. Magnifikasi yang dihasilkan TEM sangat tinggi. Selain digunakan untuk mengamati bentuk partikel, TEM dapat digunakan untuk mengetahui transisi fasa, penampang dua atau tiga dimensi dalam pengecekan in-situ nano.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Diagram Alir Penelitian



III.2. Alat dan Bahan

III.2.1. Alat

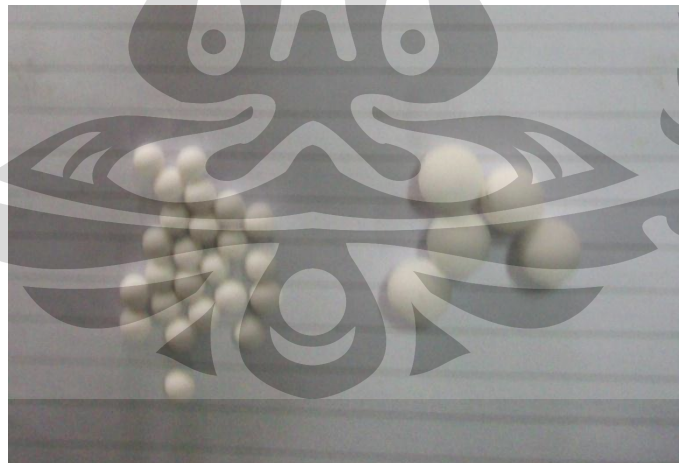
Peralatan digunakan antara lain :

- Satu set mesin *planetary ball mill (custom made)*
 - *Vial stainless steel* ukuran 250 ml



Gambar 3.1. *Vial Stainless Steel*

- 50 bola *corrundum* diameter 10 mm
- 250 bola *corrundum* diameter 5 mm



Gambar 3.2. Bola *corrundum* 5 mm dan 10 mm

- Timbangan digital
- Tumbukan
- Mesin ayak
- Tabung ukur

- Tabung reaksi
- *Beaker glass*
- Botol angsa
- Botol dan tempat penyimpanan sampel (*storage place*)
- Label kertas
- Jam dan *Stopwatch*
- Spatula
- Pipet tetes
- Pengukur pH digital
- Pengukur konduktivitas termal digital
- Ultrasonik cleaner

III.2.2. Bahan

Bahan digunakan antara lain :

- Serbuk karbon berukuran <90 mikron
Partikel karbon aktif Merck berasal dari arang batok dengan ukuran awal berupa butiran halus (*granule*) sekitar 5 mm. Kemudian dilakukan penumbukan pada sampel dan pengayakan setelahnya. Pada mekanisme pengayakan partikel yang lolos dari saringan 200 mesh (<90 mikron) dikumpulkan dan ditimbang untuk kemudian dilakukan pengujian distribusi besar partikel. Karbon ini memiliki massa jenis 1,8 gram/ml.
- Fluida dasar (Air distilasi)
Air distilasi digunakan sebagai media fluida dasar, memiliki pH 7,0 dan massa jenis 1 gram/ml

III.3. Preparasi Sampel

III.3.1. Penghalusan Butir

Umpan (*feed*) yang direkomendasi untuk PBM agar menghasilkan skala nano adalah serbuk. Oleh karena itu sampel karbon awal perlu dihaluskan terlebih dahulu. Penumbukan dilakukan dengan peralatan tumbuk, yaitu dengan martil dan alas tumbuk terbuat dari baja. Penumbukan dilakukan pada karbon awal seberat 400 gram secara bertahap sampai halus.

III.3.2. Pengayakan & Penyaringan Serbuk

Setelah penumbukan, sampel disaring pada ayakan yang sudah disiapkan urutannya. Ukuran ayakan secara berurut dari atas ke bawah adalah 20, 30, 40, 50, 70, 100, 120, 170 & 200 mesh. Setelah itu dilakukan proses ayak pada mesin ayak selama 15 menit. Setelah ayak, sampel yang lolos pada saringan 200 mesh dipisahkan dan sampel lain dikumpulkan untuk ditumbuk kembali. Setelah pengayakan dan penumbukan berulang, didapat sampel awal dengan ukuran 200 mesh (<90 mikron) sebanyak 56 gram.

III.3.3. Penghitungan & Penimbangan Berat Serbuk

Untuk proses penggilingan akan digunakan sampel berdasar perhitungan persen volum terhadap volum fluida. Fluida yang digunakan adalah air, dengan massa jenis 1 g/cm^3 . Massa jenis karbon adalah $1,8 \text{ g/cm}^3$. Persen volum digunakan adalah 15% volum. Perhitungan adalah sebagai berikut:

$$15\% \text{ volum} \rightarrow 15 \text{ ml karbon} : 85 \text{ ml air} \rightarrow 15 \text{ cm}^3 \text{ karbon} : 85 \text{ cm}^3 \text{ air}$$

Berat serbuk karbon yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{gram karbon} &= \text{massa jenis karbon} \times \text{volum karbon} \\ &= 1,8 \text{ g/cm}^3 \times 15 \text{ cm}^3 \\ &= 27 \text{ gram} \end{aligned}$$

Setelah perhitungan, maka dilakukan penimbangan dengan timbangan digital. Kemudian dilakukan pengukuran volum air dengan menggunakan volum ukur, sebanyak 85 ml. Sisa karbon disimpan untuk diuji komposisi.

III.3.4. Penghitungan Volum Bola dan Sampel

Setelah karbon dan air disiapkan, dilakukan penghitungan volum bola 10 mm sebanyak 50 buah dan 5 mm sebanyak 250 buah yang akan digunakan. *Vial* yang digunakan berukuran 250 ml dan sampel sebanyak 100 ml. Oleh karena itu volum maksimum untuk bola adalah $250 - 100 = 150 \text{ ml}$. Penghitungan total volum bola adalah sebagai berikut:

$$\text{Bola diameter 10 mm} \rightarrow \frac{4}{3} \pi (0,5 \text{ cm})^3 \times 50 = 26,1 \text{ cm}^3$$

$$\text{Bola diameter 5 mm} \rightarrow \frac{4}{3} \pi (0,25 \text{ cm})^3 \times 250 = 16,3 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volum bola total} \rightarrow 26,1 \text{ cm}^3 + 16,3 \text{ cm}^3 = 42,4 \text{ cm}^3$$

Jadi total volum yang digunakan oleh bola dan sampel adalah $42,4 \text{ cm}^3 + 100 \text{ cm}^3 = 142,4 \text{ cm}^3$. Kegunaan dari mengetahui volum total ini adalah untuk menjaga

agar wadah tidak dalam keadaan terlalu penuh. Jika terlalu penuh maka sering berakibat kebocoran selama proses, karena *seal* karet yang digunakan kurang baik. Selain itu perlu direkat dengan lakban pada bagian luar untuk mencegah kebocoran. Kebocoran perlu diperhatikan agar tidak terjadi kesalahan perhitungan konsentrasi, terutama pada saat penyalinan.

III.3.5. Pencampuran Awal Sebelum Penggilingan

Sampel serbuk yang telah ditimbang kemudian dicampurkan dengan aquades. Setelah dicampur kemudian diaduk secara manual menggunakan spatula yang telah dibersihkan kemudian dibilas aquades. Pencampuran awal ini digunakan untuk pengamatan visual awal perilaku serbuk dalam air. Pada awal pencampuran, karbon sulit merata. Tetapi setelah diaduk manual selama 5 menit, karbon mulai merata. Selain itu guna pencampuran awal untuk mengukur pH awal dari campuran. Didapat pengukuran pH awal dengan pH-meter untuk karbon adalah 8,2.

III.4. Proses Penggilingan

Penggilingan dimulai dari peletakan bola dan sampel dalam wadah. Kemudian wadah ditutup dan direkat dengan lakban. Setelah itu diletakkan pada alat PBM dan penggilingan dilakukan. Informasi tambahan, penggilingan karbon dilakukan bersamaan dengan sampel TiO_2 pada tempat sebelahnya. Penggilingan dilakukan selama 30 jam dengan rasio putar dan berhenti dari alat adalah 1:1. Oleh karena itu waktu total giling efektif adalah setengahnya atau sekitar 15 jam. Kecepatan putar yang digunakan adalah 500 rpm. Selama penggilingan, dilakukan pengecekan berkala kinerja alat setiap satu jam sekali. Pengecekan tersebut mencakup pengencangan baut, pelumasan *gear*, pengamatan visual terhadap kebocoran dan pencatatan kejadian.

III.5. Pengenceran & Sonifikasi

III.5.1. Pengenceran awal

Pengenceran awal digunakan untuk memudahkan proses penyalinan serta membersihkan sisa dari sampel setelah penyalinan. Sampel dibagi menjadi dua,

40 ml sampel asli untuk karakteristik awal dan 60 ml akan dilakukan pengenceran awal sebelum dikarakterisasi.

Diketahui 60 ml dengan konsentrasi 15% akan diencerkan menjadi 6%. Maka perhitungan sebagai berikut:

$$C_1V_1 = C_2V_2 \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$15\% \cdot 60 \text{ ml} = 6\% \cdot X$$

$$X = 150 \text{ ml}$$

Oleh karena itu ditambahkan air sejumlah 90 ml pada sampel 60 ml. Penambahan air dan pembilasan tidak sekaligus. Pembilasan dilakukan 4x dengan urutan 20 ml untuk pembilasan pertama, kedua dan ketiga. Lalu pembilasan terakhir 30 ml untuk memastikan wadah telah bersih dari sampel. Setiap sampel kemudian disimpan pada wadah yang telah disediakan.

III.5.2. Pengenceran Akhir

Pengenceran akhir digunakan untuk mendapatkan variabel konsentrasi sampel dengan urutan 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 8% dan 10%. Prosedur pengenceran adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sejumlah ml zat dengan pipet tetes dan diukur ke dalam tabung ukur.
2. Pemindahan ke dalam tabung reaksi.
3. Pembilasan tabung ukur dengan aquades dan pemindahan bilasan ke dalam tabung reaksi.

Berdasar rumus pengenceran, maka perhitungan tiap sampel dan ukuran volumenya adalah sebagai berikut:

$$\% \text{vol}_1 \cdot \text{vol}_1 = \% \text{vol}_2 \cdot \text{vol}_2 \quad \dots\dots\dots(7)$$

1. 10% → 15 ml larutan 15% + 7,5 ml aquades
2. 8% → 15 ml larutan 15% + 13 ml aquades
3. 6% → 50 ml larutan 6% (sudah diencerkan pada pengenceran awal)
4. 5% → 20 ml larutan 6% + 4 ml aquades
5. 4% → 20 ml larutan 6% + 10 ml aquades
6. 3% → 25 ml larutan 6% + 25 ml aquades
7. 2% → 20 ml larutan 6% + 40 ml aquades
8. 1% → 15 ml larutan 6% + 75 ml aquades.

Setelah didapat, tiap dari sampel disimpan dalam wadah botol yang telah disiapkan.

III.5.3. Sonifikasi

Proses sonifikasi adalah penggetaran sistem koloid dengan menggunakan gelombang *ultra sound* untuk pendispersian. Proses ini menggunakan alat pembersih ultrasonik yang ada pada ruang XRD, DMM FTUI, Depok. Guna dari sonifikasi adalah mendispersikan partikel secara mekanis. Setiap sistem koloid cenderung akan beraglomerasi, oleh karena itu proses sonifikasi dilakukan pada saat sebelum penyimpanan dan sesaat sebelum pengujian. Mekanismenya adalah dengan meletakkan botol berisi sampel di dalam wadah ultrasonik yang berisi air, kemudian alat dioperasikan selama 15 menit.

III.6. Pengujian Karakterisasi

III.6.1. PSA

PSA digunakan untuk mengetahui distribusi rata-rata dan ukuran partikel. Selain itu pada PSA dapat diketahui konsentrasi aktual partikel terdispersi. Pada penelitian ini PSA dilakukan ketika sampel belum diproses penggilingan dan sesudah penggilingan. Gunanya untuk membandingkan ukuran partikel. PSA awal dan akhir dilakukan pada LIPI, kompleks PUSPIPTEK, Serpong.

Mekanisme pengujian PSA adalah dengan menyiapkan sampel fluida yang akan diuji ke dalam wadah berbentuk balok kecil yang bernama *covet*, kemudian dimasukkan ke dalam alat PSA yang terhubung dengan komputer. Program dijalankan dan tunggu beberapa saat untuk alat melakukan pengukuran, kemudian hasil didapat berupa data dan grafik. Hasil lebih lengkap PSA dapat dilihat pada lampiran di halaman akhir.

III.6.2. XRD

XRD digunakan untuk mengetahui kandungan dan komposisi awal sampel. Sampel awal berupa arang batok yang telah dihaluskan menjadi serbuk berukuran <90 mikron. Variabel sudut penembakan sinar (2θ) berkisar dari nilai $10^0 - 80^0$. XRD dilakukan pada BATAN, kompleks PUSPIPTEK, Serpong. Hasil lebih lengkap XRD dapat dilihat pada lampiran di halaman akhir.

III.6.3. Konduktivitas Termal

Pengukuran konduktivitas termal digunakan untuk mengetahui nilai koefisien konduktivitas termal sampel hasil sintesis. Pengukuran ini menggunakan alat pengukur konduktivitas termal *portable-digital*. Caranya dengan cara mencelupkan jarum (*probe*) alat ke sampel uji.



Gambar 3.3. Pengukuran sampel dengan pengukur konduktivitas termal *digital-portable*

Mekanismenya adalah pemindahan tiap sampel konsentrasi tertentu ke dalam tabung ukur skala 25 ml, lalu mencelupkan jarum. Kemudian tekan tombol start untuk menjalankan. Tunggu selama 1 menit lalu hasil berupa angka akan keluar. Usahakan jarum tercelup seluruhnya dan tidak bergerak-gerak selama pengukuran. Setelah terukur, angkat jarum dan bersihkan, kemudian tunggu hingga alat mati dengan otomatis kira-kira 5 menit kemudian. Setelah itu nyalakan alat dan siap dioperasikan kembali.

BAB IV
PEMBAHASAN

IV.1. Karakteristik Visual Suspensi

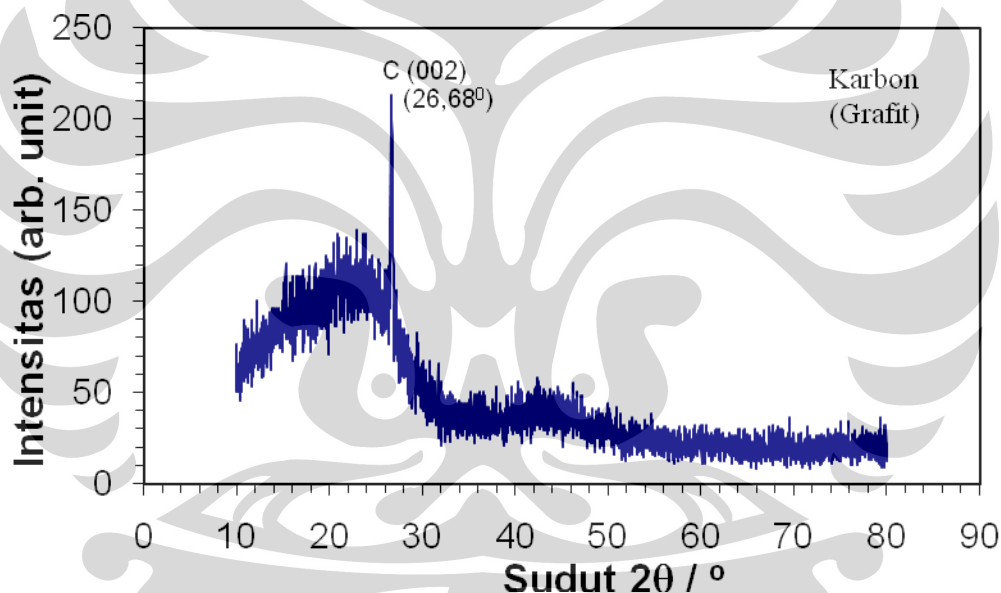




Pengamatan visual dilakukan untuk memantau kestabilan sistem koloid partikel karbon dengan air. Pengamatan ini dilakukan setiap hari setelah sampel dilakukan penyalinan ke wadah penyimpanan masing-masing, terhitung 16 hari mulai dari Sabtu 14 November 2009 – Senin 30 November 2009. Setelah tanggal 30, dilakukan ultrasound untuk menjaga agar tidak terjadi aglomerasi sebelum pengujian dilakukan pada masing-masing sampel.

Setelah proses pemindahan dan sonifikasi maka sampel disimpan dalam wadah dan dibiarkan selama beberapa hari. Setelah 2 minggu terlihat bahwa kedelapan sampel masih dalam keadaan hitam keruh. Meskipun demikian, tetap terlihat terdapat endapan pada dasar botol. Endapan diperkirakan sedikit lebih banyak dibanding dengan sesaat ketika selesai proses penyalinan. Ini mengindikasikan partikel karbon mulai mengendap. Keadaan hitam keruh juga disebabkan oleh konsentrasi karbon yang digunakan sebagai variabel cukup tinggi, yaitu 1%-10% volum terhadap volum fluida dan sampel mempunyai banyak endapan. Kondisi ini belum menunjukkan keadaan dan penampilan yang ideal sebagai fluida kerja.

IV.2. Jenis Senyawa Partikel



Gambar 4.2. Grafik hasil XRD menggunakan radiasi Cu. *Peak* pada 26,68⁰.

Pengujian XRD dilakukan untuk mengecek sampel untuk mengetahui jenis dari karbon yang digunakan. Karbon mempunyai beragam jenis dan alotropi. Setiap alotropi dari karbon akan mempunyai sifat-sifat yang berbeda. Diantara perbedaan sifat itu seperti densitas, kekuatan, dan konduktivitas termal.

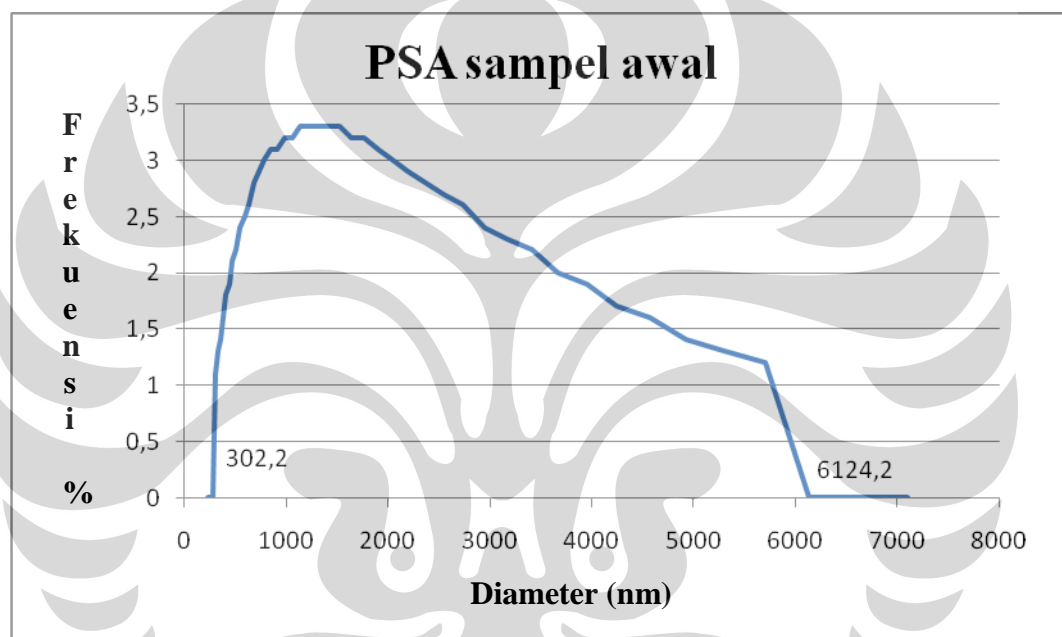
Berdasar data yang didapat dari pengujian XRD, terdapat *peak* yang terlihat jelas pada nilai sudut tembak 26,68⁰. Jika dibandingkan dengan grafik referensi PCPDF #080415 pada lampiran 12, terlihat jelas bahwa *peak* utama juga terdapat pada 26⁰. Oleh karena itu jelas karbon yang digunakan adalah

karbon dengan alotropi grafit, karena memiliki letak *peak* utama yang sama dengan referensi.

IV.3. Ukuran Partikel

Hasil dari uji PSA menunjukkan bahwa partikel karbon memiliki distribusi yang cukup kasar. Hal ini terlihat dari nilai deviasi yang besar dan adanya *double peak* pada beberapa variabel konsentrasi. Berikut akan dijelaskan mengenai detail tiap variabel konsentrasi.

IV.3.1. Ukuran Partikel Awal



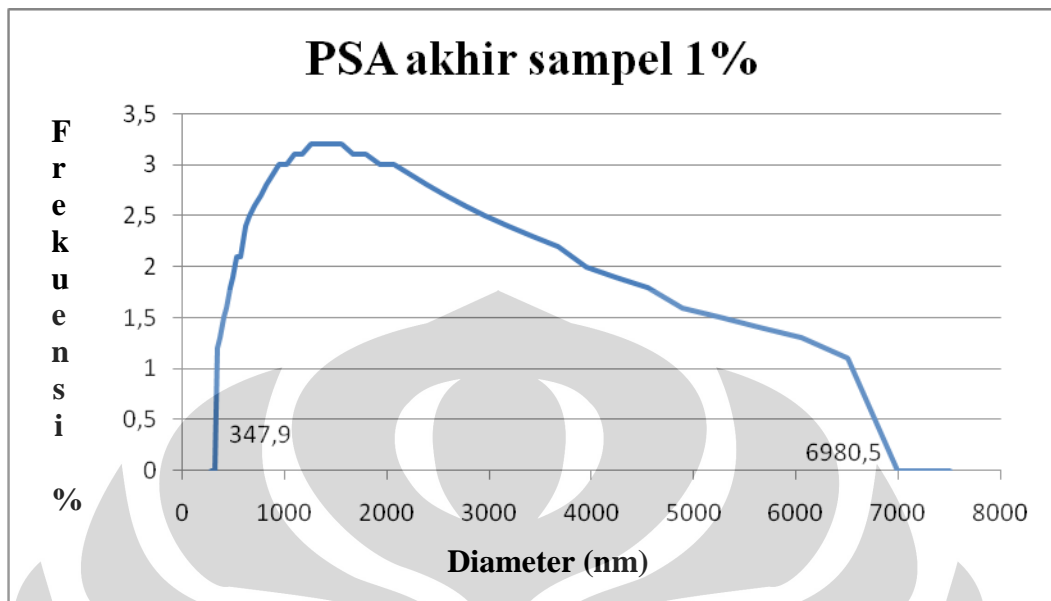
Gambar 4.3. Grafik distribusi diameter partikel karbon. Sampel awal.

Diameter minimum : 302,2 nm Diameter maksimum : 6.124,4 nm
 Diameter rata-rata : 1.284,8 nm Standar deviasi : 1.278,2

Sampel awal merupakan serbuk karbon awal yang telah dihaluskan. Penghalusan dilakukan secara manual dengan penumbukan dengan martil lalu pengayakan. Pengayakan dilakukan sampai dengan ukuran <90 mikron. Pada hasil PSA ternyata didapat partikel terkecil dengan ukuran 302 nm, partikel rata-rata 1,2 mikron dan partikel terbesar yang terdeteksi 6 mikron, meski pada kenyataannya ada kemungkinan ukuran partikel terbesar dapat mencapai 90 mikron, karena pengayakan dilakukan sampai < 90 mikron. Nilai deviasi yang didapat adalah 1.278,2. Ini berarti hasil uji kurang baik menggambarkan distribusi aktual secara keseluruhan, karena distribusi karbon yang kasar.

IV.3.2. Ukuran Partikel Akhir

Sampel 1%



Gambar 4.4. Grafik distribusi diameter partikel karbon. Sampel 1% volum.

Diameter minimum : 347,9 nm

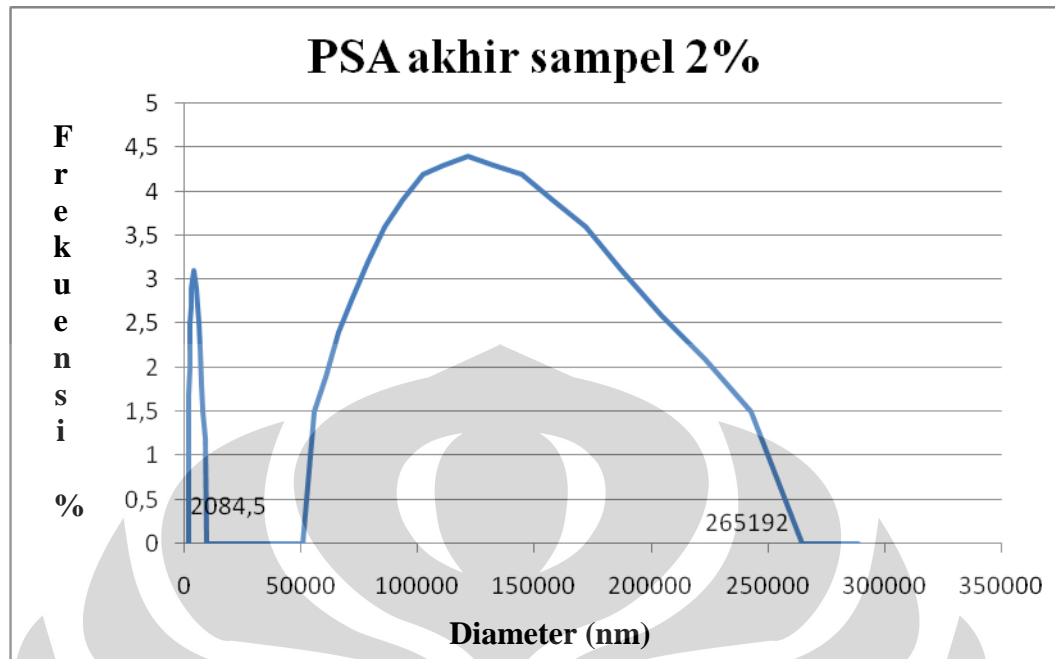
Diameter maksimum : 6.980,5 nm

Diameter rata-rata : 1.141,2 nm

Standar deviasi : 1.459,3

Sampel 1% merupakan variabel dengan nilai deviasi paling kecil diantara variabel hasil proses penggilingan yang lain. Semakin kecil nilai deviasi artinya semakin tepat nilai distribusi yang digambarkan oleh grafik PSA. Terlihat diameter minimum 347,9 nm, maksimum 6,9 mikron dan diameter rata-rata 1,1 mikron. Meski ukuran partikel rata-rata menurun pada sampel 1% tidak terlihat komposisi yang signifikan, karena diameter minimum dan maksimum tidak lebih kecil dari sampel awal. Atau hal ini juga disebabkan karena terjadinya aglomerasi dan pekatnya sampel.

Sampel 2%



Gambar 4.5. Grafik distribusi diameter partikel karbon. Sampel 2% volum.

Diameter minimum : 2.084,5 nm

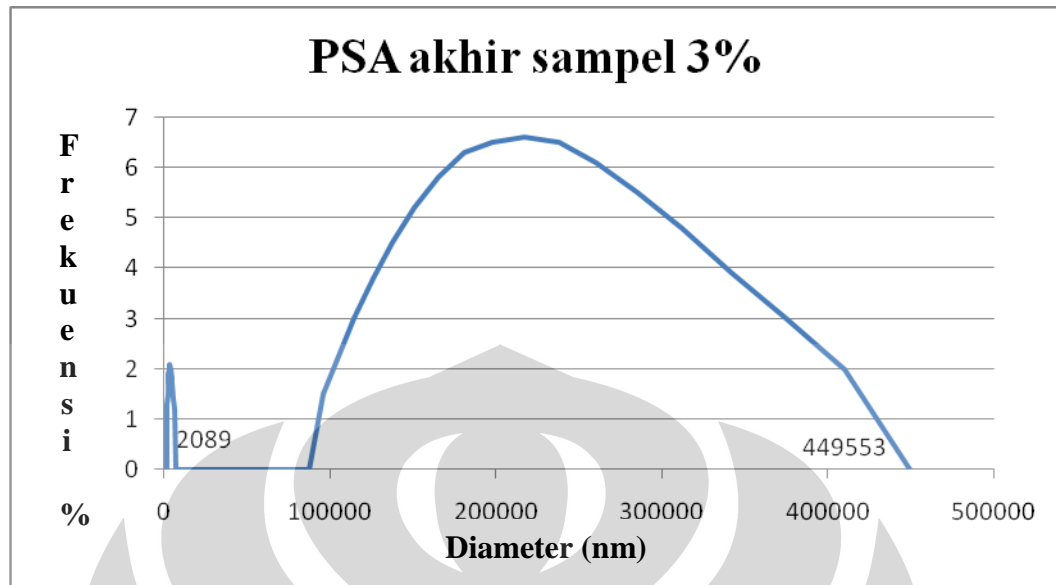
Diameter maksimum : 265.192 nm

Diameter rata-rata : 7.133,5 nm

Standar deviasi : 70.707,1

Terjadi distribusi yang aneh pada grafik sampel 2%. Terlihat adanya dua *range* distribusi partikel, yaitu untuk range 2,0 – 9,9 mikron dan 46,9 – 256,2 mikron. Adanya *double peak* ini disebabkan oleh distribusi sampel awal yang kasar, diindikasikan oleh nilai deviasi yang besar. Pada grafik ini juga didapat diameter maksimum adalah partikel dengan ukuran 265.192 nm. Hal ini mustahil mengingat ukuran partikel maksimum pada sampel awal adalah sekitar 90 mikron atau 90.000 nm. Nilai deviasi juga sangat besar mencapai 70.000. Ini berarti hasil pengukuran tidak menggambarkan ukuran distribusi yang aktual. Hal ini disebabkan oleh distribusi partikel awal yang buruk dan kemungkinan adanya aglomerasi antar partikel, sehingga partikel menjadi satu dan menggumpal, sehingga terukur sebagai satu partikel oleh alat PSA.

Sampel 3%



Gambar 4.6. Grafik distribusi diameter partikel karbon. Sampel 3% volum.

Diameter minimum : 2.089 nm

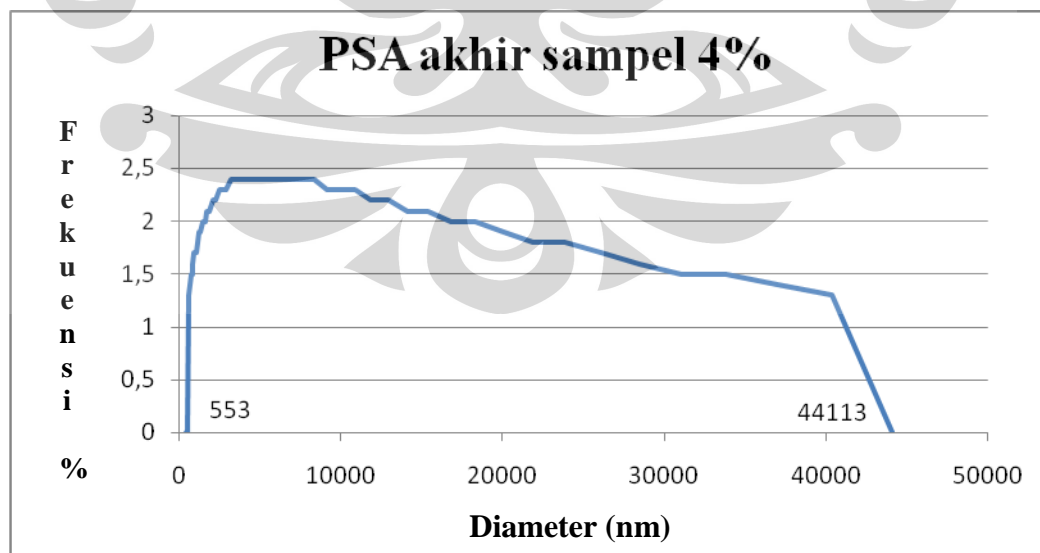
Diameter maksimum : 449.553 nm

Diameter rata-rata : 8.648,3 nm

Standar deviasi : 113.885,4

Pada sampel 3% juga terlihat kesamaan dengan sampel 2%. Terlihat adanya *double peak* dan nilai diameter maksimum yang melampaui dari 90 mikron. Hal ini disebabkan oleh aglomerasi dan distribusi partikel yang kasar.

Sampel 4%



Gambar 4.7. Grafik distribusi diameter partikel karbon. Sampel 4% volum.

Diameter minimum : 553 nm

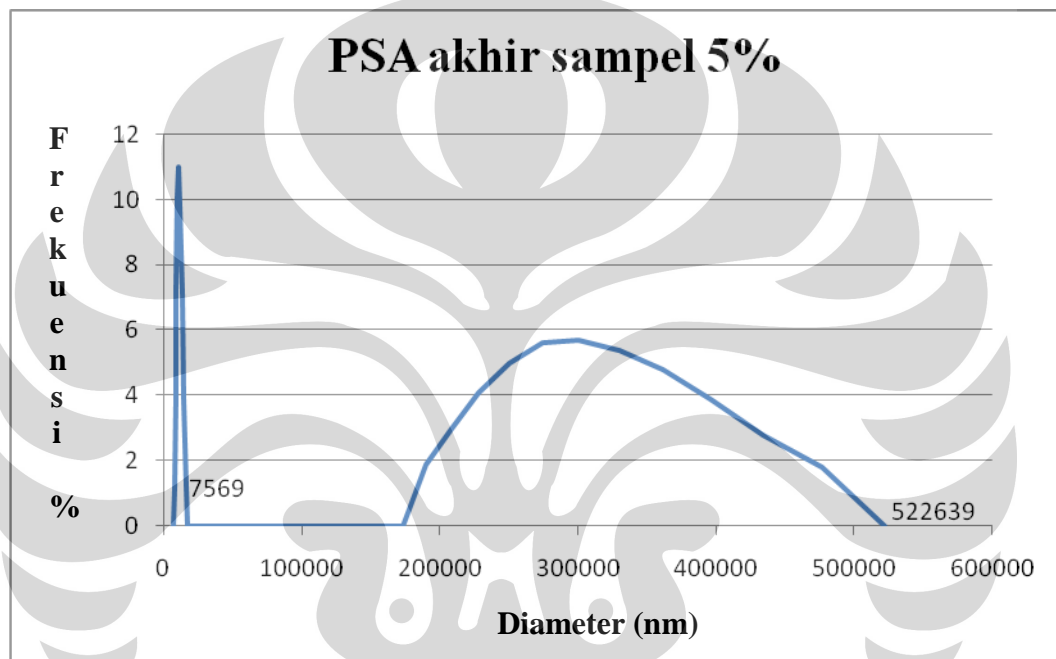
Diameter maksimum : 44.113 nm

Diameter rata-rata : 5.307,7 nm

Standar Deviasi : 9.512,3

Pada sampel 4%, didapat grafik distribusi partikel kembali menjadi normal. Nilai diameter minimum adalah 550 nm dan maksimum adalah 44 mikron, dengan diameter rata-rata adalah 5,3 mikron. Tetapi nilai deviasi masih sangat besar, yaitu sekitar 9.500. Ini disebabkan oleh aglomerasi dan distribusi partikel yang kasar serta pekatnya sampel.

Sampel 5%



Gambar 4.8. Grafik distribusi diameter partikel karbon. Sampel 5% volum.

Diameter minimum : 7.569 nm

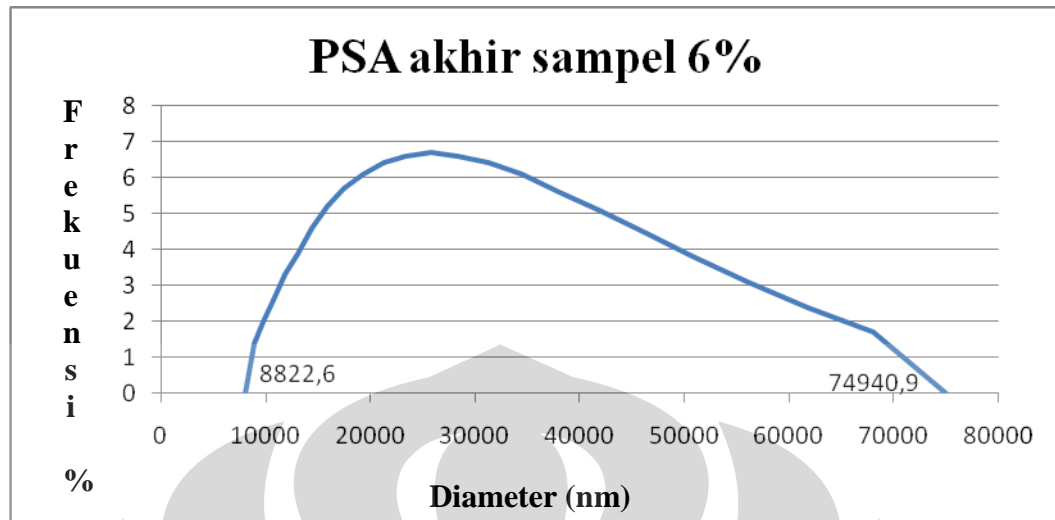
Diameter maksimum : 522.639 nm

Diameter rata-rata : 15.607,4 nm

Standar deviasi : 155.637,1

Pada sampel 5% kembali terlihat kesamaan dengan sampel 2% dan 3%. Terlihat adanya *double peak* dan nilai diameter maksimum yang melampaui dari 90 mikron. Hal ini disebabkan oleh aglomerasi dan distribusi partikel yang kasar.

Sampel 6%



Gambar 4.9. Grafik distribusi diameter partikel karbon. Sampel 6% volum.

Diameter minimum : 8.822,6 nm

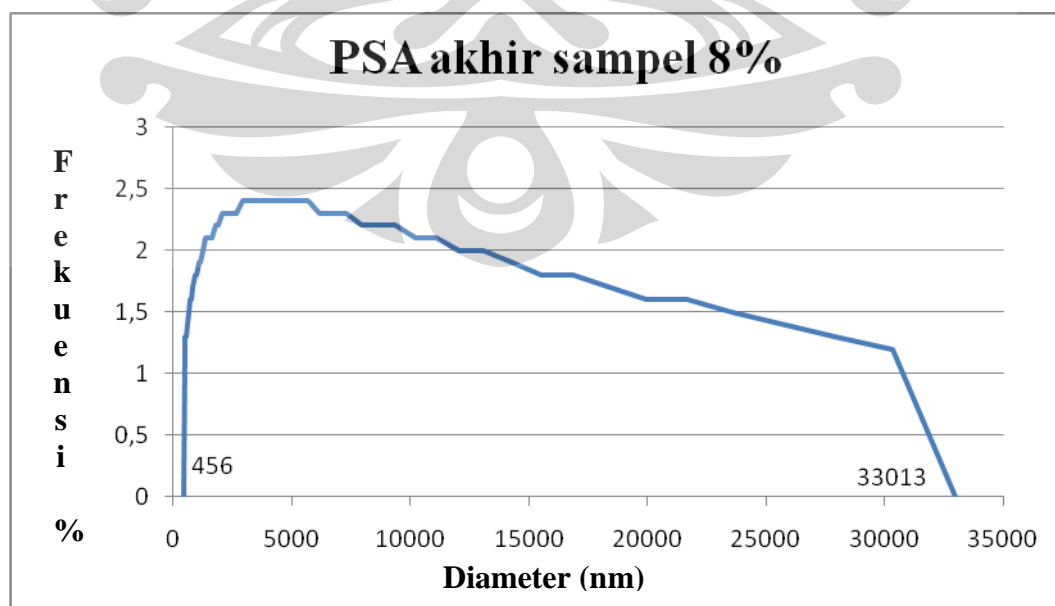
Diameter maksimum : 74.940,9 nm

Diameter rata-rata : 12.338,3 nm

Standar deviasi : 141.943,4

Pada sampel 6%, didapat grafik distribusi partikel kembali menjadi normal. Nilai diameter minimum adalah 8,8 mikron dan maksimum adalah 74,9 mikron, dengan diameter rata-rata adalah 12,3 mikron. Nilai deviasi masih sangat besar. Ini disebabkan oleh aglomerasi dan distribusi partikel yang kasar serta pekatnya sampel.

Sampel 8%



Gambar 4.10. Grafik distribusi diameter partikel karbon. Sampel 8% volum.

Diameter minimum : 456 nm

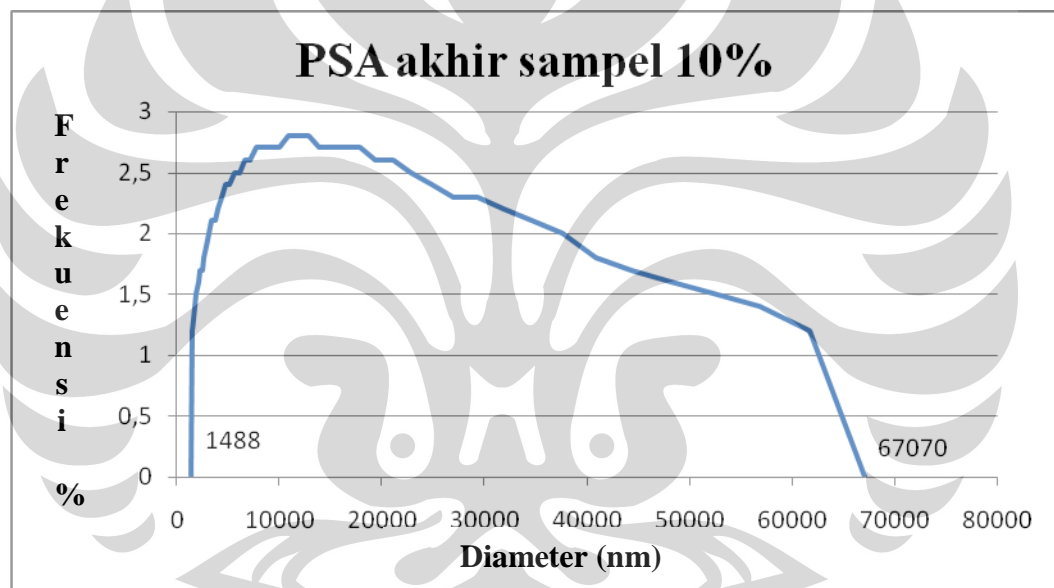
Diameter maksimum : 33.013 nm

Diameter rata-rata : 4.047,5 nm

Standar deviasi : 7.124,4

Pada sampel 8% kembali terjadi penurunan ukuran diameter minimum (450 nm) dan diameter rata-rata (4 mikron). Tidak seperti kecenderungan dimana ukuran diameter partikel akan semakin membesar seiring dengan meningkatnya konsentrasi. Distribusi dan rata-rata ukuran partikel pada sampel 8% merupakan yang kedua terkecil setelah sampel 1%. Meskipun begitu didapat nilai deviasi yang masih sangat besar (7.124). Ini disebabkan oleh aglomerasi dan distribusi partikel yang kasar serta pekatnya sampel.

Sampel 10%



Gambar 4.11. Grafik distribusi diameter partikel karbon. Sampel 10% volum.

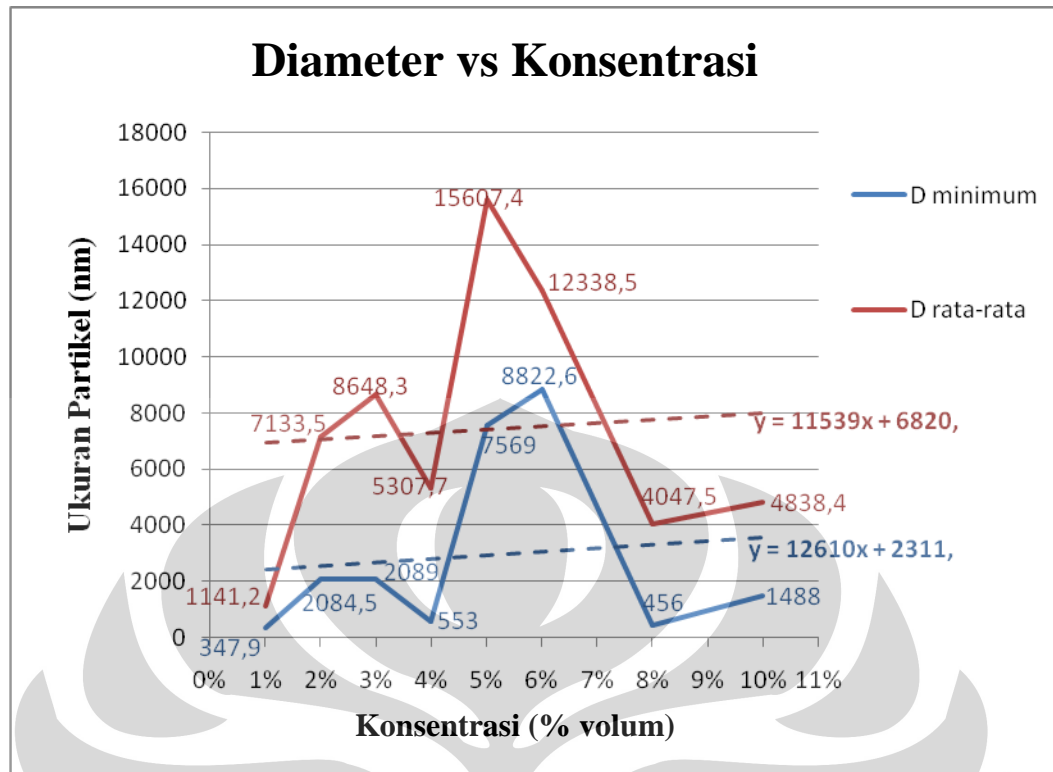
Diameter minimum : 1.488 nm

Diameter maksimum : 67.070 nm

Diameter rata-rata : 4.838,4 nm

Standar deviasi : 14.450

Distribusi pada sampel 10% seperti distribusi pada sampel 1%, 4%, 6% dan 8%. Diameter minimum 1,4 mikron, diameter rata-rata 4,8 mikron dan diameter maksimum 67 mikron. Nilai deviasi masih sangat besar (14.450). Ini disebabkan oleh aglomerasi dan distribusi partikel yang kasar serta pekatnya sampel.

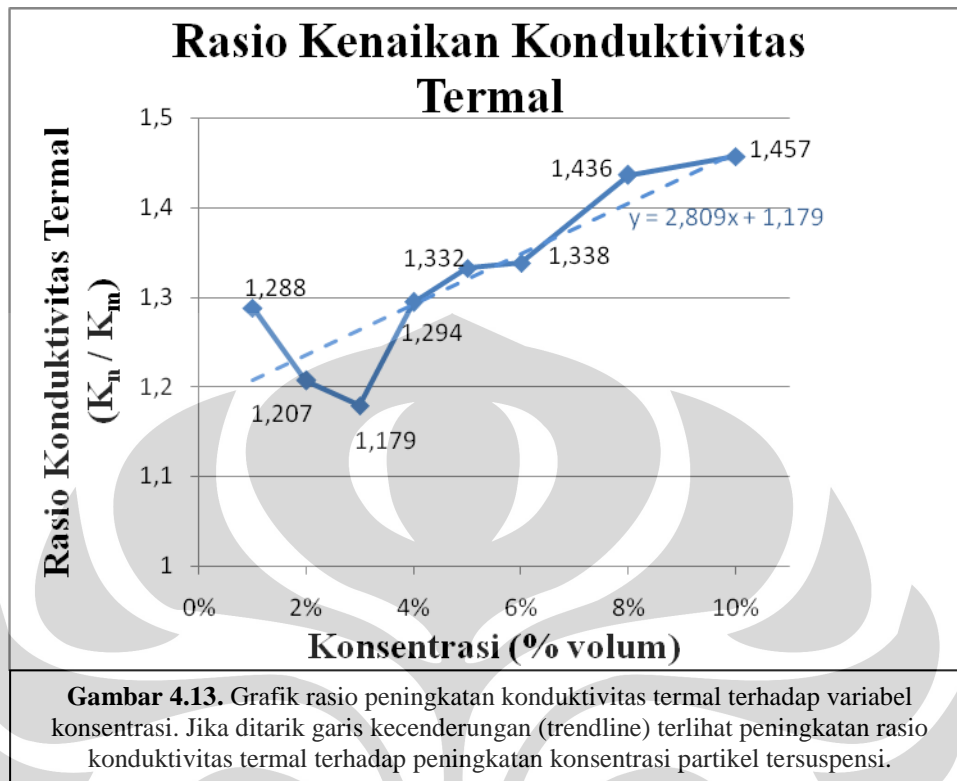


Gambar 4.12. Grafik diameter vs konsentrasi, tiap sampel. Garis putus-putus menunjukkan kecenderungan (*trendline*) peningkatan ukuran diameter terhadap peningkatan konsentrasi.

Pada gambar 4.12, analisa keseluruhan terhadap hasil uji PSA ini adalah terjadi persebaran data acak karena sulitnya mengontrol beberapa kondisi seperti terjadinya aglomerasi dan pengambilan sampel yang kurang mewakili ukuran keseluruhan karena kasarnya distribusi sampel awal hasil penumbukkan. Jika ditarik garis lurus (*trendline*) sebagai kecenderungan, maka terlihat semakin tingginya konsentrasi partikel karbon di dalam fluida, maka ukuran partikel akan cenderung semakin besar. Ini disebabkan pekatnya sistem koloid dan aglomerasi semakin rentan terjadi, mengingat pada penelitian ini tidak memakai *stabiliser* sistem koloid seperti dispersan, surfaktan ataupun aktivator dan tidak mengontrol pH.

Dari keseluruhan variabel, diameter minimum tidak ada yang lebih kecil dari sampel awal dan tidak mencapai target awal penelitian, yaitu di bawah 100 nm.

IV.4. Konduktivitas Termal



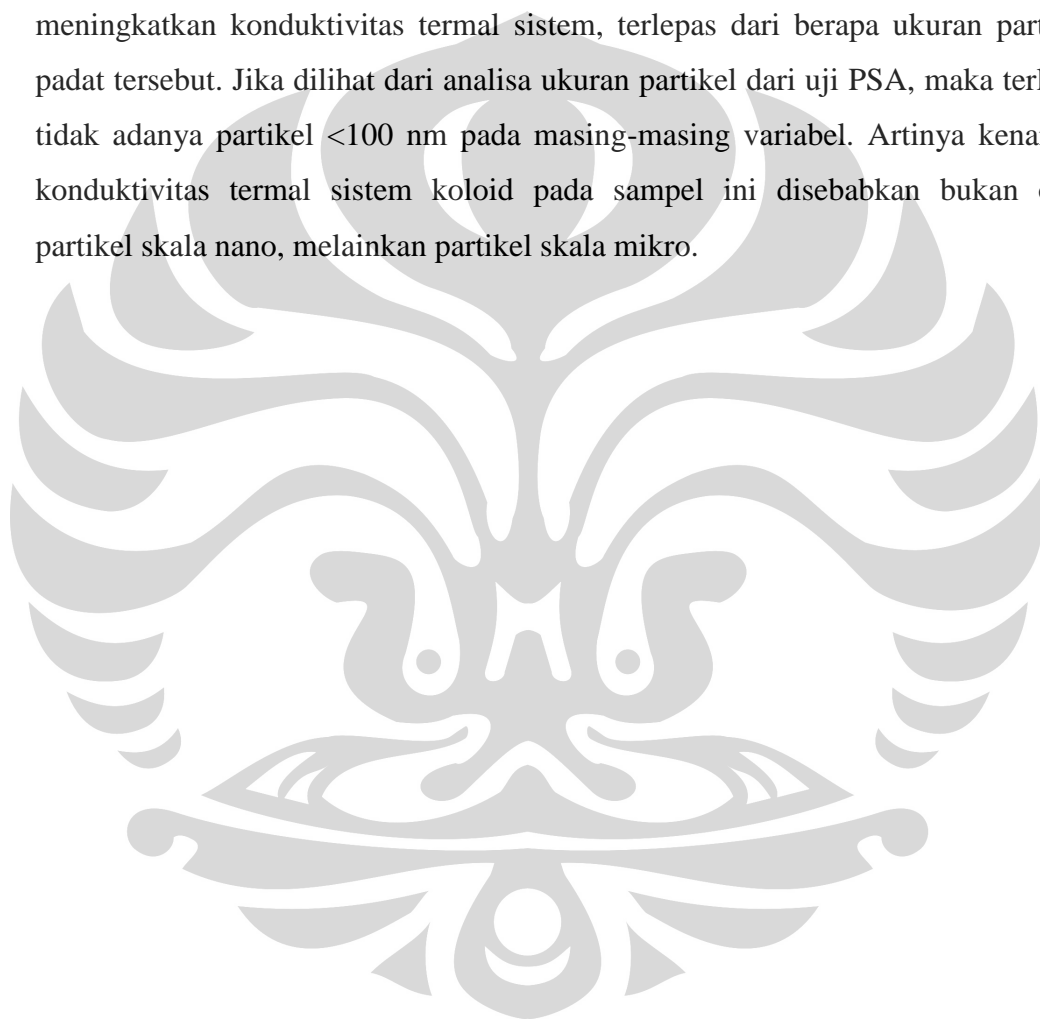
Pengukuran konduktivitas dilakukan untuk mengukur peningkatan koefisien termal yang terjadi pada masing-masing sistem koloid. Pengukuran dilakukan tiga kali kemudian dirata-rata untuk memperkecil penyimpangan data selama pengukuran. Adanya partikel padat dalam fluida dalam sistem koloid akan meningkatkan koefisien konduktivitas termal. Ketiga pengukuran awal memperlihatkan kecenderungan kenaikan konduktivitas termal.

Setelah itu dilakukan plot pada gambar 4.13, grafik konduktivitas termal rata-rata terhadap konsentrasi. Terlihat adanya penyimpangan, seperti tingginya rasio konduktivitas termal pada sampel 1% sebesar 1,288x konduktivitas fluida dasar (hampir menyamai 4%, 1,294x). Kemudian turunnya konduktivitas termal pada variabel 3% (1,179x) dibanding sampel 1% (1,288x) dan 2% (1,207x). Ini disebabkan oleh konsentrasi aktual partikel yang terdispersi tidak terukur secara tepat sehingga menyebabkan asumsi awal terhadap peningkatan konduktivitas termal tidak sesuai.

Kemudian grafik beranjak naik secara bertahap dari variabel 4% sampai 10%. Hal ini sesuai literatur⁽³⁾ dimana konduktivitas termal meningkat seiring

konsentrasi partikel solid terdispersi. Jika ditarik garis lurus (*trendline*) sebagai kecenderungan, maka terlihat peningkatan konduktivitas termal terhadap peningkatan konsentrasi. Persamaan garis dari *trendline* adalah $y = 2,809x + 1,179$. Ini berarti peningkatan konduktivitas termal sebesar kurang lebih 2,809% terhadap peningkatan 1% partikel karbon dalam air.

Tetapi ada hal yang perlu diingat dari pengukuran konduktivitas termal ini. Setiap kehadiran partikel padat dalam fluida pada sistem koloid akan meningkatkan konduktivitas termal sistem, terlepas dari berapa ukuran partikel padat tersebut. Jika dilihat dari analisa ukuran partikel dari uji PSA, maka terlihat tidak adanya partikel <100 nm pada masing-masing variabel. Artinya kenaikan konduktivitas termal sistem koloid pada sampel ini disebabkan bukan oleh partikel skala nano, melainkan partikel skala mikro.



BAB V

PENUTUP

V.1. Kesimpulan

1. Kominusi partikel karbon dalam air dengan alat *planetary ball mill* pada variabel proses penggilingan kecepatan 500 rpm dan waktu giling 30 jam, hanya mampu menghasilkan partikel karbon ukuran 347,9 nm, belum sampai pada <100 nm.
2. Dispersi dan kompatibilitas sistem koloid karbon dan air tanpa adanya penambahan aditif dan kontrol pH, terlihat kurang baik secara visual karena terdapat banyak endapan pada konsentrasi karbon 1% - 10% terhadap volum air.
3. Konduktivitas termal sistem koloid karbon dan air sebesar kurang lebih 2,809% untuk setiap peningkatan kadar karbon sebesar 1%, berdasar garis lurus kecenderungan (*trendline*) yang ditarik pada grafik rasio peningkatan konduktivitas termal.
4. Sistem koloid karbon dan air hasil proses penggilingan 30 jam ini masih belum dikategorikan sebagai nanofluida.

V.2. Saran

1. Menambah kecepatan putar lebih dari 500 rpm atau menambah waktu giling menjadi 60 jam lebih.
2. Penggunaan aditif seperti dispersan, aktivator atau surfaktan serta mengontrol pH agar kestabilan sistem koloid karbon dan air lebih baik dan tidak mudah beraglomerasi.

REFERENSI

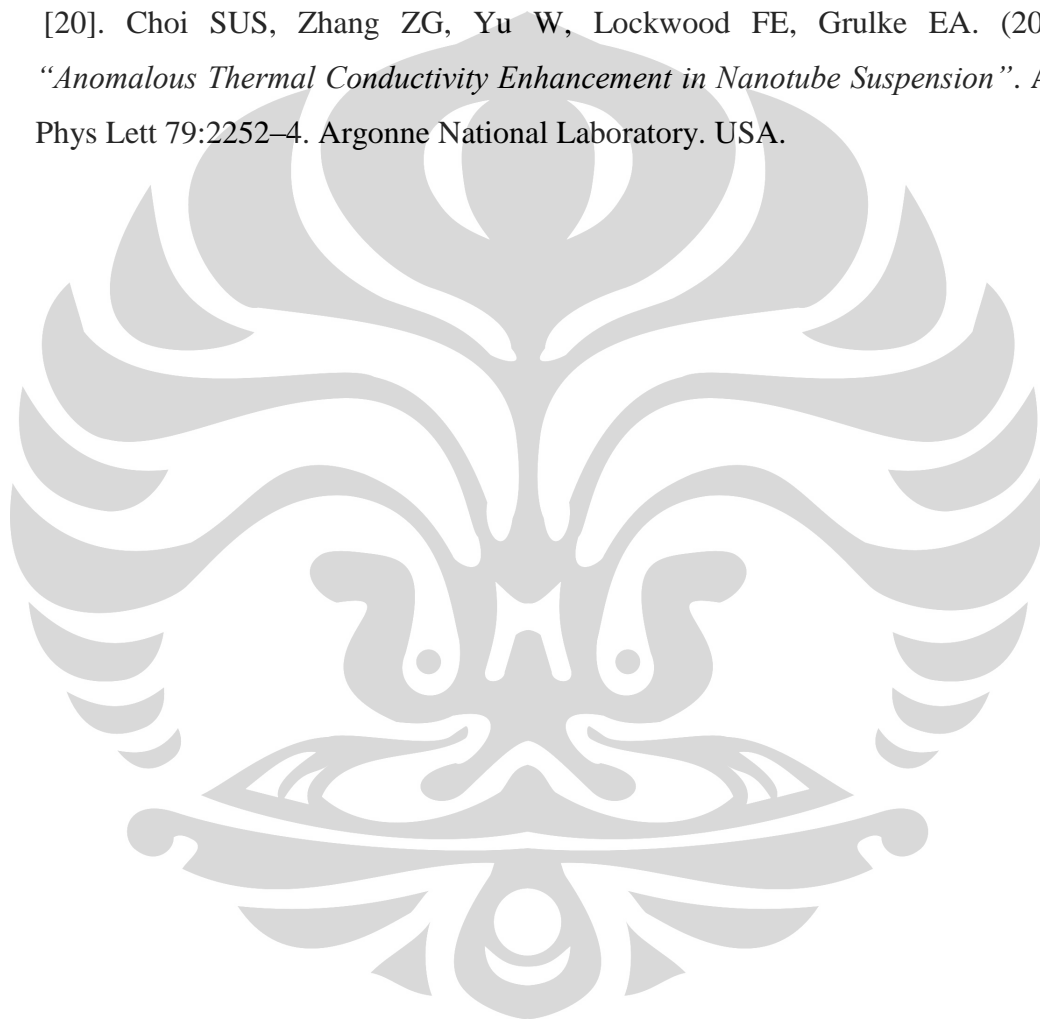
- [1]. Stephen U.S. Choi. (1999). *"Nanofluid Technology: Current Status and Future Research"*. Energy Systems Division, Argonne National Laboratory. USA.
- [2]. Kiyuel Kwak and Chongyoup Kim. (2005). *"Viscosity and Thermal Conductivity of Copper Oxide Nanofluid Dispersed in Ethylene Glycol"*. Dept. of Chemical and Biological Engineering Korea University. Korea.
- [3]. W. Yu, D.M. France, S.U.S. Choi, and J.L. Routbort. (2007). *"Review and Assessment of Nanofluid Technology for Transportation and Other Applications"*. Energy Systems Division, Argonne National Laboratory. USA.
- [4]. Chih-Hung Lo, Tsing-Tshih Tsung, Liang-Chia Chen, Chun-His Su and Hong-Ming Lin. (2005). *"Fabrication of Copper Oxide Nanofluid using Submerged Arc Nanoparticle Synthesis System (SANSS)"*. Department of Mechanical Engineering, National Taipei University of Technology. Taipei.
- [5]. L. Lu and M. O. Lai. *"Mechanical Alloying"*. Kluwer Academic Publisher, Boston. USA.
- [6]. H. Chang, C.S. Jwo, P.S. Fan, S.H. Pai. (2006). *"Process Optimization and Material Properties for Nanofluid Manufacturing"*. Department of Air-Conditioning and Electrical Engineering, National Taipei University of Technology, Taipei. Taiwan.
- [7]. A.V. Delgado, F. Gonzalez-Caballero, R. J. Hunter, L. K. Koopal, J. Lyklema. (2005). *"Measurement and Interpretation of Electrokinetic Phenomena"*. Physical and Biophysical Chemistry Division, IUPAC.
- [8]. Byung-Hee Chun, Hyun Uk Kang, and Sung Hyun Kim. (2008). *"Effect of Alumina Nanoparticles in The Fluid on Heat Transfer in Double-pipe Heat Exchanger System"*. Dept. of Chemical and Biological Engineering Korea University. Korea.

- [9]. Wang X, Xu X, Choi SUS. (1999) “*Thermal Conductivity of Nanoparticle–Fluid Mixture*”. J Therm Phys Heat Transfer 13:474–80. Argonne National Laboratory. USA.
- [10]. American Physical Society. (2006). “*Research in Fluid Dynamics: Meeting National Needs*”. U.S. National Committee on Theoretical and Applied Mechanics, American Physical Society. USA.
- [11]. Yimin Xuan, Zhengping Yao. (2004). “*Lattice Boltzmann Model for Nanofluids*”. Nanjing University of Science and Technology. Nanjing, China.
- [12]. Jang SP, Choi SUS. (2004). “*Role of Brownian Motion in The Enhanced Thermal Conductivity of Nanofluids*”. Appl Phys Lett 84:4316–8. Argonne National Laboratory. USA.
- [13]. Nandy Putra, Fred S. Noviar, Hery Wijaya, dan R.A. Koestoer. (2005). “*Kenaikan Koefisien Perpindahan Kalor Kondensasi Film pada Kondenser Silinder Vertikal dengan Nanofluida Al_2O_3 -Air sebagai Fluida Pendingin*”. Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Kampus Baru UI. Depok.
- [14]. Lingjie J. Guo, Xing Cheng. (2003). “*Method of Forming Nanofluidic Channels*”. Bloomfield Hills, MI 48303. USA.
- [15]. S.M. Sohel Murshed, Say Hwa Tan, Nam Trung Nguyen, Teck Neng Wong, Levent Yobas. (2008). “*Microdroplet Formation of Water and Nanofluids in Heat-Induced Microfluidic T-Junction*”. Nanyang Technological University. Singapore.
- [16]. Nandy Putra, Riki Ferky, R.A. Koestoer. (2004). “*Peningkatan Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi dari Nanofluida Al_2O_3 -Air*”. Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Kampus Baru UI. Depok.
- [17]. Chia-Chen Li, Mu-Jen, Ruey-Fu Shih, Ming-Chang Wen, Meu-Hui Chang. (2006). “*Process for Preparing Nanofluids with Rotating Packed Bed Reactor*”. Industrial Technology Research Institute, Hsinchu. Taiwan.

[18]. You S.M., Kim J.H., Kim K.H. (2003). “*Effect of Nanoparticles on Critical Heat Flux of Water in Pool Boiling Heat Transfer*”. Dept. of Chemical and Biological Engineering Korea University. Korea.

[19]. Visinee Trisaksri, Somchai Wongwises. (2007). “*Critical Review of Heat Transfer Characteristics of Nanofluids*”. Energy Division, King Mongkut University of Technology, Bangkok. Thailand

[20]. Choi SUS, Zhang ZG, Yu W, Lockwood FE, Grulke EA. (2001). “*Anomalous Thermal Conductivity Enhancement in Nanotube Suspension*”. Appl Phys Lett 79:2252–4. Argonne National Laboratory. USA.

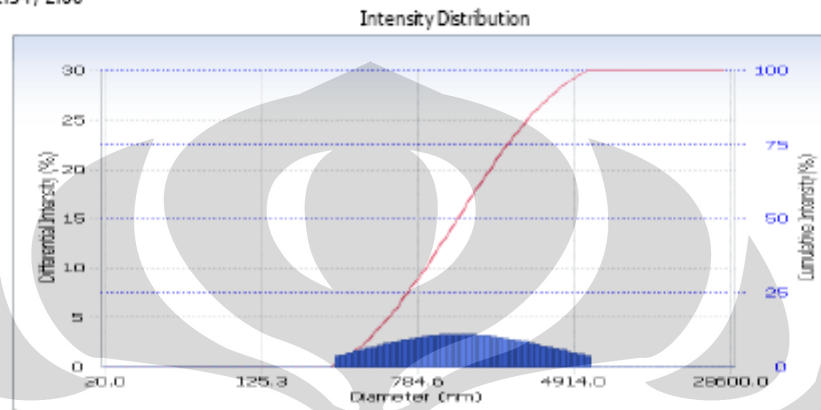


Lampiran 1

Data PSA sampel awal

Intensity Distribution		Common	
User	: Common	Group	: Metalurgi UI
Date	: 10/28/2009	File Name	: Karbon_20091028_13461
Time	: 13:46:13	Sample Information	: Karbon Aktif
SOP Name	: Metalurgi	Repetition	: 1/1

Version 1.34 / 2.00



Distribution Results (Contin)

Peak	Diameter (nm)	Std. Dev.
1	1,711.0	1,278.2
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
Average	1,711.0	1,278.2
Residual	: 1.109e-002	(O.K)

Cumulants Results

Diameter (d)	: 1284.8	(nm)
Polydispersity Index (P.I.)	: 0.382	
Diffusion Const. (D)	: 3.829e-009	(cm ² /sec)
Measurement Condition		
Temperature	: 25.0	(°C)
Diluent Name	: WATER	
Refractive Index	: 1.3328	
Viscosity	: 0.8878	(cP)
Scattering Intensity	: 4737	(cps)

Intensity Distribution Table

d (nm)	f (%)	f (cum.%)	d (nm)	f (%)	f (cum.%)	d (nm)	f (%)	f (cum.%)	d (nm)	f (%)	f (cum.%)
20.0	0.0	0.0	125.3	0.0	0.0	784.6	3.0	29.5	4914.0	1.4	97.5
21.5	0.0	0.0	134.8	0.0	0.0	844.3	3.1	32.6	5288.2	1.3	98.8
23.2	0.0	0.0	145.1	0.0	0.0	908.6	3.1	35.8	5690.9	1.2	100.0
24.9	0.0	0.0	156.1	0.0	0.0	977.8	3.2	39.0	6124.2	0.0	100.0
26.8	0.0	0.0	168.0	0.0	0.0	1052.3	3.2	42.2	6590.6	0.0	100.0
28.9	0.0	0.0	180.8	0.0	0.0	1132.4	3.3	45.5	7092.5	0.0	100.0
31.1	0.0	0.0	194.6	0.0	0.0	1218.6	3.3	48.8	7632.5	0.0	100.0
33.4	0.0	0.0	209.4	0.0	0.0	1311.4	3.3	52.1	8213.7	0.0	100.0
36.0	0.0	0.0	225.3	0.0	0.0	1411.3	3.3	55.4	8839.2	0.0	100.0
38.7	0.0	0.0	242.5	0.0	0.0	1518.7	3.3	58.6	9512.3	0.0	100.0
41.7	0.0	0.0	260.9	0.0	0.0	1634.4	3.2	61.8	10236.6	0.0	100.0
44.8	0.0	0.0	280.8	0.0	0.0	1758.8	3.2	65.0	11016.1	0.0	100.0
48.2	0.0	0.0	302.2	1.1	1.1	1892.8	3.1	68.1	11855.0	0.0	100.0
51.9	0.0	0.0	325.2	1.3	2.4	2036.9	3.0	71.0	12757.7	0.0	100.0
55.9	0.0	0.0	350.0	1.4	3.8	2192.0	2.9	74.0	13729.2	0.0	100.0
60.1	0.0	0.0	376.6	1.6	5.4	2358.9	2.8	76.7	14774.7	0.0	100.0
64.7	0.0	0.0	405.3	1.8	7.2	2538.6	2.7	79.4	15899.7	0.0	100.0
69.6	0.0	0.0	436.2	1.9	9.1	2731.9	2.6	82.0	17110.5	0.0	100.0
74.9	0.0	0.0	469.4	2.1	11.2	2939.9	2.4	84.4	18413.4	0.0	100.0
80.6	0.0	0.0	505.1	2.2	13.4	3163.8	2.3	86.7	19815.5	0.0	100.0

D (10%): 450.3 (nm) | D (50%): 1252 (nm) | D (90%): 3546.4 (nm)

Intensity Distribution Table

d (nm)	f(%)	f(cum.%)	d (nm)	f(%)	f(cum.%)	d (nm)	f(%)	f(cum.%)	d (nm)	f(%)	f(cum.%)
86.8	0.0	0.0	543.6	2.4	15.8	3404.7	2.2	88.9	1324.4	0.0	100.0
93.4	0.0	0.0	585.0	2.5	18.3	3663.9	2.0	90.9	2948.3	0.0	100.0
100.5	0.0	0.0	629.5	2.6	20.9	3942.9	1.9	92.8	4695.7	0.0	100.0
108.2	0.0	0.0	677.5	2.8	23.7	4243.2	1.7	94.5	6576.3	0.0	100.0
116.4	0.0	0.0	729.1	2.9	26.6	4566.3	1.6	96.1	8600.0	0.0	100.0



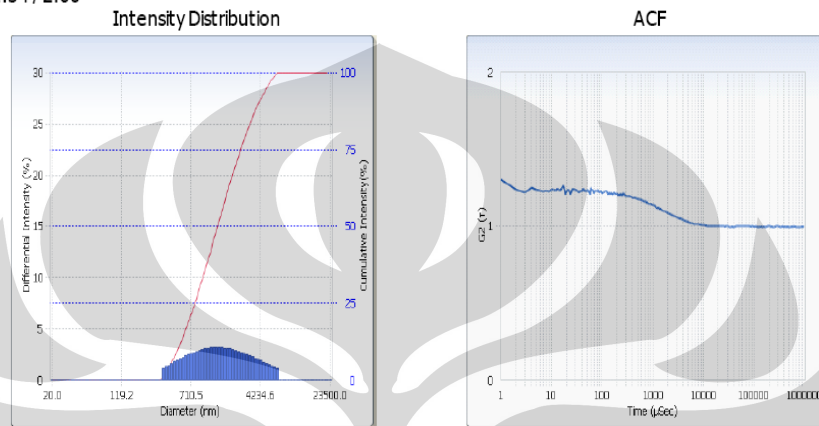
D(10%): 450.3 (nm) | D(50%): 1252 (nm) | D(90%): 3546.4 (nm)

Lampiran 2

Data PSA sampel 1% karbon

Intensity Distribution		Common	
User	: Common	Group	: ui
Date	: 12/8/2009	File Name	: carbon-1%
Time	: 17:00:38	Sample Information	: carbon
SOP Name : UI_Titania&Carbon		Repetiton : 1/1	

Version 1.34 / 2.00



Distribution Results (Contin)

Peak	Diameter (nm)	Std. Dev.
1	1,934.3	1,459.3
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
Average	1,934.3	1,459.3
Residual	: 5.917e-003	(O.K)

Cumulants Results

Diameter (d)	: 1141.2	(nm)
Polydispersity Index (P.I.)	: 0.326	
Diffusion Const. (D)	: 4.310e-009	(cm ² /sec)
Measurement Condition		
Temperature	: 25.0	(°C)
Diluent Name	: WATER	
Refractive Index	: 1.3328	
Viscosity	: 0.8878	(cP)
Scattering Intensity	: 8933	(cps)

Size Distribution Table

Common

User	: Common	Group	: ui	Repetition	: 1/1
Date	: 12/8/2009	File Name	: carbon-1%		
Time	: 17:00:38	Sample Information	: carbon		
SOP Name	: UI_Titania&Carbon				

Version 1.34 / 2.00

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)int.	f(%)Vol	f(cum.%)Vol	f(%)No.	f(cum.%)No.
15570.4	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
14497.3	21.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
13498.3	23.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
12568.0	24.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
11701.9	26.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
10895.5	28.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
10144.6	30.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
9445.5	33.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
8794.6	35.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
8188.5	38.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
7624.2	40.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
7098.8	43.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
6609.6	47.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
6154.1	50.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
5730.0	54.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
5335.1	58.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4967.4	62.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4625.1	67.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4306.4	72.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4009.6	77.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3733.3	83.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3476.0	89.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3236.4	96.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3013.4	103.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2805.7	111.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2612.4	119.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2432.4	128.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2264.7	137.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2108.7	147.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1963.3	158.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1828.0	170.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1702.1	183.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1584.8	196.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1475.5	211.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1373.9	226.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1279.2	243.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1191.0	261.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1108.9	280.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1032.5	301.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
961.4	323.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
895.1	347.9	1.2	1.2	13.1	13.1	28.31	28.31
833.4	373.6	1.3	2.5	11.8	24.9	20.73	49.04
776.0	401.3	1.5	4.0	10.6	35.5	15.02	64.06
722.5	431.0	1.6	5.7	9.4	45.0	10.78	74.83
672.7	462.9	1.8	7.5	8.3	53.3	7.66	82.50
626.4	497.2	1.9	9.4	7.3	60.6	5.41	87.91
583.2	534.0	2.1	11.5	6.3	66.9	3.79	91.69
543.0	573.5	2.2	13.7	5.4	72.3	2.63	94.33

Size Dist. Table Page No. : 1 / 2

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)Int.	f(%)Vol	f(cum.%)Vol	f(%)No.	f(cum.%)No.
505.6	615.9	2.4	16.1	4.7	77.0	1.82	96.15
470.7	661.5	2.5	18.6	4.0	80.9	1.25	97.40
438.3	710.5	2.6	21.2	3.3	84.3	0.85	98.25
408.1	763.1	2.7	23.9	2.8	87.1	0.58	98.83
380.0	819.5	2.8	26.7	2.4	89.5	0.39	99.22
353.8	880.2	2.9	29.7	2.0	91.4	0.26	99.48
329.4	945.4	3.0	32.6	1.6	93.0	0.18	99.66
306.7	1015.3	3.0	35.7	1.3	94.4	0.12	99.78
285.6	1090.5	3.1	38.8	1.1	95.5	0.08	99.85
265.9	1171.2	3.1	41.9	0.9	96.4	0.05	99.90
247.6	1257.9	3.2	45.1	0.7	97.1	0.03	99.94
230.5	1351.0	3.2	48.3	0.6	97.7	0.02	99.96
214.6	1451.0	3.2	51.4	0.5	98.2	0.01	99.97
199.8	1558.4	3.2	54.6	0.4	98.6	0.01	99.98
186.1	1673.7	3.1	57.7	0.3	98.9	0.01	99.99
173.2	1797.6	3.1	60.8	0.2	99.1	0.00	99.99
161.3	1930.6	3.0	63.9	0.2	99.3	0.00	100.00
150.2	2073.5	3.0	66.8	0.2	99.5	0.00	100.00
139.8	2227.0	2.9	69.7	0.1	99.6	0.00	100.00
130.2	2391.8	2.8	72.6	0.1	99.7	0.00	100.00
121.2	2568.9	2.7	75.3	0.1	99.8	0.00	100.00
112.9	2759.0	2.6	77.9	0.1	99.8	0.00	100.00
105.1	2963.2	2.5	80.5	0.0	99.9	0.00	100.00
97.8	3182.5	2.4	82.9	0.0	99.9	0.00	100.00
91.1	3418.1	2.3	85.2	0.0	99.9	0.00	100.00
84.8	3671.1	2.2	87.3	0.0	99.9	0.00	100.00
79.0	3942.8	2.0	89.4	0.0	100.0	0.00	100.00
73.5	4234.6	1.9	91.3	0.0	100.0	0.00	100.00
68.5	4548.1	1.8	93.1	0.0	100.0	0.00	100.00
63.8	4884.7	1.6	94.7	0.0	100.0	0.00	100.00
59.4	5246.2	1.5	96.2	0.0	100.0	0.00	100.00
55.3	5634.5	1.4	97.6	0.0	100.0	0.00	100.00
51.5	6051.6	1.3	98.9	0.0	100.0	0.00	100.00
47.9	6499.5	1.1	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
44.6	6980.5	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
41.5	7497.2	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
38.7	8052.1	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
36.0	8648.1	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
33.5	9288.2	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
31.2	9975.7	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
29.1	10714.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
27.1	11507.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
25.2	12358.7	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
23.5	13273.5	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
21.8	14255.9	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
20.3	15311.1	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
18.9	16444.3	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
17.6	17661.4	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
16.4	18968.7	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
15.3	20372.6	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
14.2	21880.5	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
13.3	23500.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00

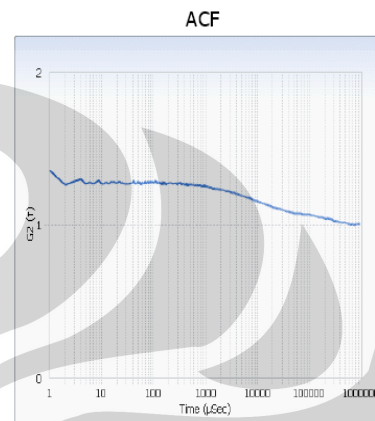
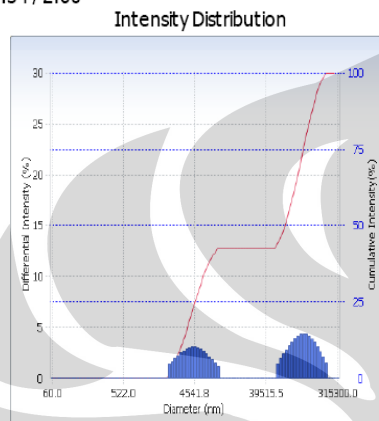
Size Dist. Table Page No. : 2 / 2

Lampiran 3

Data PSA sampel 2% karbon

Intensity Distribution		Common	
User	: Common	Group	: ui
Date	: 12/8/2009	File Name	: carbon-2%
Time	: 17:09:56	Sample Information	: carbon
SOP Name : UI_Titania&Carbon		Repetition : 1/1	

Version 1.34 / 2.00



Distribution Results (Contin)

Peak	Diameter (nm)	Std. Dev.
1	4,652.7	1,828.0
2	126,963.1	48,315.1
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
Average	75,000.0	70,707.1
Residual :	1.068e-002	(O.K)

Cumulants Results

Diameter (d)	: 7133.5	(nm)
Polydispersity Index (P.I.)	: 1.507	
Diffusion Const. (D)	: 6.896e-010	(cm ² /sec)
Measurement Condition		
Temperature	: 25.0	(°C)
Diluent Name	: WATER	
Refractive Index	: 1.3328	
Viscosity	: 0.8878	(cP)
Scattering Intensity	: 6948	(cps)

Size Distribution Table

Common

User : Common Group : ui Repetition : 1/1
 Date : 12/8/2009 File Name : carbon-2%
 Time : 17:09:56 Sample Information : carbon
 SOP Name : UI_Titania&Carbon

Version 1.34 / 2.00

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)Int.	f(%)Vol	f(cum.%)Vol	f(%)No.	f(cum.%)No.
5190.1	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4759.9	65.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4365.3	71.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4003.4	77.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3671.6	84.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3367.2	92.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3088.1	100.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2832.1	110.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2597.3	119.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2382.0	130.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2184.6	142.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2003.5	155.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1837.4	169.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1685.1	184.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1545.4	201.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1417.3	219.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1299.8	239.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1192.0	261.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1093.2	284.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1002.6	310.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
919.5	338.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
843.3	369.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
773.4	402.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
709.3	439.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
650.5	478.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
596.5	522.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
547.1	569.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
501.7	620.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
460.1	676.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
422.0	737.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
387.0	804.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
354.9	877.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
325.5	956.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
298.5	1043.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
273.8	1137.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
251.1	1240.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
230.3	1352.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
211.2	1474.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
193.7	1607.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
177.6	1753.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
162.9	1911.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
149.4	2084.5	1.4	1.4	0.8	0.8	31.86	31.86
137.0	2272.9	1.7	3.1	0.8	1.6	22.66	54.52
125.7	2478.3	2.0	5.1	0.7	2.3	15.73	70.25
115.2	2702.3	2.2	7.3	0.6	3.0	10.67	80.92
105.7	2946.6	2.5	9.8	0.5	3.5	7.08	88.00
96.9	3212.9	2.7	12.5	0.4	3.9	4.59	92.59
88.9	3503.4	2.9	15.4	0.4	4.3	2.91	95.50

Size Dist. Table Page No. : 1 / 2

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)Int.	f(%)Vol	f(cum.%)Vol	f(%)No.	f(cum.%)No.
81.5	3820.0	3.0	18.5	0.3	4.6	1.81	97.31
74.8	4165.3	3.1	21.6	0.2	4.8	1.10	98.41
68.6	4541.8	3.1	24.7	0.2	5.0	0.66	99.07
62.9	4952.3	3.0	27.7	0.1	5.2	0.38	99.45
57.7	5400.0	2.9	30.6	0.1	5.3	0.22	99.67
52.9	5888.1	2.7	33.3	0.1	5.3	0.12	99.79
48.5	6420.3	2.5	35.8	0.1	5.4	0.07	99.85
44.5	7000.6	2.2	37.9	0.0	5.4	0.03	99.89
40.8	7633.4	1.8	39.8	0.0	5.4	0.02	99.90
37.4	8323.4	1.5	41.3	0.0	5.4	0.01	99.91
34.3	9075.7	1.2	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
31.5	9896.1	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
28.9	10790.6	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
26.5	11765.9	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
24.3	12829.4	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
22.3	13989.1	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
20.4	15253.5	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
18.7	16632.3	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
17.2	18135.7	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
15.7	19774.9	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
14.4	21562.4	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
13.2	23511.4	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
12.1	25636.5	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
11.1	27953.8	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
10.2	30480.5	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
9.4	33235.6	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
8.6	36239.8	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
7.9	39515.5	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
7.2	43087.2	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
6.6	46981.9	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
6.1	51228.5	0.0	42.5	0.0	5.5	0.00	99.92
5.6	55859.0	1.5	44.0	12.5	17.9	0.02	99.94
5.1	60908.1	1.9	45.9	12.4	30.3	0.02	99.96
4.7	66413.5	2.4	48.3	11.8	42.1	0.01	99.97
4.3	72416.6	2.8	51.1	10.8	52.9	0.01	99.98
3.9	78962.2	3.2	54.3	9.6	62.4	0.01	99.99
3.6	86099.6	3.6	57.9	8.2	70.7	0.00	99.99
3.3	93882.0	3.9	61.8	6.9	77.6	0.00	100.00
3.0	102367.	4.2	66.0	5.7	83.2	0.00	100.00
2.8	111620.	4.3	70.3	4.5	87.7	0.00	100.00
2.6	121710.	4.4	74.7	3.5	91.3	0.00	100.00
2.3	132711.	4.3	79.0	2.7	94.0	0.00	100.00
2.2	144707.	4.2	83.2	2.0	96.0	0.00	100.00
2.0	157787.	3.9	87.1	1.4	97.4	0.00	100.00
1.8	172049.	3.6	90.6	1.0	98.4	0.00	100.00
1.7	187600.	3.1	93.7	0.7	99.1	0.00	100.00
1.5	204557.	2.6	96.4	0.4	99.6	0.00	100.00
1.4	223047.	2.1	98.5	0.3	99.8	0.00	100.00
1.3	243208.	1.5	100.0	0.2	100.0	0.00	100.00
1.2	265192.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
1.1	289162.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
1.0	315300.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00

Lampiran 4

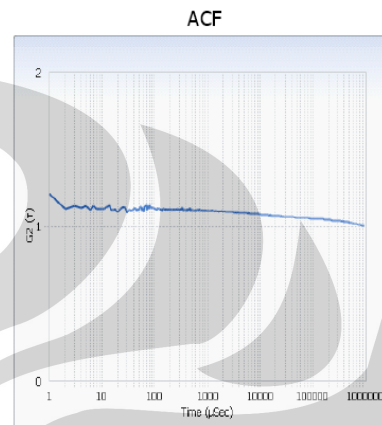
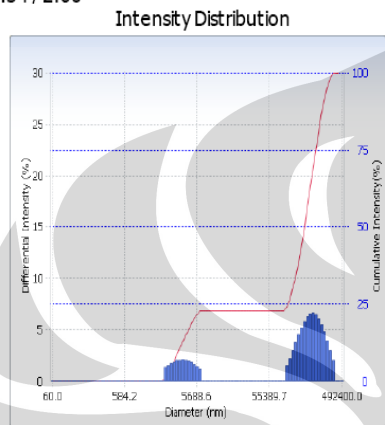
Data PSA sampel 3% karbon

Intensity Distribution

Common

User	: Common	Group	: ui	Repetition	: 1/1
Date	: 12/8/2009	File Name	: carbon-3%		
Time	: 17:20:17	Sample Information	: carbon		
SOP Name	: UI_Titania&Carbon				

Version 1.34 / 2.00



Distribution Results (Contin)

Peak	Diameter (nm)	Std. Dev.
1	3,763.5	1,184.4
2	218,881.5	79,133.2
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
Average	169,948.5	113,885.4
Residual	: 8.587e-003	(O.K)

Cumulants Results

Diameter (d)	: 8648.3	(nm)
Polydispersity Index (P.I.)	: 2.501	
Diffusion Const. (D)	: 5.688e-010	(cm ² /sec)
Measurement Condition		
Temperature	: 25.0	(°C)
Diluent Name	: WATER	
Refractive Index	: 1.3328	
Viscosity	: 0.8878	(cP)
Scattering Intensity	: 13467	(cps)

Size Distribution Table

Common

User	: Common	Group	: ui	Repetition	: 1/1
Date	: 12/8/2009	File Name	: carbon-3%		
Time	: 17:20:17	Sample Information	: carbon		
SOP Name	: UI_Titania&Carbon				

Version 1.34 / 2.00

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)int.	f(%)Vol	f(cum.%)Vol	f(%)No.	f(cum.%)No.
5190.1	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4738.5	65.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4326.2	72.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3949.7	78.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3606.0	86.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3292.2	94.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3005.8	103.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2744.2	113.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2505.4	124.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2287.4	136.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2088.4	149.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1906.6	163.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1740.7	178.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1589.3	195.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1451.0	214.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1324.7	235.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1209.4	257.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1104.2	282.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1008.1	308.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
920.4	338.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
840.3	370.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
767.2	405.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
700.4	444.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
639.5	487.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
583.8	533.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
533.0	584.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
486.6	639.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
444.3	700.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
405.6	767.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
370.3	840.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
338.1	921.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
308.7	1008.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
281.8	1104.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
257.3	1210.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
234.9	1325.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
214.5	1451.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
195.8	1590.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
178.8	1741.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
163.2	1907.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
149.0	2089.8	1.3	1.3	0.0	0.0	16.28	16.28
136.0	2288.9	1.5	2.9	0.0	0.0	10.79	27.07
124.2	2507.1	1.7	4.6	0.0	0.0	6.96	34.04
113.4	2746.0	1.9	6.5	0.0	0.0	4.38	38.42
103.5	3007.8	2.0	8.5	0.0	0.0	2.69	41.12
94.5	3294.4	2.1	10.5	0.0	0.0	1.62	42.73
86.3	3608.4	2.1	12.6	0.0	0.0	0.95	43.68
78.8	3952.3	2.0	14.7	0.0	0.0	0.54	44.22
71.9	4329.0	2.0	16.6	0.0	0.0	0.30	44.52

Size Dist. Table Page No. : 1 / 2

Γ (1/sec)	d (nm)	f (%) Int.	f (cum. %) Int.	f (%) Vol	f (cum. %) Vol	f (%) No.	f (cum. %) No.
65.7	4741.6	1.8	18.5	0.0	0.0	0.16	44.68
60.0	5193.6	1.7	20.1	0.0	0.0	0.08	44.77
54.7	5688.6	1.4	21.5	0.0	0.0	0.04	44.81
50.0	6230.7	1.2	22.7	0.0	0.0	0.02	44.83
45.6	6824.6	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
41.7	7475.1	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
38.0	8187.5	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
34.7	8967.9	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
31.7	9822.6	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
28.9	10758.8	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
26.4	11784.2	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
24.1	12907.3	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
22.0	14137.5	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
20.1	15485.0	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
18.4	16960.9	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
16.8	18577.4	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
15.3	20348.0	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
14.0	22287.4	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
12.8	24411.6	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
11.6	26738.2	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
10.6	29286.7	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
9.7	32078.0	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
8.9	35135.3	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
8.1	38484.1	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
7.4	42152.0	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
6.7	46169.5	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
6.2	50569.9	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
5.6	55389.7	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
5.1	60668.9	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
4.7	66451.3	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
4.3	72784.7	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
3.9	79721.8	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
3.6	87320.1	0.0	22.7	0.0	0.0	0.00	44.83
3.3	95642.6	1.5	24.3	10.9	10.9	14.20	59.03
3.0	104758.	2.2	26.5	12.0	22.9	11.92	70.95
2.7	114742.	3.0	29.4	12.2	35.1	9.27	80.21
2.5	125678.	3.8	33.2	11.8	46.9	6.79	87.00
2.3	137657.	4.5	37.7	10.8	57.7	4.74	91.74
2.1	150777.	5.2	42.9	9.5	67.2	3.17	94.92
1.9	165148.	5.8	48.8	8.1	75.3	2.05	96.96
1.7	180888.	6.3	55.0	6.6	81.9	1.28	98.24
1.6	198128.	6.5	61.6	5.3	87.2	0.77	99.01
1.4	217012.	6.6	68.2	4.0	91.2	0.45	99.47
1.3	237695.	6.5	74.7	3.0	94.2	0.26	99.72
1.2	260350.	6.1	80.8	2.2	96.4	0.14	99.86
1.1	285164.	5.5	86.3	1.5	97.9	0.07	99.94
1.0	312343.	4.8	91.1	1.0	98.9	0.04	99.97
0.9	342113.	3.9	95.0	0.6	99.5	0.02	99.99
0.8	374720.	3.0	98.0	0.4	99.8	0.01	100.00
0.8	410434.	2.0	100.0	0.2	100.0	0.00	100.00
0.7	449553.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
0.6	492400.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00

Size Dist. Table Page No. : 2 / 2

Lampiran 5

Data PSA sampel 4% karbon

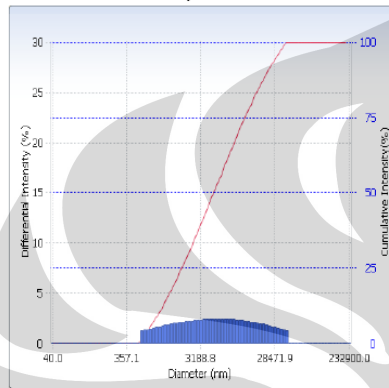
Intensity Distribution

Common

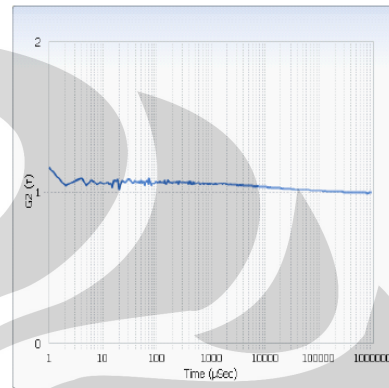
User	: Common	Group	: UI	Repetition	: 1/1
Date	: 12/8/2009	File Name	: CARBON-4%		
Time	: 17:49:08	Sample Information	: CARBON		
SOP Name	: UI_Titania&Carbon				

Version 1.34 / 2.00

Intensity Distribution



ACF



Distribution Results (Contin)

Peak	Diameter (nm)	Std. Dev.
1	8,806.1	9,512.3
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
Average	8,806.1	9,512.3
Residual	: 2.114e-002	(O.K)

Cumulants Results

Diameter (d)	: 5307.7	(nm)
Polydispersity Index (P.I.)	: 1.485	
Diffusion Const. (D)	: 9.268e-010	(cm ² /sec)
Measurement Condition		
Temperature	: 25.0	(°C)
Diluent Name	: WATER	
Refractive Index	: 1.3328	
Viscosity	: 0.8878	(cP)
Scattering Intensity	: 11895	(cps)

Size Distribution Table

Common

User	: Common	Group	: UI	Repetition	: 1/1
Date	: 12/8/2009	File Name	: CARBON-4%		
Time	: 17:49:08	Sample Information	: CARBON		
SOP Name : UI_Titania&Carbon					

Version 1.34 / 2.00

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)int.	f(%)Vol	f(cum.%)Vol	f(%)No.	f(cum.%)No.
7785.2	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
7132.4	43.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
6534.4	47.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
5986.5	52.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
5484.6	56.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
5024.7	62.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4603.4	67.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4217.4	73.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3863.8	80.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3539.9	88.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3243.1	96.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2971.1	104.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2722.0	114.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2493.8	124.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2284.7	136.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2093.1	148.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1917.6	162.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1756.9	177.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1609.5	193.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1474.6	211.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1351.0	230.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1237.7	251.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1133.9	274.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1038.8	299.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
951.7	327.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
871.9	357.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
798.8	389.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
731.8	425.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
670.5	464.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
614.3	507.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
562.8	553.4	1.3	1.3	19.6	19.6	37.85	37.85
515.6	604.0	1.3	2.6	15.9	35.5	23.62	61.47
472.3	659.3	1.4	4.0	12.9	48.4	14.71	76.18
432.7	719.6	1.5	5.4	10.4	58.8	9.13	85.31
396.5	785.5	1.5	7.0	8.4	67.2	5.65	90.96
363.2	857.4	1.6	8.6	6.7	74.0	3.49	94.45
332.8	935.8	1.7	10.2	5.4	79.3	2.15	96.60
304.9	1021.5	1.7	12.0	4.3	83.7	1.32	97.92
279.3	1114.9	1.8	13.8	3.4	87.1	0.81	98.73
255.9	1217.0	1.9	15.6	2.7	89.8	0.50	99.23
234.4	1328.4	1.9	17.5	2.2	92.0	0.30	99.53
214.8	1449.9	2.0	19.5	1.7	93.7	0.18	99.72
196.8	1582.6	2.0	21.6	1.4	95.1	0.11	99.83
180.3	1727.5	2.1	23.6	1.1	96.2	0.07	99.90
165.2	1885.6	2.1	25.8	0.8	97.0	0.04	99.94
151.3	2058.1	2.2	28.0	0.7	97.7	0.02	99.96
138.6	2246.5	2.2	30.2	0.5	98.2	0.02	99.98
127.0	2452.1	2.3	32.5	0.4	98.6	0.01	99.99

Size Dist. Table Page No. : 1 / 2

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)int.	f(%)Vol.	f(cum.%)Vol.	f(%)No.	f(cum.%)No.
116.3	2676.5	2.3	34.8	0.3	98.9	0.01	99.99
106.6	2921.5	2.3	37.1	0.2	99.2	0.00	100.00
97.7	3188.8	2.4	39.4	0.2	99.3	0.00	100.00
89.5	3480.7	2.4	41.8	0.1	99.5	0.00	100.00
82.0	3799.2	2.4	44.2	0.1	99.6	0.00	100.00
75.1	4146.9	2.4	46.7	0.1	99.7	0.00	100.00
68.8	4526.4	2.4	49.1	0.1	99.8	0.00	100.00
63.0	4940.7	2.4	51.5	0.1	99.8	0.00	100.00
57.7	5392.9	2.4	54.0	0.0	99.9	0.00	100.00
52.9	5886.4	2.4	56.4	0.0	99.9	0.00	100.00
48.5	6425.1	2.4	58.8	0.0	99.9	0.00	100.00
44.4	7013.2	2.4	61.2	0.0	99.9	0.00	100.00
40.7	7655.0	2.4	63.6	0.0	100.0	0.00	100.00
37.3	8355.6	2.4	66.0	0.0	100.0	0.00	100.00
34.1	9120.3	2.3	68.3	0.0	100.0	0.00	100.00
31.3	9954.9	2.3	70.6	0.0	100.0	0.00	100.00
28.7	10866.0	2.3	72.9	0.0	100.0	0.00	100.00
26.3	11860.5	2.2	75.2	0.0	100.0	0.00	100.00
24.1	12945.9	2.2	77.3	0.0	100.0	0.00	100.00
22.0	14130.7	2.1	79.5	0.0	100.0	0.00	100.00
20.2	15424.0	2.1	81.6	0.0	100.0	0.00	100.00
18.5	16835.6	2.0	83.6	0.0	100.0	0.00	100.00
16.9	18376.3	2.0	85.6	0.0	100.0	0.00	100.00
15.5	20058.1	1.9	87.5	0.0	100.0	0.00	100.00
14.2	21893.8	1.8	89.3	0.0	100.0	0.00	100.00
13.0	23897.5	1.8	91.1	0.0	100.0	0.00	100.00
11.9	26084.6	1.7	92.7	0.0	100.0	0.00	100.00
10.9	28471.9	1.6	94.4	0.0	100.0	0.00	100.00
10.0	31077.6	1.5	95.9	0.0	100.0	0.00	100.00
9.2	33921.8	1.5	97.3	0.0	100.0	0.00	100.00
8.4	37026.3	1.4	98.7	0.0	100.0	0.00	100.00
7.7	40414.9	1.3	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
7.1	44113.6	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
6.5	48150.9	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
5.9	52557.6	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
5.4	57367.6	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
5.0	62617.9	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
4.6	68348.6	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
4.2	74603.8	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
3.8	81431.5	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
3.5	88884.1	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
3.2	97018.7	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
2.9	105897.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
2.7	115589.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
2.5	126168.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
2.3	137714.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
2.1	150318.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
1.9	164075.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
1.7	179091.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
1.6	195482.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
1.5	213372.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
1.3	232900.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00

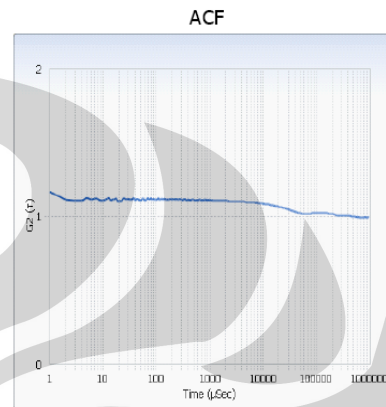
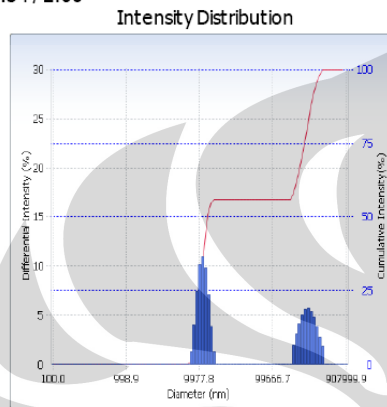
Size Dist. Table Page No. : 2 / 2

Lampiran 6

Data PSA sampel 5% karbon

Intensity Distribution		Common	
User	: Common	Group	: ZnO
Date	: 12/8/2009	File Name	: CARBON-5%
Time	: 18:00:00	Sample Information	: CARBON
SOP Name	: UI_Titania&Carbon		

Version 1.34 / 2.00



Distribution Results (Contin)

Peak	Diameter (nm)	Std. Dev.
1	11,076.3	1,880.9
2	307,901.0	75,181.1
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
Average	142,139.2	155,637.1
Residual	: 3.952e-003	(O.K)

Cumulants Results

Diameter (d)	: 15607.4	(nm)
Polydispersity Index (P.I.)	: 2.611	
Diffusion Const. (D)	: 3.152e-010	(cm ² /sec)
Measurement Condition		
Temperature	: 25.0	(°C)
Diluent Name	: WATER	
Refractive Index	: 1.3328	
Viscosity	: 0.8878	(cP)
Scattering Intensity	: 17706	(cps)

Size Distribution Table

Common

User	: Common	Group	: ZnO	Repetition	: 1/1
Date	: 12/8/2009	File Name	: CARBON-5%		
Time	: 18:00:00	Sample Information	: CARBON		
SOP Name	: UI_Ttania&Carbon				

Version 1.34 / 2.00

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)int.	f(%)Vol	f(cum.%)Vol	f(%)No.	f(cum.%)No.
3114.1	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2840.2	109.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2590.4	120.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2362.6	131.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2154.8	144.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1965.3	158.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1792.4	173.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1634.8	190.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1491.0	208.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1359.9	229.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1240.3	251.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1131.2	275.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1031.7	301.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
941.0	330.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
858.2	362.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
782.7	397.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
713.9	436.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
651.1	478.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
593.9	524.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
541.6	575.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
494.0	630.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
450.5	691.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
410.9	757.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
374.8	830.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
341.8	911.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
311.8	998.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
284.3	1095.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
259.3	1200.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
236.5	1316.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
215.7	1443.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
196.7	1582.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
179.4	1735.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
163.7	1902.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
149.3	2086.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
136.1	2287.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
124.2	2508.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
113.2	2749.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
103.3	3015.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
94.2	3305.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
85.9	3624.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
78.4	3974.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
71.5	4357.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
65.2	4777.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
59.5	5238.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
54.2	5743.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
49.5	6296.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
45.1	6904.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
41.1	7569.9	1.2	1.2	0.1	0.1	11.90	11.90

Size Dist. Table Page No. : 1 / 2

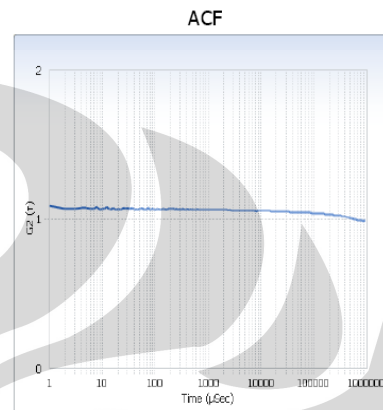
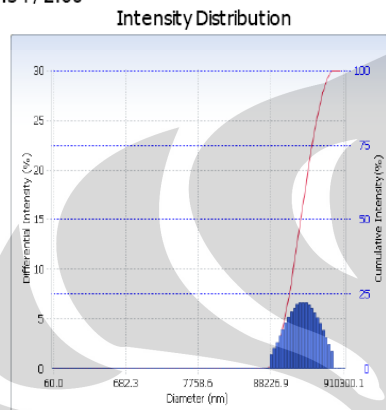
Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)Int.	f(%)Vol	f(cum.%)Vol	f(%)No.	f(cum.%)No.
37.5	8299.9	4.0	5.2	0.2	0.3	22.87	34.77
34.2	9100.2	7.4	12.7	0.3	0.6	24.32	59.08
31.2	9977.8	10.1	22.8	0.3	1.0	18.97	78.06
28.5	10939.9	11.0	33.7	0.3	1.2	11.89	89.94
26.0	11994.8	9.8	43.6	0.2	1.4	6.13	96.07
23.7	13151.5	7.1	50.7	0.1	1.5	2.56	98.63
21.6	14419.7	3.9	54.6	0.0	1.6	0.80	99.43
19.7	15810.2	1.2	55.8	0.0	1.6	0.15	99.58
18.0	17334.7	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
16.4	19006.3	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
14.9	20839.1	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
13.6	22848.6	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
12.4	25051.9	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
11.3	27467.6	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
10.3	30116.3	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
9.4	33020.4	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
8.6	36204.5	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
7.8	39695.7	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
7.2	43523.5	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
6.5	47720.5	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
6.0	52322.1	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
5.4	57367.5	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
5.0	62899.4	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
4.5	68964.8	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
4.1	75615.0	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
3.8	82906.5	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
3.4	90901.1	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
3.1	99666.7	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
2.8	109277.	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
2.6	119815.	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
2.4	131368.	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
2.2	144036.	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
2.0	157925.	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
1.8	173154.	0.0	55.8	0.0	1.6	0.00	99.58
1.6	189851.	1.9	57.8	12.9	14.4	0.11	99.69
1.5	208159.	3.0	60.8	15.6	30.0	0.10	99.79
1.4	228231.	4.1	64.9	16.1	46.1	0.08	99.87
1.2	250239.	5.0	70.0	14.8	60.9	0.05	99.92
1.1	274370.	5.6	75.6	12.5	73.4	0.03	99.96
1.0	300827.	5.7	81.3	9.7	83.1	0.02	99.98
0.9	329836.	5.4	86.7	7.0	90.1	0.01	99.99
0.9	361642.	4.8	91.5	4.7	94.8	0.01	100.00
0.8	396515.	3.9	95.4	2.9	97.7	0.00	100.00
0.7	434750.	2.8	98.2	1.6	99.2	0.00	100.00
0.7	476673.	1.8	100.0	0.8	100.0	0.00	100.00
0.6	522639.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
0.5	573036.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
0.5	628294.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
0.5	688880.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
0.4	755308.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
0.4	828142.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
0.3	907999.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00

Lampiran 7

Data PSA sampel 6% karbon

Intensity Distribution		Common	
User	: Common	Group	: ZnO
Date	: 12/8/2009	File Name	: CARBON-6%
Time	: 18:09:05	Sample Information	: CARBON
SOP Name	: UI_Titania&Carbon		

Version 1.34 / 2.00



Distribution Results (Cont'n)

Peak	Diameter (nm)	Std. Dev.
1	284,181.3	141,943.4
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
Average	284,181.3	141,943.4
Residual	: 2.433e-003	(O.K)

Cumulants Results

Diameter (d)	: 12338.3	(nm)
Polydispersity Index (P.I.)	: 4.200	
Diffusion Const. (D)	: 3.987e-010	(cm ² /sec)
Measurement Condition		
Temperature	: 25.0	(°C)
Diluent Name	: WATER	
Refractive Index	: 1.3328	
Viscosity	: 0.8878	(cP)
Scattering Intensity	: 35032	(cps)

Size Distribution Table

Common

User	: Common	Group	: ZnO	Repetition	: 1/1
Date	: 12/8/2009	File Name	: CARBON-6%		
Time	: 18:09:05	Sample Information	: CARBON		
SOP Name	: UI_Titania&Carbon				

Version 1.34 / 2.00

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)Int.	f(%)Vol.	f(cum.%)Vol.	f(%)No.	f(cum.%)No.
5190.1	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4709.2	66.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4272.8	72.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3876.9	80.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3517.6	88.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3191.6	97.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2895.9	107.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2627.5	118.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2384.1	130.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2163.1	144.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1962.7	158.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1780.8	174.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1615.8	192.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1466.1	212.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1330.2	234.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1206.9	258.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1095.1	284.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
993.6	313.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
901.5	345.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
818.0	380.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
742.2	419.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
673.4	462.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
611.0	509.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
554.4	561.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
503.0	619.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
456.4	682.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
414.1	752.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
375.7	828.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
340.9	913.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
309.3	1006.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
280.7	1109.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
254.7	1222.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
231.1	1347.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
209.7	1485.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
190.2	1637.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
172.6	1804.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
156.6	1988.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
142.1	2191.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
128.9	2415.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
117.0	2662.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
106.1	2934.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
96.3	3233.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
87.4	3563.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
79.3	3927.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
71.9	4329.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
65.3	4771.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
59.2	5258.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
53.7	5795.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00

Size Dist. Table Page No. : 1 / 2

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)int.	f(%)Vol	f(cum.%)Vol	f(%)No.	f(cum.%)No.
48.8	6387.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
44.2	7039.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
40.1	7758.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
36.4	8551.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
33.0	9424.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
30.0	10386.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
27.2	11447.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
24.7	12616.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
22.4	13905.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
20.3	15325.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
18.4	16890.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
16.7	18615.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
15.2	20516.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
13.8	22612.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
12.5	24921.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
11.3	27466.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
10.3	30272.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
9.3	33363.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
8.5	36771.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
7.7	40526.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
7.0	44665.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
6.3	49227.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
5.7	54254.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
5.2	59795.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4.7	65902.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4.3	72633.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3.9	80051.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3.5	88226.9	1.4	1.4	11.9	11.9	28.95	28.95
3.2	97237.4	2.0	3.4	12.4	24.4	22.54	51.49
2.9	107168.	2.6	6.1	12.2	36.6	16.50	67.99
2.6	118113.	3.3	9.4	11.4	48.0	11.51	79.50
2.4	130176.	3.9	13.3	10.2	58.2	7.71	87.22
2.2	143471.	4.6	17.9	8.9	67.1	5.00	92.22
2.0	158123.	5.2	23.1	7.5	74.5	3.15	95.37
1.8	174272.	5.7	28.8	6.1	80.7	1.93	97.30
1.6	192071.	6.1	34.9	4.9	85.6	1.16	98.45
1.5	211687.	6.4	41.3	3.9	89.5	0.68	99.13
1.3	233306.	6.6	47.9	3.0	92.4	0.39	99.52
1.2	257134.	6.7	54.6	2.2	94.7	0.22	99.74
1.1	283395.	6.6	61.2	1.7	96.3	0.12	99.86
1.0	312338.	6.4	67.6	1.2	97.5	0.07	99.93
0.9	344237.	6.1	73.7	0.9	98.4	0.03	99.96
0.8	379394.	5.6	79.4	0.6	99.0	0.02	99.98
0.7	418141.	5.1	84.5	0.4	99.4	0.01	99.99
0.7	460846.	4.5	88.9	0.3	99.6	0.00	100.00
0.6	507912.	3.8	92.8	0.2	99.8	0.00	100.00
0.6	559785.	3.1	95.9	0.1	99.9	0.00	100.00
0.5	616955.	2.4	98.3	0.1	100.0	0.00	100.00
0.5	679965.	1.7	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
0.4	749409.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
0.4	825946.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
0.3	910300.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00

Size Dist. Table Page No. : 2 / 2

Lampiran 8

Data PSA sampel 8% karbon

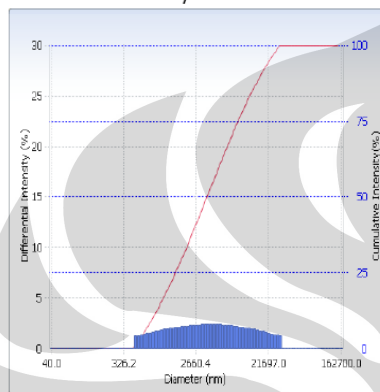
Intensity Distribution

Common

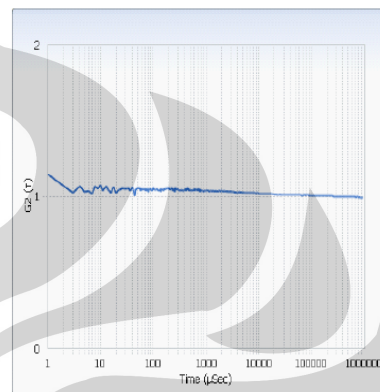
User	: Common	Group	: UI	Repetition	: 1/1
Date	: 12/8/2009	File Name	: CARBON-8%		
Time	: 18:26:19	Sample Information	: CARBON		
SOP Name	: UI_Titania&Carbon				

Version 1.34 / 2.00

Intensity Distribution



ACF



Distribution Results (Contn)

Peak	Diameter (nm)	Std. Dev.
1	6,706.5	7,124.4
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
Average	6,706.5	7,124.4

Residual : 9.879e-001 (O.K)

Cumulants Results

Diameter (d) : 4047.5 (nm)
 Polydispersity Index (P.I.) : 1.246
 Diffusion Const. (D) : 1.215e-009 (cm²/sec)

Measurement Condition

Temperature : 25.0 (°C)
 Diluent Name : WATER
 Refractive Index : 1.3328
 Viscosity : 0.8878 (cP)
 Scattering Intensity : 6280 (cps)

Size Distribution Table

Common

User : Common Group : UI Repetition : 1/1
 Date : 12/8/2009 File Name : CARBON-8%
 Time : 18:26:19 Sample Information : CARBON
 SOP Name : UI_Titania&Carbon

Version 1.34 / 2.00

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)Int.	f(%)Vol	f(cum.%)Vol	f(%)No.	f(cum.%)No.
7785.2	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
7158.3	43.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
6581.9	47.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
6051.9	51.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
5564.6	56.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
5116.6	60.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4704.6	66.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4325.8	72.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3977.5	78.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3657.2	85.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3362.7	92.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3091.9	100.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2843.0	109.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2614.1	119.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2403.6	129.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2210.0	140.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2032.1	153.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1868.5	166.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1718.0	181.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1579.7	197.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1452.5	214.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1335.5	233.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1228.0	253.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1129.1	275.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1038.2	299.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
954.6	326.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
877.7	354.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
807.1	385.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
742.1	419.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
682.3	456.4	1.2	1.2	18.8	18.8	36.47	36.47
627.4	496.4	1.3	2.5	15.4	34.2	23.28	59.75
576.9	539.8	1.4	3.9	12.6	46.8	14.82	74.57
530.4	587.1	1.4	5.3	10.3	57.1	9.40	83.97
487.7	638.5	1.5	6.9	8.4	65.5	5.95	89.92
448.4	694.4	1.6	8.4	6.8	72.3	3.76	93.68
412.3	755.2	1.6	10.1	5.5	77.8	2.36	96.05
379.1	821.4	1.7	11.8	4.5	82.2	1.49	97.53
348.6	893.3	1.8	13.5	3.6	85.8	0.93	98.46
320.5	971.5	1.8	15.4	2.9	88.7	0.58	99.04
294.7	1056.6	1.9	17.3	2.3	91.0	0.36	99.41
271.0	1149.1	1.9	19.2	1.9	92.9	0.23	99.63
249.2	1249.8	2.0	21.2	1.5	94.4	0.14	99.77
229.1	1359.2	2.1	23.2	1.2	95.5	0.09	99.86
210.7	1478.3	2.1	25.3	0.9	96.5	0.05	99.91
193.7	1607.7	2.1	27.5	0.7	97.2	0.03	99.95
178.1	1748.5	2.2	29.7	0.6	97.8	0.02	99.97
163.8	1901.6	2.2	31.9	0.5	98.3	0.01	99.98
150.6	2068.1	2.3	34.2	0.4	98.7	0.01	99.99

Size Dist. Table Page No. : 1 / 2

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)Int.	f(%)Vol	f(cum.%)Vol	f(%)No.	f(cum.%)No.
138.4	2249.2	2.3	36.5	0.3	99.0	0.00	99.99
127.3	2446.2	2.3	38.8	0.2	99.2	0.00	100.00
117.1	2660.4	2.3	41.1	0.2	99.4	0.00	100.00
107.6	2893.4	2.4	43.5	0.1	99.5	0.00	100.00
99.0	3146.8	2.4	45.8	0.1	99.6	0.00	100.00
91.0	3422.4	2.4	48.2	0.1	99.7	0.00	100.00
83.7	3722.1	2.4	50.6	0.1	99.8	0.00	100.00
76.9	4048.0	2.4	53.0	0.1	99.8	0.00	100.00
70.7	4402.5	2.4	55.4	0.0	99.9	0.00	100.00
65.0	4788.0	2.4	57.8	0.0	99.9	0.00	100.00
59.8	5207.3	2.4	60.2	0.0	99.9	0.00	100.00
55.0	5663.4	2.4	62.5	0.0	99.9	0.00	100.00
50.6	6159.3	2.3	64.8	0.0	100.0	0.00	100.00
46.5	6698.7	2.3	67.2	0.0	100.0	0.00	100.00
42.7	7285.3	2.3	69.4	0.0	100.0	0.00	100.00
39.3	7923.3	2.2	71.7	0.0	100.0	0.00	100.00
36.1	8617.1	2.2	73.9	0.0	100.0	0.00	100.00
33.2	9371.7	2.2	76.1	0.0	100.0	0.00	100.00
30.6	10192.5	2.1	78.2	0.0	100.0	0.00	100.00
28.1	11085.0	2.1	80.2	0.0	100.0	0.00	100.00
25.8	12055.8	2.0	82.3	0.0	100.0	0.00	100.00
23.8	13111.5	2.0	84.2	0.0	100.0	0.00	100.00
21.8	14259.7	1.9	86.1	0.0	100.0	0.00	100.00
20.1	15508.4	1.8	87.9	0.0	100.0	0.00	100.00
18.5	16866.5	1.8	89.7	0.0	100.0	0.00	100.00
17.0	18343.6	1.7	91.4	0.0	100.0	0.00	100.00
15.6	19949.9	1.6	93.0	0.0	100.0	0.00	100.00
14.4	21697.0	1.6	94.6	0.0	100.0	0.00	100.00
13.2	23597.0	1.5	96.0	0.0	100.0	0.00	100.00
12.1	25663.4	1.4	97.4	0.0	100.0	0.00	100.00
11.2	27910.8	1.3	98.8	0.0	100.0	0.00	100.00
10.3	30355.0	1.2	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
9.4	33013.3	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
8.7	35904.3	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
8.0	39048.5	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
7.3	42468.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
6.7	46187.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
6.2	50231.7	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
5.7	54630.5	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
5.2	59414.6	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
4.8	64617.7	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
4.4	70276.3	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
4.1	76430.5	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
3.7	83123.7	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
3.4	90403.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
3.2	98319.7	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
2.9	106929.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
2.7	116293.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
2.5	126477.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
2.3	137553.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
2.1	149599.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
1.9	162700.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00

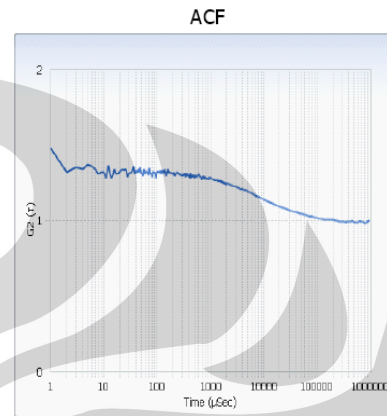
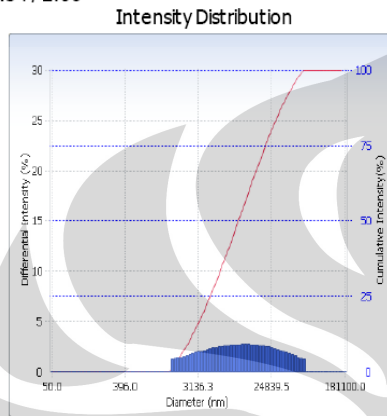
Size Dist. Table Page No. : 2 / 2

Lampiran 9

Data PSA sampel 10% karbon

Intensity Distribution		Common	
User	: Common	Group	: UI
Date	: 12/9/2009	Repetition	: 1/1
Time	: 16:27:41	File Name	: CARBON-10%
SOP Name	: UI_Titania&Carbon	Sample Information	: CARBON

Version 1.34 / 2.00



Distribution Results (Contin)

Peak	Diameter (nm)	Std. Dev.
1	15,524.1	14,450.0
2	0.0	0.0
3	0.0	0.0
4	0.0	0.0
5	0.0	0.0
Average	15,524.1	14,450.0
Residual :	1.583e-002	(O.K)

Cumulants Results

Diameter (d)	: 4838.4	(nm)
Polydispersity Index (P.I.)	: 1.081	
Diffusion Const. (D)	: 1.017e-009	(cm ² /sec)
Measurement Condition		
Temperature	: 25.0	(°C)
Diluent Name	: WATER	
Refractive Index	: 1.3328	
Viscosity	: 0.8878	(cP)
Scattering Intensity	: 5268	(cps)

Size Distribution Table

Common

User	: Common	Group	: UI	Repetition	: 1/1
Date	: 12/9/2009	File Name	: CARBON-10%		
Time	: 16:27:41	Sample Information	: CARBON		
SOP Name	: UI_Titania&Carbon				

Version 1.34 / 2.00

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)Int.	f(%)Vol	f(cum.%)Vol	f(%)No.	f(cum.%)No.
6228.1	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
5733.4	54.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
5277.9	59.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4858.6	64.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4472.6	69.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
4117.3	75.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3790.2	82.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3489.1	89.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
3211.9	97.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2956.8	105.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2721.9	114.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2505.6	124.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2306.6	135.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
2123.4	146.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1954.7	159.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1799.4	173.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1656.4	188.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1524.8	204.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1403.7	221.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1292.2	241.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1189.5	261.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1095.0	284.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
1008.0	308.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
928.0	335.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
854.2	364.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
786.4	396.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
723.9	430.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
666.4	467.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
613.5	507.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
564.7	551.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
519.9	599.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
478.6	650.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
440.5	706.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
405.5	767.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
373.3	834.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
343.7	906.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
316.4	984.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
291.2	1069.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
268.1	1161.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
246.8	1261.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
227.2	1370.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
209.1	1488.9	1.2	1.2	17.8	17.8	35.37	35.37
192.5	1617.4	1.3	2.5	14.8	32.6	22.99	58.36
177.2	1757.0	1.4	3.9	12.3	44.8	14.89	73.25
163.2	1908.6	1.5	5.4	10.2	55.0	9.62	82.87
150.2	2073.4	1.6	7.0	8.4	63.4	6.19	89.06
138.3	2252.3	1.7	8.7	6.9	70.3	3.97	93.03
127.3	2446.7	1.7	10.4	5.7	76.0	2.54	95.57

Size Dist. Table Page No. : 1 / 2

Γ (1/sec)	d(nm)	f(%)Int.	f(cum.%)int.	f(%)Vol	f(cum.%)Vol	f(%)No.	f(cum.%)No.
117.2	2657.8	1.8	12.2	4.6	80.6	1.62	97.20
107.9	2887.2	1.9	14.1	3.8	84.4	1.03	98.23
99.3	3136.3	2.0	16.1	3.1	87.4	0.66	98.88
91.4	3407.0	2.1	18.2	2.5	89.9	0.41	99.30
84.1	3701.0	2.1	20.4	2.0	92.0	0.26	99.56
77.5	4020.4	2.2	22.6	1.6	93.6	0.16	99.72
71.3	4367.3	2.3	24.9	1.3	94.9	0.10	99.83
65.6	4744.2	2.4	27.2	1.1	95.9	0.06	99.89
60.4	5153.6	2.4	29.7	0.8	96.8	0.04	99.93
55.6	5598.4	2.5	32.2	0.7	97.5	0.03	99.96
51.2	6081.5	2.5	34.7	0.5	98.0	0.02	99.97
47.1	6606.3	2.6	37.3	0.4	98.4	0.01	99.98
43.4	7176.4	2.6	39.9	0.3	98.8	0.01	99.99
39.9	7795.7	2.7	42.6	0.3	99.0	0.00	99.99
36.8	8468.5	2.7	45.3	0.2	99.3	0.00	100.00
33.9	9199.3	2.7	48.0	0.2	99.4	0.00	100.00
31.2	9993.2	2.7	50.8	0.1	99.5	0.00	100.00
28.7	10855.6	2.8	53.5	0.1	99.7	0.00	100.00
26.4	11792.4	2.8	56.3	0.1	99.7	0.00	100.00
24.3	12810.1	2.8	59.0	0.1	99.8	0.00	100.00
22.4	13915.6	2.7	61.8	0.0	99.8	0.00	100.00
20.6	15116.4	2.7	64.5	0.0	99.9	0.00	100.00
19.0	16421.0	2.7	67.2	0.0	99.9	0.00	100.00
17.5	17838.0	2.7	69.8	0.0	99.9	0.00	100.00
16.1	19377.4	2.6	72.5	0.0	99.9	0.00	100.00
14.8	21049.7	2.6	75.0	0.0	100.0	0.00	100.00
13.6	22866.2	2.5	77.5	0.0	100.0	0.00	100.00
12.5	24839.5	2.4	79.9	0.0	100.0	0.00	100.00
11.5	26983.1	2.3	82.3	0.0	100.0	0.00	100.00
10.6	29311.7	2.3	84.5	0.0	100.0	0.00	100.00
9.8	31841.2	2.2	86.7	0.0	100.0	0.00	100.00
9.0	34589.1	2.1	88.7	0.0	100.0	0.00	100.00
8.3	37574.1	2.0	90.7	0.0	100.0	0.00	100.00
7.6	40816.6	1.8	92.5	0.0	100.0	0.00	100.00
7.0	44339.0	1.7	94.3	0.0	100.0	0.00	100.00
6.5	48165.4	1.6	95.9	0.0	100.0	0.00	100.00
6.0	52321.9	1.5	97.4	0.0	100.0	0.00	100.00
5.5	56837.2	1.4	98.8	0.0	100.0	0.00	100.00
5.0	61742.2	1.2	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
4.6	67070.4	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
4.3	72858.4	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
3.9	79146.0	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
3.6	85976.1	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
3.3	93395.7	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
3.1	101455.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
2.8	110210.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
2.6	119721.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
2.4	130053.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
2.2	141277.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
2.0	153469.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
1.9	166713.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00
1.7	181100.	0.0	100.0	0.0	100.0	0.00	100.00

Size Dist. Table Page No. : 2 / 2

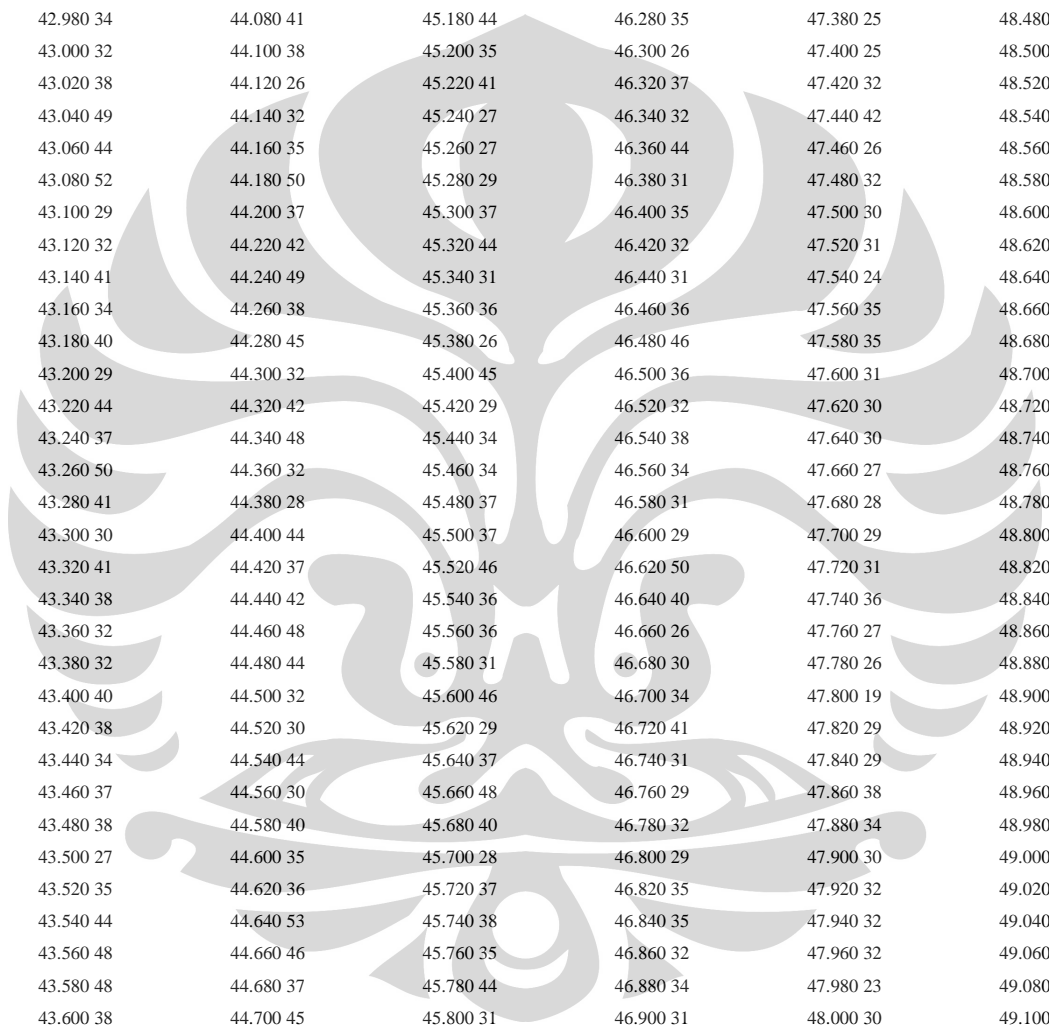
KARBON (Int - 20)	Lampiran 10					
	Data XRD sampel karbon					
	11.040 67	12.140 88	13.240 81			
	11.060 58	12.160 74	13.260 83			
	11.080 59	12.180 74	13.280 77			
10.000 64	11.100 71	12.200 100	13.300 79			
10.020 50	11.120 81	12.220 76	13.320 64			
10.040 76	11.140 67	12.240 83	13.340 86	14.340 81		15.340 79
10.060 61	11.160 61	12.260 81	13.360 77	14.360 90		15.360 85
10.080 56	11.180 72	12.280 77	13.380 85	14.380 79		15.380 88
10.100 53	11.200 85	12.300 69	13.400 72	14.400 86		15.400 81
10.120 50	11.220 76	12.320 77	13.420 77	14.420 77		15.420 96
10.140 55	11.240 55	12.340 76	13.440 79	14.440 81		15.440 79
10.160 56	11.260 72	12.360 71	13.460 85	14.460 83		15.460 90
10.180 50	11.280 74	12.380 62	13.480 74	14.480 79		15.480 92
10.200 53	11.300 71	12.400 72	13.500 79	14.500 83		15.500 81
10.220 66	11.320 72	12.420 83	13.520 94	14.520 79		15.520 94
10.240 59	11.340 69	12.440 72	13.540 90	14.540 88		15.540 81
10.260 53	11.360 67	12.460 79	13.560 86	14.560 96		15.560 85
10.280 62	11.380 71	12.480 74	13.580 86	14.580 94		15.580 96
10.300 61	11.400 62	12.500 66	13.600 94	14.600 77		15.600 79
10.320 61	11.420 74	12.520 64	13.620 74	14.620 85		15.620 85
10.340 50	11.440 74	12.540 71	13.640 79	14.640 77		15.640 94
10.360 61	11.460 72	12.560 69	13.660 62	14.660 86		15.660 90
10.380 58	11.480 67	12.580 71	13.680 88	14.680 86		15.680 88
10.400 62	11.500 79	12.600 85	13.700 72	14.700 92		15.700 88
10.420 72	11.520 79	12.620 79	13.720 79	14.720 74		15.720 106
10.440 59	11.540 61	12.640 76	13.740 92	14.740 92		15.740 86
10.460 45	11.560 77	12.660 74	13.760 88	14.760 83		15.760 77
10.480 62	11.580 67	12.680 67	13.780 79	14.780 90		15.780 92
10.500 74	11.600 85	12.700 66	13.800 76	14.800 94		15.800 110
10.520 55	11.620 71	12.720 88	13.820 85	14.820 83		15.820 104
10.540 61	11.640 62	12.740 58	13.840 92	14.840 83		15.840 85
10.560 62	11.660 90	12.760 74	13.860 72	14.860 86		15.860 85
10.580 50	11.680 53	12.780 83	13.880 77	14.880 85		15.880 79
10.600 59	11.700 77	12.800 79	13.900 76	14.900 96		15.900 76
10.620 64	11.720 58	12.820 79	13.920 96	14.920 90		15.920 85
10.640 76	11.740 59	12.840 62	13.940 85	14.940 72		15.940 102
10.660 77	11.760 72	12.860 74	13.960 85	14.960 79		15.960 100
10.680 66	11.780 66	12.880 92	13.980 74	14.980 88		15.980 94
10.700 69	11.800 81	12.900 79	14.000 77	15.000 100		16.000 79
10.720 71	11.820 61	12.920 69	14.020 76	15.020 83		16.020 92
10.740 66	11.840 72	12.940 79	14.040 77	15.040 96		16.040 92
10.760 62	11.860 83	12.960 59	14.060 96	15.060 96		16.060 90
10.780 56	11.880 64	12.980 76	14.080 79	15.080 100		16.080 67
10.800 56	11.900 64	13.000 79	14.100 79	15.100 100		16.100 114
10.820 90	11.920 76	13.020 79	14.120 85	15.120 94		16.120 85
10.840 67	11.940 79	13.040 79	14.140 81	15.140 85		16.140 90
10.860 67	11.960 81	13.060 66	14.160 76	15.160 110		16.160 79
10.880 74	11.980 81	13.080 79	14.180 83	15.180 86		16.180 102
10.900 66	12.000 71	13.100 76	14.200 81	15.200 85		16.200 98
10.920 59	12.020 72	13.120 90	14.220 92	15.220 96		16.220 94
10.940 72	12.040 79	13.140 71	14.240 85	15.240 88		16.240 94
10.960 69	12.060 77	13.160 85	14.260 77	15.260 88		16.260 98
10.980 86	12.080 66	13.180 67	14.280 90	15.280 83		16.280 71
11.000 67	12.100 72	13.200 79	14.300 76	15.300 112		16.300 85
11.020 67	12.120 69	13.220 69	14.320 96	15.320 121		16.320 96

16.340 94	17.440 92	18.540 92	19.640 85	20.740 108	21.840 102
16.360 88	17.460 98	18.560 96	19.660 98	20.760 102	21.860 117
16.380 88	17.480 90	18.580 100	19.680 104	20.780 114	21.880 135
16.400 90	17.500 106	18.600 94	19.700 94	20.800 104	21.900 125
16.420 86	17.520 92	18.620 90	19.720 123	20.820 121	21.920 90
16.440 104	17.540 102	18.640 112	19.740 110	20.840 112	21.940 102
16.460 114	17.560 85	18.660 92	19.760 92	20.860 125	21.960 104
16.480 85	17.580 94	18.680 102	19.780 106	20.880 104	21.980 125
16.500 81	17.600 96	18.700 94	19.800 94	20.900 112	22.000 123
16.520 90	17.620 92	18.720 86	19.820 79	20.920 137	22.020 106
16.540 88	17.640 102	18.740 81	19.840 117	20.940 121	22.040 102
16.560 85	17.660 85	18.760 102	19.860 96	20.960 123	22.060 117
16.580 94	17.680 94	18.780 104	19.880 71	20.980 135	22.080 100
16.600 92	17.700 110	18.800 88	19.900 100	21.000 121	22.100 110
16.620 98	17.720 102	18.820 108	19.920 94	21.020 132	22.120 121
16.640 114	17.740 94	18.840 98	19.940 121	21.040 114	22.140 94
16.660 86	17.760 98	18.860 86	19.960 108	21.060 112	22.160 114
16.680 100	17.780 81	18.880 104	19.980 106	21.080 106	22.180 106
16.700 96	17.800 119	18.900 110	20.000 92	21.100 100	22.200 102
16.720 90	17.820 92	18.920 94	20.020 96	21.120 98	22.220 130
16.740 86	17.840 108	18.940 102	20.040 94	21.140 121	22.240 106
16.760 96	17.860 92	18.960 88	20.060 112	21.160 90	22.260 98
16.780 85	17.880 90	18.980 100	20.080 100	21.180 123	22.280 94
16.800 100	17.900 96	19.000 114	20.100 104	21.200 102	22.300 94
16.820 86	17.920 104	19.020 108	20.120 112	21.220 106	22.320 100
16.840 88	17.940 88	19.040 102	20.140 88	21.240 100	22.340 88
16.860 90	17.960 92	19.060 92	20.160 100	21.260 106	22.360 96
16.880 114	17.980 90	19.080 117	20.180 106	21.280 117	22.380 114
16.900 88	18.000 104	19.100 85	20.200 98	21.300 92	22.400 98
16.920 100	18.020 72	19.120 90	20.220 104	21.320 121	22.420 114
16.940 85	18.040 86	19.140 100	20.240 100	21.340 106	22.440 114
16.960 92	18.060 96	19.160 85	20.260 121	21.360 123	22.460 104
16.980 106	18.080 98	19.180 100	20.280 106	21.380 100	22.480 114
17.000 106	18.100 85	19.200 88	20.300 110	21.400 110	22.500 114
17.020 88	18.120 104	19.220 100	20.320 108	21.420 110	22.520 117
17.040 96	18.140 106	19.240 85	20.340 98	21.440 98	22.540 112
17.060 100	18.160 104	19.260 90	20.360 98	21.460 96	22.560 94
17.080 100	18.180 96	19.280 88	20.380 96	21.480 106	22.580 104
17.100 83	18.200 79	19.300 90	20.400 110	21.500 106	22.600 119
17.120 117	18.220 86	19.320 112	20.420 123	21.520 86	22.620 108
17.140 100	18.240 106	19.340 86	20.440 125	21.540 125	22.640 104
17.160 98	18.260 92	19.360 108	20.460 123	21.560 88	22.660 102
17.180 106	18.280 90	19.380 90	20.480 114	21.580 114	22.680 108
17.200 92	18.300 96	19.400 117	20.500 132	21.600 83	22.700 108
17.220 72	18.320 88	19.420 92	20.520 104	21.620 106	22.720 90
17.240 90	18.340 94	19.440 100	20.540 117	21.640 110	22.740 104
17.260 98	18.360 92	19.460 102	20.560 108	21.660 108	22.760 106
17.280 92	18.380 106	19.480 86	20.580 114	21.680 108	22.780 123
17.300 77	18.400 94	19.500 104	20.600 94	21.700 125	22.800 96
17.320 102	18.420 110	19.520 114	20.620 86	21.720 110	22.820 104
17.340 112	18.440 88	19.540 94	20.640 98	21.740 106	22.840 108
17.360 96	18.460 117	19.560 92	20.660 96	21.760 106	22.860 106
17.380 96	18.480 121	19.580 110	20.680 106	21.780 125	22.880 100
17.400 104	18.500 77	19.600 98	20.700 92	21.800 117	22.900 108
17.420 85	18.520 88	19.620 125	20.720 86	21.820 102	22.920 112

22.940 139	24.040 117	25.140 102	26.240 88	27.340 90	28.440 56
22.960 108	24.060 112	25.160 90	26.260 98	27.360 67	28.460 71
22.980 102	24.080 90	25.180 94	26.280 106	27.380 72	28.480 81
23.000 114	24.100 108	25.200 100	26.300 88	27.400 88	28.500 49
23.020 114	24.120 106	25.220 112	26.320 117	27.420 81	28.520 64
23.040 90	24.140 114	25.240 108	26.340 76	27.440 72	28.540 67
23.060 112	24.160 94	25.260 112	26.360 94	27.460 72	28.560 59
23.080 108	24.180 100	25.280 106	26.380 98	27.480 83	28.580 62
23.100 100	24.200 108	25.300 96	26.400 110	27.500 79	28.600 44
23.120 121	24.220 100	25.320 123	26.420 100	27.520 66	28.620 66
23.140 102	24.240 102	25.340 88	26.440 119	27.540 85	28.640 58
23.160 114	24.260 102	25.360 90	26.460 98	27.560 55	28.660 74
23.180 110	24.280 102	25.380 100	26.480 108	27.580 86	28.680 48
23.200 112	24.300 98	25.400 98	26.500 117	27.600 76	28.700 58
23.220 102	24.320 123	25.420 110	26.520 110	27.620 56	28.720 59
23.240 112	24.340 112	25.440 121	26.540 96	27.640 67	28.740 72
23.260 100	24.360 102	25.460 90	26.560 146	27.660 90	28.760 61
23.280 117	24.380 104	25.480 100	26.580 137	27.680 86	28.780 66
23.300 123	24.400 119	25.500 100	26.600 146	27.700 72	28.800 59
23.320 104	24.420 106	25.520 83	26.620 193	27.720 67	28.820 67
23.340 121	24.440 94	25.540 102	26.640 159	27.740 77	28.840 48
23.360 94	24.460 117	25.560 106	26.660 188	27.760 85	28.860 55
23.380 119	24.480 98	25.580 90	26.680 213	27.780 81	28.880 71
23.400 108	24.500 104	25.600 106	26.700 196	27.800 79	28.900 58
23.420 108	24.520 102	25.620 96	26.720 199	27.820 71	28.920 58
23.440 112	24.540 104	25.640 81	26.740 199	27.840 83	28.940 41
23.460 121	24.560 100	25.660 83	26.760 190	27.860 69	28.960 62
23.480 108	24.580 125	25.680 98	26.780 164	27.880 64	28.980 66
23.500 114	24.600 94	25.700 88	26.800 180	27.900 61	29.000 64
23.520 119	24.620 102	25.720 104	26.820 142	27.920 83	29.020 56
23.540 117	24.640 98	25.740 96	26.840 125	27.940 61	29.040 53
23.560 100	24.660 98	25.760 94	26.860 125	27.960 59	29.060 64
23.580 96	24.680 112	25.780 86	26.880 119	27.980 77	29.080 55
23.600 112	24.700 96	25.800 100	26.900 98	28.000 59	29.100 62
23.620 123	24.720 92	25.820 106	26.920 92	28.020 85	29.120 52
23.640 102	24.740 104	25.840 98	26.940 94	28.040 79	29.140 59
23.660 119	24.760 114	25.860 92	26.960 94	28.060 58	29.160 61
23.680 137	24.780 106	25.880 96	26.980 88	28.080 76	29.180 66
23.700 96	24.800 94	25.900 83	27.000 67	28.100 64	29.200 55
23.720 112	24.820 114	25.920 85	27.020 83	28.120 72	29.220 67
23.740 123	24.840 79	25.940 96	27.040 76	28.140 72	29.240 38
23.760 114	24.860 94	25.960 86	27.060 72	28.160 71	29.260 62
23.780 100	24.880 106	25.980 94	27.080 88	28.180 72	29.280 59
23.800 112	24.900 117	26.000 117	27.100 81	28.200 59	29.300 50
23.820 94	24.920 102	26.020 92	27.120 74	28.220 66	29.320 67
23.840 106	24.940 98	26.040 88	27.140 90	28.240 59	29.340 69
23.860 104	24.960 110	26.060 88	27.160 83	28.260 66	29.360 56
23.880 114	24.980 96	26.080 90	27.180 79	28.280 81	29.380 67
23.900 112	25.000 104	26.100 85	27.200 106	28.300 72	29.400 69
23.920 112	25.020 106	26.120 86	27.220 77	28.320 59	29.420 76
23.940 137	25.040 102	26.140 98	27.240 85	28.340 67	29.440 83
23.960 94	25.060 104	26.160 106	27.260 81	28.360 69	29.460 56
23.980 100	25.080 94	26.180 94	27.280 71	28.380 76	29.480 67
24.000 119	25.100 108	26.200 104	27.300 76	28.400 64	29.500 77
24.020 119	25.120 100	26.220 94	27.320 67	28.420 81	29.520 64

29.540 49	30.640 49	31.740 48	32.840 37	33.940 38	35.040 42
29.560 61	30.660 52	31.760 25	32.860 35	33.960 32	35.060 26
29.580 72	30.680 42	31.780 42	32.880 37	33.980 28	35.080 38
29.600 62	30.700 53	31.800 50	32.900 41	34.000 38	35.100 32
29.620 56	30.720 41	31.820 30	32.920 31	34.020 45	35.120 27
29.640 50	30.740 48	31.840 44	32.940 41	34.040 45	35.140 46
29.660 64	30.760 34	31.860 36	32.960 23	34.060 37	35.160 28
29.680 48	30.780 41	31.880 44	32.980 42	34.080 31	35.180 37
29.700 53	30.800 34	31.900 44	33.000 46	34.100 44	35.200 50
29.720 55	30.820 67	31.920 45	33.020 50	34.120 41	35.220 28
29.740 64	30.840 55	31.940 30	33.040 32	34.140 32	35.240 37
29.760 49	30.860 48	31.960 48	33.060 48	34.160 34	35.260 35
29.780 49	30.880 38	31.980 21	33.080 30	34.180 35	35.280 38
29.800 48	30.900 49	32.000 44	33.100 49	34.200 44	35.300 40
29.820 48	30.920 50	32.020 48	33.120 44	34.220 30	35.320 32
29.840 50	30.940 50	32.040 56	33.140 34	34.240 32	35.340 34
29.860 52	30.960 49	32.060 48	33.160 37	34.260 31	35.360 41
29.880 50	30.980 34	32.080 48	33.180 30	34.280 26	35.380 42
29.900 42	31.000 59	32.100 38	33.200 32	34.300 31	35.400 36
29.920 41	31.020 58	32.120 42	33.220 41	34.320 28	35.420 35
29.940 50	31.040 48	32.140 50	33.240 32	34.340 40	35.440 41
29.960 45	31.060 38	32.160 41	33.260 44	34.360 30	35.460 26
29.980 58	31.080 58	32.180 31	33.280 48	34.380 32	35.480 40
30.000 66	31.100 40	32.200 32	33.300 36	34.400 26	35.500 27
30.020 52	31.120 34	32.220 48	33.320 31	34.420 38	35.520 32
30.040 48	31.140 45	32.240 41	33.340 34	34.440 32	35.540 40
30.060 53	31.160 46	32.260 48	33.360 45	34.460 30	35.560 42
30.080 40	31.180 36	32.280 44	33.380 30	34.480 31	35.580 49
30.100 67	31.200 44	32.300 48	33.400 41	34.500 36	35.600 22
30.120 42	31.220 44	32.320 32	33.420 37	34.520 37	35.620 34
30.140 50	31.240 46	32.340 44	33.440 37	34.540 38	35.640 34
30.160 48	31.260 53	32.360 38	33.460 30	34.560 34	35.660 30
30.180 50	31.280 56	32.380 37	33.480 32	34.580 44	35.680 44
30.200 48	31.300 56	32.400 46	33.500 46	34.600 37	35.700 38
30.220 45	31.320 44	32.420 38	33.520 44	34.620 41	35.720 38
30.240 53	31.340 38	32.440 45	33.540 37	34.640 36	35.740 28
30.260 45	31.360 44	32.460 32	33.560 38	34.660 32	35.760 35
30.280 48	31.380 50	32.480 31	33.580 38	34.680 42	35.780 32
30.300 40	31.400 45	32.500 38	33.600 35	34.700 31	35.800 46
30.320 42	31.420 42	32.520 23	33.620 35	34.720 36	35.820 34
30.340 53	31.440 48	32.540 44	33.640 37	34.740 28	35.840 36
30.360 36	31.460 38	32.560 36	33.660 26	34.760 38	35.860 35
30.380 52	31.480 37	32.580 36	33.680 36	34.780 30	35.880 42
30.400 50	31.500 32	32.600 40	33.700 34	34.800 36	35.900 34
30.420 53	31.520 46	32.620 40	33.720 38	34.820 32	35.920 49
30.440 62	31.540 46	32.640 41	33.740 36	34.840 24	35.940 38
30.460 36	31.560 42	32.660 40	33.760 36	34.860 44	35.960 37
30.480 55	31.580 38	32.680 35	33.780 35	34.880 40	35.980 37
30.500 32	31.600 46	32.700 48	33.800 25	34.900 44	36.000 26
30.520 49	31.620 44	32.720 36	33.820 37	34.920 30	36.020 35
30.540 52	31.640 38	32.740 46	33.840 32	34.940 30	36.040 41
30.560 48	31.660 37	32.760 27	33.860 36	34.960 41	36.060 44
30.580 45	31.680 48	32.780 46	33.880 38	34.980 37	36.080 36
30.600 35	31.700 48	32.800 40	33.900 44	35.000 35	36.100 36
30.620 34	31.720 66	32.820 29	33.920 32	35.020 35	36.120 42

36.140 32	37.240 30	38.340 44	39.440 32	40.540 32	41.640 38
36.160 50	37.260 29	38.360 31	39.460 42	40.560 32	41.660 38
36.180 28	37.280 32	38.380 34	39.480 32	40.580 26	41.680 22
36.200 32	37.300 35	38.400 38	39.500 41	40.600 52	41.700 34
36.220 34	37.320 30	38.420 44	39.520 42	40.620 38	41.720 35
36.240 44	37.340 32	38.440 34	39.540 35	40.640 42	41.740 38
36.260 35	37.360 35	38.460 38	39.560 38	40.660 22	41.760 49
36.280 36	37.380 27	38.480 40	39.580 40	40.680 32	41.780 36
36.300 25	37.400 32	38.500 37	39.600 29	40.700 34	41.800 32
36.320 34	37.420 40	38.520 31	39.620 41	40.720 50	41.820 38
36.340 32	37.440 32	38.540 38	39.640 53	40.740 41	41.840 38
36.360 46	37.460 29	38.560 36	39.660 38	40.760 32	41.860 27
36.380 46	37.480 38	38.580 32	39.680 38	40.780 38	41.880 38
36.400 34	37.500 32	38.600 27	39.700 27	40.800 37	41.900 32
36.420 40	37.520 42	38.620 38	39.720 31	40.820 37	41.920 30
36.440 27	37.540 28	38.640 24	39.740 37	40.840 35	41.940 48
36.460 38	37.560 38	38.660 36	39.760 38	40.860 38	41.960 41
36.480 48	37.580 38	38.680 38	39.780 32	40.880 35	41.980 36
36.500 38	37.600 46	38.700 32	39.800 35	40.900 41	42.000 48
36.520 37	37.620 35	38.720 28	39.820 37	40.920 30	42.020 41
36.540 38	37.640 44	38.740 21	39.840 32	40.940 36	42.040 29
36.560 35	37.660 32	38.760 27	39.860 38	40.960 32	42.060 52
36.580 45	37.680 41	38.780 34	39.880 44	40.980 35	42.080 38
36.600 50	37.700 30	38.800 31	39.900 44	41.000 44	42.100 46
36.620 34	37.720 38	38.820 36	39.920 31	41.020 32	42.120 49
36.640 34	37.740 34	38.840 38	39.940 29	41.040 30	42.140 32
36.660 38	37.760 32	38.860 38	39.960 41	41.060 36	42.160 44
36.680 31	37.780 36	38.880 37	39.980 35	41.080 34	42.180 53
36.700 36	37.800 31	38.900 26	40.000 32	41.100 44	42.200 36
36.720 48	37.820 38	38.920 32	40.020 30	41.120 35	42.220 44
36.740 31	37.840 29	38.940 41	40.040 49	41.140 32	42.240 42
36.760 40	37.860 27	38.960 38	40.060 41	41.160 37	42.260 49
36.780 25	37.880 32	38.980 30	40.080 32	41.180 30	42.280 44
36.800 45	37.900 37	39.000 38	40.100 37	41.200 32	42.300 41
36.820 27	37.920 31	39.020 42	40.120 28	41.220 32	42.320 32
36.840 38	37.940 34	39.040 36	40.140 31	41.240 26	42.340 44
36.860 31	37.960 38	39.060 30	40.160 44	41.260 49	42.360 34
36.880 37	37.980 53	39.080 35	40.180 32	41.280 42	42.380 34
36.900 25	38.000 37	39.100 48	40.200 45	41.300 37	42.400 32
36.920 30	38.020 32	39.120 23	40.220 42	41.320 32	42.420 53
36.940 38	38.040 34	39.140 27	40.240 40	41.340 28	42.440 58
36.960 31	38.060 31	39.160 32	40.260 37	41.360 50	42.460 37
36.980 35	38.080 32	39.180 28	40.280 41	41.380 31	42.480 40
37.000 42	38.100 35	39.200 32	40.300 38	41.400 35	42.500 38
37.020 37	38.120 27	39.220 32	40.320 48	41.420 34	42.520 41
37.040 30	38.140 26	39.240 36	40.340 56	41.440 31	42.540 56
37.060 26	38.160 32	39.260 48	40.360 28	41.460 41	42.560 37
37.080 35	38.180 35	39.280 42	40.380 46	41.480 37	42.580 53
37.100 36	38.200 36	39.300 34	40.400 35	41.500 38	42.600 42
37.120 42	38.220 28	39.320 32	40.420 40	41.520 41	42.620 53
37.140 30	38.240 31	39.340 34	40.440 34	41.540 44	42.640 46
37.160 31	38.260 36	39.360 35	40.460 48	41.560 48	42.660 38
37.180 40	38.280 38	39.380 36	40.480 38	41.580 48	42.680 38
37.200 37	38.300 34	39.400 37	40.500 29	41.600 34	42.700 42
37.220 24	38.320 38	39.420 34	40.520 42	41.620 36	42.720 30



42.740 45	43.840 35	44.940 30	46.040 32	47.140 48	48.240 22
42.760 35	43.860 37	44.960 42	46.060 44	47.160 27	48.260 25
42.780 42	43.880 34	44.980 38	46.080 38	47.180 25	48.280 28
42.800 32	43.900 31	45.000 38	46.100 38	47.200 38	48.300 31
42.820 48	43.920 32	45.020 40	46.120 38	47.220 35	48.320 41
42.840 48	43.940 48	45.040 46	46.140 37	47.240 32	48.340 22
42.860 35	43.960 48	45.060 34	46.160 36	47.260 35	48.360 35
42.880 31	43.980 37	45.080 20	46.180 55	47.280 27	48.380 31
42.900 36	44.000 41	45.100 37	46.200 38	47.300 31	48.400 34
42.920 38	44.020 41	45.120 49	46.220 34	47.320 38	48.420 25
42.940 46	44.040 38	45.140 36	46.240 35	47.340 37	48.440 28
42.960 48	44.060 37	45.160 30	46.260 25	47.360 30	48.460 32
42.980 34	44.080 41	45.180 44	46.280 35	47.380 25	48.480 30
43.000 32	44.100 38	45.200 35	46.300 26	47.400 25	48.500 26
43.020 38	44.120 26	45.220 41	46.320 37	47.420 32	48.520 24
43.040 49	44.140 32	45.240 27	46.340 32	47.440 42	48.540 31
43.060 44	44.160 35	45.260 27	46.360 44	47.460 26	48.560 31
43.080 52	44.180 50	45.280 29	46.380 31	47.480 32	48.580 17
43.100 29	44.200 37	45.300 37	46.400 35	47.500 30	48.600 35
43.120 32	44.220 42	45.320 44	46.420 32	47.520 31	48.620 27
43.140 41	44.240 49	45.340 31	46.440 31	47.540 24	48.640 27
43.160 34	44.260 38	45.360 36	46.460 36	47.560 35	48.660 26
43.180 40	44.280 45	45.380 26	46.480 46	47.580 35	48.680 25
43.200 29	44.300 32	45.400 45	46.500 36	47.600 31	48.700 27
43.220 44	44.320 42	45.420 29	46.520 32	47.620 30	48.720 37
43.240 37	44.340 48	45.440 34	46.540 38	47.640 30	48.740 40
43.260 50	44.360 32	45.460 34	46.560 34	47.660 27	48.760 30
43.280 41	44.380 28	45.480 37	46.580 31	47.680 28	48.780 32
43.300 30	44.400 44	45.500 37	46.600 29	47.700 29	48.800 30
43.320 41	44.420 37	45.520 46	46.620 50	47.720 31	48.820 36
43.340 38	44.440 42	45.540 36	46.640 40	47.740 36	48.840 35
43.360 32	44.460 48	45.560 36	46.660 26	47.760 27	48.860 25
43.380 32	44.480 44	45.580 31	46.680 30	47.780 26	48.880 29
43.400 40	44.500 32	45.600 46	46.700 34	47.800 19	48.900 29
43.420 38	44.520 30	45.620 29	46.720 41	47.820 29	48.920 29
43.440 34	44.540 44	45.640 37	46.740 31	47.840 29	48.940 26
43.460 37	44.560 30	45.660 48	46.760 29	47.860 38	48.960 41
43.480 38	44.580 40	45.680 40	46.780 32	47.880 34	48.980 35
43.500 27	44.600 35	45.700 28	46.800 29	47.900 30	49.000 30
43.520 35	44.620 36	45.720 37	46.820 35	47.920 32	49.020 25
43.540 44	44.640 53	45.740 38	46.840 35	47.940 32	49.040 28
43.560 48	44.660 46	45.760 35	46.860 32	47.960 32	49.060 30
43.580 48	44.680 37	45.780 44	46.880 34	47.980 23	49.080 29
43.600 38	44.700 45	45.800 31	46.900 31	48.000 30	49.100 22
43.620 29	44.720 42	45.820 45	46.920 29	48.020 29	49.120 19
43.640 35	44.740 35	45.840 29	46.940 38	48.040 35	49.140 28
43.660 40	44.760 34	45.860 44	46.960 29	48.060 28	49.160 25
43.680 32	44.780 50	45.880 45	46.980 36	48.080 27	49.180 30
43.700 34	44.800 36	45.900 32	47.000 36	48.100 31	49.200 32
43.720 38	44.820 48	45.920 44	47.020 48	48.120 27	49.220 30
43.740 40	44.840 38	45.940 34	47.040 30	48.140 37	49.240 34
43.760 32	44.860 30	45.960 31	47.060 25	48.160 32	49.260 30
43.780 37	44.880 44	45.980 41	47.080 34	48.180 30	49.280 35
43.800 45	44.900 40	46.000 32	47.100 30	48.200 37	49.300 24
43.820 52	44.920 41	46.020 35	47.120 30	48.220 22	49.320 32

49.340 38	50.440 25	51.540 29	52.640 36	53.740 22	54.840 16
49.360 36	50.460 32	51.560 25	52.660 25	53.760 23	54.860 24
49.380 21	50.480 25	51.580 21	52.680 24	53.780 15	54.880 28
49.400 27	50.500 31	51.600 19	52.700 24	53.800 19	54.900 21
49.420 25	50.520 30	51.620 25	52.720 22	53.820 23	54.920 29
49.440 29	50.540 26	51.640 20	52.740 28	53.840 14	54.940 21
49.460 38	50.560 28	51.660 15	52.760 24	53.860 24	54.960 29
49.480 23	50.580 22	51.680 20	52.780 26	53.880 21	54.980 25
49.500 27	50.600 17	51.700 17	52.800 24	53.900 23	55.000 21
49.520 36	50.620 28	51.720 25	52.820 32	53.920 35	55.020 21
49.540 17	50.640 16	51.740 26	52.840 21	53.940 22	55.040 23
49.560 24	50.660 24	51.760 24	52.860 27	53.960 24	55.060 19
49.580 32	50.680 24	51.780 32	52.880 26	53.980 22	55.080 15
49.600 29	50.700 31	51.800 25	52.900 29	54.000 21	55.100 26
49.620 28	50.720 25	51.820 17	52.920 21	54.020 27	55.120 27
49.640 24	50.740 22	51.840 12	52.940 27	54.040 25	55.140 20
49.660 25	50.760 27	51.860 22	52.960 21	54.060 27	55.160 21
49.680 31	50.780 34	51.880 18	52.980 21	54.080 19	55.180 28
49.700 26	50.800 24	51.900 25	53.000 24	54.100 30	55.200 22
49.720 28	50.820 36	51.920 26	53.020 20	54.120 22	55.220 29
49.740 30	50.840 31	51.940 29	53.040 27	54.140 22	55.240 23
49.760 35	50.860 28	51.960 26	53.060 34	54.160 31	55.260 26
49.780 30	50.880 32	51.980 19	53.080 29	54.180 25	55.280 18
49.800 38	50.900 42	52.000 23	53.100 17	54.200 21	55.300 22
49.820 26	50.920 32	52.020 17	53.120 24	54.220 25	55.320 23
49.840 34	50.940 27	52.040 21	53.140 16	54.240 32	55.340 28
49.860 32	50.960 32	52.060 20	53.160 27	54.260 21	55.360 31
49.880 24	50.980 24	52.080 19	53.180 23	54.280 31	55.380 26
49.900 44	51.000 27	52.100 24	53.200 19	54.300 25	55.400 26
49.920 25	51.020 26	52.120 28	53.220 17	54.320 19	55.420 30
49.940 32	51.040 21	52.140 22	53.240 20	54.340 26	55.440 18
49.960 25	51.060 27	52.160 27	53.260 23	54.360 28	55.460 20
49.980 31	51.080 26	52.180 18	53.280 25	54.380 19	55.480 16
50.000 29	51.100 22	52.200 25	53.300 32	54.400 26	55.500 23
50.020 34	51.120 26	52.220 25	53.320 19	54.420 26	55.520 25
50.040 34	51.140 19	52.240 26	53.340 23	54.440 26	55.540 19
50.060 26	51.160 22	52.260 22	53.360 19	54.460 31	55.560 21
50.080 31	51.180 27	52.280 34	53.380 32	54.480 18	55.580 29
50.100 28	51.200 24	52.300 32	53.400 27	54.500 25	55.600 24
50.120 25	51.220 30	52.320 17	53.420 18	54.520 26	55.620 23
50.140 32	51.240 26	52.340 15	53.440 20	54.540 25	55.640 23
50.160 41	51.260 29	52.360 19	53.460 27	54.560 27	55.660 22
50.180 32	51.280 25	52.380 25	53.480 18	54.580 24	55.680 30
50.200 32	51.300 22	52.400 21	53.500 18	54.600 38	55.700 20
50.220 24	51.320 27	52.420 29	53.520 26	54.620 22	55.720 25
50.240 38	51.340 38	52.440 22	53.540 28	54.640 27	55.740 29
50.260 31	51.360 21	52.460 20	53.560 26	54.660 22	55.760 25
50.280 26	51.380 19	52.480 27	53.580 18	54.680 28	55.780 15
50.300 34	51.400 26	52.500 26	53.600 27	54.700 26	55.800 27
50.320 27	51.420 15	52.520 18	53.620 22	54.720 22	55.820 21
50.340 31	51.440 25	52.540 36	53.640 26	54.740 16	55.840 26
50.360 35	51.460 13	52.560 23	53.660 24	54.760 35	55.860 15
50.380 20	51.480 32	52.580 21	53.680 16	54.780 30	55.880 27
50.400 31	51.500 29	52.600 19	53.700 29	54.800 16	55.900 19
50.420 23	51.520 32	52.620 16	53.720 26	54.820 25	55.920 26

55.940 18	57.040 24	58.140 21	59.240 16	60.340 19	61.440 26
55.960 31	57.060 23	58.160 17	59.260 14	60.360 20	61.460 20
55.980 28	57.080 11	58.180 31	59.280 32	60.380 11	61.480 17
56.000 22	57.100 25	58.200 23	59.300 16	60.400 17	61.500 15
56.020 19	57.120 18	58.220 21	59.320 22	60.420 21	61.520 24
56.040 19	57.140 17	58.240 18	59.340 22	60.440 26	61.540 25
56.060 24	57.160 21	58.260 22	59.360 18	60.460 15	61.560 25
56.080 14	57.180 29	58.280 30	59.380 19	60.480 18	61.580 16
56.100 28	57.200 17	58.300 30	59.400 19	60.500 17	61.600 29
56.120 23	57.220 20	58.320 20	59.420 18	60.520 21	61.620 19
56.140 31	57.240 24	58.340 23	59.440 21	60.540 28	61.640 30
56.160 20	57.260 18	58.360 16	59.460 26	60.560 24	61.660 19
56.180 22	57.280 16	58.380 14	59.480 25	60.580 22	61.680 17
56.200 28	57.300 25	58.400 16	59.500 17	60.600 32	61.700 25
56.220 30	57.320 25	58.420 20	59.520 27	60.620 22	61.720 22
56.240 22	57.340 21	58.440 27	59.540 25	60.640 23	61.740 21
56.260 18	57.360 25	58.460 26	59.560 15	60.660 28	61.760 18
56.280 25	57.380 14	58.480 26	59.580 19	60.680 25	61.780 19
56.300 27	57.400 24	58.500 27	59.600 23	60.700 21	61.800 19
56.320 23	57.420 24	58.520 22	59.620 19	60.720 18	61.820 22
56.340 28	57.440 22	58.540 27	59.640 21	60.740 21	61.840 26
56.360 24	57.460 15	58.560 23	59.660 17	60.760 23	61.860 20
56.380 19	57.480 29	58.580 25	59.680 20	60.780 15	61.880 17
56.400 24	57.500 29	58.600 20	59.700 27	60.800 18	61.900 17
56.420 14	57.520 12	58.620 25	59.720 21	60.820 24	61.920 30
56.440 13	57.540 22	58.640 24	59.740 29	60.840 18	61.940 29
56.460 15	57.560 21	58.660 21	59.760 26	60.860 22	61.960 16
56.480 21	57.580 19	58.680 15	59.780 20	60.880 21	61.980 24
56.500 30	57.600 26	58.700 15	59.800 21	60.900 24	62.000 13
56.520 24	57.620 26	58.720 15	59.820 31	60.920 20	62.020 19
56.540 14	57.640 31	58.740 23	59.840 22	60.940 26	62.040 17
56.560 28	57.660 24	58.760 16	59.860 25	60.960 23	62.060 13
56.580 12	57.680 16	58.780 29	59.880 19	60.980 21	62.080 20
56.600 21	57.700 24	58.800 27	59.900 23	61.000 18	62.100 12
56.620 21	57.720 14	58.820 16	59.920 20	61.020 21	62.120 23
56.640 26	57.740 20	58.840 24	59.940 28	61.040 24	62.140 20
56.660 17	57.760 22	58.860 24	59.960 26	61.060 26	62.160 21
56.680 19	57.780 18	58.880 20	59.980 25	61.080 24	62.180 20
56.700 18	57.800 22	58.900 24	60.000 32	61.100 20	62.200 20
56.720 22	57.820 15	58.920 14	60.020 21	61.120 27	62.220 18
56.740 23	57.840 20	58.940 12	60.040 22	61.140 28	62.240 27
56.760 20	57.860 27	58.960 16	60.060 19	61.160 25	62.260 27
56.780 25	57.880 17	58.980 16	60.080 18	61.180 12	62.280 20
56.800 22	57.900 21	59.000 19	60.100 11	61.200 26	62.300 23
56.820 19	57.920 23	59.020 14	60.120 32	61.220 16	62.320 24
56.840 20	57.940 17	59.040 16	60.140 24	61.240 20	62.340 28
56.860 23	57.960 18	59.060 17	60.160 20	61.260 13	62.360 19
56.880 18	57.980 23	59.080 15	60.180 27	61.280 22	62.380 21
56.900 28	58.000 13	59.100 13	60.200 19	61.300 23	62.400 22
56.920 21	58.020 20	59.120 17	60.220 24	61.320 22	62.420 18
56.940 16	58.040 21	59.140 16	60.240 19	61.340 25	62.440 22
56.960 13	58.060 21	59.160 30	60.260 20	61.360 16	62.460 12
56.980 18	58.080 17	59.180 19	60.280 18	61.380 26	62.480 25
57.000 29	58.100 23	59.200 24	60.300 19	61.400 19	62.500 13
57.020 24	58.120 16	59.220 26	60.320 27	61.420 21	62.520 22

62.540 22	63.640 22	64.740 30	65.840 12	66.940 17	68.040 18
62.560 20	63.660 22	64.760 22	65.860 18	66.960 19	68.060 22
62.580 23	63.680 26	64.780 13	65.880 21	66.980 14	68.080 17
62.600 17	63.700 14	64.800 13	65.900 8	67.000 12	68.100 17
62.620 19	63.720 15	64.820 15	65.920 17	67.020 15	68.120 27
62.640 19	63.740 17	64.840 13	65.940 21	67.040 19	68.140 23
62.660 14	63.760 18	64.860 15	65.960 19	67.060 18	68.160 23
62.680 21	63.780 13	64.880 13	65.980 18	67.080 16	68.180 29
62.700 16	63.800 23	64.900 16	66.000 19	67.100 18	68.200 19
62.720 25	63.820 16	64.920 17	66.020 18	67.120 14	68.220 24
62.740 20	63.840 17	64.940 20	66.040 15	67.140 21	68.240 21
62.760 21	63.860 21	64.960 16	66.060 28	67.160 16	68.260 17
62.780 25	63.880 24	64.980 19	66.080 14	67.180 21	68.280 31
62.800 21	63.900 23	65.000 27	66.100 19	67.200 14	68.300 22
62.820 17	63.920 24	65.020 20	66.120 20	67.220 19	68.320 13
62.840 22	63.940 22	65.040 14	66.140 22	67.240 18	68.340 17
62.860 24	63.960 17	65.060 23	66.160 20	67.260 20	68.360 22
62.880 21	63.980 12	65.080 12	66.180 20	67.280 15	68.380 19
62.900 24	64.000 22	65.100 20	66.200 19	67.300 18	68.400 20
62.920 21	64.020 23	65.120 17	66.220 20	67.320 25	68.420 24
62.940 17	64.040 16	65.140 20	66.240 12	67.340 17	68.440 16
62.960 21	64.060 30	65.160 24	66.260 25	67.360 18	68.460 19
62.980 21	64.080 20	65.180 12	66.280 19	67.380 31	68.480 23
63.000 19	64.100 11	65.200 18	66.300 17	67.400 22	68.500 15
63.020 24	64.120 23	65.220 25	66.320 15	67.420 24	68.520 19
63.040 23	64.140 24	65.240 23	66.340 22	67.440 12	68.540 15
63.060 25	64.160 30	65.260 25	66.360 17	67.460 26	68.560 19
63.080 16	64.180 18	65.280 26	66.380 26	67.480 17	68.580 12
63.100 16	64.200 15	65.300 22	66.400 23	67.500 28	68.600 30
63.120 28	64.220 19	65.320 24	66.420 18	67.520 16	68.620 19
63.140 15	64.240 23	65.340 19	66.440 21	67.540 27	68.640 30
63.160 18	64.260 15	65.360 13	66.460 20	67.560 27	68.660 15
63.180 19	64.280 20	65.380 9	66.480 23	67.580 18	68.680 21
63.200 16	64.300 17	65.400 19	66.500 11	67.600 20	68.700 15
63.220 23	64.320 14	65.420 18	66.520 20	67.620 19	68.720 20
63.240 22	64.340 19	65.440 18	66.540 18	67.640 15	68.740 17
63.260 19	64.360 19	65.460 18	66.560 25	67.660 25	68.760 25
63.280 11	64.380 11	65.480 20	66.580 20	67.680 14	68.780 29
63.300 26	64.400 24	65.500 23	66.600 16	67.700 24	68.800 25
63.320 17	64.420 14	65.520 21	66.620 23	67.720 20	68.820 19
63.340 22	64.440 21	65.540 17	66.640 19	67.740 13	68.840 14
63.360 18	64.460 22	65.560 16	66.660 25	67.760 10	68.860 21
63.380 16	64.480 18	65.580 16	66.680 14	67.780 32	68.880 17
63.400 15	64.500 26	65.600 13	66.700 17	67.800 15	68.900 15
63.420 24	64.520 13	65.620 15	66.720 17	67.820 17	68.920 17
63.440 19	64.540 29	65.640 20	66.740 29	67.840 20	68.940 20
63.460 16	64.560 26	65.660 16	66.760 18	67.860 16	68.960 24
63.480 19	64.580 15	65.680 12	66.780 21	67.880 26	68.980 10
63.500 21	64.600 23	65.700 17	66.800 18	67.900 19	69.000 19
63.520 18	64.620 17	65.720 20	66.820 20	67.920 14	69.020 19
63.540 26	64.640 21	65.740 24	66.840 19	67.940 28	69.040 16
63.560 26	64.660 17	65.760 30	66.860 22	67.960 13	69.060 20
63.580 15	64.680 18	65.780 28	66.880 18	67.980 16	69.080 12
63.600 22	64.700 22	65.800 23	66.900 19	68.000 23	69.100 13
63.620 19	64.720 24	65.820 19	66.920 12	68.020 21	69.120 23

69.140 25	70.240 14	71.340 20	72.440 18	73.540 23	74.640 13
69.160 18	70.260 12	71.360 18	72.460 24	73.560 19	74.660 23
69.180 20	70.280 16	71.380 17	72.480 14	73.580 21	74.680 27
69.200 18	70.300 20	71.400 27	72.500 20	73.600 15	74.700 21
69.220 17	70.320 16	71.420 20	72.520 12	73.620 26	74.720 16
69.240 17	70.340 22	71.440 22	72.540 14	73.640 24	74.740 21
69.260 9	70.360 15	71.460 13	72.560 18	73.660 16	74.760 28
69.280 22	70.380 20	71.480 17	72.580 22	73.680 19	74.780 16
69.300 20	70.400 19	71.500 31	72.600 24	73.700 18	74.800 18
69.320 25	70.420 18	71.520 17	72.620 20	73.720 30	74.820 14
69.340 20	70.440 16	71.540 17	72.640 14	73.740 19	74.840 19
69.360 19	70.460 14	71.560 10	72.660 19	73.760 15	74.860 17
69.380 28	70.480 13	71.580 12	72.680 17	73.780 19	74.880 24
69.400 18	70.500 20	71.600 21	72.700 17	73.800 20	74.900 23
69.420 21	70.520 25	71.620 23	72.720 26	73.820 12	74.920 12
69.440 19	70.540 19	71.640 16	72.740 22	73.840 17	74.940 16
69.460 18	70.560 27	71.660 19	72.760 24	73.860 25	74.960 12
69.480 23	70.580 17	71.680 8	72.780 20	73.880 17	74.980 25
69.500 20	70.600 22	71.700 26	72.800 13	73.900 22	75.000 15
69.520 19	70.620 23	71.720 21	72.820 10	73.920 17	75.020 14
69.540 36	70.640 13	71.740 25	72.840 15	73.940 27	75.040 28
69.560 15	70.660 22	71.760 15	72.860 14	73.960 18	75.060 12
69.580 19	70.680 22	71.780 20	72.880 22	73.980 16	75.080 34
69.600 18	70.700 22	71.800 15	72.900 15	74.000 17	75.100 18
69.620 17	70.720 11	71.820 19	72.920 18	74.020 11	75.120 19
69.640 24	70.740 28	71.840 23	72.940 11	74.040 23	75.140 18
69.660 22	70.760 20	71.860 16	72.960 18	74.060 16	75.160 19
69.680 10	70.780 13	71.880 14	72.980 14	74.080 13	75.180 20
69.700 12	70.800 21	71.900 20	73.000 18	74.100 17	75.200 19
69.720 20	70.820 24	71.920 19	73.020 27	74.120 17	75.220 17
69.740 17	70.840 18	71.940 21	73.040 19	74.140 17	75.240 20
69.760 16	70.860 12	71.960 16	73.060 16	74.160 20	75.260 18
69.780 20	70.880 22	71.980 16	73.080 17	74.180 14	75.280 20
69.800 16	70.900 21	72.000 12	73.100 16	74.200 21	75.300 18
69.820 21	70.920 17	72.020 19	73.120 12	74.220 26	75.320 15
69.840 19	70.940 21	72.040 24	73.140 20	74.240 13	75.340 23
69.860 25	70.960 9	72.060 22	73.160 22	74.260 21	75.360 16
69.880 13	70.980 17	72.080 17	73.180 25	74.280 17	75.380 27
69.900 20	71.000 13	72.100 17	73.200 20	74.300 27	75.400 21
69.920 18	71.020 13	72.120 17	73.220 24	74.320 18	75.420 19
69.940 14	71.040 13	72.140 11	73.240 13	74.340 23	75.440 26
69.960 15	71.060 17	72.160 17	73.260 13	74.360 24	75.460 20
69.980 19	71.080 15	72.180 12	73.280 26	74.380 19	75.480 24
70.000 28	71.100 18	72.200 13	73.300 16	74.400 20	75.500 15
70.020 16	71.120 21	72.220 24	73.320 20	74.420 30	75.520 17
70.040 16	71.140 11	72.240 16	73.340 20	74.440 25	75.540 14
70.060 17	71.160 21	72.260 14	73.360 23	74.460 25	75.560 23
70.080 18	71.180 19	72.280 13	73.380 16	74.480 20	75.580 20
70.100 22	71.200 21	72.300 16	73.400 18	74.500 14	75.600 16
70.120 22	71.220 24	72.320 22	73.420 14	74.520 17	75.620 17
70.140 16	71.240 20	72.340 18	73.440 25	74.540 25	75.640 19
70.160 14	71.260 25	72.360 19	73.460 20	74.560 14	75.660 22
70.180 17	71.280 12	72.380 25	73.480 21	74.580 17	75.680 23
70.200 11	71.300 14	72.400 26	73.500 19	74.600 17	75.700 23
70.220 21	71.320 16	72.420 18	73.520 21	74.620 22	75.720 21

75.740 26	76.840 20	77.940 22	79.040 18
75.760 21	76.860 17	77.960 20	79.060 26
75.780 18	76.880 20	77.980 18	79.080 22
75.800 18	76.900 16	78.000 21	79.100 19
75.820 34	76.920 25	78.020 13	79.120 24
75.840 25	76.940 21	78.040 24	79.140 29
75.860 16	76.960 15	78.060 25	79.160 24
75.880 16	76.980 12	78.080 27	79.180 17
75.900 15	77.000 22	78.100 21	79.200 16
75.920 23	77.020 21	78.120 20	79.220 18
75.940 18	77.040 17	78.140 26	79.240 11
75.960 14	77.060 12	78.160 20	79.260 15
75.980 19	77.080 16	78.180 25	79.280 20
76.000 23	77.100 26	78.200 20	79.300 36
76.020 21	77.120 15	78.220 14	79.320 25
76.040 20	77.140 19	78.240 15	79.340 15
76.060 15	77.160 22	78.260 28	79.360 10
76.080 14	77.180 26	78.280 13	79.380 14
76.100 18	77.200 18	78.300 27	79.400 9
76.120 13	77.220 26	78.320 27	79.420 24
76.140 18	77.240 16	78.340 27	79.440 18
76.160 23	77.260 22	78.360 19	79.460 24
76.180 19	77.280 19	78.380 15	79.480 21
76.200 10	77.300 22	78.400 16	79.500 12
76.220 23	77.320 31	78.420 20	79.520 13
76.240 24	77.340 28	78.440 14	79.540 21
76.260 15	77.360 21	78.460 26	79.560 17
76.280 27	77.380 16	78.480 18	79.580 25
76.300 21	77.400 17	78.500 18	79.600 26
76.320 10	77.420 19	78.520 18	79.620 16
76.340 20	77.440 28	78.540 17	79.640 26
76.360 18	77.460 16	78.560 23	79.660 23
76.380 24	77.480 23	78.580 17	79.680 32
76.400 15	77.500 26	78.600 19	79.700 24
76.420 23	77.520 16	78.620 15	79.720 9
76.440 23	77.540 16	78.640 20	79.740 19
76.460 19	77.560 21	78.660 20	79.760 22
76.480 17	77.580 19	78.680 17	79.780 19
76.500 27	77.600 22	78.700 21	79.800 24
76.520 18	77.620 19	78.720 13	79.820 19
76.540 25	77.640 14	78.740 13	79.840 24
76.560 19	77.660 23	78.760 16	79.860 32
76.580 29	77.680 26	78.780 20	79.880 15
76.600 14	77.700 19	78.800 28	79.900 23
76.620 22	77.720 22	78.820 17	79.920 30
76.640 20	77.740 23	78.840 12	79.940 18
76.660 19	77.760 19	78.860 22	79.960 22
76.680 24	77.780 19	78.880 21	79.980 15
76.700 22	77.800 22	78.900 22	80.000 0
76.720 15	77.820 18	78.920 17	
76.740 20	77.840 17	78.940 19	
76.760 20	77.860 29	78.960 25	
76.780 10	77.880 19	78.980 22	
76.800 21	77.900 23	79.000 18	
76.820 19	77.920 28	79.020 24	

Lampiran 11

Data pengukuran konduktivitas termal sampel karbon

Tabel data pengukuran konduktivitas termal sampel karbon				
Konsentrasi (%)	Pengukuran 1 (W/mK)	Pengukuran 2 (W/mK)	Pengukuran 3 (W/mK)	Pengukuran rata-rata (W/mK)
1%	0,74	0,86	0,77	0,79
2%	0,67	0,76	0,79	0,74
3%	0,72	0,72	0,73	0,7233
4%	0,77	0,81	0,80	0,7933
5%	0,84	0,80	0,81	0,8167
6%	0,76	0,88	0,82	0,82
8%	0,86	0,87	0,91	0,88
10%	0,91	0,83	0,94	0,8933

Lampiran 12

Grafik pola difraksi karbon alotropi grafit, referensi PCPDF #080415

