Mercury (II) Nitrate ($\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$): Interaksi Molekul dan Adsorpsi Hg dengan Karbon Aktif

Intan Prima Delvi¹, Rahadian Zainul²

Chemistry Laboratorium, FMIPA, Universitas Negeri Padang, Indonesia

Physical Chemistry Laboratory, FMIPA, Universitas Negeri Padang, Indonesia

Environment Chemistry Laboratory, FMIPA, Universitas Negeri Padang, Indonesia

*E-mail: primadelvi@gmail.com

Abstrak. Raksa (II) Nitrat merupakan suatu senyawa berupa kristal yang tak berwarna atau berwarna putih. Senyawa ini dapat dibuat dengan bereaksikan asam nitrat dengan logam raksa. Raksa dapat larut di dalam air dalam bentuk senyawa raksa (II) Nitrat ini. Selain itu juga dapat larut dalam aseton, amoniak, namun tidak dapat larut dalam alkohol. Tujuan penulisan ini yaitu untuk mengetahui pergerakan molekul $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$. Metode yang digunakan pada preview ini adalah perhitungan secara matematis pada besaran mobilitas ion dan konduktivitas termal, studi literatur menggunakan Endnote X7, dan penggambaran molekul dengan menggunakan aplikasi ChemOffice Professional versi 15.0. Proses menganalisis data yaitu dengan menghitung MM2 dari molekul $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ yang terdiri dari *MM2 minimization*, *MM2 dynamic*, dan *MM2 properties*. Penulisan ini juga bertujuan untuk mengetahui teknik pemisahan Hg pada limbah pabrik dengan proses adsorpsi dengan karbon aktif dengan meriview beberapa jurnal penelitian yang sudah ada. Adsorpsi fisika adalah proses terkonsentrasinya molekul-molekul adsorbet (molekul yang diadsorpsi) dalam air ke permukaan karbon aktif. Hal ini dikarenakan adanya gaya tarik menarik antar molekul adsorbate dengan karbon aktif di dalam air yang di kenal dengan Van Der Waals. Berdasarkan analisis dengan *ChemOffice Profesional* 15.0 diperoleh total energy minimalisasi minimum, perenggangan, dan Stretch-Bend pada suhu 300 K yang nilainya berturut-turut yaitu 30.3182 kcal/mol, 1.4052 dan -0.1016. Parameter transfer ion pada senyawa ini dihitung dengan persamaan termodinamika di antaranya kecepatan rata-rata $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ pada suhu 298 K, kecepatan hanyut, konduktivitas termal yaitu 2,289 m/s, 1,769 V/pm, dan 8,3 W/m.K. Mercury (II) nitrate memiliki sifat termodinamika yaitu $\Delta H = -743,1 \text{ kJ/mol}$, $\Delta G = -625,8 \text{ kJ/mol}$, $\Delta S = 200,7 \text{ J/molK}$,
Keyword: Raksa (II) Nitrat, adsorpsi, karbon aktif, gaya Van Der Waals, Chem Draw Profesional 15.0 dan Chem 3D

I. Pendahuluan

Raksa (II) Nitrat⁽¹⁻⁶⁾ adalah senyawa kristalin tidak berwarna putih dengan rumus kimia $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$. Senyawa ini pernah digunakan untuk flannel dari bulu hewan^(3, 7-10). Namun praktik ini dilarang di Amerika Serikat pada Desember 1941. Ungkapan “ gila seperti pembuat topi” dalam bahasa Inggris mad as a hatter konon terkait dengan penyakit psikologi yang muncul jika terlalu sering terpapar dengan senyawa ini. Namun, pelarangan tersebut bukan atas dasar kesehatan. Tetapi

karena raksa (II) nitrat sangat dibutuhkan dalam proses pembuatan bahan peledak selama perang dunia II⁽³⁷⁻⁴¹⁾.

1) Mercury (Hg)^(12, 13, 16-22, 42, 43)

Gambar 1. Wujud raksa pada suhu kamar

Raksa berasal dari bahasa latin yaitu Hydrargyrum, terjemahan Bahasa Inggris yaitu mercury yang memiliki arti mudah menguap⁽⁴⁴⁻⁵⁴⁾. Raksa adalah unsur kimia yang mempunyai nomor atom 80, berat atom 200,61 dan jari-jari atom 1,48 Å. Raksa merupakan satu-satunya logam yang berwujud cair pada suhu ruang yaitu 25 °C dan bersifat volatile. Warna dari raksa tergantung pada bentuk fasanya. Raksa dalam wujud cair dapat berupa warna putih perak sedangkan dalam wujud padat berupa warna abu-abu. Densitas raksa lebih tinggi dibandingkan dari semua benda cair yaitu 13,55. Tegangan permukaannya juga tinggi jika dibandingkan dengan alcohol dan air⁽⁵⁵⁻⁵⁹⁾.

Raksa tidak dapat bereaksi dengan oksigen pada suhu kamar karena memiliki potensial oksidasi sebesar 0,799 volt. Sehingga raksa tidak mudah teroksidasi dan tahan terhadap korosi. Namun pada suhu sekitar titik didih nya sekitar 356,9°C raksa dapat bereaksi dengan oksigen membentuk HgO yang berwarna⁽⁶⁰⁻⁶⁶⁾

. Senyawa HgO sangat tidak stabil, sehingga apabila dipanaskan lagi dengan suhu yang lebih tinggi Hg akan melepaskan oksigennya. Dan apabila raksa mengandung senyawa logam lainnya, misalnya Zn atau Pb maka raksa akan lebih sensitive terhadap oksigen. Senyawa logam lain yang bereaksi dengan raksa akan membentuk senyawa yang disebut dengan senyawa amalgam. Raksa bereaksi cepat dengan gas Cl₂, S, Br₂ dan N₂O namun tidak dapat bereaksi dengan uap air, katalis atau asam-asam yang tidak oksidator kuat^(1, 67-72).

Oleh karena itu, pekerjaan yang banyak berhubungan dengan raksa harus dikerjakan dengan sangat hati-hati. Raksa tidak boleh bersentuhan dengan barang-barang yang terbuat dari emas, platina atau perak^(71, 73-82). Kelarutan raksa sukar larut dengan pelarut pada umumnya namun mudah larut dalam asam nitrat. Di alam raksa dapat membentuk banyak macam senyawa kimia. Senyawa-senyawa tersebut dapat dielompokkan menjadi 5 kelompok yaitu:

1. Raksa metalik.
2. Garam-garam anorganik, seperti raksa sulfide.
3. Senyawa-senyawa alkil, yaitu raksa yang mengandung senyawa gugus alkil.
4. Senyawa alkoksil-alkil.
5. Senyawa aril, yaitu raksa yang mengandung gugus fenil.⁽⁸³⁻⁹²⁾

Senyawa-senyawa ini akan dirubah oleh manusia ke bentuk yang lainnya berupa senyawa baru agar dapat lebih bermanfaat lagi bagi manusia. Thermometer merupakan salah satu contohnya. Raksa merupakan logam yang memiliki kerapatan paling tinggi dalam wujud cair sehingga sangat berat. Raksa dapat membeku pada suhu -39°C^(93, 94).

Di alam raksa dapat ditemukan dalam bentuk raksa (II) sulfide yang juga disebut dengan mineral cinnabar. Raksa juga banyak ditemukan bebas dalam bentuk logam cair. Kebanyakan

mineral logam raksa hanya mengandung sedikit sulfid sehingga memiliki harga yang tinggi^(55, 95-104). Untuk mendapatkan Hg dari mineral nya dilakukan dengan cara memanaskan HgS dengan oksigen. Logam Hg akan menguap akibat pemanasan kemudian didinginkan untuk mendapatkan logamnya. Reaksi yang terjadi yaitu :

- Senyawa raksa (II) (Hg^{2+})

Secara umum raksa berikatan kovalen. Raksa (II) Nitrat merupakan salah satu senyawa yang mengandung ion Hg^{2+} dan senyawa ini dapat larut di dalam air.

- Senyawa raksa (I) (Hg^+)

HgCl_2 larut dalam air hangat, tetapi kelarutannya ini tidak menunjukkan bahwa senyawa ini merupakan senyawa yang dapat menghantarkan arus listrik. Hal ini disebabkan oleh HgCl_2 tidak mengion didalam air. Larutan HgCl_2 akan cepat tereduksi kedalam senyawa HgCl yang berwarna putih tetapi tidak larut didalam air.

Raksa (II) oksida merupakan senyawa yang tidak stabil akibat peningkatan suhu dan akan terdekomposisi kembali menjadi logam raksa. HgO yang berbentuk bubuk merah akan berubah menjadi keperakan seperti warna logam. Hal ini sangat menarik untuk didemonstrasikan. Tetapi reaksi dekomposisi HgO sangat berbahaya karena akan membentuk logam raksa lagi dan mudah menguap dan tidak baik untuk kesehatan^(2, 37, 105-114).

Di alam, senyawa Hg^+ tidak ditemukan secara langsung. Biasanya ion ini ditemukan dalam bentuk raksa (i) klorida dan raksa (I) Nitrat. $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ merupakan dua senyawa ion Hg^+ yang pernah diketahui. belum ada yang bias mensintesis senyawa Hg^+ dengan anion-anion lainnya⁽²⁷⁻²⁹⁾

2) Ion nitrat

Gambar 2. Ion nitrat dilihat 3D

Nitrat merupakan ion poliatomik yang terdiri dari atom N dan atom O dengan rumus molekul NO_3^{2-} . Nitrat dapat dikelompokkan kedalam kimia anorganik. Senyawa ini memiliki bentuk struktur planar geometri trigonal. Hal ini menggambarkan bagaimana susunan atom-atom penyusunan dalam ruang tiga dimensi. Ada hanya satu atom oksigen yang terikat ganda dengan atom pusat nitrogen dan oksigen lainnya berikatan melalui ikatan tunggal. Ketika atom oksigen yang identic berikatan satu sama lain diyakini sesuai dengan prinsip resonansi dalam kimia. Oleh karena itu ikatan ganda dapat bermigrasi antara setiap atom oksigen dan atom pusat nitrogen. Nitrogen memiliki bilangan oksidasi +5. Pada umumnya garam nitrat dapat larut dalam air. Jika bercampur dengan air, maka ion-ion nitrat akan membentuk asam nitrat yang dianggap sebagai asam kuat. Senyawa nitrat berguna dalam kehidupan sehari-hari sebagai pupuk untuk pertanian, untuk produksi bahan peledak dan lain-lain^(115, 116).

II. Metoda

Metode yang digunakan pada preview ini adalah perhitungan secara matematis pada besaran mobilitas ion dan konduktivitas termal, studi literatur menggunakan Endnote X7, dan penggambaran molekul dengan menggunakan aplikasi ChemOffice Professional versi 15.0. Tujuan dari penulisan mengetahui dan memahami struktur dan karakterisasi senyawa $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ menggunakan data yang diperoleh dari aplikasi Chem Draw Profesional 15.0 dan Chem 3D. Proses menganalisis data yaitu dengan menghitung MM2 dari molekul $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ yang terdiri dari MM2 minimization, MM2 dynamic, dan MM2 properties. Penulisan ini juga bertujuan untuk mengetahui teknik pemisahan Hg pada limbah pabrik dengan proses adsorpsi dengan karbon aktif. Data yang diperoleh melalui beberapa jurnal penelitian yang telah dilakukan.

Penelitian dilakukan dengan tahap, yakni (1) Analisis molekul MgSO_4 secara dua dimensi dengan menggunakan ChemDraw 2D, (2) Analisis molekul MgSO_4 secara tiga dimensi menggunakan Chem3D.

Pada bagian Chem3D, struktur $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ diubah menjadi bentuk 3 dimensi dan kemudian dianalisis, seperti :

1. Menghitung MM2 dari masing-masing molekul yang terdiri atas MM2 minimization, MM2 dynamics dan MM2 properties. Langkahnya dengan klik pada menu *calculation*, pilih MM2 minimization kemudian klik *minimize energy* lalu klik *run*. Dengan langkah yang sama dilakukan untuk menentukan *molecular dynamics* dan *compute properties*.
2. Analisis *surface* molekul, diantaranya *Surface Solvent Accesible* dengan tipe *solid*, *wire mesh* dan *translucent*. Kemudian *Surface Connolly Molecular* dengan tipe *solid*, *wire mesh* dan *translucent*.
3. Menghitung nilai MOPAC dari masing-masing molekul yang terdiri dari MOPAC minimization dan MOPAC *properties*. Caranya dengan pilih MOPAC, kemudian pilih MOPAC *minization* kemudian pilih *run*. Dengan cara yang sama untuk menentukan MOPAC *properties*.
4. Analisis jarak antara masing-masing atom tiap-tiap, molekul dengan pilih bagian *structure*, kemudian pilih *measurement*

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$

Gambar 4. Struktur molekul $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ dengan chemdraw 2D

Nama IUPAC	: Raksa (II) nitrat
Rumus kimia	: $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$
Massa molar	: 324,60 gr/mol
Bentuk	: Kristal tak berwarna atau bubuk putih
Bau	: Tajam
Densitas	: 4.3 gr/ cm^3 (Monohidrat)
Titik lebur	: 79 $^{\circ}\text{C}$ (174 $^{\circ}\text{F}$, 352 K) mono hidrat
Kelarutan dalam air	: Dapat larut ⁽³⁰⁻³⁹⁾
Kelarutan	: Dapat larut dalam asam nitrat, aseton, amoniak dan tidak dapat larut dalam alcohol
Susceptibility magnetic	: -74,0 . 10 $^{-6}$ cm^3/mol

2. Analisis 3D pada Molekul $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$

Molekul $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ dapat dibuat menggunakan analisis 3D yang sebelumnya dibuat menggunakan Chemdraw Ultra lalu diproyeksikan menggunakan software Chem3D 15.0. untuk analisis 3 Dimensi. Software ini membantu dalam melihat bagaimana pergerakan molekul dan melihat bagaimana molekul $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ dapat berinteraksi dengan lingkungan ketika splitting berlangsung. Sebelum molekul $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ dioptimasi, atom Hg(1) dan O(5) berjarak 2.130 Å, atom O(4) dan O(5) berjarak 1.428 Å dan sudut ikatan atom Hg dan O-O adalah 109,5 $^{\circ}$, atom Hg(1) dan N(5) berjarak 4.147 Å , dan atom N(2) dan O(3) berjarak 1.183 Å dan sudut ikatan Hg dan N-O adalah 118,0 $^{\circ}$,

(a)

(b)

(c)

(d)

Gambar 1 Analisis 3D pada molekul $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$, (a) atom Hg(1) dan O(5), (b) Jarak antara atom O(4) dengan atom O(5), (c) Jarak antara atom Hg(1) dengan atom O(5), (d) Jarak atom N(2) dengan atom O(3), (Prima, Intan, ChemOffice 15.0)

(b)

(a)

Gambar 2. Analisis 3D pada molekul $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ model Ball and Stick. (a) molekul $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ dengan choose surface model solvent molecular dan display model solid (b) molekul $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ dengan choose surface connolly model accesible dan display model solid (c) molekul $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ dengan choose surface model connolly molecular dan display model wire mash dan (d) molekul $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ dengan choose surface model connolly molecular dan display model translucen (Prima, Intan. ChemOffice 15.0).

2.1 Optimasi MM2

MM2 Calculation completed successfully

-----MM2 Dynamics-----

Warning: Some parameters are guessed (Quality = 1).

Iteration	Time	Total Energy	Potential Energy	Temperature
-----------	------	--------------	------------------	-------------

1	0.002	288.792 ± 0.000	210.233 ± 0.000	1098.14 ± 0.00
2	0.004	291.826 ± 0.000	124.917 ± 0.000	2333.14 ± 0.00
3	0.006	291.910 ± 0.000	130.757 ± 0.000	2252.68 ± 0.00
4	0.008	289.990 ± 0.000	161.441 ± 0.000	1796.92 ± 0.00
5	0.010	289.608 ± 0.000	166.447 ± 0.000	1721.61 ± 0.00

2.2 MM2 minimized

MM2 Minimization

Warning: Some parameters are guessed (Quality = 1).

Iteration	1	Steric Energy	1632.115	RMS Gradient	719.245	RMS Move	0.0000
Iteration	2	Steric Energy	695.021	RMS Gradient	197.894	RMS Move	0.0315
Iteration	3	Steric Energy	538.751	RMS Gradient	235.739	RMS Move	0.0589
Iteration	4	Steric Energy	294.211	RMS Gradient	103.630	RMS Move	0.0356
Iteration	5	Steric Energy	239.657	RMS Gradient	68.895	RMS Move	0.0340
Iteration	6	Steric Energy	176.597	RMS Gradient	79.978	RMS Move	0.0437
Iteration	7	Steric Energy	115.307	RMS Gradient	71.805	RMS Move	0.0428
Iteration	8	Steric Energy	84.902	RMS Gradient	53.211	RMS Move	0.0205
Iteration	9	Steric Energy	65.105	RMS Gradient	22.699	RMS Move	0.0083
Iteration	10	Steric Energy	59.648	RMS Gradient	17.828	RMS Move	0.0074

Iteration 329: Minimization terminated normally because the gradient norm is less than the minimum gradient norm

Stretch:	1.4052
Bend:	2.8891
Stretch-Bend:	-0.1016
Torsion:	0.0000

Non-1,4 VDW: -1.8588
 1,4 VDW: 6.7410
 Dipole/Dipole: 21.2432
 Total Energy: 30.3182 kcal/mol

2.3 MM2 Properties

MM2 Calculation completed successfully

MM2 Properties

Warning: Some parameters are guessed (Quality = 1).

Stretch: 1.4052
 Bend: 2.8891
 Stretch-Bend: -0.1016
 Torsion: 0.0000
 Non-1,4 VDW: -1.8588
 1,4 VDW: 6.7410
 Dipole/Dipole: 21.2432
 Total Energy: 30.3182 kcal/mol

3. *Mercury*

Nomor atom : 80
 Berat atom : 200,61
 Jari-jari atom : 1,48°A
 Sifat : volatile
 Wujud : cair (suhu ruangan)
 Densitas : 13,55
 Konduktivitas oksidasi : 0,799 volt
 Titik didih : 356,9°C
 Tegangan permukaan : 547 dyne

Senyawa HgO sangat tidak stabil, sehingga apabila dipanaskan lagi dengan suhu yang lebih tinggi Hg akan melepaskan oksigennya. Jika raksa mengandung senyawa logam lainnya, misalnya Zn atau Pb maka raksa akan lebih sensitive terhadap oksigen. Senyawa logam lain yang bereaksi dengan raksa akan membentuk senyawa yang disebut dengan senyawa amalgam. Raksa bereaksi cepat dengan gas Cl₂, S, Br₂ dan N₂O namun tidak dapat bereaksi dengan uap air, katalis atau asam-asam yang tidak oksidator kuat.

Di alam, senyawa Hg⁺ tidak ditemukan secara langsung. Biasanya ion ini ditemukan dalam bentuk raksa (I) klorida dan raksa (I) Nitrat. Hg₂(NO₃)₂ merupakan dua senyawa ion Hg⁺ yang pernah diketahui. belum ada yang bias mensintesis senyawa Hg⁺ dengan anion-anion lainnya.

4. *Nitrate*

Nitrat merupakan ion poli atomic yang terdiri dari atom N dan atom O dengan rumus molekul NO₃²⁻. nitrat dapat dikelompokkan kedalam kimia anorganik. Senyawa ini memiliki bentuk struktur planar geometri trigonal. Hal ini menggambarkan bagaimana susunan atom-atom penyusunan dalam ruang tiga dimensi. Ada hanya satu atom oksigen yang terikat ganda dengan atom pusat nitrogen dan oksigen lainnya berikatan melalui ikatan tunggal. Ketika atom oksigen yang identic berikatan satu sama lain diyakini sesuai dengan prinsip resonansi dalam kimia. Oleh karena itu ikatan ganda dapat bermigrasi antara setiap atom oksigen dan atom pusat nitrogen. Nitrogen memiliki bilangan oksidasi +5. Pada umumnya garam nitrat dapat larut dalam air.

5. Sintesis $Hg(NO_3)_2$

Mercury(II) Nitrate tidak ditemukan dalam bebas seperti garam pada umumnya. Senyawa ini dibuat dengan mereaksikan logam raksa dan asam nitrat dengan suhu yang tinggi. Asam nitrat dalam reaksi ini akan berperan sebagai oksidator.

Persamaan reaksi:

6. Kegunaan $Hg(NO_3)_2$

- 1) Pembuatan bulu kempa
- 2) Bahan pembuatan amalgam gigi
- 3) Thermometer
- 4) Barometer
- 5) Peralatan ilmiah

7. Parameter sifat termokimia

6.1 Transfer ion

Sifat transport adalah kemampuan zat itu untuk memindahkan materi, energi atau suatu sifat tertentu lainnya dari satu tempat ke tempat lain⁽³⁻¹¹⁾. Contohnya, molekul molekul (dalam gas, cairan, dan padatan) berdifusi mengikuti suatu gradien konsentrasi, sampai komposisinya seragam. Laju difusi ini merupakan sifat transpor. Laju konduksi termal, transpor energi mengikuti gradien temperatur, merupakan sifat transpor lainnya yang merupakan sifat umum zat dan keadaannya. Konduksi listrik merupakan transpor muatan (oleh ion atau elektron) dalam gradien potensial, dan konduktivitas listrik zat juga merupakan sifat transpor. Viskositas, seperti akan kita lihat, adalah ukuran laju ditransportasinya momentum linear melalui fluida, dan karenanya inipun merupakan sifat transpor⁽¹²⁻²²⁾.

Berdasarkan hasil penelitian pertukaran isotope kinetic Hg, ion mercury difusi kedalam membrane kation monovalent dari HgCl₂ sementara Hg(NO₃)₂ terdifusi kedalam mebran kation divalent. Persamaan The Nerst Plank tidak dapat memprediksi kinetika NaCl sebagai garam eksternal. Hal ini menunjukkan bahwa kompleksasi dalam membrane mempengaruhi kinetic.

Grafik diatas menunjukan perbedaan luas spesies yang ada dalam larutan dan perbedaan transfor ion larutan^(186-188, 203).

6.2 Konduktivitas

Andaikan setiap molekul membawa energi rata-rata $\epsilon = \nu kT$, dengan ν merupakan bilangan mendekati 1 yang dapat diperoleh dari teori ekuipartisi⁽²⁰⁴⁻²¹⁰⁾. untuk partikel berat atom tunggal, $\nu = \frac{3}{2}$. Jika suatu molekul melewati jendela bayangan, molekul ini mentransportasikan energi rata-rata itu. Kita akan mengandaikan bahwa rapatan jumlah seragam (sehingga tidak ada difusi massa), tetapi temperatur tidak. Secara rata-rata, molekul datang dari sebelah kiri setelah menjalani jalan bebas rata-rata dari daerah yang lebih panas, dan dengan energi yang lebih tinggi. Molekul juga datang dari sebelah kanan setelah menjalani jalan bebas rata-rata dari daerah yang lebih dingin. Oleh karena itu fluks energy⁽²⁵⁶⁾ dalam dua arah adalah :

$$J(L \rightarrow R) = \frac{1}{4} \bar{c} N \epsilon(-\lambda) \quad \epsilon(-\lambda) = \nu k \left\{ T - \lambda \left(\frac{dT}{dz} \right) \dots \dots \dots (1) \right.$$

$$J(L \leftarrow R) = \frac{1}{4} \bar{c} N \epsilon(\lambda) \quad \epsilon(\lambda) = \nu k \left\{ T - \lambda \left(\frac{dT}{dz} \right) \dots \dots \dots (2) \right.$$

Maka fluks energi neto :

$$J_z = J(L \rightarrow R) - J(L \leftarrow R) = \frac{1}{2} \nu \lambda \bar{c} k N \left(\frac{dT}{dz} \right)_0 \dots \dots \dots (3)$$

Seperti sebelumnya, kita mengalikannya dengan $\frac{3}{2}$ untuk memperhatikan jalan aliran yang panjang, sehingga kita sampai pada :

$$J_z = \frac{1}{3} \nu \lambda \bar{c} k N \left(\frac{dT}{dz} \right)_0 \dots \dots \dots (4)$$

Fluks energi sebanding dengan gradien temperatur, seperti yang ingin kita buktikan. Perbandingan persamaan ini dengan persamaan 16, membuktikan bahwa:

$$K = \frac{1}{3} \nu \lambda \bar{c} k n \dots \dots \dots (5)$$

Karena untuk gas sempurna $C_v = \nu k N_A$, maka kita dapat menyatakan persamaan ini sebagai:

$$K = \frac{1}{3} \lambda \bar{c} C_v [A] \dots \dots \dots (6)$$

Dengan $[A]$ merupakan konsentrasi molar².

Dalam kedua kasus itu, ketahuilah bahwa karena $\lambda \propto 1/[A]$ (persamaan 12c), maka $K \propto \bar{c}C_v$ dan konduktivitas termal⁽¹⁸⁰⁻¹⁸⁵⁾ tidak bergantung pada tekanan gas. Alasan fisiknya adalah: konduktivitas termal besar jika banyak molekul yang tersedia untuk mentransformasikan energi itu (karenanya K sebanding dengan $[A]$ dalam persamaan 20); tetapi banyaknya molekul membatasi jalan bebas rata-rata, sehingga molekul itu tidak dapat membawa energi pada jarak yang jauh. Kedua efek ini berimbang. Dari eksperimen ternyata bahwa konduktivitas termal tidak bergantung pada temperatur, kecuali jika tekanan sangat rendah. Pada tekanan rendah $K \propto p$ karena λ , lebih besar dari dimensi alat, dan jarak transfortasinya energi ditentukan oleh ukuran labu, bukan oleh adanya molekul lain. Fluks masih sebanding dengan jumlah pembawa, tetapi panjang jalannya tidak lagi bergantung pada λ sehingga $\kappa \propto [A] \propto p$.

Konduktivitas atau hantaran termal menggambarkan daya atau kemampuan suatu bahan untuk dapat menghantarkan listrik. Kemampuan ini dimana adanya perbedaan temperature sehingga adanya transfer dari daerah yang panas ke temperature yang lebih rendah.

6.3 Kecepatan hanyut

Partikel bermuatan bergerak dalam suatu konduktor akan terus bergerak secara acak seperti patikel gas. Jika dua elektroda dipisah dengan jarak l dan berada pada selisih potensial $\Delta\phi$, maka ion dalam larutan di antara kedua elektroda itu, mengalami medan listrik seragam, yaitu:

$$E = \frac{\Delta\phi}{l}$$

Dalam medan demikian, ion yang bwermuatan² ze mengalami gaya sebesar :

$$I_e = zeE = \frac{ze \Delta\phi}{l}$$

$$f = 6\pi\eta a$$

$$\begin{aligned} &= 6 \times 3,14 \times 1 \times 300 \text{ pm} \\ &= 5,652 \text{ pm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{ze.E}{f} \\ &= \frac{1.10 \text{ V}}{5,652 \text{ pm}} \\ &= 1,769 \text{ V/pm} \end{aligned}$$

Kecepatan velositas⁽¹⁷²⁻¹⁷⁹⁾ dari eloktron didalam mercury menguap pada suhu 573 K yang telah diukur menggunakan metoda Bradbury Nielen pada angka densitas mulai dari $3,40 \times 10^{17}$ to $1,83 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$. Kecepatan velocity naik denagn linear dengan densitas mercury⁽¹²⁻²²⁾.

6.4 Viskositas

Kita sudah melihat bahwa viskositas berhubungan dengan fluks momentum. Molekul yang berjalan dari kanan dalam (dari lapisan cepat kelapisan lebih lambat) mentransportasikan momentum mv_x (λ) kelapisan yang barupada $z = 0$, dan molekul yang berjalan dari kiri mentransportasikan $mv_x(-\lambda)$ kelapisan baru itu. Jika kita mengasumsikan bahwa rapataannya seragam (suatu pendekatan), maka jumlah benturan per satuan luar per satuan waktu pada jendela bayangan adalah $\frac{1}{4} Nc$. Molekulnya dari kanan, secara rata-rata membawa momentum :

$$mv_x(\lambda) = mv_x(0) + m\lambda \left(\frac{dv_x}{dz}\right)_0 \dots\dots\dots(7)$$

Molekul dari kiri, membawa momentum :

$$mv_x(-\lambda) = mv_x(0) - m\lambda \left(\frac{dv_x}{dz}\right)_0 \dots\dots\dots(8)$$

Jadi, fluks neto momentum -x dalam arah z adalah :

$$J_z = \frac{1}{4} Nc \left\{ \left[mv_x(0) - m\lambda \left(\frac{dv_x}{dz}\right)_0 \right] - \left[mv_x(0) + m\lambda \left(\frac{dv_x}{dz}\right)_0 \right] \right\}$$

$$= -\frac{1}{2} N m \lambda \bar{c} \left(\frac{dv_x}{dz}\right)_0 \dots\dots\dots(9)$$

Kita melihat bahwa fluks itu sebanding dengan gradient velositas, seperti yang ingin kita buktikan. Jika kita membandingkan ungkapan itu engan persamaan 17, dan mengalikannya secara biasa dengan $\frac{2}{3}$, maka kitadapat menunjukkan viskositas dengan

$$\eta = \frac{1}{3} N m \lambda \bar{c} = \frac{1}{3} N m \lambda \bar{c} N_a [A] \dots\dots\dots(10)$$

Seperti juga konduktivitas termal, viskositas tidak tergantung pada tekanan. Jadi $\lambda \propto 1/p$ dan $[A] \propto p$, menunjukkan bahwa $\eta \propto \bar{c}$ tidak yang mentransportasikan momentum, tetapi pengangkutan itu tidak begitu jauh karena lebih pendeknya jalan bebas rata-rata. Karena $\bar{c} \propto T^{1/2}$, maka viskositas sebanding dengan $T^{1/2}$. Jadi, viskositas gas bertambah dengan naiknya temperatur: molekul berjalan lebih cepat, dan fluks momentum lebih besar.

6.5 Pengukuran viskositas gas

Tempat dua teknik utama untuk mengukur viskositas gas⁽²⁾. Teknik pertama bergantung pada laju perendaman osilasi puntir dari piringan yang tergantung dalam gas, yaitu konstanta waktu untuk pengurangan gerakan harmonis, yang bergantung pada viskositas dan rancangan peralatannya. Teknik kedua didasarkan pada rumus Poiseuille untuk laju aliran fluida melalui pipa dengan radius r.

$$\frac{dV}{dt} = \frac{(p_1^2 - p_2^2) \pi r^4}{16 \eta n p_0} \dots\dots\dots(11)$$

dengan V merupakan volume aliran, p_1 dan p_2 tekanan pada setiap ujung pipa sepanjang l , dan p_0 adalah tekanan pada saat pengukuran volume.

Pengukuran ini menegaskan bahwa viskositas gas⁽²¹¹⁻²²³⁾ tidak bergantung pada tekanan, pada jarak yang lebar. Misalnya, pengukuran pada argon dari 10^{-3} atm sampai 10^2 atm terlihat dalam Gambar 24.11, dan kita melihat bahwa η konstan dari sekitar 0,01 atm sampai 50 atm. Pengukuran ini juga menegaskan (sampai taraf lebih kurang) akan ketergantungan viskositas pada $T^{1/2}$. Garis putus-putus pada gambar memperlihatkan nilai hasil hitungan menggunakan $\sigma = 22 \times 10^{-20}$ m², yang menunjukkan diameter tumbukan sebesar 260 pm. Bandingkanlah nilai ini dengan diameter van der Waals sebesar 335 pm, yang diperoleh dari rapatatan padatan. Persesuaian ini tidak terlalu buruk, mengingat kesederhanaan model itu dan pengabaian gaya antar molekul⁽²⁴⁵⁻²⁵⁰⁾.

6.6 Akar rata rata kuadrat kecepatan molekul

Setiap partikel pada gas memiliki energy kinetic dan untuk gas ideal energy kineti. Karena molekul' molekul gas tidak seluruhnya bergerak dalam kecepatan^(28, 29, 188, 189) yang sama, maka perlu mendivisikan.

Rapatan jumlah N sama dengan N/V , dengan N merupakan jumlah total partikel yang ada dalam volume V . Karena $N = nN_A$, dengan N_A merupakan konstata Avogadro, maka :

$$P = \frac{1}{3} n N_A m \overline{c^2} \dots\dots\dots(12)$$

Gas sempurna memenuhi persamaan keadaan , maka :

$$pV = nRT = nN_A kT \dots\dots\dots(13)$$

dengan k merupakan konstanta Boltzman. Jadi , kita dapat menyimpulkan bahwa :

$$\overline{c} = \left(\frac{3kT}{m} \right)^{1/2}$$

kecepatan rata-rata molekul $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ pada 298 K

$$\begin{aligned} \overline{c} &= \left(\frac{3kT}{m} \right)^{1/2} \\ &= \left(\frac{3 \times 8,314 \text{ kg m/sK}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 298 \text{ K}}{324,6 \times 10^{-3} \text{ kg mol}^{-1}} \right)^{1/2} \\ &= 2,289 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Akar rata-rata kuadrat kecepatan bertambah dengan penambahan kuadrat akar temperatur, dan berbanding terbalik dengan kuadrat akar massa molar. Jadi mendua-kalikan temperatur (misalnya 300 K menjadi 600 K) akan menaikkan $\overline{c}$ dengan faktor 1,4.

6.7 Distribusi velositas⁽¹⁹⁰⁻¹⁹⁵⁾

Untuk memperoleh kemajuan, kita perlu mendekati beberapa sifat nilai rata-rata dan perhitungannya. Sifat yang kita perlukan, ditinjau kembali dalam subbab informasi lanjutan pada bagian akhir bab ini. Secara singkat nilai rata-rata X mempunyai nilai berapapun dari suatu jarak nilai kontinu (seperti kecepatan) adalah: Fungsi $f(V)$ yang disebut distribusi sifat X , menyatakan peluang terletaknya sifat itu dalam jarak X sampai $X + dX$ ⁽¹⁹⁶⁻¹⁹⁸⁾.

Ungkapan di bawah ini kita turunkan untuk distribusi kecepatan molekul dengan massa molar M pada temperature T :

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{M}{2\pi RT} \right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-Mv^2/2RT} \dots\dots\dots(14)$$

dari kecepatan rata-rata diatas dapat dihitung peluang ditemukannya molekul $Hg(NO_3)_2$ pada 298 K.

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{M}{2\pi RT} \right)^{\frac{3}{2}} v^2 e^{-Mv^2/2RT} \dots\dots\dots(15)$$

$$f(v) = 4.3,14 \left(\frac{324,6 \cdot 10^{-3} \text{ kg/mol}}{2.3,14 \cdot 0,082 \text{ L atm/molK} \cdot 298 \text{ K}} \right)^{\frac{3}{2}} (2,289 \text{ m/s})^2 e^{-\frac{3246.5 \cdot 239}{20,082} \cdot 298 \text{ K}}$$

$$f(v) = 28,6 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$$

oleh karena itu,

$$p = f(v) \Delta v$$

$$= \frac{14,3 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{\text{s}} \times 2,0 \text{ m/s}$$

Jadi, 1 dalam 222 molekul mungkin ditemukan dalam jarak itu.

Sifat kedua dari nilai rata-rata yang kan kita gunakan , bersangkutan dengan peluang bahwa dua sifat mempunyai nilai khusu suara bersamaan. Jika peluang terletaknya sebuah sifat dalam jarak Y sampai $X + dX$ adalah $f(X)dX$, dan peluang terletaknya sifat bebas Y dalam jarak Y sampai $Y + dY$, maka peluang terletaknya X dan Y secara bersamaan dalam jarak ini, merupakan hasil kali peluang individualnya.

Distribusi Max Well Boltzman menggambarkan kecepatan partikel dalam gas, dimana partikel bergerak bebas antara tumbukan kecil, tetapi tidak berinteraksi satu sama lain. Sebagai fungsi suhu dari system, massa partikel, dan kecepatan partikel^(199, 200). Partikel dalam konteks ini mengacu pada atom dan molekul gas. Tidak ada perbedaan antara keduanya dalam perkembangan dan hasilnya.

6.8 Mobilitas ion

Mobilitas ion menggambarkan hubungan kuantitas teoritis dan kuantitas yang dapat diukur. Kita harus mengetahui sebelumnya bagaimana perbedaan pergerakan ion dan laju dapat terjadi pada ion yang berbeda. Hal ini disebabkan konduktivitas molar elektrolit kuat berkurang dengan akar konsentrasi. Dengan meningkatnya mobilitas ion di dalam larutan maka kontribusi ion pada konduktivitas semakin meningkat pula.

Mobilitas ion NO_3^- dalam larutan berair pada 25°C adalah $7.4 \times 10^{-3} \text{ m s}^{-1} \text{ v}^{-1}$. Konstanta difusi ion itu dalam air pada 25°C , dapat dihitung dengan cara

$$D = \frac{K.T}{6\pi r}$$

$$7.4 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} \text{ v}^{-1} = \frac{K \cdot 298^\circ\text{K}}{6 \times 3.14 \times 4.59}$$

$$7.4 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} \text{ v}^{-1} = \frac{K \times 298^\circ\text{K}}{6 \times 3.14 \times 4.59}$$

$$639.91 \times 10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1} \text{ v}^{-1} = K \times 298^\circ\text{K}$$

$$K = 2.147 \times 10^{-16} \text{ J/atom K}$$

Jadi, konstanta difusi ion adalah $K = 2.147 \times 10^{-16} \text{ J/atom K}$

8. Adsorpsi Hg dengan karbon Aktif

Pada zaman ini, banyak nya industry-industri yang dibangun di dekat perairan. Tidak banyak juga yang menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan. Hal ini disebabkan oleh kurangnya pengolahan limbah pabrik dan tindakan lanjut terhadap limbah oleh pihak pabrik itu sendiri. Industry pertanian, tambang emas, alat-alat listri dan pabrik yang menghasilkan logam berat lainnya yang berada disekitar perairan mengakibatkan kadar pencemaran di perairan semakin meningkat⁽¹¹⁷⁻¹²²⁾. Apabila kadar logam berat yang dihasilkan oleh limbah telah melebihi batasnya, maka akan menyebabkan menurunnya kualitas perairan dan mengganggu kehidupan organisme di dalamnya. Salah satu logam tersebut yaitu raksa atau yang lebih dikenal dengan mercury. Logam merkuri hasil limbah akan di ubah oleh mikroorganisme menjadi metil merkuri yang memiliki sifat beracun bagi organisme di dalamnya⁽¹²³⁻¹²⁷⁾.

Mercury merupakan unsur yang dijaga ketat yang dibatasi kadar nya kurang dari $1 \mu\text{g/l}$ (mikrogram per liter). Senyawa ini banyak ditemui di sekitar perairan yang dekat dengan kegiatan industry pabrik, pembuangan terakhir sampah, air scrubber dan lain-lainnya⁽¹²⁸⁻¹³²⁾.

Air raksa atau hydrargyrum termasuk salah satu logam berat yang mudah menguap pada temperature kamar. Saat ini, merkuri banyak digunakan sebagai campuran alat kosmetik, fungisida, bakterisida dan lainnya⁽¹³³⁻¹³⁷⁾. Air raksa merupakan racun sistematik yang dapat terakumulasi didalam organ tubuh makhluk hidup seperti ginjal, hati, limpa atau tulang. Logam ini akan dikeluarkan dari tubuh dalam proses ekskresi melewati urine, feses, keringat, saliva, dan air susu. Jika tubuh mendapati keracunan logam berat ini akan menimbulkan gejala susunan saraf pusat seperti kelainan kepribadian, pikun, insomnia, kehilangan kepercayaan diri, iritasi, depresi. Hg secara organic dapat merusak susunan saraf pusat (tremor, ataxia, lapangan penglihatan menciut, perubahan kepribadian), sedangkan Hg anorganik biasanya merusak ginjal, dan menyebabkan cacat bawaan. Di alam, Hg anorganik dapat berubah menjadi organik dan sebaliknya karena adanya interaksi dengan mikroba. Genus *Pseudomonas* dan *Neurospora* dapat mengubah Hg anorganik menjadi organik. *Staphylococcus aureus* antara lain dapat mereduksi Hg^{2+} menjadi Hg elemental. Oleh karena itu konsentrasi logam merkuri atau air raksa di dalam air limbah atau khususnya di dalam air minum harus dikontrol dengan sangat ketat⁽¹³⁸⁻¹⁴⁷⁾.

Upaya yang dapat dilakukan untuk menangani Hg yang mengandung senyawa organic adalah dengan degradasi pengotor tersebut menggunakan reaksi fotolisis. Reaksi fotolisis sangat efektif untuk menghilangkan pengotor organik. Cara ini sudah diterapkan untuk pengolahan berbagai macam limbah industry yang mengandung senyawa organic beracun seperti formaldehida, BTEX (benzena, toluena, etilbenzena, dan xilena), dan limbah kompleks dari pestisida, cat, maupun zat

aditif plastik. Metoda ini memiliki kelebihan diantaranya lebih ekonomis, efektif, produksinya lebih aman dan tidak atisiri. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa reaksi feton dapat menghancurkan pengotor organic yang bersifat racun^(135, 148-150).

Selain metoda tersebut, merkuri juga dapat dihilangkan dengan proses pertukaran ion^(2, 43, 151, 152). Sebelum proses ini dilakukan proses oksidasi terlebih dahulu. Proses pertukaran ion dilakukan dengan menggunakan beberapa jenis resin atau resin chelat tertentu. Sebagian resin yang sudah rusak atau tidak bias lagi beregenerasi harus diolah sebagai limbah berbahaya beracun. Karbon aktif granular sering digunakan pada proses pengolahan lanjutan air dengan tingkat keberhasilan yang bervariasi⁽¹⁵³⁻¹⁵⁸⁾. Untuk mendapatkan hasil yang bagus untuk menghilangkan kandungan merkuri pada umumnya dilakukan dengan cara menggabungkan beberapa tahapan proses yaitu proses pertukaran ion dan proses adsorpsi dengan karbon aktif.

Proses pengolahan limbah berat Hg dilakuakn dengan menginjektikan karbon ktif kedalam air beku terlebih dahulu. Zat polutan didalam air beku akan terdsorpsi oleh karbon aktif^(45, 159-162). Zat polutan dan lumpur akan dipisahkan dengan cara koagulasi dan sedimennya akan keluar berupa lumpur berwarna hitam. Untuk karbon aktif yang belum terpisah oleh proses sebelumnya dapat dihilangkan dengan proses filtrasi. Namun proses filtrasi kadang tidak efesien karena partikel kecilnya masih tetap bisa lolos saat dilakukan penyaringan. Untuk menghindari hal tersebut dapat dilakukan dengan cara memberikan koagulan Poly Aluminium Chloride serta pengontrolan proses yang ketat.

Salah satu keuntungan dari pengolahan dengan karbon aktif bubuk antara lain:

1. Fasilitas pengolahan dapat disesuaikan dengan alat yang sudah ada
2. Sangat ekonomis dalam keadaan darurat
3. Daya adsorpsinya besar karena luas permukaan dari karbon aktif yang luas
4. Kemungkinan ada gangguan dari organisme kecil

Selain itu proses ini juga memiliki kekurangannya diantara lain:

1. Cara pengerjaannya lebih sulit karena partikelnya yang sangat halus yang mudah bertebangan dan terbakar.
2. Karbon aktif yang telah bercampur dengan zar pengotor sangat sulit untuk beregenerasi.
3. Penyumbatan pada peralatan atau musim kemungkinan besar sehingga dibutuhkan pengontrol yang lebih sulit⁽¹⁶³⁻¹⁶⁷⁾.

Table 1. Spesifikasi karbon aktif butiran (Granular Activated Carbon, GAC)

Item	Standar pemilihan
Ukuran butiran	8-32 mesh (2,302-0,495 mm) lebih dari 95%
Methylene blue decoloration	>150 mg/g
Iodine adsorption	>1000 mg/g
Dry weight reduction	<5%
pH	4-11
Choride	<0,5 %
Lead (Pb)	<10 ppm

Hubungan antara jumlah massa zat yang teradsorpsi oleh karbon aktif per massa karbon aktif yang diberikan, dengan konsentrasi adsorbate (misal zat organik), dalam air pada keadaan setimbang, secara empiris ditunjukkan oleh persamaan, Freundlich^(22, 168-172) sebagai berikut:

$$Y = \frac{X}{M} = KC^{1/n} \dots \dots \dots (16)$$

di mana : Y = Jumlah zat teradsorp per jumlah massa karbon aktif.

X = Jumlah massa zat yang teradsorpsi.

M = Jumlah massa karbon aktif.

C = Konsentrasi zat polutan dalam air (disebut Adsorbate) pada keadaan setimbang

k, n = Konstanta.

Hubungan kesetimbangan antara X/M dengan C dapat dilihat pada grafik berikut ini

Gambar 4. Grafik hubungan antara zat yang teradsorpsi per jumlah karbon aktif dengan konsentrasi C pada saat kesetimbangan.

Pengolahan air dengan cara adsorpsi satu tahap dengan anggapan bahwa karbon aktif sebagai adsorbent tidak larut atau tidak bereaksi dengan air atau solventnya^(33-36, 173). Air baku dengan konsentrasi adsorbate (zat yang akan diadsorpsi) sebesar C_0 dan laju alir Q , diturunkan konsentrasinya menjadi C_1 (massa adsorbate per unit volume air baku) dengan laju penambahan karbon aktif M (massa/waktu). Jumlah massa zat yang teradsorpsi per jumlah massa karbon aktif akan naik dari Y_0 menjadi Y_1 . Untuk operasi yang kontinyu maka jumlah adsorbate yang direduksi (diambil) dari air baku akan sama dengan jumlah yang di adsorpsi oleh karbon aktif. Persamaan matematikanya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Q (C_0 - C_1) = M (Y_1 - Y_0) \dots \dots \dots (17)$$

Gambar 5. Operasi adsorpsi satu tahap

Jika dianggap bahwa untuk adsorbent yang masih baru, $Y_0 = 0$, maka jika persamaan (1) disubstitusikan ke persamaan (2), didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\frac{M}{Q} = \frac{C_0 - C_1}{KC_1^{1/n}} \dots \dots \dots (18)$$

Untuk adsorpsi yang baik, biasanya besarnya harga n antara 2 - 10; antara 1 - 2 untuk yang agak sulit; sedangkan untuk n lebih kecil dari 1 adsorpsi sangat sulit di lakukan. Di samping itu besarnya harga k juga merupakan parameter yang penting untuk proses adsorpsi⁽¹⁷⁴⁻¹⁷⁶⁾.

Table 2.Parameter Adsorpsi Isotherm Freundlich untuk Adsprosi Merkuri^(177, 178).

Adsorbent	K	1/n
GAC	4,68	3,16
BPHC	42,17	3,5
Coal Fly Ash (pH 2,2)	1,014	0,053
Coal Fly Ash (pH 3,1)	1,094	0,333
Coal Fly ash (pH 3,1)	1,230	0,361
MHBB	1,07	0,32

Keterangan :

GAC = Granular Activated Carbon (karbon aktif butiran)

BPHC =Bicarbonate- treated Peanut Hull Carbon

MHBB = Modified Hardwickia Binata Bark

IV. KESIMPULAN

Senyawa mercury (II) Nitrate merupakan suatu senyawa berupa padatan putih atau tidak berwarna yang dapat larut dalam air, aseton amoniak namun tidak dapat larut didalam alcohol. Senyawa ini berdampak buruk bagi tubuh karena akan terion menjadi Hg^+ dan akan merusak jaringan tubuh. Salah satu penanggulangan logam Hg pada pencemaran lingkungan dapat dilakukan dengan adsorpsi dengan karbon aktif. Permukaan karbon akan menyerap ion Hg.Mercury (II) Nitrate merupakan senyawa yang tidak dapat ditemukan di alam bebas. Perlu dilakukan sintesis terlebih dahulu dengan mereaksikan logam Hg dengan asam nitrat dengan suhu yang sangat tinggi. Mercury (II) nitrate memiliki titik lebur $79^\circ C$, $\Delta H = -743,1 \text{ kJ/mol}$, $\Delta G = -625,8 \text{ kJ/mol}$, $\Delta S = 200,7 \text{ J/molK}$ sehingga reaksi bersifat eksotermis.Mercury (II) Nitrat memiliki massa molar, densitas dan susceptibility magnetic yang mana nilainya berturut-turut 324,6 gr/mol, $4,3 \text{ gr/cm}^3$, dan $-74,0 \times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{mol}$. Kalkulasi kecepatan rata-rata $Hg(NO_3)_2$ pada suhu 298 K kecepatan hanyut, konduktivitas termal yaitu $2,289 \text{ m/s}$, $1,769 \text{ V/pm}$, dan $8,3 \text{ W/m.K}$. Distribusi velositas yang dikalkulasikan pada suhu 300 K yaitu $28,6 \times 10^{-2} \text{ m/s}$. Berdasarkan analisis dengan Chem Draw Profesional 15.0 diperoleh total energy minimalisasi mimimum, perenggangan, dan Stretch-Bend pada suhu 300 Kyang nilainya berturut-turut yaitu 30.3182 kcal/mol, 1.4052 dan -0.1016 . Disamping itu mercury (II) Nitarte digunakan sebagai bahan pembuatan bulu kempa, bahan pembuatan almogam gigi.

Reference

1. The American mercury digest ; 1936. distinguished American mercury articles and stories which have been accorded wide acclaim [text]. New York, etc. ; American mercury ;
2. Miscellaneous Pamphlet Collection (Library of Congress). Address to the public by the editors of the Bristol Mercury, and Monmouthshire, South Wales, and West of England Advertiser, Monday, September 7, 1818. Bristol?: Browne and Manchee; 1818. 8 p. p.
3. Yotsukura N, Fischer HB, Sayre WW. Measurement of mixing characteristics of the Missouri River between Sioux City, Iowa, and Plattsmouth, Nebraska : measurement of longitudinal dispersion, transverse mixing, channel geometry, and transverse velocity distribution. Washington: Govt. Print. Off.; 1970. iv, 29 p. p.
4. Whitmore QR. Experimental investigation of temperature and velocity distribution about a rocket jet. Pasadena1948. v, 84 l. p.
5. West Virginia pulp and paper company. 1941. Industrial chemical sales division., Hassler JW. Active carbon, the modern purifier. New York,: West Virginia pulp and paper company; 1941.
6. Valière J-C. Acoustic particle velocity measurements using lasers : principles signal processing and applications. xi, 143 pages p.
7. United States. Bureau of Mines. Mercury potential of the United States. Washington: Bureau of Mines; 1965. 376 p. p.
8. Suzuki T, Imura N, Clarkson TW. Advances in mercury toxicology. New York: Plenum Press; 1991. xxi, 490 p. p.
9. Suffet IH, McGuire MJ. 1980. Activated carbon adsorption of organics from the aqueous phase. Ann Arbor, Mich.: Ann Arbor Science.
10. Spivak LE, Angoff C. 1979. The American mercury reader : a selection of distinguished articles, stories, and poems published in the American mercury during the past twenty years. 1st AMS ed. New York: AMS Press; 378 p. p.
11. Spivak LE, Angoff C. The American mercury reader; a selection of distinguished articles, stories. Philadelphia,: The Blakiston company; 1944. 5 p.l., -378 p. p.
12. 15 down home country blues classics [sound recording]. El Cerrito, CA: Arhoolie,; 1996.
13. 1949-50-51 Ford/Mercury owners magazine. Midwest City, OK: Shoebox Ford Enterprises; 1993. p. v.
14. Curry JA, Webster PJ. 1999. Thermodynamics of atmospheres and oceans. San Diego, Calif. ; London: Academic Press; xvii, 471 s. p.
15. Schirmer W, Scheel H, Akademie der Wissenschaften der DDR. Klasse Chemie., Akademie der Wissenschaften der DDR. Zentralinstitut für Physikalische Chemie1981.. Adsorption an Zeolithen. Berlin: Akademie-Verlag; 71 p. p.
16. The 1952 Mercury Monterey, manufacutred by the Lincoln-Mercury Division of Ford Motor Company [graphic]1952.
17. 1963 Ford Galaxie and 1962-63 Mercury Monterey. Shop manual supplement. Dearborn, Mich.: Service Dept., Ford Motor Co.; 227 p. p.
18. Ford Motor Company. 1979.Parts and Service Division. Training and Publications Department. 1980 Car shop manual. Dearborn, Mich.: Ford Parts and Service Division, Training and Publications Dept.;
19. Hartley JR, Kaleth J, Thomas R. 1987. 21st century planets suite ; Scientific illustration [sound recording]. London: Cavendish Music,; 1987.
20. Cronkite W. The 60 greatest old-time radio shows of the 20th century [sound recording]. Schiller Park, IL: Radio Spirits,; 1999.
21. Scott CH. Aboriginal autonomy and development in northern Quebec and Labrador. Vancouver: UBC Press; 2001. xii, 436 p. p.

22. George, Humphreys D, Story E, Printed Ephemera Collection (Library of Congress). [Address of the Lords and Commons to His Majesty on the present state of America, etc. February 11, 1775]. Philadelphia: Printed by Enoch Story and Daniel Humphreys; 1775. 1 sheet (p.) p.Sherman JD, Vermeulen T, Anderson RA, American Institute of Chemical Engineers. A
23. dsorption and Ion Exchange Program Committee. Adsorption and ion exchange -- progress and future prospects. New York, N.Y.: American Institute of Chemical Engineers; 1984. 124 p. p.
24. Said Ni. 2010;Metoda Penghilangan Logam Merkuri Di Dalam Air Limbah Industri. Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi. ;6:12.
25. Quirke N. 2006. Adsorption and transport at the nanoscale. Boca Raton: CRC/Taylor & Francis; 186 p. p.
26. Pritchard D. 1990 Air patterns [sound recording]. Pasadena, Calif.: Molecular Music,;.
27. Smíšek M, Černý S. Active carbon: manufacture, properties and applications. Amsterdam, New York,; Elsevier Pub. Co.; 1970. xii, 479 p. p.
28. Perrich JR. 1981. Activated carbon adsorption for wastewater treatment. Boca Raton, Fla.: CRC Press; 252 p. p.
29. Parrish WP. 1952. The influence of the pH of active carbon on the removal of chlorine from solution. Washington, 42 l. p.
30. Amiji MM, Cook TJ, Mobley WC. Applied physical pharmacy. Second edition. ed. xii, 270 pages p.
31. Barton AFM, Haulait-Pirson MC. 1984. Alcohols with water. 1st ed. Oxford ; New York: Pergamon; xix, 438 p. p.
32. Boccaccini AR, Brauer DS, Hupa L, Royal Society of Chemistry (Great Britain). Bioactive glasses : fundamentals, technology and applications. xix, 530 pages p.
33. Clever HL. Argon. 1984.1st ed. Oxford ; New York: Pergamon Press; xviii, 331 p. p.
34. Fitzgerald GB, Govind N, American Chemical Society. Division of Computers in Chemistry. Applications of molecular modeling to challenges in clean energy. xi, 245 pages p.
35. Jourdan F, Mark DF, Verati C. Advances in $^{40}\text{Ar}/^3\text{Ar}$ dating : from archaeology to planetary sciences. vi, 378 pages p.
36. Königsberger E, Königsberger L. Biomineralization : medical aspects of solubility. Chichester, England ; 2006.Hoboken, NJ: J. Wiley; xii, 284 p. p.
37. Mitra AK, Lee CH, Cheng K. 2014.Advanced drug delivery. Hoboken, N.J: Wiley; xvi, 514 p. p.
38. Miyamoto H, Salomon M, Clever HL. 1983. Alkaline earth metal halates. 1st ed. Oxford ; New York: Pergamon Press; xx, 332 p. p.
39. Tomlinson E, Regosz A1985.. Antibiotics. 1st ed. Oxford Oxfordshire ; New York: Pergamon Press; v. <1 > p.
40. Mencken HL, Nathan GJ, 1923Printed Ephemera Collection (Library of Congress). [The American mercury : publisher's prospectus and three editorials by H.L. Mencken]. New York, N.Y.: Alfred A. Knopf;. 4 pieces. p.
41. Mencken HL, Nathan GJ. 1984.The American mercury. Blauvelt, N.Y.: Freedeeds Books; p. v.
42. Mencken HL, Nathan GJ. 1924. The American mercury. New York: Knopf;
43. Ma YH, American Institute of Chemical Engineers. 1983Adsorption and Ion Exchange Committee. Adsorption and ion exchange--'83. New York, N.Y.: American Institute of Chemical Engineers;. 85 p. p.
44. LeVan MD, Knaebel KS, Sircar S, Wankat PC, Bolden WB. 1988.Adsorption and ion exchange : fundamentals and applications. New York, N.Y.: American Institute of Chemical Engineers; 176 p. p.
45. Hoboken, N.J.: Wiley;.Korpela SA. 2011Principles of turbomachinery. xvi, 457 p. p.

46. King JG, MacDougall D, Gilmour H. 1938. The production of active carbon from bituminous coal. London,: H.M. Stationery off. printed by Eyre and Spottiswoode limited; vi, 55 p. incl. illus., tables, diagrs. 2 pl. (1 fold.) p.
47. Canada. Environment Canada., Canada. National Guidelines and Standards Office. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life : nitrate ion. Ottawa: National Guidelines and Standards Office, Environment Canada; 2003. xii, 115 p. p.
48. The gambling thermometer or Fundamental guide to stock-jobbing [graphic]. England: By J. Johnson, 98 Cheapside,; 1814.
49. H.S. Tanner; 1825. The mariners atmospherical register; or, Weather book: comprehended in thirteen sheets, constructed for recording the variations of the marine barometer and thermometer; the latitude, longitude, direction of the wind, state of the weather, and other useful remarks for every day in the year, and for a period of three years, with rules for judging the change and alteration of the weather by the barometer, by which a correct knowledge may be acquired of the approach of gales of wind and storms at sea. Illustrated by some practical remarks and examples demonstrating the great utility of a work of this description. Philadelphia,;
50. Mason Brothers; 1857. The New York almanac and yearly record for ... 1857-58 : containing, in addition to the calendar, a record of the state of the thermometer for every day in the year ... a complete diary for the year ... with a great amount of tables, and useful information generally. New York:
51. Help us make it hot for the Kaiser--1917. Buy your stamps here now and see the thermometer go up--War Savings Stamps issued by the United States Government An idle quarter is a slacker quarter--Invest in Thrift Stamps now and save some lad's life in no man's land [graphic]
52. The 1952 Lincoln Capri, manufactured by the Lincoln-Mercury Division of Ford Motor Company [graphic].
53. Mittal KL, American Chemical Society. 1975. Division of Colloid and Surface Chemistry., American Chemical Society. Adsorption at interfaces : papers from a symposium honoring Robert D. Vold and Marjorie J. Vold sponsored by the Division of Colloid and Surface Chemistry at the 167th meeting of the American Chemical Society, Los Angeles, Calif., April 2-5, 1974. Washington: American Chemical Society; xii, 290 p. p.
54. The 22nd international conference on miniaturized systems for chemistry and life sciences. 2018 edition. ed. pages cm p.
55. Jankowska H, Świątkowski A, Choma J, Kemp TJ. 1991. Active carbon. New York: E. Horwood; 280 p. p.
56. GA: ASHRAE; 2010 American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2010 Ashrae Handbook : Refrigeration. Inch-pound ed. Atlanta,.
57. Boykin DW. 1991 ¹⁷O NMR spectroscopy in organic chemistry. Boca Raton, Fla.: CRC Press;. 325 p. p.
58. González Pérez JMa, Matilla Hernández A, Niclós Gutiérrez J. 11th European Biological Inorganic Chemistry Conference : EUROBIC 11. 1 CD-ROM p.
59. Kluger J, Time Inc. 2011. Home Entertainment. 100 new scientific discoveries : fascinating, unbelievable and mind-expanding stories. New York, N.Y.: TIME Books; 112 p. p.
60. Padwa A. 1984. 1,3-dipolar cycloaddition chemistry. New York: Wiley;
61. Royal Society of Chemistry. 2004. 100 years of physical chemistry : a collection of landmark papers. Cambridge: Royal Society of Chemistry; vii, 376 p. p.
62. Simpkins NS, Royal Society of Chemistry (Great Britain). 1989. 100 modern reagents. Nottingham: Moss Pub; ix, 203 pages p.

63. Strom ET, Rasmussen SC, American Chemical Society. 2011.Division of the History of Chemistry. 100+ years of plastics : Leo Baekeland and beyond. Washington, DCNew York?: American Chemical Society Distributed in print by Oxford University Press; xi,193 p. p.
64. Tamao Kh. 21-seiki no yūki keiso kagaku : 2004.kinōsei busshitsu kagaku no hōko. Tōkyō: Shiemushī Shuppan; viii, 316 p. p.
65. Brunsmann PW, Paalman AC. 1971 [An improved modification of the diphenylcarbazone-mercury (II) nitrate reaction on barbiturates, applied to the toxicologic study of blood on thin-layer chromatography]. *Pharm Weekbl.*;106(52):933-7.
66. Bruenn SW. 1969.A theoretical investigation of the random velocity distribution of interstellar gas clouds [Thesis]. New York?: Columbia University.;
67. Breck DW, Sherman JD, American Institute of Chemical Engineers. 1978.Adsorption and ion exchange separations. New York: American Institute of Chemical Engineers; vi, 125 p. p.
68. Boyk S, Hass HB. 1946.Active carbon from chlorinated coal. n. p.,
69. Borg K. Alkyl mercury poisoning in terrestrial Swedish wildlife. Stockholm,: Svenska jägareförbundet; 1969. (1), 301-79 p., (2) leaves of plates. p.
70. Boiling Point: How Politicians, Big Oil and Coal, Journalists and Activists Are Fueling the Climate Crisis--and What We Can Do to 2004Avert Disaster (Book). *Booklist.*;100(22):1880-.
71. Boiling Point: How Politicians, Big Oil and Coal, Journalists and Activists Have Fueled the Climate Crisis -- And What We Can Do to Avert Disaster (Book). *Publishers Weekly.* 2004;251(24):54-.
72. Boiling Point: How Politicians, Big Oil and Coal,Journalists, and Activists Have Fueled the ClimateCrisis--and What We Can Do to Avert Disaster (Book). *Kirkus Reviews.* 2004;72(11):525-.
73. Boiling Point: How Politicians, Big Oil and Coal, Journalists, and Activists are Fueling the Climate Crisis--And What We Can Do to Avert Disaster. *Choice: Current Reviews for Academic Libraries.* 2005;42(7):1264-.
74. Boiling Point. *Publishers Weekly.* 2010;257(43):29-.
75. Bonds Hit Boiling Point Thanks to ECB. *Wall Street Journal (Online).* 2015:1.
76. Grunwald GD. A comparative study of topological and geometrical parameters in estimating normal boiling point and octanol/water partition coefficient. *Journal of Chemical Information & Computer Sciences.* 1996;36(6):1054-60.
77. A.A. Knopf 1924-Mar. 1935. *American Mercury.*
78. N.Y.,: 1943.The American mercury reader; a selection of distinguished articles, stories. New York, The American mercury; 208 p. p.
79. The American mercury digest; distinguished American mercury articles and stories which have been accorded wide acclaim. New York, etc.,: The American mercury, inc.; 1936.
80. The ambassador of commerce1927.
81. The ambassador of commerce for the city and port of Liverpool and the adjoining boroughs. Liverpool,1924.
82. The American mercury. Hartford, Conn.: Barlow and Babcock; 1784. p. v.
83. 35 pressure indicators. [Contoocook, NH].
84. 20 raggae classics [sound recording]. London: Trojan,; 1984.
85. 20 reggae classics [sound recording]. London: Trojan Records,; 1984.
86. 12 inches of Virgin [sound recording]. Beverly Hills, CA: Virgin,; 1988.
87. The 24 hour woman music from The Shooting Gallery motion picture [sound recording]. Miami, Fl.: WEA Latina,; 1999.
88. 120 talonz 2003. [sound recording]. S.l.: A. Cipher Recordings,;
89. Copyright Collection (Library of Congress). The 100. Contents under pressure2014. 1 videocassette of (Digital Betacam) (60 min.) p.

90. Frank W. 2000Cawood and Associates. 1,001 prescription drugs : side effects, dangerous combinations, and natural healing alternatives. Peachtree City, GA: Frank W. Cawood Pub.; 388 p. p.
91. Hampton B, Collins S, Hicks C, Gallagher D, Mitchell B, Rosman M, et al. 7th heaven. The seventh season [two-dimensional moving image].
92. Melki SA, Azar DT. 2006.101 pearls in refractive, cataract, and corneal surgery. 2nd ed. Thorofare, NJ: SLACK Inc.; xiii, 194 p. p.
93. Milk or Sugar in Your Low-Viscosity-Liquid Dynamic? 2016Scientists Seek the Perfect Cup of Coffee. Wall Street Journal (Online).:1.
94. Vanishing Viscosity Method: Solutions to Nonlinear Systems. Sci-Tech News. 2017;71(2):18-.
95. Gitis M. 2018On the interpretation of shear viscosity ultrasonic measurements. Ultrasonics.;93:1-6.
96. Kampf N, Wachtel EJ, Zilman A, Ben-Shalom N, Klein J. 2018Anomalous viscosity-time behavior of polysaccharide dispersions. The Journal of chemical physics.;149(16):163320.
97. Kim DS, Lee JK. 2019Effect of Slurry Viscosity and Dispersant Agent on the Sintering of 3Y-TZP Ceramics Fabricated by Slip Casting. Journal of nanoscience and nanotechnology.;19(2):1118-21.
98. Leuzinger S, Steingotter A, Nystrom L.2018. Viscosity of Cereal beta-Glucan in the Gastrointestinal Tract. Chimia.;72(10):733-5.
99. Ramon Mendo Escoda J, Areal Guerra R, Alberto Hernaaceutendez L. 2001A Method for the Non-Destructive Analysis of Paper Based on Reflectance and Viscosity. Restaurator.;22(4):187.
100. Schuurmann G. 1997Development of both linear and nonlinear methods to predict the liquid viscosity at 20 degrees C of organic compounds. Journal of Chemical Information & Computer Sciences.;37(6):1122-8.
101. Yuan H, Cheng H, Liu P-sA. Case study on digital library's user viscosity in Chongqing University Library. Library Management. 2012;33(3):184-94.
102. Zhang Y, Moins S, Coulembier O, Seveno D, De Coninck J. Capillary rise of polydimethylsiloxane around a poly(ethylene terephthalate) fiber versus viscosity: Existence of a sharp transition in the dynamic wetting behavior. Journal of colloid and interface science. 2018;536:499-506.
103. Melting point. Times Higher Education Supplement. (1128):13.
104. South Africa's Melting Point. New York Times Book Review.30.
105. Chemistry, biochemistry and pharmacology of hydrogen sulfide. pages cm p.
106. CN, Blowes DW, 1992.American Chemical Society. Division of Geochemistry., American Chemical Society. Meeting. Environmental geochemistry of sulfide oxidation : developed from a symposium sponsored by the Division of Geochemistry, Inc., at the 204th National Meeting of the American Chemical Society, Washington, DC, August 23-28, Washington, DC: American Chemical Society; 1994. xiv, 681 p. p.
107. Friedrich G, Herzig PM, 1985Deutsche Mineralogische Gesellschaft., Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute., Society for Geology Applied to Mineral Deposits. Base metal sulfide deposits in sedimentary and volcanic environments : proceedings of the DMG-GDMB-SGA-meeting, Aachen,. Berlin ; New York: Springer-Verlag; 1988. viii, 290 p. p.
108. Hwang J-Y, Minerals Metals and Materials Society. 2013Extraction and Processing Division., Minerals Metals and Materials Society. Annual Meeting. Characterization of minerals, metals, and materials : proceedings of a symposium. xix, 574 pages p.
109. Inoue Yz. Anteikei saishū shobunjō ni okeru kōnōdo ryūka suiso hassei kikō no kaimei narabini sono kankyō osen bōshi taisaku ni kansuru kenkyū. Tsukuba-shi: Kokuritsu Kankyō Kenkyūjo; 2005. vi, 74 p. p.

110. Ito K. Copper zinc tin sulfide-based thin film solar cells. xii, 421 pages p.
111. Roesky HW. Efficient preparations of fluorine compounds. xx, 454 pages p.
112. Taillefert M, Rozan TF. 2002Environmental electrochemistry : analyses of trace element biogeochemistry. Washington, D.C.: American Chemical Society;. xii, 412 p. p.
113. Tsigdinos GA, Tsigdinos GA, 1978. Moh Gn. Aspects of molybdenum and related chemistry. Berlin ; New York: Springer-Verlag;. 159 p. p.
114. Yoshikawa T, Naito Y. 2011.Gas biology research in clinical practice. Basel: Karger; vii, 148 pages p.
115. Advanced thermodynamics engineering. 1st edition. ed. pages cm p.
116. Bergmann PG, De Sabbata V. 2002.Advances in the interplay between quantum and gravity physics. Dordrecht ; Boston: Kluwer Academic Publishers; viii, 554 p. p.
117. Chen L, Sun F. Advances in finite time thermodynamics : analysis and optimization. Hauppauge, N.Y.: Nova Science Publishers; 2004. xxxviii, 240 p. p.
118. Chiotti P. 1981. The Actinide binary alloys. Vienna: International Atomic Energy Agency; 275 p. p.
119. Clegg B, Ball P, Rawlings S. 30-second physics : the 50 most fundamental concepts in physics, each explained in half a minute. 160 pages p.
120. Ellison MD, Schoolcraft TA, 2008.American Chemical Society. Advances in teaching physical chemistry. Washington, D.C.: American Chemical Society; ix, 332 p. p.
121. Fosdick R, Carlson DE, Chen Y-C. 2000.Advances in continuum mechanics and thermodynamics of material behavior : in recognition of the 60th birthday of Roger L. Fosdick. Dordrecht ; Boston: Kluwer Academic Publishers; 436 p. p.
122. Fuger J. 1992.The Actinide aqueous inorganic complexes. Vienna: International Atomic Energy Agency; 224 p. p.
123. Moore MK, Ledesma EB, American Chemical Society. Division of Industrial and Engineering Chemistry. Academia and industrial pilot plant operations and safety. ix, 97 pages p.
124. Rau U, Abou-Ras D, Kirchartz T. Advanced characterization techniques for thin film solar cells. Weinheim, Germany: Wiley-VCH; 2011. xxxvi, 547 p. p.
125. The American manufacturer. Pittsburgh Pa.: W.B. Conway. p. v.
126. [Advertisements and labels for medicines and health products submitted for copyright, 1839-1884 1840-1869]. 90 pieces p.
127. Huang L, Zhongguo di zhi ke xue yuan. 1992.Xizang Gaoyuan di ke jie gou yu su du fen bu te zheng. Beijing di 1 ban. ed. Beijing: Di zhi chu ban she : Xin hua shu dian zong dian ke ji fa xing suo jing xiao; ix, 122 p. p.
128. Hegge Zijnen BGvd. 1924Measurements of the velocity distribution in the boundary layer along a plane surface. Delft,: Gedrukt bij J. Waltman, jr.;. 6 p.l., 48 p. p.
129. Hassler JW. Active carbon. Brooklyn,: 1951.Chemical Pub. Co.; vi, 384 p. p.
130. Gunkel D. Alternative energy sources. Detroit: Greenhaven Press; 2006. 204 p. p.
131. Gu B, Coates JD. Perchlorate : 2006environmental occurrence, interactions, and treatment. New York: Springer;. xii, 411 p. p.
132. Gonzalez D, New Dallas Angeles. The desert wind [sound recording]. S.l.: Silkheart Records,; 1989.
133. Hem JD, American Chemical Society. 1971Division of Water Air and Waste Chemistry. Nonequilibrium systems in natural water chemistry; a symposium sponsored by the Division of Water, Air, and Waste Chemistry of the American Chemical Society at Houston, Texas, February 24-25, 1970. Washington,: American Chemical Society;. x, 342 p. p.
134. Kothny EL, American Chemical Society. 1973.Division of Water Air and Waste Chemistry. Trace elements in the environment. Washington,: American Chemical Society; ix, 149 p. p.

135. American Chemical Society. Division of Water Air and Waste Chemistry. Preprints of papers presented at ... national meeting. Pittsburgh, Pa.: American Chemical Society. p. v.
136. American Chemical Society. ,1963Division of Water Air and Waste Chemistry. [from old catalog]. American Chemical Society fiftieth anniversary of Division of Water and Waste Chemistry. Washington.
137. Manahan SE. 1990Hazardous waste chemistry, toxicology, and treatment. Chelsea, Mich.: Lewis Publishers;. xiii, 378 p. p.
138. Sosis MB. 1974.The electronic G-factors of molten sodium-sodium chloride solutions [Ph D]: University of Chicago;
139. Sood A, Cheaito R, Bai T, Kwon H, Wang Y, Li C, et al.2018. Direct Visualization of Thermal Conductivity Suppression Due to Enhanced Phonon Scattering Near Individual Grain Boundaries. Nano letters.;18(6):3466-72.
140. Somes RG, Jr. 1992 Identifying the pitlopody (feathered shank) loci of the chicken. The Journal of heredity.;83(3):230-4.
141. Sobecki J, Boonjing V, Chittayasothorn S. 2014.Advanced approaches to intelligent information and database systems. New York: Springer;. x, 366 pages p.
142. Snyder WH, 3rd. 1988Popliteal and shank arterial injury. The Surgical clinics of North America.;68(4):787-807.
143. Tian F, Song B, Chen X, Ravichandran NK, Lv Y, Chen K, et al. 2018.Unusual high thermal conductivity in boron arsenide bulk crystals. Science.;361(6402):582-5.
144. Thurston AJ, Rastorfer J, Burian H, Beasley AW. 1989.The Flek-shin: a composite material for use in flexible shank below-knee prostheses. Prosthetics and orthotics international.;13(2):97-9.
145. Thunell S.1976. Koagulation : koagulationsdiagnostik, blödningsjukdomar. Lund: Studentlitt.;. 137 p. p.
146. Thottathil S, Thomas S, Kalarikkal N, Rouxel D. Advanced polymeric materials for sustainability and innovations [text].
147. Thottathil S, Thomas S, Kalarikkal N, Rouxel D. Advanced polymeric materials for sustainability and innovations. pages cm p.
148. Akademie der Wissenschaften der DDR. 1978.Zentralinstitut für Physikalische Chemie., Scheel H, Akademie der Wissenschaften der DDR. 20 Jahre Zentralinstitut für Physikalische Chemie : Festkolloquium. Berlin: Akademie-Verlag; 75 p. p.
149. Sonntag H, Strenge K. C 1972Coagulation and stability of disperse systems. Jerusalem, New York,; Israel Program for Scientific Translations;Halsted Press;. x, 139 p. p
150. Sonntag H, Strenge K1970. Koagulation und Stabilität disperser Systeme. Berlin,; Deutscher Verlag der Wissenschaften;. 173 p. p.
151. m. phd aslam SR, Masood 2013Alam Adsorpsi Of Hg(II) from aqueous Solution Using adulsa (Justicia Adhatoda) Leaves Powder: Kinetic and Aquilibrium Studies. hindawi pulishing Corporation Journal of chemistry.;:11.
152. Minnesota Pollution Control Agency. 2007Air quality in Minnesota : challenges and opportunities : 2007 report to the Legislature. St. Paul, Minn.: Minnesota Pollution Control Agency;.
153. Dick SJ, United States. 2007.National Aeronautics and Space Administration. History Office. America in space : NASA's first fifty years. New York: Abrams;. 351 p. p.
154. Davis BH, Occelli ML. 2007Fischer-Tropsch synthesis, catalysts and catalysis. 1st ed. Amsterdam ; Boston: Elsevier;. ix, 420 p. p.
155. Davidson HW. 1968.Manufactured carbon. 1st ed. Oxford, New York,; Pergamon Press; ix, 111 p. p.

156. Dakovic M, Popovic Z. 2007 (Nitrato-kappaO)bis(pyridine-2-carboxamide-kappa2N1,O)mercury(II) nitrate. *Acta crystallographica Section C, Crystal structure communications*.;63(Pt 12):m557-9.
157. Dąbrowski A. 1999 Adsorption and its applications in industry and environmental protection. Amsterdam ; New York: Elsevier;.
158. Copyright Collection (Library of Congress). 1993. The American space odyssey. Vol. 2, Voyage of Friendship 7 (Mercury 3). United States: s.n.; 1 videocassette of (VHS) p.
159. Karge HG, Weitkamp J. Adsorption and diffusion. Berlin: Springer; 2008. xiii, 400 p. p.
160. Kalarikkal N, Raneesh B, Nair AK, James J. Plasma and fusion science : from fundamental research to technological applications. xxii, 445 pages p.
161. International Astronomical Union. Symposium (330th : 2017 : Nice France), Recio-Blanco A, De Laverny P, Brown AGA, Prusti TJ. 2017 Astrometry and astrophysics in the Gaia sky : proceedings of the 330th Symposium of the International Astronomical Union held in Nice, France, April 24-28,. xxviii, 418 pages p.
162. Idziak A, Dubiel R. Geophysics in mining and environmental protection. xii, 136 pages p.
163. Copyright Collection (Library of Congress). The American space odyssey. Vol. 1, Freedom 7 (Mercury 1). United States: s.n.; 1993. 1 videocassette of (VHS) p.
164. Copyright Collection (Library of Congress). Alan Jackson, livin', lovin' and rockin' that jukebox 1993. 1 videocassette of (VHS) (ca. 28 min.) p.
165. Comesaña DF. Scan-based sound visualisation methods using sound pressure and particle velocity [textPh D]: University of Southampton; 2014.
166. Che M, Bond GC, Tench AJ. Adsorption and catalysis on oxide surfaces : proceedings of a symposium, Brunel University, Uxbridge, June 28-29, 1984. Amsterdam ; New YorkNew York, NY: Elsevier ;Distributors for the U.S. and Canada, Elsevier Science Pub. Co.; 1985. xviii, 442 p. p.
167. Burchell TD. 1999. Carbon materials for advanced technologies. Amsterdam ; New York: Pergamon; xvii, 540 p. p
168. Friedrich CM 1952.. A numerical difference equation method for determining velocity distribution in coaxial jets. Pittsburgh, 52 l. p.
169. Flank WH, 1980. American Chemical Society. Division of Industrial and Engineering Chemistry. Adsorption and ion exchange with synthetic zeolites : principles and practice : based on a symposium sponsored by the Division of Industrial and Engineering Chemistry at the 180th meeting of the American Chemical Society, San Francisco, California, August 25-26, 1980. Washington, D.C.: American Chemical Society; x, 293 p. p.
170. ezraneti r. 2016. Pengaruh Merkuri Nitrat Dengan Konsentrasi Berbeda Terhadap Benih Ikan Kakap Putih (*Lates Calcarifer Bloch*): Histologi Insang. *Acta Aquatica*.;3:1:4.
171. Erickson RR. The third and fourth moments of the local stellar velocity distribution [Ph D]: University of Chicago; 1974.
172. Zainul, R. (2016, December 18). Design and Modification of Copper Oxide Electrodes for Improving Conversion Coefficient Indoors Lights (PV-Cell) Photocells. <https://doi.org/10.31227/osf.io/pgn84>
173. Zainul, R. (2016, December 18). Design and Modification of Copper Oxide Electrodes for Improving Conversion Coefficient Indoors Lights (PV-Cell) Photocells. <https://doi.org/10.31227/osf.io/pgn84>
174. Zainul, R. (2016, September 24). Determination of the half-life and the quantum yield of ZnO semiconductor photocatalyst in humic acid. <https://doi.org/10.31227/osf.io/e8a9x>
175. Febriani, S. S., Yolanda, T., Arianti, V. A., & Zainul, R. (2018, September 2). A Review Solid Stated : Principles and Methode. <https://doi.org/10.31227/osf.io/7us4x>

176. Liza, Y. M., Yasin, R. C., Maidani, S. S., & Zainul, R. (2018, September 29). SOL GEL : PRINCIPLE AND TECHNIQUE (A REVIEW). <https://doi.org/10.31227/osf.io/2cuh8>
177. Zainul, R. (2016, November 19). Effect of Temperature and Particle Motion against the ability of ZnO Semiconductor Photocatalyst in Humic Acid. <https://doi.org/10.31227/osf.io/wnygb>
178. Dinata, A. A., Rosyadi, A. M., Hamid, S., & Zainul, R. (2018, August 31). A Review CHEMICAL VAPOR DEPOSITION : PROCESS AND APPLICATION. <https://doi.org/10.31227/OSF.IO/Yfeau>
179. Putri, D. F., Ritonga, H. M., Murdiati, V., & Zainul, R. (2018, August 31). A REVIEW WHAT IS HYDROTHERMAL ?. <https://doi.org/10.31227/osf.io/dm56c>
180. Awalliyah, A., Ikhwan, H., Nugiasari, V., & Zainul, R. (2018, August 31). A REVIEW PRINSIP DASAR MILLING DALAM SINTESIS MATERIAL. <https://doi.org/10.31227/osf.io/9xsqe>
181. Candani, D., Ulfah, M., Noviana, W., & Zainul, R. (2018, September 1). A Review Pemanfaatan Teknologi Sonikasi. <https://doi.org/10.31227/osf.io/uxknv>
182. Fatimah, P., Jumalia, R., Novianti, E. R., & Zainul, R. (2018, August 31). A REVIEW Teknik Blended : Prinsip dan Dasar-Dasar. <https://doi.org/10.31227/osf.io/tm2w4>
183. Zainul, R., Oktavia, B., Dewata, I., & efendi, j. (2017, February 4). Studi Dinamika Molekular dan Kinetika Reaksi pada Pembelahan Molekul Air untuk Produksi Gas Hidrogen. <https://doi.org/10.31227/osf.io/876s3>
184. Zainul, R., Alif, A., Aziz, H., Arief, S., & s. (2015, October 22). Photoelectrospitting Water Mechanism at Carbon Electrode Surface using Indoor lights. <https://doi.org/10.31227/osf.io/vcxq8>
185. Zainul, R., Alif, A., Aziz, H., Arief, S., & s. (2015, October 22). Photoelectrospitting Water Mechanism at Carbon Electrode Surface using Indoor lights. <https://doi.org/10.31227/osf.io/vcxq8>
186. M., Yani, S. R., & Zainul, R. (2017, September 4). Aktivasi Tanah Napa dan Pengaruhnya Terhadap Adsorpsi Ion Timbal (II)/ Pb²⁺. <https://doi.org/10.31227/osf.io/ps523>
187. P, O. M., A, L. G., S, A. Y. M., & Zainul, R. (2018, September 1). A Review Grinding : Teknik dan Prinsip Dasar pada Pengolahan Material. <https://doi.org/10.31227/osf.io/trv4q>
188. H., Sanjaya, H., & Zainul, R. (2016, August 30). Synthesis and Electrical Properties of ZnO-ITO and Al-ITO thin Film by Spin Coating Technique Through Sol Gel Process. <https://doi.org/10.31227/osf.io/unrt4>
189. M., Sanjaya, H., & Zainul, R. (2015, December 30). Characterization of napa soil and adsorption of Pb (II) from aqueous solutions using on column method. <https://doi.org/10.31227/osf.io/t8fh9>
190. chaidir, z., Fadjria, N., A., & Zainul, R. (2016, December 5). ISOLATION AND MOLECULAR IDENTIFICATION OF FRESHWATER MICROALGAE IN MANINJAU LAKE WEST SUMATERA. <https://doi.org/10.31227/osf.io/nbcuf>
191. chaidir, z., Zainul, R., Nurakhbari, D., & Salim, M. (2016, September 24). Optimization of Spirulina Platensis Culture for Antioxidant Production. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/FD6E4>
192. Zainul R, Oktavia B, Dewata I, Efendi J. 2018, Thermal and Surface Evaluation on The Process of Forming a Cu₂O/CuO Semiconductor Photocatalyst on a Thin Copper Plate. *Proc. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 335:012039: IOP Publishing
193. Zainul R, Alif A, Aziz H, Arief S, Dradjad S, Munaf E. 2015. Design of photovoltaic cell with copper oxide electrode by using indoor lights. *RESEARCH JOURNAL OF PHARMACEUTICAL BIOLOGICAL AND CHEMICAL SCIENCES* 6:353-61

194. Mawardi M, Deyundha D, Zainul R. Characterization of PCC Cement by Addition of Napa Soil from Subdistrict Sarilamak 50 Kota District as Alternative Additional Material for Semen Padang. *Proc. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018, 335:012034: IOP Publishing
195. Anhar A, Sumarmin R, Zainul R. 2016. Measurement of Glycemic Index of West Sumatera Local Rice Genotypes for Healthy Food Selection. <https://doi.org/10.31227/osf.io/tgy8h>
196. Zainul R, Dewata I. 2015. Determination of pH-BOD-COD and degradation in batang arau watersheds at Padang city [10.31227/osf.io/efdji](https://doi.org/10.31227/osf.io/efdji).
197. Zainul R, Alif A, Aziz H, Arief S. 2015. DISAIN GEOMETRI REAKTOR FOTOSEL CAHAYA RUANG. *Jurnal Riset Kimia* 8:131 <https://doi.org/10.25077/jrk.v8i2.230>
198. Zainul R, Alif A, Aziz H, Arief S, Darajat S. 2015. Modifikasi dan Karakteristik IV Sel Fotovoltaik Cu₂O/Cu-Gel Na₂SO₄ Melalui Iluminasi Lampu Neon. *EKSAKTA* 2:50
199. Yasthopi A. 2015. Photoelectrosplitting water for hydrogen production using illumination of indoor lights. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 7:246-56
200. Zainul R. 2015. Disain dan Modifikasi Kolektor dan Reflektor Cahaya pada Panel Sel Surya Al/Cu₂O-Gel Na₂SO₄. <http://repository.unp.ac.id/id/eprint/610>
201. Mawardi Anwar E, Kosela S, Wibowo W, Zainul R. 2015. Study of Pb (II) biosorption from aqueous solution using immobilized Spirogyra subsalsa biomass. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 7:715-22
202. Desy Kurniawati I, Harmiwati SS, Chaidir Z, Munaf E. Rahmiana Zein, Hermansyah Aziz, Rahadian Zainul. 2015. Biosorption of Pb (II) from Aqueous Solutions Using Column Method by Lengkek (Euphoria logan lour) Seed and Shell. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 7:872-7
203. Zainul R, Nurakhbari D, Salim M. Optimization of Spirulina Platensis Culture for Antioxidant Production. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/FD6E4>
204. Horiza, H., Azhar, M. and Efendi, J. (2017) "EKSTRAKSI DAN KARAKTERISASI INULIN DARI UMBI DAHLIA (Dahlia sp.L) SEGAR DAN DISIMPAN", *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 18(01), pp. 31-39. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss01/14>.
205. Iryani, I., Iswendi, I. and Katrina, I. T. (2017) "UJI AKTIVITAS ANTI DIABETES MELLITUS SENYAWA METABOLIT SEKUNDER FRAKSI AIR DARI BERAS KETAN HITAM (Oryza satival. Var glutinosa) PADA MENCIT PUTIH", *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 18(01), pp. 54-60. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss01/17>.
206. Suryelita, S., Etika, S. B. and Kurnia, N. S. (2017) "ISOLASI DAN KARAKTERISASI SENYAWA STEROID DARI DAUN CEMARA NATAL (Cupressus funebris Endl.)", *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 18(01), pp. 86-94. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss01/23>.
207. Iskandar, I., Horiza, H. and Fauzi, N. (2017) "EFEKTIVITAS BUBUK BIJI PEPAYA (Carica Papaya Linnaeus) SEBAGAI LARVASIDA ALAMI TERHADAP KEMATIAN LARVA AEDES AEGYPTY TAHUN 2015", *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 18(01), pp. 12-18. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss01/12>.
208. Ramli, R., Jonuarti, R. and Hartono, A. (2017) "ANALISIS STRUKTUR NANO DARI LAPISAN TIPIS COBALT FERRITE YANG DIPREPARASI DENGAN METODE

- SPUTTERING”, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 18(01), pp. 46-53. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss01/16>.
209. Sanjaya, H. (2017) “DEGRADASI METHYLENE BLUE MENGGUNAKAN KATALIS ZnO-PEG DENGAN METODE FOTOSONOLISIS”, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 18(02), pp. 21-29. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss02/45>.
 210. Ningsih, S. K. (2017) “SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANOPARTIKEL ZnO DOPED Cu²⁺ MELALUI METODA SOL-GEL”, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 18(02), pp. 39-51. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss02/51>.
 211. Saiya, A. (2017) “ANALISIS RESIDU KLOPIRIFOS DALAM SAYURAN KUBIS DENGAN METODE HPLC DI BEBERAPA PASAR TRADISIONAL DI SULAWESI UTARA”, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 18(02), pp. 77-85. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss02/57>.
 212. Syafei, N. (2017) “ANALISA FENOMENA KOROSI PELAT PIPA BAJA KARBON API 5L-X65 DALAM LARUTAN 250 ML ASAM ASETAT DAN 4750 ML AQUADES PADA KONDISI GAS CO₂ DAN H₂S JENUH PADA SUHU RUANG”, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 18(02), pp. 113-120. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss02/63>.
 213. Tutuarima, T. (2017) “SIFAT FISIK DAN KIMIA MARMALADE JERUK KALAMANSI (Citrus microcarpa) : KAJIAN KONSENTRASI PEKTIN DAN SUKROSA Physical and Chemical Properties of Marmalade Citrus of Calamondin (Citrus microcarpa) : Study of Pectin and Sucrose Concentrations”, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 18(02), pp. 164-172. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss02/73>.
 214. Ruswandi, R. (2018) “Determination of Fructose Content resulted by Inulin Hydrolysis with DNS as Oxidizer”, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 19(1), pp. 14-23. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss1/102>.
 215. Sanjaya, H. (2018) “DEGRADASI METIL VIOLET MENGGUNAKAN KATALIS ZnO-TiO₂ SECARA FOTOSONOLISIS”, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 19(1), pp. 91-99. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss1/131>.
 216. Hidayani, T. (2018) “GRAFTING POLIPROPILENA DENGAN MALEAT ANHIDRIDA SEBAGAI PENGIKAT SILANG DENGAN INISIATOR BENZOIL PEROKSIDA”, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 19(1), pp. 56-62. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss1/127>.
 217. Prabowo, H. (2018) “PENYELIDIKAN KELAYAKAN KIMIA DAN PENYEBARAN CADANGAN PASIR BESI DAERAH TIKU KABUPATEN AGAM UNTUK BAHAN BAKU SEMEN PADA PT. SEMEN PADANG”, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 19(1), pp. 39-42. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss1/121>.
 218. Syafei, N. (2018) “Riset Material ANALISA FENOMENA KOROSI PELAT PIPA BAJA KARBON API 5L-X65 DALAM LARUTAN 7900 ML AIR LAUT DAN 100 ML AMONIAK PADA KONDISI GAS CO₂ DAN H₂S JENUH PADA SUHU

- RUANG.”, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 19(1), pp. 7-13. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss1/83>.
219. Parbuntari, H., Prestica, Y., Gunawan, R., Nurman, M. and Adella, F. (2018) “Preliminary Phytochemical Screening (Qualitative Analysis) of Cacao Leaves (*Theobroma cacao* L.)”, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 19(2), pp. 40-45. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss2/142>.
 220. Dinata, M. and Soehardi, F. (2018) “Factor Analysis of Physics Chemistry Waters that Affects Damage Safety Cliff on the Outskirts of River Siak”, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 19(2), pp. 46-49. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss2/143>.
 221. Sofyanita, S. and Octaria, Z. (2018) “Fenthion Compound Degradation in the Pesticide Bayleton 500 ec in Sonolysis, Ozonolysis and Sonozonolysis with Addition of TiO₂-anatase”, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 19(2), pp. 70-79. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss2/153>.
 222. Harahap, F. and Lubis, L. (2018) “Analysis of Heavy Metals Distribution in the River Town of Hamasaki’s Rod Padangsidempuan”, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 19(2), pp. 50-56. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss2/149>.
 223. Syafei, N., Hidayat, D., Emilliano, E. and Men, L. (2018) “Analysis Cracking Corrosion on Carbon Steel Pipes API 5L-X65 In Solution 7700 ml Aquades, 250 ml Acetic Acid and 50 ml Ammonia with Gas CO₂ and H₂S in Saturation Condition”, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 19(2), pp. 21-31. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss2/138>.
 224. Dunne LJ, Manos G. 2010. Adsorption and phase behaviour in nanochannels and nanotubes. Dordrecht ; London: Springer; x, 295 p. p.
 225. Khalil M. 2013 pemaparan Merkuri Nitrat Hg(NO₃)₂ Dengan Konsentrasi Berbeda Pada Jaringan Hati Benih Ikan Kakap Putih (*Lates Calcarifer* Bloch): tinjauan histologi.; 133-140:7.
 226. Adsorption and adsorbents. New York,: Wiley.
 227. Adsorption, aggregation and structure formation in systems of charged particles. pages cm p.
 228. Adsorption [text].
 229. Nema PK, Kaur BP, Mujumdar AS. Drying technologies for foods : fundamentals and applications. pages cm p.
 230. Zaikov GE, Bazylak LI, Haghi AK. Functional Polymer Blends and Nanocomposites : A Practical Engineering Approach. xviii, 349 pages p.
 231. Cahn SB, Mahan GD, Nadgorny BE. A guide to physics problems. New York: Plenum Press; 1994. 2 bd. p.
 232. Gibbs JW. 1931 The collected works of J. Willard Gibbs. New York: Longmans; 2 bind. p.
 233. Greiner W, Neise L, Stöcker H. 2000. Thermodynamics and statistical mechanics. New York: Springer-Verlag; xii, 463 s. p.
 234. 182. Jancovici B. 1973. Statistical physics and thermodynamics. London: McGraw-Hill; xi, 147 s. p.
 235. Kondepudi DK, Prigogine I. 1998. Modern thermodynamics : from heat engines to dissipative structures. Chichester: John Wiley; xx, 486 s. p.
 236. Moffatt WG, Pearsall GW, Wulff J. 1964. Structure and properties of materials. N. Y.: John Wiley & Sons; Bd. 1-. p.

237. Münster A. 1969. Statistical thermodynamics. Berlin: Springer-Verlag; 2 bd. p.
238. Pauli W, Enz CP. 1973. Pauli lectures on physics. London: MIT Press; 6 bd. p.
239. Teisseyre R, Majewski E. 2001. Earthquake thermodynamics and phase transformations in the earth's interior. San Diego, Calif.: Academic; xxii, 674 s. p.
240. Soller T. 1930. Velocity distribution of secondary electrons from molybdeum. Minneapolis, 1, 1212-20 p. p.
241. Nazareth RA, Sreekumar NV, Narayana B. 2001. Indirect complexometric determination of mercury(II) using guanidine nitrate as a selective masking agent. *Analytical sciences : the international journal of the Japan Society for Analytical Chemistry.*; 17(11):1339-41.
242. Bohm D, Aller LH. 1947. The electron velocity distribution in gaseous nebulae and stellar envelopes. n.p. 20 p. p.
243. Bhowmik NG. 1991. Velocity distribution at two sites within the southern basin of Lake Michigan. Champaign, Ill.: Illinois State Water Survey; 39 p. p.
244. Bansal RC, Donnet J-B, Stoeckli F. 1988. Active carbon. New York: M. Dekker; xiv, 482 p. p.
245. Zainul, R. (2016, December 18). Design and Modification of Copper Oxide Electrodes for Improving Conversion Coefficient Indoors Lights (PV-Cell) Photocells. <https://doi.org/10.31227/osf.io/pgn84>
246. Zainul, R. (2016, September 24). Determination of the half-life and the quantum yield of ZnO semiconductor photocatalyst in humic acid. <https://doi.org/10.31227/osf.io/e8a9x>
247. Febriani, S. S., Yolanda, T., Arianti, V. A., & Zainul, R. (2018, September 2). A Review Solid Stated : Principles and Methode. <https://doi.org/10.31227/osf.io/7us4x>
248. Liza, Y. M., Yasin, R. C., Maidani, S. S., & Zainul, R. (2018, September 29). SOL GEL : PRINCIPLE AND TECHNIQUE (A REVIEW). <https://doi.org/10.31227/osf.io/2cuh8>
249. Zainul, R. (2016, November 19). Effect of Temperature and Particle Motion against the ability of ZnO Semiconductor Photocatalyst in Humic Acid. <https://doi.org/10.31227/osf.io/wnygb>
250. Dinata, A. A., Rosyadi, A. M., Hamid, S., & Zainul, R. (2018, August 31). A Review CHEMICAL VAPOR DEPOSITION : PROCESS AND APPLICATION. <https://doi.org/10.31227/osf.io/yfeau>
251. Ausikaitis JP, Myers AL, Sweed NH, 1985. American Institute of Chemical Engineers. Meeting, American Institute of Chemical Engineers. Group 2 (Diffusional Operations and Processes). Adsorption and ion exchange : recent developments. New York, N.Y.: American Institute of Chemical Engineers; 94 p. p.
252. Aleksandersen Ag. 1992. Æ [sound recording]. Norway: Plateselskapet,;
253. Abrams IM, Zwiebel I, Sweed NH, 1975. American Institute of Chemical Engineers. Adsorption/Ion Exchange Program Committee (Area 2F). Adsorption and ion exchange. New York: American Institute of Chemical Engineers; vi, 243 p. p.
254. Gwathmey ES. 1937. Effect of similarity particles on gas kinetic quantities with application to nuclear spins. Lancaster, Pa.,: Lancaster press, inc.; cover-title, p. 944-51. diagrs. 27 x 20 cm. p.
255. Mortimer RG. 2008. Physical chemistry. 3rd ed. Amsterdam ; Boston: Academic Press/Elsevier; xvii, 1395 p. p.
256. Zainul, R. (2016, December 18). Design and Modification of Copper Oxide Electrodes for Improving Conversion Coefficient Indoors Lights (PV-Cell) Photocells. <https://doi.org/10.31227/osf.io/pgn84>
257. Xu K. 2007. Direct modeling for computational fluid dynamics : construction and application of unified gas-kinetic schemes. xvi, 318 pages p.

258. Norwell, MA. 2001. Adsorption.: Kluwer Academic Publishers.