Kalium Nitrat (KNO_3): Karakteristik Senyawa dan Transpor Ion

Kuntum Kh. Nurfadilah^{*1}, Rahadian Zainul²

¹Pendidikan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Padang, Indonesia

²Laboratorium Kimia Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Padang, Indonesia

*Email : la.d8988@gmail.com

Abstrak. Kalium Nitrat merupakan garam anorganik dengan rumus kimia KNO_3 . Kalium Nitrat termasuk senyawa ionik yang disusun oleh kation K^+ dan NO_3^- dan merupakan sumber nitrogen paling penting dalam. Kalium nitrat bersifat polar yang dapat larut di dalam air, 133 g/L (0°C) dan 316 g/L (20°C). Penelitian yang dilakukan terhadap Kalium Nitrat digunakan untuk menganalisis struktur molekul dan sifat-sifat transpor ion senyawa menggunakan kalkulasi matematis dan pemodelan dari *ChemOffice 15.0*. Data lain seperti sifat-sifat atom penyusun dan sifat transpor ion didapat dengan review beberapa jurnal dari beberapa sumber sesuai dengan bagan Fishbone yang telah dibuat. Mr KNO_3 : 101 g/mol, ρ : 2,109 g/cm³, titik leleh: 334°C dan titik didih: 400°C yang membuat KNO_3 terdekomposisi menjadi KNO_2 . Mobilitas kation K^+ : $7,62 \text{ m}^2\text{s}^{-1}\text{V}^{-1}$ dan NO_3^- : $7,40 \text{ m}^2\text{s}^{-1}\text{V}^{-1}$. Konduktivitas KNO_3 : $0,09479 \times 10^{-8} \text{ mho/cm}$. kecepatan hanyut K^+ : $7,62 \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{V}^{-1}$ dan NO_3^- = $15,429 \times 10^{-8} \text{ m/s}$. Larutan ini memiliki viskositas (η) = $0,216 \times 10^{-3} \text{ mPa.s}$. Optimasi MM2 minimization menunjukkan bahwa Kalium Nitrat memiliki Stretch: 0.0518; Bend: 2.8626; Stretch-Bend: -0.0591; Torsion: 0.0000; Non-1,4 VDW: 3.5709; 1,4 VDW: 0.0000; Charge/Charge: -39.0035; Charge/Dipole: -3.8510; Dipole/Dipole: 0.0000; Total Energy: -36.4283 kcal/mol, pada kalkulasi MM2 Dynamics, Kalium Nitrat memiliki Iteration Time sebesar 3140.628; Total Energy -52.274; Potential Energy -55.683; Temperature 228.77. dan dengan kalkulasi MM2 Properties, Kalium Nitrat memiliki Stretch: 1.9202; Bend: 17.0060; Stretch-Bend: -2.7911; Torsion: 0.0000; Non-1,4 VDW: 12.3427; 1,4 VDW: 0.0000; Charge/Charge: -64.2742; Charge/Dipole: -19.4215; Dipole/Dipole: 0.0000; Total Energy: -55.2178 kcal/mol; The total energy of frame: -55.218 kcal/mol.

Keyword: Kalium nitrat, atom penyusun, interaksi molekuler

1. Pendahuluan

KNO_3 (1–3) merupakan suatu senyawa garam yang disusun oleh kation K^+ dan anion NO_3^- . Senyawa(4,5) ini bersifat elektrolit kuat dan merupakan suatu sumber nitrogen paling penting dalam, biasanya kalium nitrat sering disebut sebagai sendawa chili. Karena bersifat elektrolit kuat yang mudah terionisasi menjadi ion-ion, kalium nitrat memiliki kelarutan yang tinggi di dalam air, dengan keadaan 0°C dalam 1L air kalium nitrat yang larut dapat mencapai 133g, namun kelarutannya tidak sebesar NaNO_3 dengan kondisi yang sama (89, 91-92).

Senyawa [1-3] ini bersifat senyawa ion yang disusun oleh ion K^+ dan NO_3^- (6–10) dengan bentuk kristal putih dan tidak berbau. Kalium Nitrat memiliki massa molekul relatif sebesar 101 g/mol dengan densitas sebesar $2,109 \text{ g/cm}^3$ dan titik leleh 334°C . Pada saat

suhu 400°C, KNO₃ akan terdekomposisi menjadi KNO₂(1–3). Saat suhu 0°C, kelarutannya 133 g/L dan saat suhu 20°C kelarutannya menjadi 316 g/L. Kalium Nitrat dapat larut dalam air, gliserol, amonia, dan bersifat Oksidizer atau Oksidator. Karena sifat Oksidizer nya, Kalium Nitrat dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam bahan peledak seperti *blackpowder* yang digunakan pada Perang Dunia I oleh pasukan tentara amerika(11–15).

Karena Kalium Nitrat adalah senyawa ion, maka senyawa ini dapat ditentukan parameter transpor ion nya seperti kecepatan hanyut, bilangan transpor, mobilitas ion, difusi dan viskositas dalam Hukum Fick I (59, 62, 69-71).

Proses pemurnian Kalium Nitrat pertama kali dilakukan pada tahun 1270 insinyur Hasan al-Rammah, seorang kimiawan dari Suriah dan ditulis dalam bukunya yang berjudul *al-furusiyya wa al-Manasib al-Harbiyya* (The Book of Military Horsemanship and Ingenious War Devices). Dalam buku ini, al-Rammah menjelaskan pertama pemurnian *barud* (mineral sendawa mentah) melalui perebusan dengan sedikit air dan hanya menggunakan larutan panas, kemudian menggunakan kalium karbonat (dalam bentuk abu kayu) untuk menghilangkan kalsium dan magnesium melalui pengendapan karbonatnya dari larutan ini, meninggalkan larutan kalium nitrat yang dimurnikan, yang kemudian dapat dikeringkan. Al-Rahmmah menjelaskan pemurnian barud (mineral sendawa mentah) untuk pertama kalinya melalui perebusan dengan air yang sedikit, hanya menggunakan larutan panas dan menggunakan Kalium Karbonatr dalam bentuk abu kayu untuk menghilangkan kandungan kalsium didalamnya dan magnesium menggunakan pengendapan karbonatnya dari larutan sehingga meninggalkan Kalium nitrat yang dimurnikan dan dapat dikeringkan. Kalium Nitrat bisa didapatkan endapan yang mengkristal padadinding gua dan akumulasi *guano* kelelawar di gua-gua, jerami, urin, asam nitrat melalui proses Harber

Kalium nitrat dapat dibuat dengan:

- a. Ammonium Nitrat dan Kalium Hidroksida:

- b. Ammonium Nitrat dan Kalium Klorida:

- c. Asam Nitrat dengan Kalium Hidroksida:

- d. Natrium Nitrat dengan Kalium Klorida.

Kalium Nitrat diantaranya dapat digunakan sebagai Pupuk, Oksidator, pengawetan dan pembuatan makanan, serta dalam dunia Farmakologi. Selain itu, Kalium Nitrat juga dapat digunakan sebagai bahan dalam roket dan pasta gigi anti sensitif.

Kristal Kalium Nitrat berbentuk ortorombik pada suhu kamar, dan dapat berubah menjadi sistem trigonal pada suhu 129 °C. Pada pemanasan sampai suhu antara 550 dan 790 °C di bawah tekanan atmosfer oksigen, senyawa ini melepaskan oksigen dan mencapai suatu kesetimbangan dengan persamaan:

Kalium Nitrat dapat larut dalam air dan akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu. Kelarutannya dalam air adalah 133 g/L (0°C) dan 316 g/L (20°C), tetapi tidak larut dalam alkohol dan tidak beracun. Larutan encer hampir netral, menunjukkan pH 6,2 pada 14 °C untuk larutan 10% bubuk komersial. Keadaan ini tidak begitu higroskopis dengan menyerap sekitar 0,03% air dalam 80% kelembaban relatif lebih dari 50 hari. Senyawa ini merupakan Oksidizer yang baik.

2. Metode

Dalam menentukan transpor ion dari Kalium Nitrat, digunakan metode komputasi dan perhitungan matematika dari tiap-tiap sifat transpor ion dengan teori yang beragam (62-89). Sementara itu, untuk menentukan karakteristik dan struktur dari Kalium Nitrat digunakan aplikasi ChemDraw Profesional 15.0 dan Chem3D 15.0 dengan memperhitungkan MM2 Minimization, MM2 Dynamics, dan MM2 Properties.

Kalium Nitrat memiliki fisik bubuk putih yang mudah larut dalam air dan tidak berbau. Sementara itu, untuk menganalisis struktur dan karakteristik Kalium Nitrat digunakan pengolahan data MM2 pada aplikasi *Chemoffice* 15.0. Pengolahan data ini digunakan untuk mengetahui bentuk senyawa, jenis ikatan pada senyawa, pergerakan molekul serta bagian-bagian lainnya yang tidak dapat diamati secara langsung oleh mata tanpa bantuan alat. Dan untuk bentuk senyawa dalam 2 dimensi dan 3 dimensi digunakan aplikasi *Chemdraw* 15.0 dan *Chem3D* 15.0.

Beberapa tahap penelitian menggunakan aplikasi *Chemoffice* adalah analisis molekul 2D dengan *ChemDraw*, analisis molekul 3D dengan *Chem3D*. Pemodelan yang dilakukan dengan asumsi molekul KNO₃ dengan pergerakan dan vibrasi yang mungkin terjadi dalam senyawa.

Analisis 3D dilakukan dengan memindahkan molekul 2D *ChemDraw* ke *Chem3D* dengan cara copy-paste. Pada bagian *Chem3D*, molekul KNO₃ menjadi 3D untuk dianalisis kalkulasi optimasi yang tersedia pada menu *Chem3D*. Sementara itu, analisis besaran kimia pada transpor ion KNO₃ digunakan pengolahan dan perhitungan data, dan sitasi referensi menggunakan aplikasi *Endnote*.

Bagan 1. Fishbone KNO₃

3. Analisis GAP

Titik leleh Kalium Nitrat adalah 334⁰C dan saat suhu 400⁰C, KNO₃ akan terdekomposisi menjadi KNO₂ dengan reaksi:

Saat suhu 0⁰C, kelutannya 133 g/L dan saat suhu 20⁰C kelutannya menjadi 316 g/L.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Karakteristik Senyawa

Senyawa Kalium Nitrat (KNO₃) berwujud kristal putih dan tidak berbau, mudah larut dalam air dengan kelutannya 133 g/L (0⁰C); 316 g/L (20⁰C). Kalium nitrat memiliki sifat fisika tertentu yang membentuknya. Densitas (ρ) dari senyawa adalah 2.109 g/cm³, titik leleh sebesar 334⁰C dan titik lebur sebesar 607 K. Senyawa ini memiliki perubahan entalpi (ΔH) pembentukan dengan energi -483 kJ/mol dalam keadaan cair, dan energi -495 kJ/mol dalam keadaan padat. Jika dilihat dari sifat kimia, Kalium Nitrat bersifat Oksidizer atau Oksidator dan memiliki struktur aragonite dengan massa molekul relatif sebesar 101 g/mol.

Gambar 1. Bubuk Kalium Nitrat

Berikut merupakan bentuk senyawa Kalium Nitrat dalam 2D dan 3D:

potassium nitrate

Gambar 2. Kalium Nitrat 2D

Gambar 3. Kalium Nitrat 3D Model *Wire Frame*

Gambar 4. Kalium Nitrat 3D Model *Stick*

Gambar 5. Kalium Nitrat 3D *Ball and Stick*

Gambar 6. Kalium Nitrat 3D Model *Cylindrical Bonds*

Gambar 7. Kalium Nitrat 3D Model *Space Filling*

4.2. Optimasi MM2

4.2.1. MM2 Calculation completed successfully

-----MM2 Minimization-----

Pi System: 3 4 2 5

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

Stretch: 0.0518

Bend: 2.8626

Stretch-Bend: -0.0591

Torsion: 0.0000

Non-1,4 VDW: 3.5709

1,4 VDW: 0.0000

Charge/Charge: -39.0035

Charge/Dipole: -3.8510

Dipole/Dipole: 0.0000

Total Energy: -36.4283 kcal/mol

Calculation ended

4.2.2. *MM2 Calculation completed successfully*

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

Pi System: 3 4 2 5

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

Iteration	Time	Total Energy	Potential Energy	Temperature
314	0.628	-52.274 ± 0.000	-55.683 ± 0.000	228.77 ± 0.00

Calculation ended

MM2 Calculation completed successfully

4.2.3. *MM2 Properties*

-----MM2 Properties-----

Pi System: 3 4 2 5

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

Stretch:	1.9202
Bend:	17.0060
Stretch-Bend:	-2.7911
Torsion:	0.0000
Non-1,4 VDW:	12.3427
1,4 VDW:	0.0000
Charge/Charge:	-64.2742
Charge/Dipole:	-19.4215
Dipole/Dipole:	0.0000
Total Energy:	-55.2178 kcal/mol

The total energy for this frame: -55.218 kcal/mol

Calculation ended

4.3. Atom Penyusun

4.3.1. Kalium(16–20)

Secara kimiawi, Kalium sangat mirip dengan Natrium yang berada pada golongan yang sama. Kedua atom ini memiliki energi ionisasi pertama yang sama dengan kemungkinan melepas satu elektron terluarnya. Ion kalium berfungsi pada semua sel hidup transfer ion kalium terjadi melalui membran sel saraf yang dibutuhkan untuk transmisi saraf secara normal.

Gambar 7. Mutiara kalium didalam minyak paraffin (ukuran mutiara besar 0,5 cm)

4.3.1.1. Atom dalam Tabel Periodik(21–23)

Nomor atom (<i>Z</i>)	: 19
Golongan, blok	: golongan 1 (logam alkali), blok-s
Periode	: periode 4
Kategori unsur	: logam alkali
Bobot atom standar ($\pm$) (<i>A_r</i>)	: 39,0983(1)
Konfigurasi elektron	: [Ar] 4s ¹
per kelopak	: 2, 8, 8, 1

4.3.1.2. Sifat Fisika(24–28)

Fase	: padat
Titik lebur	: 336,53 K (63,38 °C, 146,08 °F)
Titik didih	: 1032 K (759 °C, 1398 °F)
Kepadatan mendekati s.k. saat cair, pada t.l.	: 0,862 g/cm ³ : 0,828 g/cm ³
Titik tripel	: 336,35 K, kPa
Kalor peleburan	: 2,33 kJ/mol
Kalor penguapan	: 76,9 kJ/mol
Kapasitas kalor molar	: 29,6 J/(mol·K)

4.3.1.3. Sifat Atom(12,13,29–32)

Bilangan oksidasi	: 1 oksida basa kuat
Elektronegativitas	: Skala Pauling: 0,82
Jari-jari atom	: empiris 227 pm
Jari-jari kovalen	: 203 ± 12 pm
Jari-jari van der Waals	: 275 pm

3.3.1.3. Sifat lain (85-90)

Kecepatan suara batang ringan	: 2000 m/s (suhu 20 °C)
Ekspansi kalor	: $83,3 \mu\text{m}/(\text{m} \cdot \text{K})$ (suhu 25 °C)
Konduktivitas termal	: $102,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Resistivitas listrik	: $72 \text{ n} \Omega \cdot \text{m}$ (suhu 20 °C)
Arah magnet	: paramagnetik
Modulus Young	: 3,53 GPa
Modulus Shear	: 1,3 GPa
Modulus Bulk	: 3,1 GPa
Skala Mohs(33–38)	: 0,4
Skala Brinell(39–41)	: 0,363 MPa
Nomor CAS	: 7440-09-7

3.4. Nitrogen(42–44)

Banyak senyawa penting dalam dunia industri yang mengandung atom nitrogen didalamnya. Contohnya, amonia, asam nitrat, nitrat organi, dan sianisa. Gas Nitrogen memiliki ikatan rangkap tiga yang sangat kuat dengan ikatan yang paling kuat adalah ikatan diatomik. Karena sifat ini, nitrogen sulit untuk disintesis menjadi senyawa lain.

3.4.1. Atom dalam Tabel Periodik(29,30,36)

Nomor atom (Z)	: 7
Golongan, blok	: golongan 15 (pniktogen), blok-p
Periode	: periode 2
Kategori unsur	: nonlogam
Bobot atom standar (A_r)	: $[14.00643, 14.00728]^{[1]}$ konvensional: 14.007
Konfigurasi elektron	: $[\text{He}] 2s^2 2p^3$
per kelopak	: 2, 5

3.4.2. *Sifat Fisika*(45–49)

Fase	: gas
Titik lebur	: 63,15 K (-210,00 °C, -346,00 °F)
Titik didih	: 77,36 K (-195,79 °C, -320,33 °F)
Kepadatan pada sts (0 °C dan 101,325 kPa)	: 1,251 g/L
saat cair, pada t.d.	: 0,808 g/cm ³
Titik tripel	: 63,1526 K, 12,53 kPa
Titik kritis	: 126,19 K, 3,3978 MPa
Kalor peleburan	: (N ₂) 0,72 kJ/mol
Kalor penguapan(45–51)	: (N ₂) 5,56 kJ/mol
Kapasitas kalor molar	: (N ₂) 29,124 J/(mol·K)

3.4.3. *Sifat Atom*(48,52–54)

Bilangan oksidasi(48,49,54,55)	: 5, 4, 3, 2, 1, -1, -2, -3 oksida asam kuat
Elektronegativitas	: Skala Pauling(56–58): 3,04
Energi ionisasi	ke-1: 1402,3 kJ/mol ke-2: 2856 kJ/mol ke-3: 4578,1 kJ/mol
Jari-jari kovalen	: 71±1 pm
Jari-jari van der Waals(59–63)	: 155 pm

3.4.4. *Sifat lainnya*(100,101,110)

Kecepatan suara	: (gas, 27 °C) 353 m/s
Konduktivitas termal	: 25,83×10 ⁻³ W/(m·K)
Arah magnet	: diamagnetik (64–66)
Nomor CAS(67–73)	: 7727-37-9

3.5. *Oksigen* (40,41,43,44,62)

Oksigen sering disebut sebagai zat asam, merupakan suatu unsur kimia dalam tabel periodik dengan nomor atom 8. Unsur ini tergabung dalam golongan kalkogen dan sangat mudah bereaksi dengan hampir unsur yang lainnya membentuk suatu senyawa. Oksigen merupakan gas diatomik yang mengisi 20,9% volume pada atmosfer bumi.

3.5.1. *Atom dalam Tabel Periodik*

Nomor atom (Z)(52,54,55,74,75)	: 8
Golongan, blok	: golongan 16 (kalkogen), blok-p
Periode(53,75–78)	: periode 2
Kategori unsur	: nonlogam
Bobot atom standar ($\pm$) (A_r)	: 15.9994(3)
Konfigurasi elektron(67,77–81)	: $1s^2 2s^2 2p^4$
per kelopak	: 2, 6

3.5.2. *Sifat Fisika*(44,62,64,65)

Fase	: gas
Titik lebur(73,82–85)	: 54.36 K (-218.79 °C, -361.82 °F)
Titik didih(73,82–85)	: 90.20 K (-182.95 °C, -297.31 °F)
Kepadatan pada sts (0 °C dan 101,325 kPa)	: 1.429 g/L
saat cair, pada t.d.	: 1.141 g/cm ³
Titik kritis	: 154.59 K, 5.043 MPa
Kalor peleburan	: (O ₂) 0.444 kJ/mol
Kalor penguapan	: (O ₂) 6.82 kJ/mol
Kapasitas kalor molar	: (O ₂) 29.378 J/(mol·K)

3.5.3. *Sifat Atom*(83–88)

Bilangan oksidasi(83–92)	: 2, 1, -1, -2
Elektronegativitas	: Skala Pauling: 3.44 (45,93–97)
Jari-jari kovalen	: 66±2 pm
Jari-jari van der Waals(45,46,46,98–100)	: 152 pm

3.5.4. *Sifat lainnya*(101–105)

Kecepatan suara	: (gas, 27 °C) 330 m/s
Konduktivitas termal(102,106–110)	: $26.58 \times 10^{-3} \text{ W/(m·K)}$
Arah magnet	: paramagnetik
Nomor CAS(103–106,111)	: 7782-44-7

3.6. *Sumber Kalium Nitrat*

Kalium nitrat dapat diperoleh dari komponen bubuk hitam teroksidasi atau yang biasa disebut sebagai disuplaioksigen, garam ini dapat diproduksi dengan proses Harber.

Kalium Nitrat dapat diperoleh dari deposit dinding goa yang mengkristal, aliran bahan organik yang membusuk, dan kotoran yang mengandung amonia kemudian terdekomposisi menjadi urea dan zat nitrogen yang lain melalui oksidasi bakteri untuk memproduksi suatu nitrat (2,6,8).

3.7. Sintesis Kalium Nitrat

Karena Natrium Klorida kelarutannya didalam air sangat besar, maka hasil endapan senyawa ini dapat dibersihkan dengan mudah. Produk yang terbentuk dapat dilarutkan kedalam air setelah adanya proses kristalisasi, kemudian disaring hingga didapatkan Kalium Nitrat yang *murni*. (1,2,11,14,15)

Kalium nitrat dapat dibuat dengan:

- a. Ammonium Nitrat dan Kalium Hidroksida:

- b. Ammonium Nitrat dan Kalium Klorida:

- c. Asam Nitrat dengan Kalium Hidroksida:

- d. Natrium Nitrat dengan Kalium Klorida.

Kalium nitrat pun ternyata dapat dibuat melalui ekstrak abu tandan kosong dari kelapa sawit dengan ketentuan ekstraksi:

Grafik 1. Perbandingan waktu pemanasan dan ekstrak kalium nitrat pada abu tandan kosong kelapa sawit (55)

Grafik 1. Perbandingan waktu perebusan dan ekstrak kalium nitrat pada abu tandan kosong kelapa sawit (55)

3.8. Kegunaan Kalium Nitrat

Penambahan asam sulfat berkonsentrasi dengan larutan encer kalium nitrat melalui destilasi fraksional merupakan penerapan paling berguna bagi kalium nitrat dalam produksi asam sendawa. Selain itu, kalium nitrat juga digunakan sebagai pupuk, bahan bakar roket, beberapa bahan petasan, berperan dalam pembuatan mesiu, dan pasta gigi sensitif. Kalium nitrat juga berguna dalam proses pendinginan, beberapa diantaranya untuk pembuatan eskrim, juga sebagai komposisi umum dari daging yang diasinkan.(2,3,8)

3.9. Parameter Tranfer Ion(112–115)

3.9.1. Konduktivitas (105,107)

Konduktivitas merupakan suatu pergerakan ion yang disebabkan oleh pengaruh medan listrik (E) yang membuat larutan mampu menghasilkan energi listrik karena adanya ion-ion bergerak, sedangkan kemampuan suatu ion didalam larutan menghasilkan listrik disebut sebagai konduktivitas listrik. Karena ion memiliki karakteristik tertentu dalam larutannya(116,117,126–131,118–125) dengan daya hantar listriknya, nilai konduktivitas listrik dapat menunjukkan seberapa besar konsentrasi ion didalam larutan. Selain itu, banyaknya ion didalam larutan juga dapat disebabkan oleh sifat kelarutan padatan didalam larutan. (106, 108-109)

Kalium nitrat pun memiliki karakteristik konduktivitas(132,133,142,143,134–141) tertentu yang dipengaruhi oleh konsentrasi larutan elektrolit didalamnya. Energi listrik ini dipindahkan melalui materi berupa hantaran yang memiliki muatan arus listrik dan menyebabkan suatu konduktivitas listrik terjadi. Muatan listrik ini dibawa oleh elektron dalam suatu larutan elektrolit atau leburan garam.arus listrik yang dihasilkan dalam suatu elektrolit bergerak dari energi potensial(144,145,154,155,146–153) tinggi menuju energi potensial yang lebih rendah.

Berikut adalah data Konduktivitas(133,156) senyawa didalam larutan

Tabel 1. Konduktivitas senyawa didalam air

No	Senyawa	K Larutan (ms)	K Pelarut (ms)
1	KCl	0.738	0.1282
2	NaCl	0.632	0.1282
3	KNO ₃	0.718	0.1282
4	CuSO ₄ .5H ₂ O	0.713	0.1282
5	NiSO ₄ .6H ₂ O	0.848	0.1282
6	CuCl ₂ .2H ₂ O	0.965	0.1282
7	MgCl ₂ .6H ₂ O	0.752	0.1282
8	FeCl ₃ .6H ₂ O	1.868	0.1282

Tabel 2. Konduktivitas senyawa didalam metanol(157–159)

No	Senyawa	K Larutan (ms)	K Pelarut (ms)
1	KCl	0.220	0
2	NaCl	0.930	0
3	KNO ₃	0.360	0
4	CuSO ₄ .5H ₂ O	-	0
5	NiSO ₄ .6H ₂ O	9.2 μ s	0
6	CuCl ₂ .2H ₂ O	0.183	0
7	MgCl ₂ .6H ₂ O	0.311	0
8	FeCl ₃ .6H ₂ O	0.316	0

Untuk menentukan konduktivitas(133,156), dapat digunakan rumus:

$$K = \frac{1}{\rho} (\Omega^{-1}cm^{-1}) \dots\dots\dots(1)$$

Satuan konduktivitas biasanya S Cm⁻¹ dalam konsentrasi molar, sehingga didapatkan hubungan praktisnya adalah:

$$R = \rho \times \frac{l}{A} \dots\dots\dots(2)$$

$$k = \frac{1}{RA} \dots\dots\dots(3)$$

$$\Lambda_m = \frac{100 \times \frac{K}{(S\ cm^{-1})S} cm^2 mol^{-1}}{c/M} \dots\dots\dots(4)$$

Jika diketahui $\rho = 2,11\ g/cm^3$, $l\ H_2O = 5 \times 10^{-8}\ mho/cm$ pada 25°C dan luas permukaan air 25cm². Tentukan konduktivitas dari ion NaCl !

$$R = \rho \times \frac{l}{A} \qquad K = \frac{1}{R \times A}$$

$$R = \frac{2,11 \text{ g}}{\text{cm}^3} \times \frac{5 \times 10^{-8} \text{ mho/cm}}{25 \text{ cm}^2} \qquad K = \frac{1}{0,422 \times 10^{-8} \text{ mho g cm}^{-2} \times 25 \text{ cm}^2}$$

$$R = 0,422 \times 10^{-8} \text{ mho g cm}^{-2} \qquad K = 0,09479 \times 10^{-8} \text{ mho/cm}$$

3.9.2. *Mobilitas Ion*(160,161,170–175,162–169)

Mobilitas ion merupakan kecepatan yang dimiliki ion dengan kondisi potensial(176,177,186–191,178–185) berbeda antara dua elektroda. Singkatnya, mobilitas ion merupakan perbandingan antara laju dan kuat medan listrik.

$$\mu = \frac{v}{E} \dots \dots \dots (5)$$

Selain itu, mobilitas ion dapat ditentukan dengan pengukuran sebenarnya antara jarak tempuh tiap ion dengan waktu yang dibutuhkannya untuk menempuh jarak(192,193,202–211,194,212–216,195–201), dengan persamaan:

$$\mu = \frac{x}{\Delta t} \dots \dots \dots (6)$$

Mobilitas ion juga dapat dihitung dengan pengukuran jarak sebenarnya dari ion untuk menempuh dengan satuan waktu tertentu menggunakan metode batas bergerak(90)

$$U = \frac{x}{t \left(\frac{dE}{dx} \right)} \dots \dots \dots (7)$$

x = jarak (m) t = waktu (dt) $\left(\frac{dE}{dx} \right)$ = kekuatan medan (volt.m⁻¹)

$$E = \frac{dE}{dx} = \frac{I}{AL_s} \dots \dots \dots (8)$$

Maka

$$U = \frac{\lambda_m}{zF} \dots \dots \dots (9)$$

Z =valensi kation F = Faraday

Berikut merupakan beberapa mobilitas ion:

Tabel 3. Mobilitas ion pada suhu 298K	
Ion	Mobilitas Ionik (10 ⁻⁸ m ² s ⁻¹ V ⁻¹)
K ⁺	7,62
NO ₃ ⁻	7,40

Konduktivitas molar adalah hantaran dari sejumlah volume larutan yang mengandung 1 mol elektrolit dan ditempatkan diantara 2 elektroda yang sejajar dan berjarak 1 m.

Untuk menghitung konduktivitas molar (Λ_m) digunakan rumus sebagai berikut :

$$\Lambda_m = \frac{k}{C} \quad (7)$$

Dimana, k adalah konduktivitas (Sm^{-1}); dan C adalah konsentrasi (mol/L).

Jika dimisalkan KNO_3 dalam konsentrasi 1M, maka:

$$\begin{aligned} \Lambda_m (\text{K}^+) &= \frac{k}{C} \\ &= \frac{7.62 \text{ Sm}^{-1}}{1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} \\ &= 7.62 \text{ Sm}^{-1}/\text{mol.L}^{-1} \\ \Lambda_m (\text{NO}_3^-) &= \frac{k}{C} \\ &= \frac{7.62 \text{ Sm}^{-1}}{1 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} \\ &= 7.40 \text{ Sm}^{-1}/\text{mol.L}^{-1} \end{aligned}$$

3.9.3. *Kecepatan* (217,218,227–236,219,237–241,220–226) *Hanyut*

Kecepatan hanyut memiliki arah yang sama dengan arah medan listrik dan memiliki hubungan yang dapat dinyatakan sebagai konstanta yang disebut mobilitas. Gaya yang disebabkan oleh medan listrik dapat dinyatakan dengan:

$$F = Ze \cdot E \dots \dots \dots (10)$$

Jika ada dua elektroda yang terpisah dengan jarak (l) berada pada selisih potensial ($\Delta\phi$), ion didalam larutan akan mengalami medan listrik (E) yang sebanding dengan:

$$E = \frac{\Delta\phi}{l} \dots \dots \dots (11)$$

$$E = \frac{\text{selisih potensial}}{\text{dua elektroda yang terpisah dengan jarak}} \dots \dots \dots (12)$$

Maka;

$$F = zeE = \frac{ze\Delta\phi}{l} \dots \dots \dots (13)$$

Gaya tersebut dipengaruhi juga oleh gaya Viskositas (kekentalan) yang dirumuskan oleh persamaan Stokes:

$$F = 6 \pi \eta r v \dots \dots \dots (14)$$

Dimana:

η :viskositas

r : jari-jari

v: kecepatan

Ze : muatan masing-masing ion

Jika diabaikan efek penghambat lain, maka laju maksimum:

$$v = \frac{ZeE}{6\pi\eta r} = \mu \cdot E \dots\dots\dots(15)$$

Dimana: μ : mobilitas ion (koefisien perbandingan antara laju dan kuat medan).

Sedangkan gaya perlambatan (F'), sedangkan gaya gesek (f) maka :

$$F' = fs \dots\dots\dots(16)$$

$$f = 6\pi\eta a \dots\dots\dots(17)$$

Kedua gaya bekerja pada arah berlawanan dan ion-ion didalamnya akan mencapai kecepatan akhir yang merupakan kecepatan(217,219,229,239,240) hanyut (s). Jika gaya(209,242–246) dipercepat oleh F atau adanya pengaruh perlambatan, maka akan menjadi nol ($F=F'$) dengan kondisi:

$$s = \frac{zeE}{f} \dots\dots\dots(18)$$

Kecepatan hanyut untuk kation K^+ dan anion NO_3^-

Diketahui $E = 2,085 \text{ eV/cm}$, $\mu_{K^+} = 7,62 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{V}^{-1}$, $\mu_{NO_3^-} = 7,40 \times 10^{-8} \text{ m}^3\text{s}^{-1}\text{V}^{-1}$, hitung daya hanyut ion Na^+ dan Cl^- !

$$v = \mu \cdot E$$

K^+

$$v = 7,62 \times 10^{-8} \cdot 2,085 \text{ m/s}$$

$$v = 15,8877 \times 10^{-8} \text{ m/s}$$

Untuk Cl^-

$$v = 7,40 \times 10^{-8} \cdot 2,085 \text{ m/s}$$

$$v = 15,429 \times 10^{-8} \text{ m/s}$$

3.9.3. Bilangan transpor

Fraksi yang dimiliki arus total dibawa oleh ion jenis tertentu untuk larutan yang memiliki dua jenis ion (kation dan anion). Bilangan transport kation dinyatakan sebagai:

$$t_+ = \frac{I^+}{I}$$

I = arus total

$$I = I_+ + I_-$$

Bilangan transport pembatas (t^0) untuk limit konsentrasi nol dari larutan elektrolit.

Jika $I \propto K$ sehingga :

$$t^0 = \frac{z_+ v_+}{\sum_i z_i v_i}$$

Untuk elektrolit simetris (bilangan muatan untuk kedua ion sama) maka persamaan diatas disederhanakan :

$$t^0 = \frac{u}{\sum_i u_i}$$

Hubungan antara konduktivitas ion dengan mobilitas ion :

$$t^0 = \frac{v\lambda}{\sum_i v_i \lambda_i} = \frac{v\lambda}{\Lambda_m^0}$$

Jadi untuk setiap jenis ion :

$$v\lambda = t^0 \Lambda_m^0$$

Penentuan Bilangan Transport :

- 1.1. Metode Hittorf
- 1.2. Metoda perbatasan bergerak
- 1.3. Sel Hittorf

3.9.4. *Hantaran Ion*(247–252)

Hantaran molar ion^[4-7] pada pengenceran tidak berhingga adalah :

$$v^+ \lambda^{0+} = (t_+)^0 \Lambda$$

$$v^- \lambda^{0-} = (t_-)^0 \Lambda$$

Dimana $(t_+)^0$ = bilangan transport ion sampai pengenceran tak hingga
 (v^+) = jumlah ion yang muatan positif

3.9.5. *Viskositas*(253–257)

Diketahui : Radius of K^+ = 243 pm, Radius of Cl^- = 179 pm, Radius Ratio = 243/179 = 1,3575, ρ air = 1,00 (25°C, g/cm³), ρ NaCl = 2,11 (25°C, g/cm³), v = 1889 m/s

Ditanya : berapa besar viskositas dari NaCl?

Jawaban :

$$\eta = \frac{2r^2 g}{9v} (\rho_{NaCl} - \rho_{air})$$

$$\eta = \frac{2(1,3575)^2 10 \text{ kg/m}^3}{9.1889 \text{ m/s}} (2,11 \times 10^{-3} - 1,00 \times 10^{-3}) \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = \frac{3,68 \text{ kg/m}^3}{17001 \text{ m/s}} 1,11 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

$$\eta = 0,216 \times 10^{-3} \text{ mPa.s}$$

3.9.6. *Keadaan Termodinamika Larutan*(258–265)

Kalium Nitrat memiliki energi ikatan: 17.0060 kcal/mol dengan kerengangan senyawa sebesar: 1.9202 kcal/mol, energi ionisasi: -2.7911 kcal/mol, muatan dipol: -19.4215 kcal/mol, ΔH_f^0 : -55.2178 kcal/mol, potensial energi sebesar: 228.77 kcal/mol, waktu interaksi: 314 s, Mobilitas kation K^+ : 7,62 m²s⁻¹V⁻¹ dan Mobilitas NO_3^- 7,40 m²s⁻¹V⁻¹

4. Kesimpulan

Senyawa Kalium Nitrat merupakan suatu garam yang disusun oleh ion K^+ dan NO_3^- membentuk suatu senyawa ionik yang mampu menghasilkan energi listrik jika dilarutkan atau disebut sebagai larutan ion Kalium Nitrat memiliki massa molekul relatif sebesar 101 g/mol dengan densitas sebesar 2,109 g/cm³ dan titik leleh 334⁰C. Pada saat suhu 400⁰C, KNO₃ akan terdekomposisi menjadi KNO₂. Saat suhu 0⁰C, kelarutannya 133 g/L dan saat suhu 20⁰C kelarutannya menjadi 316 g/L. Kalium Nitrat dapat larut dalam air, gliserol, amonia, dan bersifat Oxidizer atau Oksidator. Kalium nitrat berfasa padat pada suhu ruang (298K), memiliki energi ikatan sebesar: 17.0060 kcal/mol dengan kerenggangan senyawa sebesar: 1.9202 kcal/mol, dan energi ionisasi sebesar: -2.7911 kcal/mol. Senyawa ini memiliki muatan dipol sebesar: -19.4215 dan total ΔH_f^0 : -55.2178 kcal/mol. Pada suhu 228.77 K, Kalium Nitrat memiliki energi total sebesar: -52.274 kcal/mol dan potensial energi sebesar: 228.77 kcal/mol, sementara waktu interaksi yang dibutuhkan adalah: 314 s. Mobilitas yang dimiliki kation K^+ adalah sebesar: 7,62 m²s⁻¹V⁻¹ dan 7,40 m²s⁻¹V⁻¹ untuk anion NO_3^- . Hasil perhitungan matematis yang telah dilakukan, didapat bahwa Kalium Nitrat memiliki K (konduktivitas): 0,09479 x 10⁻⁸ mho/cm dengan mobilitas ion K^+ sebesar 7,62 m³s⁻¹V⁻¹ dan mobilitas ion NO_3^- = 7,40 X 10⁻⁸ m³s⁻¹V⁻¹. Keadaan mobilitas ini juga berlaku untuk mobilitas molar tiap ion dalam keadaan 1 M. Kalkulasi juga menunjukkan kecepatan hanyut ion K^+ sebesar 7,62 m³s⁻¹V⁻¹ dan mobilitas ion NO_3^- = 15,429 X 10⁻⁸ m/s dan larutan ini memiliki viskositas (η) = 0,216 X 10⁻³ mPa.s .

Dengan optimasi MM2 minimization, diperoleh bahwa Kalium Nitrat memiliki Stretch: 0.0518; Bend: 2.8626; Stretch-Bend: -0.0591; Torsion: 0.0000; Non-1,4 VDW: 3.5709; 1,4 VDW: 0.0000; Charge/Charge: -39.0035; Charge/Dipole: -3.8510; Dipole/Dipole: 0.0000; Total Energy: -36.4283 kcal/mol, pada kalkulasi MM2 Dynamics, Kalium Nitrat memiliki Iteration Time sebesar 3140.628; Total Energy -52.274; Potential Energy -55.683; Temperature 228.77. dan dengan kalkulasi MM2 Properties, Kalium Nitrat memiliki Stretch: 1.9202; Bend: 17.0060; Stretch-Bend: -2.7911; Torsion: 0.0000; Non-1,4 VDW: 12.3427; 1,4 VDW: 0.0000; Charge/Charge: -64.2742; Charge/Dipole: -19.4215; Dipole/Dipole: 0.0000; Total Energy: -55.2178 kcal/mol; The total energy of frame: -55.218 kcal/mol.

Referensi

1. Haddad M, Bani-Hani NM, Al-Tabbal JA, Al-Fraihat AH. 2016. Effect of different potassium nitrate levels on yield and quality of potato tubers. J Food, Agric Environ.
2. Saygılı Eİ, Abou-Zeid AH, Akkın SM, Aklillu E, Barlas İÖ, Borda-Rodriguez A, et al. 2016. An Open Letter in Support of Transformative Biotechnology and Social Innovation: SANKO University Innovation Summit in Medicine and Integrative Biology, Gaziantep, Turkey, May 5–7, 2016. Omi A J Integr Biol.
3. Singhai A, Habib G, Raman RS, Gupta T. 2017. Chemical characterization of PM1.0 aerosol in Delhi and source apportionment using positive matrix factorization. Environ Sci Pollut Res.
4. Hassan A. 2017. Letter re: The magnetic apraxia of Denny-Brown. Neurology.
4. 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>
6. Berkemeier T, Ammann M, Mentel TF, Pöschl U, Shiraiwa M. 2016. Organic Nitrate Contribution to New Particle Formation and Growth in Secondary Organic

Aerosols from α -Pinene Ozonolysis. Environ Sci Technol.

7. Shan J, Zhao X, Sheng R, Xia Y, Ti C, Quan X, et al. 2016. Dissimilatory Nitrate Reduction Processes in Typical Chinese Paddy Soils: Rates, Relative Contributions, and Influencing Factors. Environ Sci Technol.
8. Auffret M, Labbé D, Thouand G, Greer CW, Fayolle-Guichard F. 2018. Degradation of a mixture of hydrocarbons, gasoline, and diesel oil additives by *Rhodococcus aetherivorans* and *Rhodococcus wratislaviensis*. Appl Environ Microbiol.
9. Aubert AH, Thrun MC, Breuer L, Ultsch A. 2016. Knowledge discovery from high-frequency stream nitrate concentrations: Hydrology and biology contributions. Sci Rep.
10. Bahadoran Z, Mirmiran P, Jeddi S, Azizi F, Ghasemi A, Hadaegh F. . 2016. Nitrate and nitrite content of vegetables, fruits, grains, legumes, dairy products, meats and processed meats. J Food Compos Anal.
11. Wu S, Hui KS, Hui KN. 2018. 2D Black Phosphorus: from Preparation to Applications for Electrochemical Energy Storage. Advanced Science.
12. Deng Y, Eames C, Nguyen LHB, Pecher O, Griffith KJ, Courty M, et al. 2018. Crystal Structures, Local Atomic Environments, and Ion Diffusion Mechanisms of Scandium-Substituted Sodium Superionic Conductor (NASICON) Solid Electrolytes. Chem Mater.
13. Yu C, Huang L. 2018. Cross-Linking Mass Spectrometry: An Emerging Technology for Interactomics and Structural Biology. Analytical Chemistry.
14. Senthilkumar ST, Bae H, Han J, Kim Y. 2018. Enhancing Capacity Performance by Utilizing the Redox Chemistry of the Electrolyte in a Dual-Electrolyte Sodium-Ion Battery. Angew Chemie - Int Ed.
15. Li M, Zuo Z, Deng J, Yao Q, Wang Z, Zhou H, et al. 2018. A high rate capability and long lifespan symmetric sodium-ion battery system based on a bipolar material $\text{Na}_2\text{LiV}_2(\text{PO}_4)_3/\text{C}$. J Mater Chem A.
16. Con GP, Bejarano G, Olga C, Luz D, Osorio A, Alvaro MEZ, et al. 2001. Ambientes educativos para la era de la informatica. Idea.
17. Hypertension Canada. 2017. Hypertension Canada 2017 Guidelines for management of Hypertension. Hypertens Canada.
18. Chernavskii PA, Kazak VO, Pankina G V., Perfiliev YD, Li T, Virginie M, et al. 2017. Influence of copper and potassium on the structure and carbidisation of supported iron catalysts for Fischer-Tropsch synthesis. Catal Sci Technol.
19. Sahni V, Gmurczyk A, Rosa RM. 2013. Extrarenal Potassium Metabolism. In: Seldin and Geibisch's The Kidney.
20. Dreyer I, Gomez-Porras JL, Riedelsberger J. 2017. The potassium battery: a mobile energy source for transport processes in plant vascular tissues. New Phytologist.
21. Jensen M, Jogini V, Borhani DW, Leffler AE, Dror RO, Shaw DE.

2012. Mechanism of voltage gating in potassium channels. *Science* (80-).
22. Matsumura S, Hlil AR, Lepiller C, Gaudet J, Guay D, Shi Z, et al. 2008. Ionomers for proton exchange membrane fuel cells with sulfonic acid groups on the end-groups: Novel branched poly(ether-ketone)s. In: American Chemical Society, Polymer Preprints, Division of Polymer Chemistry.
 23. Meyer RR, Sloan J, Dunin-Borkowski RE, Kirkland AI, Novotny MC, Bailey SR, et al. 2000. Discrete atom imaging of one-dimensional crystals formed within single-walled carbon nanotubes. *Science* (80-).
 24. Băni L, Alexopoulos A, Artuso M, Bachmair F, Bartosik M, Beacham J, et al. 2018. Diamond detectors for high energy physics experiments. In: *Journal of Instrumentation*.
 25. Faille C, Membre JM, Kubaczka M, Gavini F. 2002. Altered ability of *Bacillus cereus* spores to grow under unfavorable conditions (presence of nisin, low temperature, acidic pH, presence of NaCl) following heat treatment during sporulation. *J Food Prot.*
 26. V Frolov IN. 2014. Black hole physics: basic concepts and new developments. *Lecture Notes in Physics*.
 27. Special Advisory Committee on the Epidemic of Opioid Overdoses. 2018. National report: Apparent opioid-related deaths in Canada (released June 2018). Public Health Agency of Canada.
 28. Congreso de Colombia. 2018. Ley 1930 de 27 de Julio de 2018. *Diario Oficial*
 29. Diercks CS, Liu Y, Cordova KE, Yaghi OM. 2018. Erratum to: The role of reticular chemistry in the design of CO₂ reduction catalysts (*Nature Materials*, (2018), 17, 4, (301-307), 10.1038/s41563-018-0033-5). *Nature Materials*.
 30. Davis RS. 2015. What Is a Kilogram in the Revised International System of Units (SI)? *J Chem Educ.*
 31. Meshkian R, Dahlqvist M, Lu J, Wickman B, Halim J, Thörnberg J, et al. 2018. W-Based Atomic Laminates and Their 2D Derivative W_{1.33}C MXene with Vacancy Ordering. *Adv Mater.*
 32. Phua EJH, Wu K-H, Wada K, Kusamoto T, Maeda H, Cao J, et al. 2018; Oxidation-promoted Interfacial Synthesis of Redox-active Bis(diimino)nickel Nanosheet. *Chem Lett*.
 33. Gerberich WW, Ballarini R, Hintsala ED, Mishra M, Molinari JF, Szlufarska I. Toward Demystifying the Mohs Hardness Scale. *J Am Ceram Soc.* 2015;
 34. Alam M, Ibrahim O, Nodzenski M, Strasswimmer JM, Jiang SIB, Cohen JL, et al. 2013. Adverse events associated with mohs micrographic surgery: Multicenter Prospective Cohort Study of 20 821 Cases at 23 Centers. *JAMA Dermatology*.
 35. Doody RS, Thomas RG, Farlow M, Iwatsubo T, Vellas B, Joffe S, et al. 2014. Phase 3 Trials of Solanezumab for Mild-to-Moderate Alzheimer's Disease. *N Engl J Med*.
 36. Doody RS, Raman R, Farlow M, Iwatsubo T, Vellas B, Joffe S, et al. 2013. A

Phase 3 Trial of Semagacestat for Treatment of Alzheimer's Disease. *N Engl J Med*.

37. Merritt BG, Lee NY, Brodland DG, Zitelli JA, Cook J. 2012. The safety of Mohs surgery: A prospective multicenter cohort study. *J Am Acad Dermatol*.
38. Tabor D. 1956. The physical meaning of indentation and scratch hardness. *Br J Appl Phys*.
39. Wang M, Wang D, Hopfeld M, Grieseler R, Rossberg D, Schaaf P. 2013. Nanoindentation of nano-Al/Si₃N₄ multilayers with Vickers and Brinell indenters. *J Eur Ceram Soc*.
40. Broitman E. 2018. Indentation Hardness Measurements at Macro-, Micro-, and Nanoscale: A Critical Overview. *Tribology Letters*.
41. Rikhtegar F, Shabestari SG. 2014. Investigation on solidification conditions in functionally Si-gradient Al alloys using simulation and cooling curve analysis methods. *J Therm Anal Calorim*.
42. Mititelu R, Bratu O, Cretu O. 2017. Radionuclide Imaging. An Update on the Use of Dynamic Renal Scintigraphy. *Mod Med*.
43. Yakub L. 2009. Amorphous polymeric nitrogen - Toward equation of state. In: *Fizika Nizkikh Temperatur (Kharkov)*.
44. Rasia FC. 2010. A Method for Simulating NO_x Dispersion in an Urban Area Using ENVI-met. *Proc 2010 Spring*.
45. 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>
46. 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>
47. Zainul, R., Oktavia, B., Dewata, I., & efendi, j. 2017. SDM dan KR pada PMA untuk PGH <https://doi.org/10.31227/osf.io/876s.a>.
48. 252. Zainul R, Alif A, Aziz H, Arief S, Dradjad S ME 2015. D of photovoltaic cell with copper oxide electrode by using indoor lights. *RJOPBACS* 6:353-61.
49. 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>.
50. 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>
51. 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*, 335:012034: IOP Publishing.

52. 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 pp. 21-31. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss2/13>.
53. 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>.
54. 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-iss2/14>.
55. 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-iss2/14>.
56. Jensen WB. 2012. The quantification of electronegativity: Some precursors. *J Chem Educ*.
57. Poletti MG, Battezzati L. 2014. Electronic and thermodynamic criteria for the occurrence of high entropy alloys in metallic systems. *Acta Mater*.
58. Salas-Banueta G, Ramírez-Vieyra J, Restrepo Baena OJ, Noguez-Amaya M, Cockrell B. 2015. The importance of being chemical affinity. Part VI: The harvest. *DYNA*.
59. van der Hofstad R. 2016. Random graphs and complex networks. *Random Graphs and Complex Networks*.
60. Eyquem J, Mansilla-Soto J, Giavridis T, Van Der Stegen SJC, Hamieh M, Cunanan KM, et al. 2017. Targeting a CAR to the TRAC locus with CRISPR/Cas9 enhances tumour rejection. *Nature*.
61. Tian Y, Pesika N, Zeng H, Rosenberg K, Zhao B, McGuiggan P, et al. Adhesion and friction in gecko toe attachment and detachment. *Proc Natl Acad Sci*. 2006;
62. Panagos P, Borrelli P, Meusburger K, van der Zanden EH, Poesen J, Alewell C. 2015. Modelling the effect of support practices (P-factor) on the reduction of soil erosion by water at European scale. *Environ Sci Policy*.
63. Tabor RF, Manica R, Chan DY, Grieser F, Dagastine RR. 2011. Repulsive Van der Waals forces in soft matter: Why bubbles do not stick to walls. *Phys Rev Lett*.
64. Beurich H, Richter F, Vahrenkamp H. 1982. Comparison of the molecular structure and crystal packing of μ_3 -phenylphosphinidene-nonacarbonyl-triangulo-tricobalt and μ_3 -phenylphosphinidene-nonacarbonyl-triangulo-dicobalt iron. *Acta Crystallogr Sect B Struct Crystallogr Cryst Chem*.
65. Solozhenkin PM, Kopitsya NI, Poroshin KT. 1968. Formation of Compounds of

divalent copper with sulfhydryl collectors on the surface of sulfhydryl minerals during their flotation. Dokl Akad Nauk SSR.

66. Eremenko IL, Katugin AS, Pasynskii AA, Struchkov YT, Shklover VE. 1988. Synthesis and molecular structure of the dimagnetic trigonal-bipyrimidal cluster (π -MeC₅H₄)₅V₅(μ ₃-S)₆. J Organomet Chem.
67. 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>.
68. Iryani, I., Iswendi, I. and Katrina, I. T. 2017 "UJI AKTIVITAS ANTI DIABETES MELLITUS SENYAWA METABOLIT SEKUNDER FRAKSI AIR DARI BERAS KETAN HITAM (*Oryza sativa* L. Var glutinosa) PADA MENCIT PUTIH", EKSakta: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 18(01) pp. 54-60. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss01/1>.
69. 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-iss01/1>.
70. chaidir, z., Zainul, R., Nurakhbari, D., & Salim, M. 2016. O of SPC for AP <https://doi.org/10.17605/OSF.I>
71. Zainul, R., & Prima, C. B. (2017 J 29). DGSP <https://doi.org/10.31227/osf.io/7n8t>.
71. 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-iss02/5>.
72. 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>.
73. 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-iss01/1>.
74. 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>.
75. 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>.

76. 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-iss1/12>.
77. 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 Concentr pp. 164-172. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss02/73>.
78. 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-iss1/10>.
79. 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-iss01/2>.
80. Saiya, A. 2017. "ANALISIS RESIDU KLORPIRIFOS 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>.
81. 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-iss02/6>.
82. Iskandar, I., Horiza, H. and Fauzi, N. 2017. "EFEKTIVITAS BUBUK BIJI PEPAYA (Carica Papaya Linnaeus) SEBAGAI LARVASIDA ALAMI TERHADAP KEMATIAN LARVA AEDES AEGYPTI TAHUN 2015", EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA, 18(01) pp. 12-18. doi: <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss01/12>.
83. 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
84. 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>.
86. Zainul R DI 2015. D of pH-B-C and degradation in batang arau watersheds at P city. 10. 31227/osf.io/efd.
89. Mawardi M, Deyundha D, Zainul R. 2018.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.: IOP Publishing.
91. Zainul R, Alif A, Aziz H, Arief S, Dradjad S ME. 2015. D of photovoltaic cell with copper oxide electrode by using indoor lights. *RJOPBACS* 6:353-61. 92. Zainul R, Oktavia B, Dewata I, Efendi J. 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, 2018 335:012039: IOP Publishing.

93. chaidir, z., Zainul, R., Nurakhbari, D., & Salim, M. 2016. O of SPC for AP <https://doi.org/10.17605/OSF.I>.
94. P, O. M., A, L. G., S, A. Y. M., & Zainul, R. 2018. ARG: T dan PD pada PM <https://doi.org/10.31227/osf.io/trv4>.
95. H., Sanjaya, H., & Zainul, R. 2016. S and EP of Z-I and A-I thin F by SCTTSGP <https://doi.org/10.31227/osf.io/unrt>.
96. M., Sanjaya, H., & Zainul, R. 2015. C of napa soil and adsorption of P (II) from aqueous solutions using on column method. <https://doi.org/10.31227/osf.io/t8fh>.
97. chaidir, z., Fadjria, N., A., & Zainul, R. 2016. IAMIOFMIMLWS <https://doi.org/10.31227/osf.io/nbcu>.
98. Candani, D., Ulfah, M., Noviana, W., & Zainul, R. 2018. ARPTS <https://doi.org/10.31227/osf.io/uxkn>.
99. Fatimah, P., Jumalia, R., Novianti, E. R., & Zainul, R. 2018. ARTB: P dan D-D <https://doi.org/10.31227/osf.io/tm2w>.
100. Zainul, R., Oktavia, B., Dewata, I., & efendi, j. 2017. SDM dan KR pada PMA untuk PGH <https://doi.org/10.31227/osf.io/876s>.
101. Awalliyah, A., Ikhwan, H., Nugiasari, V., & Zainul, R. 2018. ARPDMSM <https://doi.org/10.31227/osf.io/9xsq>.
102. Dinata, A. A., Rosyadi, A. M., Hamid, S., & Zainul, R. 2018. ARCVD: PAA <https://doi.org/10.31227/osf.io/yfea>.
103. Putri, D. F., Ritonga, H. M., Murdiati, V., & Zainul, R. 2018. A REVIEW WHAT IS HYDROTHERMAL ?. <https://doi.org/10.31227/osf.io/dm56c> Putri, D. F., Ritonga, H. M., Murdiati, V., & Zainul, R. (2018 A 31). ARWIH?. <https://doi.org/10.31227/osf.io/dm56>.
104. Febriani, S. S., Yolanda, T., Arianti, V. A., & Zainul, R. 2018. ARSS: P and M <https://doi.org/10.31227/osf.io/7us4>.
105. Liza, Y. M., Yasin, R. C., Maidani, S. S., & Zainul, R. 2018. SG: PAT (A R <https://doi.org/10.31227/osf.io/2cuh>.
106. Zainul, R. 2016. D of the half-life and the quantum yield of Z semiconductor photocatalyst in humic acid. <https://doi.org/10.31227/osf.io/e8a9>.
107. Zainul, R. 2016. D and M of COE for ICCIL (PV-CP <https://doi.org/10.31227/osf.io/pgn8>.
108. Zainul, R. 2016. Design and Modification of Copper Oxide Electrodes for Improving Conversion Coefficient Indoors Lights (PV-Cell) Photocells. <https://doi.org/10.31227/osf.io/pgn84> Zainul, R. (2016, December 18). Design and Modification of Co D 18). D and M of COE for ICCIL (PV-CP <https://doi.org/10.31227/osf.io/pgn8>.

109. Zainul, R. 2016. E of T and PM against the ability of ZSP in HA <https://doi.org/10.31227/osf.io/wnyg>.
112. Shraiman BI, Siggia ED. 1990. Heat transport in high-Rayleigh-number convection. *Phys Rev A*.
113. Heinen E, van Wee B, Maat K. 2010. Commuting by bicycle: An overview of the literature. *Transp Rev*.
114. Chintapalli M, Timachova K, Olson KR, Mecham SJ, Devaux D, Desimone JM, et al. 2016. Relationship between Conductivity, Ion Diffusion, and Transference Number in Perfluoropolyether Electrolytes. *Macromolecules*.
115. Department for Transport. 2013. Reported road casualties in Great Britain: annual report 2012. Statistical Release.
116. CRC. 2011. Handbook of Chemistry and Physics. Enthalpy of Solution of Electrolytes. *CRC Handb Chem Phys*.
117. Helmenstine, Anne Marie PD. 2017. Standard Solution Definition - Chemistry Glossary. About, Inc.
118. Hench LL, Clark DE. 1978. Physical chemistry of glass surfaces. *J Non Cryst Solids*.
119. Lee H, Dellatore SM, Miller WM, Messersmith PB. 2007. Mussel-inspired surface chemistry for multifunctional coatings. *Science* (80-).
120. Dal Molin M, Matile S. 2013. Biomolecular Chemistry. *Org Biomol Chem*.
121. Lab CI. 2005. Spectrophotometry: Absorption Measurements & their Application to Quantitative Analysis. *Chem 111 Lab Intro to Spectrophotometry*.
122. Marcus RA, Sutin N. 1985. Electron transfers in chemistry and biology. *BBA Reviews On Bioenergetics*.
123. Kratz J V. 1994. Chemistry of the transactinide elements. *J Alloys Compd*.
124. Cabrol D.; Moore J. W and Kotz J. C. 1996. Definition of heat of solution - Chemistry Dictionary. *Chemicool.com*.
125. Thomas GW. 2018. Soil chemistry. In: *Handbook of Soils and Climate in Agriculture*.
126. Yeung CS, Tian WQ, Liu LV, Wang YA. 2009. Chemistry of single-walled carbon nanotubes. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*.
127. Jolivet J-P, Chanéac C, Tronc E. 2004. Iron oxide chemistry. From molecular clusters to extended solid networks. *Chem Commun*.
128. Anastas PT, Williamson TC. 2000. Green Chemistry: Theory and Practice. *Chem Eng Prog*.
129. Zhao Y, Zhu K. 2014. Solution chemistry engineering toward high-efficiency perovskite solar cells. *Journal of Physical Chemistry Letters*.
130. Gimeno CM. 2009. The Chemistry of Gold. In: *Modern Supramolecular Gold*

Chemistry: Gold-Metal Interactions and Applications.

131. Valeur B. 2001. Analytical Atomic Spectrometry with Flames and Plasmas Handbook of Analytical Techniques Single-Molecule Detection in Solution . Methods and Applications. Methods.
132. Kreuer KD. 1996. Proton conductivity: Materials and applications. Chemistry of Materials.
133. Toberer ES, Baranowski LL, Dames C. 2012. Advances in Thermal Conductivity. Annu Rev Mater Res.
134. Laughlin RB. 1981. Quantized Hall conductivity in two dimensions. Physical Review B.
135. Yang L, Yang Y, Zhang Q, Zhang Y, Jiang Y, Guan Z, et al. 2016. Thermal conductivity of individual silicon nanoribbons. Nanoscale.
136. Janotti A, Van De Walle CG. 2009. Fundamentals of zinc oxide as a semiconductor. Reports Prog Phys.
137. Han Z, Fina A. 2011. Thermal conductivity of carbon nanotubes and their polymer nanocomposites: A review. Prog Polym Sci.
138. Mak KF, Sfeir MY, Wu Y, Lui CH, Misewich JA, Heinz TF. 2008. Measurement of the optical conductivity of graphene. Phys Rev Lett.
139. Kronhaus M. 2013. Актуальный счет, или Двушка, трёшка, пятак.... Russ Linguist.
140. Bidwell CC. 1940. Thermal conductivity of metals. Phys Rev.
141. Taylor K. 2009. Electrical conductivity. In: Encyclopedia of Earth Sciences Series.
142. Shirakawa H, Louis EJ, MacDiarmid AG, Chiang CK, Heeger AJ. 1977. Synthesis of electrically conducting organic polymers: Halogen derivatives of polyacetylene, (CH)_x. J Chem Soc Chem Commun.
143. Koblinski P. 2009. Thermal Conductivity of Nanofluids. Top Appl Phys.
144. National Renewable Energy Laboratory, National Renewable Energy Laboratory (NREL). 2012. Renewable Electricity Futures Study. US Dep Energy.
145. Castleton HF, Stovin V, Beck SBM, Davison JB. 2010. Green roofs; Building energy savings and the potential for retrofit. Energy Build.
146. U.S. Energy Information Administration (EIA). 2016. International Energy Outlook. U.S. Energy Information Administration (EIA).
147. IRENA IREA. 2016. The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025. International Renewable Energy Agency.
148. Advanced Energy Industries. 2013. Understanding Potential Induced Degradation. White Pap - AE.
149. Administration USEI. 2015. AEO2012 Early Release Overview. Energy.

150. IEA IEA. 2015. A Fundamental Look At Supply Side Energy Reserves For The Planet. SHC solar update.
151. World Energy Council. World Energy Scenarios. 2016. World Energy Council
152. AVICENNE ENERGY. 2017. The Rechargeable Battery Market and Main Trends 2015-2025. In: Advanced Automotive Battery Conference.
153. Singh J, Gu S. 2010. Commercialization potential of microalgae for biofuels production. *Renew Sustain Energy Rev*.
154. Kabir E, Kumar P, Kumar S, Adelodun AA, Kim KH. 2018. Solar energy: Potential and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
155. U.S. Energy Information Administration. 2018. Electric Power Monthly: with data for May 2018. *Indep Stat Anal*.
156. Kwon YK, Kim P. 2006. Unusually high thermal conductivity in carbon nanotubes. In: *High Thermal Conductivity Materials*.
157. Alemu D, Wei HY, Ho KC, Chu CW. 2012. Highly conductive PEDOT:PSS electrode by simple film treatment with methanol for ITO-free polymer solar cells. *Energy Environ Sci*.
158. Lee HJ, Choi J, Han JY, Kim HJ, Sung YE, Kim H, et al. 2013. Synthesis and characterization of poly(benzimidazolium) membranes for anion exchange membrane fuel cells. *Polym Bull*.
159. Pang C, Jung JY, Lee JW, Kang YT. 2012. Thermal conductivity measurement of methanol-based nanofluids with Al₂O₃ and SiO₂ nanoparticles. *Int J Heat Mass Transf*.
160. Gabelica V, Marklund E. 2018. Fundamentals of ion mobility spectrometry. *Current Opinion in Chemical Biology*.
161. Shvartsburg AA, Smith RD. 2008. Fundamentals of traveling wave ion mobility spectrometry. *Anal Chem*.
162. Notter DA, Gauch M, Widmer R, Wäger P, Stamp A, Zah R, et al. 2010. Contribution of Li-ion batteries to the environmental impact of electric vehicles. *Environ Sci Technol*.
163. Lanucara F, Holman SW, Gray CJ, Evers CE. 2014. The power of ion mobility-mass spectrometry for structural characterization and the study of conformational dynamics. *Nature Chemistry*.
164. Bohrer BC, Merenbloom SI, Koeniger SL, Hilderbrand AE, Clemmer DE. 2008. Biomolecule Analysis by Ion Mobility Spectrometry. *Annu Rev Anal Chem*.
165. May JC, McLean JA. 2015. Ion mobility-mass spectrometry: Time-dispersive instrumentation. *Analytical Chemistry*.
166. Impey RW, Madden PA, McDonald IR. 1983. Hydration and mobility of ions in solution. *Journal of Physical Chemistry*.
167. Uetrecht C, Rose RJ, Van Duijn E, Lorenzen K, Heck AJR. 2010. Ion mobility

mass spectrometry of proteins and protein assemblies. Chemical Society Reviews.

168. Pringle SD, Giles K, Wildgoose JL, Williams JP, Slade SE, Thalassinou K, et al. 2007. An investigation of the mobility separation of some peptide and protein ions using a new hybrid quadrupole/travelling wave IMS/oa-ToF instrument. *Int J Mass Spectrom.*
169. Kanu AB, Dwivedi P, Tam M, Matz L, Jr HHH. 2008. SPECIAL FEATURE : Ion mobility – mass spectrometry. *J Mass S.*
170. Borsdorf H, Eiceman GA. 2006. Ion mobility spectrometry: Principles and applications. *Appl Spectrosc Rev.*
171. Cumeras R, Figueras E, Davis CE, Baumbach JI, Gràcia I. 2015. Review on Ion Mobility Spectrometry. Part 1: Current instrumentation. *Analyst.*
172. Stavrinidou E, Leleux P, Rajaona H, Khodagholy D, Rivnay J, Lindau M, et al. 2013. Direct measurement of ion mobility in a conducting polymer. *Adv Mater.*
173. Ruotolo BT, Benesch JLP, Sandercock AM, Hyung SJ, Robinson C V. 2008. Ion mobility-mass spectrometry analysis of large protein complexes. *Nat Protoc.*
174. Woodfin RL. 2006. Ion Mobility Spectrometry. In: *Trace Chemical Sensing of Explosives.*
175. Kanu AB, Dwivedi P, Tam M, Matz L, Hill HH. 2008. Ion mobility-mass spectrometry. *Journal of Mass Spectrometry.*
176. Beck B, Blanpain C. 2013. Unravelling cancer stem cell potential. *Nature Reviews Cancer.*
177. Single P, Sampling C. Chapter 14. 2007. In: *Biology of Nitrogen Cycle.*
178. Sharma P, Allison JP. 2015. Immune checkpoint targeting in cancer therapy: Toward combination strategies with curative potential. *Cell.*
179. El-Deiry WS, Tokino T, Velculescu VE, Levy DB, Parsons R, Trent JM, et al. 1993. WAF1, a potential mediator of p53 tumor suppression. *Cell.*
180. Ambros V. 2001. microRNAs: Tiny regulators with great potential. *Cell.*
181. Muramatsu M, Kinoshita K, Fagarasan S, Yamada S, Shinkai Y, Honjo T. 2000. Class switch recombination and hypermutation require activation-induced cytidine deaminase (AID), a potential RNA editing enzyme. *Cell.*
182. Hanahan D, Weinberg RA. 2011. Hallmarks of cancer: The next generation. *Cell.*
183. Kouzarides T. 2007. Chromatin Modifications and Their Function. *Cell.*
184. Slack JMW. 2013. Molecular Biology of the Cell. In: *Principles of Tissue Engineering: Fourth Edition.*
185. Neurosci MC. HHS Public Access. *Mol Cell Neurosci.* 2015;
186. Gilbert LA, Larson MH, Morsut L, Liu Z, Brar GA, Torres SE, et al. 2013. XCRISPR-mediated modular RNA-guided regulation of transcription in eukaryotes. *Cell.*

187. Tnbc H, Lines C. 2014. Table 1. Environments.
188. Major TTCR. 2012. NIH Public Access. Biophys Chem.
189. He Q, Johnston J, Zeitlinger J, City K, City K, Arpaia N, et al. 2015. HHS Public Access. Cell.
190. Church GM, Elowitz MB, Smolke CD, Voigt CA, Weiss R. 2014. Realizing the potential of synthetic biology. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*.
191. Wang H, Yang H, Shivalila CS, Dawlaty MM, Cheng AW, Zhang F, et al. 2013. One-step generation of mice carrying mutations in multiple genes by CRISPR/cas-mediated genome engineering. *Cell*.
192. Squires TM, Quake SR. 2005. Microfluidics: Fluid physics at the nanoliter scale. *Rev Mod Phys*.
193. Serway RA, Kirkpatrick LD. 1988. *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics*. Phys Teach.
194. Ranocchiari M, Anton J, Bokhoven V. 2011. *Physical Chemistry Chemical Physics*. Phys Chem Chem Phys.
195. Agostinelli S, Allison J, Amako K, Apostolakis J, Araujo H, Arce P, et al. 2003. GEANT4 - A simulation toolkit. *Nucl Instruments Methods Phys Res Sect A Accel Spectrometers, Detect Assoc Equip*.
196. Plimpton S. Fast. 1995. parallel algorithms for short-range molecular dynamics. *J Comput Phys*.
197. Kaiser W. 1988. *Topics in Applied Physics*. Opt. Express.
198. Gbur GJ. 2011. *Mathematical methods for optical physics and engineering*. *Mathematical Methods for Optical Physics and Engineering*.
199. Cerda E, Mahadevan L. 2003. Geometry and Physics of Wrinkling. *Phys Rev Lett*.
200. Lee M. 2000. *Differential Geometry , Analysis and Physics*. *Physics (College Park Md)*.
201. Kanamori H, Brodsky EE. 2004. The physics of earthquakes. *Reports on Progress in Physics*.
202. Physics LT. 1968. Plenum Publishing Corporation. *Anal Chem*.
203. Kogelschatz U. 2003. *Dielectric-barrier discharges: Their History, Discharge Physics, and Industrial Applications*. *Plasma Chemistry and Plasma Processing*.
204. Young HD, Freedman RA, Ford AL. 2012. *Sears and Zemansky's University Physics: With Modern Physics*. Pearson Education, Inc.
205. Steinfeld JI. 1998. *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. *Environ Sci Policy Sustain Dev*.
206. Range C. 1995. *Standard Test Method for X-Ray Emission Spectrometric Analysis of Low-Alloy*. *Health Phys*.

207. Zubko P, Gariglio S, Gabay M, Ghosez P, Triscone J-M. 2011. Interface Physics in Complex Oxide Heterostructures. *Annu Rev Condens Matter Phys.*
208. Salamon MB, Jaime M. 2001. The physics of manganites: Structure and transport. *Rev Mod Phys.*
209. Style RW, Boltyanskiy R, German GK, Hyland C, Macminn CW, Mertz AF, et al. 2014. Traction force microscopy in physics and biology. *Soft Matter.*
210. Stadler C, Hansen S, Kröger I, Kumpf C, Umbach E. 2009. Tuning intermolecular interaction in long-range-ordered submonolayer organic films. *Nat Phys.*
211. Podgoršak E B. 2014. Biological and Medical Physics, Biomedical Engineering. Igarss.
212. Physics A. 2011. Comparison of Optical Properties of Bulk and Nano Crystalline Thin Films of CdS Using Different Precursors. *Int J Mater Sci.*
213. Italian National Research Council - Institute for Applied Physics. 2012. Dielectric Properties of Body Tissues in the frequency range 10 Hz - 100 GHz. *Inrc.*
214. French RH, Parsegian VA, Podgornik R, Rajter RF, Jagota A, Luo J, et al. 2010. Long range interactions in nanoscale science. *Rev Mod Phys.*
215. Taylor P, Dresselhaus MS, Dresselhaus G. 1981. Advances in Physics Intercalation compounds of graphite. *Adv Phys.*
216. Novoselov KS, Mishchenko A, Carvalho A, Castro Neto AH. 2016. 2D materials and van der Waals heterostructures. *Science.*
217. Loarie SR, Duffy PB, Hamilton H, Asner GP, Field CB, Ackerly DD. 2009. The velocity of climate change. *Nature.*
218. Bussi G, Donadio D, Parrinello M. 2007. Canonical sampling through velocity rescaling. *J Chem Phys.*
219. La Manno G, Soldatov R, Zeisel A, Braun E, Hochgerner H, Petukhov V, et al. 2018. RNA velocity of single cells. *Nature.*
220. Smith CGM, Jones AM. 2001. The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. *Eur J Appl Physiol.*
221. Eisenhardt KM. 2007. Making fast strategic decisions in high-velocity environments. In: *Strategy as Practice: Research Directions and Resources.*
222. ASTM C. 2003. Pulse Velocity Through Concrete. Annual book of ASTM standards.
223. Chaban B, Hughes HV, Beeby M. 2015. The flagellum in bacterial pathogens: For motility and a whole lot more. *Seminars in Cell and Developmental Biology.*
224. Eisenhardt KM, Martin JA. 2000. Dynamic capabilities: What are they? *Strateg Manag J.*
225. Tanner JM, Whitehouse RH. 1976. Clinical longitudinal standards for height,

- weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. *Arch Dis Child*.
226. Dietrich WE. 1982. Settling velocity of natural particles. *Water Resour Res*.
 227. Sargolini F, Fyhn M, Hafting T, McNaughton BL, Witter MP, Moser MB, et al. 2006. Conjunctive representation of position, direction, and velocity in entorhinal cortex. *Science*.
 228. Cole JL, Lary JW, P. Moody T, Laue TM. 2008. Analytical Ultracentrifugation: Sedimentation Velocity and Sedimentation Equilibrium. *Methods in Cell Biology*.
 229. Laney D. 2009. 3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety. *Inf Softw Technol*.
 230. Haller G. 2002. Lagrangian coherent structures from approximate velocity data. *Phys Fluids*.
 231. Frank KT. 2003. Universal nodal Fermi velocity. *Nature*.
 232. Markl M. 2006. Velocity Encoding and Flow Imaging. *ISMRM Educational Sessions*.
 233. Pereira MIR, Gomes PSC. 2003. Movement velocity in resistance training. *Sports Medicine*.
 234. Anderson MH, Ensher JR, Matthews MR, Wieman CE, Cornell EA. 1995. Observation of Bose-Einstein condensation in a dilute atomic vapor. *Science*.
 235. Wong EC, Cronin M, Wu WC, Inglis B, Frank LR, Liu TT. 2006. Velocity-selective arterial spin labeling. *Magn Reson Med*.
 236. Boyd RW, Gauthier D. 2009. Controlling the velocity of light pulses. *Science*.
 237. Rignot E, Kanagaratnam P. 2006. Changes in the velocity structure of the Greenland Ice Sheet. *Science*.
 238. Billat LV. 2001. Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic interval training. *Sports Medicine*.
 239. Bradley DC, Goyal MS. 2008. Velocity computation in the primate visual system. *Nature Reviews Neuroscience*.
 240. McCarthy I, Lawrence T, Wixted B, Gordon B. 2010. A multidimensional conceptualization of environmental velocity. *Acad Manag Rev*.
 241. Billat LV, Koralsztejn JP. 1996. Significance of the velocity at $\dot{V}O_{2max}$ and time to exhaustion at this velocity. *Sports Medicine*.
 242. Schwarz US, Safran SA. 2013. Physics of adherent cells. *Rev Mod Phys*.
 243. Chen J, Ng J, Lin Z, Chan CT. 2011. Optical pulling force. *Nat Photonics*.
 244. Kok JF, Parteli EJR, Michaels TI, Karam DB. 2012. The physics of wind-blown sand and dust. *Reports Prog Phys*.
 245. Tuinstra F, Koenig JL. 1970. Raman Spectrum of Graphite. *J Chem Phys*.

246. Sun SX, Jiang H. 2012. Physics of Bacterial Morphogenesis. *Microbiol Mol Biol Rev.*
247. Tang D, Qin B, Liu T. 2015. Document Modeling with Gated Recurrent Neural Network for Sentiment Classification. In: *Proceedings of the 2015 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing.*
248. Marcia M, Pyle AM. 2014. Principles of ion recognition in RNA: Insights from the group II intron structures. *RNA.*
249. Zhang SR, Erickson PJ, Zhang Y, Wang W, Huang C, Coster AJ, et al. 2017. Observations of ion-neutral coupling associated with strong electrodynamic disturbances during the 2015 St. Patrick's Day storm. *J Geophys Res Sp Phys.*
250. Luo H, Jiang X, Xia Y, Zhou Q. 2015. Fracture Mode Analysis of Lithium-Ion Battery Under Mechanical Loading. *ASME 2015 Int Mech Eng Congr Expo.*
251. Cobben JFG, Geldtmeijer DAM, Almering AFJ, Van Waes JBM. 2015. Evaluation and updating of harmonic voltage limits. In: *2015 IEEE Eindhoven PowerTech*
252. Behrsing H, Raabe H, Manuppello J, Bombick B, Curren R, Sullivan K, et al. 2016. Assessment of in vitro COPD models for tobacco regulatory science: Workshop proceedings, conclusions and paths forward for in vitro model use. *ATLA Altern to Lab Anim.*
253. V&P Scientific Inc. 2010. Viscosity Tables. *Viscosity Tables.*
254. Albright LF, Lohrenz J. 1956. Viscosity of liquids. *AIChE J.*
255. Giordano D, Russell JK, Dingwell DB. 2008. Viscosity of magmatic liquids: A model. *Earth Planet Sci Lett.*
256. Cannon MR, Fenske MR. 1938. Viscosity Measurement. *Ind Eng Chem - Anal Ed.*
257. Bourne MC. 2002. Texture, Viscosity, and Food. In: *Food Texture and Viscosity.*
258. Polman A, Atwater HA. 2012. Photonic design principles for ultrahigh-efficiency photovoltaics. *Nat Mater.*
259. Zhou G, Cai A, Luo Y. 2018. Thermodynamic assessment of the B-Nd-Cr system. *Mater Lett.*
260. Poole CP, Prozorov R, Farach HA, Creswick RJ. 2014. Thermodynamic properties. In: *Superconductivity.*
261. Law D. 1983. Thermodynamic Properties. *Phys A Stat Mech its Appl.;*
262. Crooks GE. 2016. Measuring thermodynamic length. *Phys Rev Lett.;*
263. Cahn JW. 2007. Free energy of a nonuniform system. II. Thermodynamic basis. 1959. *J Chem Phys.*
264. IOC, SCOR, IAPSO. The international thermodynamic equation of seawater – 2010: Calculation and use of thermodynamic properties. *Intergov Oceanogr Comm Manuals Guid No 56, UNESCO. 2010;*

265. Feist AM, Henry CS, Reed JL, Krummenacker M, Joyce AR, Karp PD, et al. 2007. A genome-scale metabolic reconstruction for Escherichia coli K-12 MG1655 that accounts for 1260 ORFs and thermodynamic information. *Mol Syst Biol*;

- [1] Dinata M, 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 46-49
- [2] Iryani I, Iswendi I, Katrina I T 2017 Uji Aktivitas Anti Diabetes Mellitus Senyawa Metabolit Sekunder Fraksi Air Dari Beras Ketan Hitam (*Oryza sativa* L. Var *glutinosa*) Pada Mencit Putih, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA* 18 54-60
- [3] Iskandar I, Horiza H, Fauzi N 2017 Efektivitas Bubuk Bijih Pepaya (*Carica Papaya* Linnaeus) Sebagai Larvasida Alami Terhadap Kematian Larva Aedes Aegypti Tahun 2015, *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA* 18 12-18
- [4] Dokko K, Watanabe D, Ugata Y, Thomas M L, Tsuzuki S, Shinoda W, Hashimoto K, Ueno K, Umebayashi Y, Watanabe M 2018 Direct Evidence for Li Ion Hopping Conduction in Highly Concentrated Sulfolane-Based Liquid Electrolytes, *The journal of physical chemistry. B*
- [5] Chadda K R, Edling C E, Valli H, Ahmad S, Huang C L, Jeevaratnam K 2018 Gene and Protein Expression Profile of Selected Molecular Targets Mediating Electrophysiological Function in Pgc-1alpha Deficient Murine Atria, *International journal of molecular sciences* 19
- [6] Miyazawa S, Hosono R, Osuga R, Kondo J N, Uchida S 2018 Effect of the ammonium ion on proton conduction in porous ionic crystals based on Keggin-type silicododecatungstate, *Acta crystallographica. Section C, Structural chemistry* 74 1289-1294
- [7] Hu X, Wang W, Xie G, Wang H, Tan X, Jin Q, Zhou D, Zhao Y 2018 Ternary assembly of g-C₃N₄/graphene oxide sheets /BiFeO₃ heterojunction with enhanced photoreduction of Cr(VI) under visible-light irradiation, *Chemosphere* 216 733-741