Asam Posfat (H_3PO_4): Ionic Transformation of Phosphoric Acid in Aqueous Solution

Yulia Asri Warlinda^{1*}, Rahadian Zainul²

¹Chemistry Laboratory, FMIPA, Universitas Negeri Padang, Indonesia

²Physical Chemistry Laboratory, FMIPA, Universitas Negeri Padang, Indonesia

¹E-mail : yuliaasriw25@gmail.com

²E-mail : rahadianzmsiphd@yahoo.com

Abstrak. Asam fosfat merupakan merupakan asam mineral anorganik yang memiliki rumus kimia H_3PO_4 . Asam fosfat juga dikenal pula sebagai asam ortofosfat atau asam fosfat(V). Asam fosfat berwujud zat padat dengan T.D = 280°C dan T.L = 44,1°C dan pada temperatur tinggi ($t = 1040^\circ\text{C}$), mengalami disosiasi. Sumber yang pada umumnya dari asam fosfat adalah larutan air 85%. Kelarutan senyawa asam fosfat menyebabkan terjadinya interaksi suatu sistem biologis yang mengamati sifat interaksi dari masing-masing molekul merupakan suatu proses yang sangat kompleks dan akan sulit jika melalui percobaan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis interaksi molekuler dan kinetik dari senyawa asam fosfat. Metode yang digunakan adalah dengan pemodelan menggunakan *chem office* serta melalui jurnal hasil penelitian mengenai asam fosfat. Sifat-sifat termokimia dari senyawa asam fosfat dalam fase liquid $\Delta_f H^0 = -3055 \text{ kJ/mol}$, $S^0 = 95,54 \text{ J/molK}$, dan $\Delta G^0 = -3015 \text{ kJ/molK}$. Interaksi atau transformasi suatu ion dapat dilihat dari pengaruh aspek sifat termodinamika senyawa ion (asam fosfat) dalam suatu larutan melalui perhitungan viskositas, kecepatan hanyut, dan mobilitas yang akan mempengaruhi tingkat konduktivitas senyawa asam fosfat. Asam fosfat memiliki kecepatan hayut $0,41508 \text{ V/cm}$, konduktivitas listrik $9,2 \text{ Ms/cm}$ untuk persen massa 0,5%, mobilitas relative ion H^+ dan PO_4^{3-} adalah 1,62 dan 8,40 serta tingkat viskositas $3.86 \text{ mPa}\cdot\text{s}$. Berdasarkan hasil kalkulasi dari *Chem 3D*, *energy kinetik rotasi* atau MM2 Dynamics rata-rata dari asam fosfat sekitar 0.0278 dengan MM2 minimization total 3.4350

Kata kunci: asam fosfat, interaksi molecular, transformasi ion, mobilitas ion, daya hanyut

1. Pendahuluan

Asam fosfat biasanya dikenal sebagai asam ortofosfat atau fosfat (V) asam⁽²³⁵⁾, adalah mineral (anorganik) asam memiliki rumus kimia H_3PO_4 . Asam fosfat (H_3PO_4) mengandung tiga ion H^+ , dimana dengan kekuatan asam yang dimilikinya dari ion tersebut tidak sama. Asam fosfat yang murni adalah kristal padat (titik leleh $42,35^\circ\text{C}$ atau $108,2^\circ\text{F}$). Asam fosfat dapat membentuk tiga jenis garam⁽²³⁶⁾ sesuai dengan adanya penggantian satu, dua, atau tiga atom hidrogennya. Di antara garam fosfat yang diantaranya penting adalah natrium dihidrogen fosfat (NaH_2PO_4), natrium fosfat (Na_3PO_4), kalsium superfosfat ($\text{Ca} [\text{H}_2\text{PO}_4]_2$), kalsium monohidrogen fosfat (CaHPO_4).

Molekul asam fosfat berinteraksi dalam kondisi yang sesuai atau bergantung, seringkali pada suhu tinggi untuk dapat membentuk molekul⁽²³⁷⁾ yang lebih besar. Maka dari itu, difosforik, atau asam pirofosfat ($\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$) terbentuk dari dua molekul asam fosfat, dan kurang satu molekul air. Hal tersebut yang paling sederhana dari rangkaian homolog molekul rantai panjang yang disebut asam polifosfat. Asam metafosfat ditandai dengan adanya struktur molekul siklik⁽²³⁸⁾. Asam metafosfat ini digunakan juga untuk merujuk atau mengidentifikasi kepada kekentalan. Berbagai bentuk polimer dari asam

fosfat juga disiapkan oleh hidrasi fosforoksida⁽²³⁹⁾. Asam fosfat murni adalah padatan kristal tidak berwarna, mempunyai titik leleh 42,35 °C. Ketika suhu rendah, asam fosfat juga bersifat sangat stabil dan tidak mempunyai sifat oksidator, dan jika pada suhu tinggi cukup reaktif terhadap logam yang mereduksinya⁽²⁴⁰⁾.

Fosfat adalah salah satu bahan kimia yang sangat penting sekali bagi makhluk hidup. Fosfat yang terdapat di alam dalam dua bentuk jenisnya yaitu senyawa fosfat organik dan senyawa fosfat anorganik⁽²⁴¹⁾. Senyawa fosfat organik terdapat pula pada tumbuhan dan hewan, sedangkan senyawa fosfat anorganik terdapat pada air dan tanah yang mana fosfat ini terlarut di dalam air tanah maupun air laut yang terkikis dan mengendap di sedimen. Fosfat juga disebut faktor pembatas karena perbandingan fosfat dengan unsur lain dalam ekosistem air lebih kecil dari pada dalam tubuh organisme hidup. Unsur P dalam fosfat adalah (Fosfor) sangat berguna bagi tumbuhan⁽²⁴²⁾ karena berfungsi untuk merangsang pertumbuhan akar terutama pada awal-awal pertumbuhan, mempercepat pembungaan, pemasakan biji dan buah. Pada tanaman ketika terjadi kekurangan unsur ini, maka gejala yang timbul pada tanaman adalah daun yang berubah tua agak kemerahan, pada cabang, batang, dan tepi daun yang berwarna merah ungu yang cepat atau lambat berubah menjadi kuning. Pada buah tampak kecil dan cepat matang.

Pengujian asam fosfat encer dan pekat⁽²⁴³⁾ adalah salah satu untuk mengetahui anion apa yang terdapat dalam larutan sampel. Hal tersebut dikarenakan asam fosfat yang merupakan asam kuat mampu mendesak anion lemah keluar dari senyawanya. Untuk mendeteksi adanya anion tidak diperlukan metode sistematis seperti pada kation. Anion dapat dipisahkan dalam golongan-golongan utama, bergantung pada kelarutan garam perakannya, garam kalsium⁽²⁴⁵⁾ atau bariumnya, dan garam zinknya.

Asam fosfat adalah asam utama yang digunakan dalam industri kimia yang dihasilkan dengan hidrasi fosfor petoksida. Asam fosfat komersial memiliki 75-85%⁽⁵⁶⁻⁶¹⁾. Asam fosforik merupakan molekul yang sangat sekali mempunyai kutub, dan sangat larut dalam air. Keadaan pengoksidaan atom fosforus^(11,44-55) dalam asam fosforik adalah +5, dimana dalam keadaan pengoksidaan oksigen ialah +2 dan hidrogen +1. Asam fosforik yaitu asam triprotik dan mampu mengalami penceraian tiga kali, melepaskan ion H^+ setiap kali. Disebabkan penceraian triprotik, bes konjugat yang meliputi julat pH yang luas, serta sifat asam fosforik⁽²⁵⁹⁾ yang bukan toksik, asam fosforik sering digunakan sebagai agen penimbal atau untuk menghasilkan larutan penimbal.

Kualitas fosfat⁽²⁶⁰⁾ alam ditentukan oleh kelarutan dan efektivitasnya. Tingkat kelarutan fosfat alam dapat diketahui melalui pelarutan dalam asam sitrat 2%, amonium sitrat pH 7, dan asam format 2%. Persentase dari kelarutan P_2O_5 dalam asam sitrat terhadap kadar P_2O_5 pada mineral juga dapat diketahui melalui uji efektivitas⁽²⁵⁴⁾ agronomis. Uji efektivitas⁽²⁵⁴⁾ agronomis dilakukan untuk mengetahui respons⁽²⁶⁻³⁵⁾ tanaman terhadap pemberian pupuk fosfat alam, yang ditunjukkan oleh nilai relative agronomi effectiveness (RAE). Kualitas fosfat alam dibedakan menjadi mutu A, B, C, dan D berdasarkan kadar P_2O_5 total dan kelarutannya dalam asam sitrat, seperti yang tertuang dalam SNI 02-3776-2005. Kualitas fosfat⁽²⁶¹⁾ alam yang baik adalah yang mengandung P_2O_5 total lebih dari 20% dan reaktivitasnya tinggi, dengan kadar P_2O_5 larut dalam asam sitrat konsentrasi⁽²⁶²⁾ 2% lebih dari 6%.^(11, 44-55) Pengawasan mutu fosfat alam perlu dilakukan untuk menghindari penggunaan fosfat⁽²⁵⁵⁾ alam yang bermutu rendah atau pemalsuan, agar pupuk yang digunakan efektivitasnya tinggi sehingga mencegah pencemaran lingkungan. Reaktivitas⁽²⁵⁶⁾ fosfat alam menunjukkan tingkat kemampuannya dalam melepaskan P yang potensial tersedia untuk tanaman⁽²⁶⁻³⁵⁾. Namun, indikator tersebut tidak dapat digunakan kembali untuk menduga jumlah dari P yang tersedia untuk tanaman karena efektivitas dari agronomi fosfat alam ditentukan oleh banyak faktor.

Unsur fosfat adalah salah satu nutrisi paling utama yang sangat esensial yang dibutuhkan tanaman disamping unsur nitrogen dan kalium.^(11, 44-55) Fosfat yang banyak tersedia di alam sebagai batuan fosfat dengan kandungan tri kalsium fosfat yang tidak dapat larut dalam air. Agar dapat dimanfaatkan tanaman, batuan fosfat alam harus diubah menjadi senyawa fosfat yang dapat larut dalam air⁽²⁶⁻³⁵⁾. Fosfat alam merupakan sumber pupuk P yang sangat efektif dan murah serta dapat pula meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman, hanya saja kualitas dari pupuk fosfat alam

sangat bervariasi tergantung pada kandungan P_2O_5 ^(11, 44-55). Oleh karena itu, penggunaan dari fosfat alam secara langsung perlu memperhatikan kadar P_2O_5 total dan juga tersedia serta reaktivitasnya. Pupuk dari fosfat ⁽²⁵⁷⁾ alam berasal dari batuan fosfat yang digiling halus sehingga dapat langsung atau segera digunakan sebagai pupuk. Fosfat ⁽²⁵⁸⁾ alam berasal dari proses terbentuknya geokimia yang terjadi secara alami, yang biasa dikenal deposit batuan fosfat. Batuan fosfat dapat ditemukan di alam sebagai batuan endapan atau sedimen, batuan beku, batuan metamorfik, dan mengandung 8 Al, Fe, serta logam berat Cd, Pb, As, Ni, dan Co.

2. Metode

Dalam paper ini menggunakan model berbasis komputasi dengan menggunakan aplikasi Chem Office 15.0 (Chem Ultra versi 15 dan Chemdraw versi 15) dengan bertujuan untuk mengetahui dan memahami struktur dan karakteristik senyawa H_3PO_4 digunakan data yang diperoleh dari aplikasi Chem Draw profesional 15.0 dan Chem 3D dan juga melalui data jurnal penelitian. Salah satu cara untuk memahami interaksi dari senyawa ionic H_3PO_4 dengan molekul lain adalah dengan menggunakan data simulasi, kemudian melihat aspek termodinamika yang mempengaruhi transport ion dari senyawa H_3PO_4 . Berdasarkan hasil review beberapa jurnal penelitian mengenai senyawa asam fosfat. Metode yang biasa digunakan adalah penyesuaian parameter model dengan hasil eksperimen untuk nilai kerapatan, struktur dan sistem nyata lainnya dari senyawa H_3PO_4 pada tekanan dan suhu tertentu. Begitu pula, interaksi atau transformasi suatu ion dapat dilihat dari pengaruh aspek sifat termodinamika senyawa ion (asam fosfat) dalam suatu larutan melalui perhitungan viskositas, kecepatan hanyut, dan mobilitas yang akan mempengaruhi tingkat konduktivitas senyawa asam fosfat.

Paper ini dilakukan beberapa tahapan, yakni (1) Analisis molekul H_3PO_4 secara dua dimensi menggunakan Chemdraw Ultra; (2) Analisis molekul secara tiga dimensi ChemDraw Ultra dan diproyeksikan pada Chem 3D. Pemodelan ini dengan mengasumsikan pada satu molekul H_3PO_4 dengan beberapa kemungkinan pergerakan dan vibrasional yang terjadi. Proses menganalisis menggunakan chemdraw yaitu dengan menghitung MM2 dari molekul H_3PO_4 yang terdiri dari MM2 minimization, MM2 dynamics dan MM2 properties.

Untuk analisis besaran kimia fisika 3 menggunakan metode pengolahan data yang ada. Parameter yang digunakan dalam menganalisis senyawa H_3PO_4 adalah mobilitas ion, bilangan transport, bilangan Nerst, konduktivitas hidrolik dan kecepatan hanyut dari suatu senyawa. Setelah semua dianalisis molecular dan besaran kimia fisika digunakan software *EndNote* untuk mensitasi referensi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Asam Fosfat

Gambar 1. Struktur tiga dimensi asam fosfa
Sumber : https://id.wikipedia.org/wiki/Asam_fosfat

Fase	: solid
Titik tripel	: (red) 862.7 K, 4367 kPa
Kalor peleburan	: (hitam) 0.66 kJ/mol
Kalor penguapan	: (hitam) 12.4 kJ/mol
Kapasitas kalor molar	: (hitam) 23.824 J/(mol•K)

Tekanan uap

P (Pa)	1	10	100	1 k	10
T (K)	279	307	342	388	453

Jari-jari kovalen	: 107±3 pm
Jari-jari van der Waals	: 180 pm
Konduktivitas termal	: (hitam) 0.236, (black) 12.1 W/(m•K)
Viskositas	: 3.86 mPa.s

Output MM2 Minimization, Dynamics, dan Properties

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

Adding lone pairs to O O(3)

Adding lone pairs to O O(5)

Adding lone pairs to O O(4)

Adding lone pairs to O H(6)

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

Iteration 27: Minimization terminated normally because the gradient norm is less than the minimum gradient norm

Stretch: 0.2288

Bend: 0.3288

Stretch-Bend: 0.0573

Torsion: 0.0000

Non-1,4 VDW: -0.5601

1,4 VDW: 3.3803

Total: 3.4350

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

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

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

0.010	3.516 ±0.051	3.472 ±0.026	0.90 ±0.56
-------	--------------	--------------	------------

0.020	3.660 ±0.027	3.547 ±0.006	2.36 ±0.49
-------	--------------	--------------	------------

0.030	3.757 ±0.030	3.570 ±0.013	3.91 ±0.47
-------	--------------	--------------	------------

0.040	3.854 ±0.028	3.618 ±0.014	4.94 ±0.56
-------	--------------	--------------	------------

0.050	3.951 ±0.026	3.673 ±0.031	5.83 ±0.57
-------	--------------	--------------	------------

0.060	4.048 ±0.028	3.675 ±0.030	7.83 ±0.34
-------	--------------	--------------	------------

0.070	4.120 ±0.022	3.740 ±0.029	7.96 ±0.62
-------	--------------	--------------	------------

0.080	4.212 ±0.026	3.796 ±0.025	8.72 ±0.71
-------	--------------	--------------	------------

0.090	4.306 ±0.024	3.807 ±0.058	10.47 ±1.16
-------	--------------	--------------	-------------

0.100	4.405 ±0.025	3.922 ±0.046	10.12 ±1.08
-------	--------------	--------------	-------------

0.110	4.510 ±0.030	3.872 ±0.091	13.37 ±1.30
-------	--------------	--------------	-------------

0.120	4.597 ±0.024	3.931 ±0.096	13.95 ±1.87
-------	--------------	--------------	-------------

0.130	4.701 ±0.043	3.965 ±0.095	15.43 ±1.68
-------	--------------	--------------	-------------

0.140	4.801 ±0.033	4.020 ±0.082	16.37 ±1.99
-------	--------------	--------------	-------------

0.150	4.884 ±0.030	4.133 ±0.068	15.74 ±1.87
-------	--------------	--------------	-------------

0.160	4.957 ±0.027	4.116 ±0.109	17.64 ±2.28
-------	--------------	--------------	-------------

0.170	5.042 ±0.019	4.173 ±0.065	18.21 ±1.38
-------	--------------	--------------	-------------

0.180	5.157 ±0.033	4.248 ±0.097	19.05 ±1.95
-------	--------------	--------------	-------------

0.190	5.248 ±0.020	4.230 ±0.107	21.34 ±1.98
-------	--------------	--------------	-------------

0.200	5.337 ±0.029	4.376 ±0.104	20.16 ±2.40
-------	--------------	--------------	-------------

Translational Kinetic Energy: 0.0000 Rotational Kinetic Energy: 0.2704

0.210	5.169 ±0.030	4.299 ±0.085	18.24 ±1.24
-------	--------------	--------------	-------------

0.220	5.292 ±0.051	4.400 ±0.147	18.70 ±3.36
-------	--------------	--------------	-------------

0.230	5.431 ±0.028	4.433 ±0.082	20.92 ±1.25
-------	--------------	--------------	-------------

0.240	5.511 ±0.036	4.429 ±0.108	22.70 ±1.73
-------	--------------	--------------	-------------

0.250	5.649 ±0.033	4.668 ±0.141	20.56 ±3.22
-------	--------------	--------------	-------------

0.260	5.740 ±0.035	4.623 ±0.071	23.42 ±1.15
-------	--------------	--------------	-------------

0.270	5.850 ±0.032	4.677 ±0.112	24.59 ±2.56
-------	--------------	--------------	-------------

0.280	5.937 ±0.039	4.755 ±0.099	24.78 ±2.72
-------	--------------	--------------	-------------

0.290	6.045 ±0.038	4.773 ±0.270	26.68 ±4.98
-------	--------------	--------------	-------------

0.300	6.155 ±0.041	4.744 ±0.186	29.60 ±4.23
-------	--------------	--------------	-------------

0.310	6.244 ±0.035	4.806 ±0.177	30.15 ±3.49
-------	--------------	--------------	-------------

0.320	6.340 ±0.026	4.758 ±0.235	33.18 ±5.18
-------	--------------	--------------	-------------

0.330	6.416 ±0.027	4.755 ±0.221	34.83 ±4.67
-------	--------------	--------------	-------------

0.340	6.517 ±0.032	4.875 ±0.203	34.43 ±3.95
-------	--------------	--------------	-------------

0.350	6.620 ±0.043	4.955 ±0.150	34.92 ±2.56
-------	--------------	--------------	-------------

0.360	6.705 ±0.040	4.980 ±0.254	36.17 ±4.81
-------	--------------	--------------	-------------

0.370	6.821 ±0.058	5.094 ±0.295	36.22 ±5.28
-------	--------------	--------------	-------------

0.380	6.982 ±0.089	4.901 ±0.302	43.63 ±6.81
-------	--------------	--------------	-------------

0.390	7.079	±0.054	5.239	±0.181	38.59	±3.59
0.400	7.143	±0.055	5.052	±0.328	43.84	±6.76
Translational Kinetic Energy: 0.0000 Rotational Kinetic Energy: 0.0117						
0.410	7.229	±0.039	5.121	±0.230	44.19	±4.58
0.420	7.351	±0.050	5.095	±0.329	47.29	±6.46
0.430	7.474	±0.040	5.101	±0.191	49.77	±3.80
0.440	7.535	±0.043	5.214	±0.219	48.66	±4.23
0.450	7.627	±0.031	5.336	±0.376	48.04	±7.82
0.460	7.709	±0.050	5.436	±0.385	47.66	±7.60
0.470	7.765	±0.047	5.632	±0.216	44.71	±3.90
0.480	7.861	±0.072	5.405	±0.413	51.51	±8.14
0.490	7.934	±0.055	5.647	±0.211	47.95	±4.95
0.500	8.105	±0.048	5.552	±0.212	53.52	±4.38
0.510	8.204	±0.051	5.792	±0.263	50.57	±5.25
0.520	8.245	±0.046	5.631	±0.380	54.82	±7.45
0.530	8.357	±0.042	5.691	±0.129	55.90	±2.78
0.540	8.445	±0.033	5.540	±0.164	60.89	±3.25
0.550	8.535	±0.046	5.599	±0.382	61.56	±8.18
0.560	8.621	±0.051	5.863	±0.237	57.85	±4.94
0.570	8.719	±0.043	6.009	±0.307	56.82	±6.82
0.580	8.818	±0.021	5.990	±0.568	59.31	±11.62
0.590	8.844	±0.042	5.915	±0.175	61.43	±3.42
0.600	8.914	±0.022	5.870	±0.162	63.83	±2.96
Translational Kinetic Energy: 0.0000 Rotational Kinetic Energy: 0.0278

Phosphoric acid

Gambar 2. Rumus struktur menggunakan *Chem 3D Ultra 8.0*
(Chemoffice 3D Version 11.0, Perkinelmer Informatic. Inc, 2011)

Karakteristik dari asam fosfat H_3PO_4 dapat dilihat dari wujud⁽²⁴⁶⁾ zat padat dengan T.D = 280°C dan T.L = 44,1°C, pada temperatur tinggi (t = 1040 °C), mengalami disosiasi. Asam fosfat bersifat tidak stabil, racun, berbau seperti ozon sehingga berbahaya dalam udara. Asam fosfat juga larut dalam CS_2 . untuk kegunaan asam fosfat (H_3PO_4) itu sendiri pada umumnya asam fosfat digunakan dalam industri pembuatan pupuk, asam fosfat jugabanyak digunakan untuk membuat pupuk super fosfat. Selain itu, asam fosfat digunakan sebagai bahan detergen, bahan pembersih lantai, dan insektisida.

Untuk menghasil asam fosfat 85% diperlukan bahan-bahan seperti batuan fosfat (35,6% P_2O_5) 1000kg, batuan silica 320 kg, kokas 377 kg, besi (bergantung pada kebutuhan ferofosfor) dan juga menggunakan sumber listrik⁽²⁴⁷⁾ 13.840 MJ.

Asam fosfat diperoleh dengan membakar fosfor untuk menghasilkan unsur fosfor pentoksida⁽²⁴⁸⁾, dan melarutkan fosforpentoksida dalam air. Sehingga dihasilkan asam fosfat yang sangat murni. Fosfor diproduksi melalui metode tanur listrik. Reaksi yang berlangsung dari bahan baku batuan fosfat, si lica dan pasir (pasir adalah sumber SiO₂ dan kokas metalurgi yang memiliki elemen C yang tinggi) diperkirakan sebagai berikut:

Atau secara sederhana:

Silica merupakan bahan baku penting yang sekaligus bertindak sebagai asam dan fluks⁽²⁴⁹⁾ (zat dalam sebuah reaksi, yang berfungsi untuk menyerap zat pengotor dalam reaksi tersebut). Dari fluor yang terdapat di dalam batuan fosfat itu, kira-kira 20% terkonversi menjadi SiF₄ dan menguap. Bila ada air, ia bereaksi sehingga menghasilkan SiO₂ dan H₂SiF₆. Reaksinya sebagai berikut:

Dalam pembuatan fosfor, fluornya tidak dipulihkan, tetapi CO yang terbentuk digunakan sebagai bahan bakar dalam mempersiapkan umpan tanur (alat yang digunakan sebagai pemanas). Terak yang dapat dikeluarkan dari tanur itu dijual sebagai agrerat (material berbutir yang digunakan untuk lapisan permukaan pengerasan jalan). Ferofosfor⁽²⁴⁹⁾ sebagai produk lain yang dapat ditarik keluar sesuai keperluan, kuantitasnya bergantung pada jumlah besi yang sebelumnya terdapat di dalam batuan, atau ditambahkan ke situ. Fosfor biasanya dapat digunakan sebagai bahan intermediet⁽²⁵⁰⁾ dan dikirim ke pusat-pusat konsumsi dan di sana dibakar atau dioksidasi menjadi P₂O₅, kemudian dilarutkan ke dalam air sehingga menjadi asam atau senyawa lain:

Gambar 3. Proses tanur listrik (*electric furnace process*) untuk pembuatan fosfat⁽²⁶⁻³⁵⁾

Proses tanur listrik (*electric furnace process*) memungkinkan penggunaan batuan fosfat kualitas lebih rendah daripada batuan fosfat yang digunakan untuk proses asam fosfat proses basah, karena ketidakmurniannya akan terbawa oleh terak. Bahkan batuan kualitas rendah lebih disukai karena mempunyai keseimbangan CaO/SiO_2 yang lebih baik untuk pembentukan terak. Yang paling dibutuhkan adalah tenaga listrik yang murah.

Batuan fosfat itu harus diumpankan dalam bentuk bongkahan atau ukuran yang lebih besar dari 8 mesh. Bahan yang halus itu cenderung menyulitkan pengeluaran uap fosfat dan akan menyebabkan penjembutan (bahan curah tidak turun) dan gerakan turun umpan secara tidak merata, sehingga dapat menimbulkan letupan-letupan dan ikut membawanya debu dalam jumlah yang berlebihan. Setelah aglomerasi ditambahkan halusan kokas dan fluks bersilika (kerikil), bahan itu diumpankan ke dalam tanur listrik. Bila menginginkan lebih banyak ferofosfor, ditambahkan keping-keping besi ke dalam umpan itu. Dasar tanur itu terdiri dari blok-blok karbon, yang juga melapisi dinding sampai jauh di atas permukaan kolam terak. Pada dinding di atas itu digunakan bata tahan api kualitas tinggi sebagai pelapis. Di atas itu, sebagai penutup terdapat suatu kubah baja yang dilapisi dengan refraktori cor. Bukaan untuk electrode dan untuk memasukkan bahan baku juga dipakai. Elektrode disekrupkan sehingga memudahkan pengantiannya apabila karbon sudah terpakai habis.

Gas dan uap fosfor⁽²⁵¹⁾ dikeluarkan pada salah satu ujung tanur. Terak yang mengandung banyak kalsium itu disadap secara berkala dan digiling untuk digunakan dalam pembuatan kaca, untuk penggamping tanah dan sebagai ballast dasar jalan. Ferofosfor⁽²⁵²⁾ yang sudah dikontrol secara terpisah atau dikeluarkan bersama terak apabila telah memisah dan dijual sebagai aditif fosfor untuk pembuatan baja. Pada proses ini, 80% dari fluor tertinggal di dalam terak. Sebagian kecil yang akan keluar bersama gas diserap di dalam air yang akan digunakan untuk mengkondensasikan fosfor. Asam fosfat murni dan kuat dibuat dari unsur dari fosfor melalui oksidasi⁽²⁵³⁾ dan hidrasi. Menara atau ruang oksidasi yang terbuat dari bata tahan asam atau baja tahan karat. Asam fosfat mengalir dari bawah menuju permukaan dinding dan menyerap kira-kira 75% P_2O_5 dan juga kalor. Asam ini lalu didinginkan, sebagian ditarik keluar, sebagian disirkulasi lagi. Sisanya yang dari 25% dilewatkan melalui eliminator⁽²⁵⁴⁾ kabut Cottrell atau Brink untuk mengumpulkannya.

1.2 *Bilangan Nernst*

Bilangan Nernst, kisaran konsentrasi linier dan batas deteksi⁽²⁶⁻³⁵⁾ Bilangan Nernst dapat diketahui dengan melihat kemiringan dari grafik yang diperoleh. Suatu ESI dikatakan baik jika ESI tersebut memiliki bilangan Nernst yang mendekati teoritis, limit deteksi yang rendah, dan memiliki rentang konsentrasi linier yang lebar. Bilangan Nernst merupakan nilai sensitivitas alat ukur potensiometri yang ditunjukkan oleh kemiringan dari persamaan garis hubungan antara $-\log [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ dan potensial sel pada daerah linier.

Berdasarkan data pada Tabel 1, dapat dikatakan bahwa ESI fosfat yang telah dibuat bersifat Nernstian, karena menghasilkan harga bilangan Nernst sebesar 59,05 mV/dekade, secara teoritis, harga ini memenuhi harga bilangan Nernst untuk anion monovalen dalam pengukuran yaitu sebesar 50 - 60 mV/dekade untuk ion monovalen.

H_2PO_4^-	P [H_2PO_4]	Potensial Elektroda (mV/dekade)			
		1	2	3	Rata-rata
10^{-3}	3	283,8	283,7	284,5	284
10^{-2}	2	220,4	222,5	223,4	222,1
10^{-4}	1	165,8	163,5	168,3	165,9
		59	60,1	58,1	59,05
Bilangan Nernst					
Kisaran Konsentrasi		10^{-3} M sampai 10^{-1} M atau 96,99 – 9699 ppm			
R^2		0,9981	0,9999	0,9979	0,9992
Batas Deteksi		$7,621 \times 10^{-4}$ atau 73,92 ppm			
Bilangan Nernst rata rata		59,05			

Tabel 1. Harga potensial ESI fosfat untuk penentuan bilangan Nernst ⁽²⁶⁻³⁵⁾

Penentuan harga bilangan Nernst suatu ESI sangat dibutuhkan untuk menentukan kelayakan elektroda yang digunakan dalam suatu analisis, sedangkan kisaran konsentrasi linier yang dihasilkan ESI fosfat ini berkisar antara 10^{-3} – 10^{-1} M, hasil pengukuran potensial ESI fosfat bermembran kitosan yang meliputi bilangan Nernst, kisaran konsentrasi linier dan batas deteksi ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 10. Karakteristik ESI fosfat dapat diperoleh dari kurva hubungan antara $-\log [\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ terhadap potensial sel yang terukur.

1.3 Gerakan Ion

Dalam menentukan pengukuran konduktivitas, terlebih dahulu mengetahui penyebab dari pergerakan ion dengan laju yang berbeda-beda, dan penyebab ion tersebut memiliki konduktivitas molar yang berlainan, serta sebab konduktivitas molar elektrolit kuat berkurang dengan akar konsentrasi. Konsep nya adalah makin besar mobilitas ion dalam larutan, maka makin besar pula kontribusinya pada konduktivitas (untuk muatan tertentu).

Untuk ion ze (muatan ion) mengalami gaya sebesar :

$$F = zeE = \frac{ze\Delta\phi}{l} \dots\dots\dots(1)$$

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

$$F' = fs \qquad f = 6\pi\eta a$$

Kedua gaya ini bekerja dalam arah yang berlawanan dan ion mencapai kecepatan akhir, yaitu kecepatan hanyut ion (s), jika gaya mempercepat F diimbangi oleh gaya perlambatan F' . Gaya neto menjadi nol ($F=F'$) jika :

$$s = \frac{zeE}{f} \dots\dots\dots(2)$$

1.4 Mobilitas Ion (U)

Mobilitas ion dapat dihitung dengan pengukuran sebenarnya jarak yang ditempuh setiap ion dalam waktu tertentu dengan metode batas bergerak.

$$U = \frac{x}{t \left(\frac{dE}{dx} \right)} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

x = jarak (m)

t = waktu (dt)

$\left(\frac{dE}{dx} \right)$ = kekuatan medan (volt.m⁻¹)

$$E = \frac{dE}{dx} = \frac{I}{AL_s} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Maka } U = \frac{\lambda_m}{zF} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

Z =valensi kation

F = Faraday

Sehingga
$$t_+ = \frac{U_+}{U_+ + U_-} \quad , \quad u = \frac{s}{E}$$

Jika larutan elektrolit kuat pada konsentrasi molar (c) menimbulkan v_+ kation dengan muatan z_+

$$J(\text{ion}) = \frac{s\Delta t A x v c N_A}{A\Delta t} = s v c N_A \dots\dots\dots(4)$$

setiap ion membawa muatan ze sehingga fluks muatan adalah :

$$J(\text{muatan}) = z s v c e N_A = z s v c F \dots\dots\dots(5)$$

Dengan $F = eN_A$ merupakan konstanta Faraday dan $s = uE$ maka fluksnya

$$J(\text{muatan}) = zuvcFE \dots\dots\dots(6)$$

Maka arus I : fluks muatan x luas

$$I = JA = zuvcFAE \dots\dots\dots(7)$$

Karena medan listrik merupakan gradien potensial $\Delta\phi/l$ maka :

$$I = \frac{zuvcFA\Delta\phi}{l} \text{ atau } \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{Atau } L_s = zuvcF$$

Untuk larutan dalam limit konsentrasi nol :

$$\Lambda_m^0 = (z_+ u_+ v_+ + z_- u_- v_-) F$$

untuk elektrolit simetris z : z (misalnya CuSO₄) maka

$$\Lambda_m^0 = z(u_+ + u_-) F$$

Mobilitas Ionik dalam air pada suhu 298 K

Ion	Mobilitas Ionik($10^{-8}\text{m}^2\text{s}^{-1}\text{V}^{-1}$)
H ⁺	1,62
Na ⁺	5,19
Cl ⁻	7,91
PO ₄ ³⁻	8,40
F ⁻	5,70

(26-35)
Tabel 2. Mobilitas Ionik di Dalam Air

1.5 Bilangan Transport (T)

Adalah suatu fraksi dari arus total yang dibawa oleh ion jenis tertentu. Untuk larutan dengan 2 jenis ion, bilangan transport kation :

$$t_+ = \frac{I^+}{I} \quad \text{I= arus total}$$

$$I = t_+ + t_- \quad (1)$$

Bilangan transport pembatas (t^0) untuk limit konsentrasi nol dari larutan elektrolit.
Jika $I \propto K$ sehingga :

$$t^0 = \frac{zvu}{\sum_i zvu_i} \quad (2)$$

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

$$t^0 = \frac{u}{\sum_i u_i} \quad (3)$$

Hubungan antara konduktivitas ion dengan mobilitas ion :

$$t^0 = \frac{v\lambda}{\sum_i v_i \lambda_i} = \frac{v\lambda}{\Lambda_m^0} \quad (4)$$

Jadi untuk setiap jenis ion :

$$v\lambda = t^0 \Lambda_m^0 \quad (5)$$

Penentuan bilangan transport :

1. Metode Hittorf
2. Metoda perbatasan bergerak

1. Metode Hittorf

Untuk menentukan perubahan konsentrasi elektrolit disekitar elektroda yang disebabkan karena migrasi ion. Sel Hittorf yaitu seperangkat alat elektrolisis yang terdiri atas pesawat Hittorf, sepasang elektroda, dan sumber tegangan arus searah

2. Metode Perbatasan gerak

Transmitansi sampel senyawa dalam rentang spektrum UV-VIS.

1.6 Konduktivitas

Konduktivitas adalah suatu proses pergerakan ion atau pergerakan dari molekul-molekul akibat pengaruh medan listrik yang biasanya dilambangkan (E). Karena adanya pergerakan ion tersebut, larutan dapat menghasilkan listrik. Konduktivitas listrik adalah ukuran kemampuan suatu larutan untuk menghantarkan arus listrik⁽²⁶⁻³⁵⁾. Arus listrik yang terdapat di dalam larutan di hantarkan oleh ion yang terkandung di dalamnya. Ion yang memiliki karakteristik tersendiri dalam menghantarkan arus listrik. Maka dari itu nilai dari konduktivitas listrik hanya saja menunjukkan konsentrasi ion total di dalam larutan. Banyaknya ion-ion di dalam larutan juga sangat dipengaruhi oleh padatan terlarut di dalamnya. Semakin besar jumlah padatan terlarut di dalam larutan maka kemungkinan jumlah ion dalam larutan juga akan semakin besar, sehingga nilai konduktivitas listrik juga akan semakin besar. Jadi, di sini dapat dilihat bahwa terdapat hubungan antara jumlah zat padat terlarut yang dinyatakan dengan TDS dengan nilai konduktivitas listrik. Elektrolit kuat adalah zat yang terionisasi sempurna dalam larutan, dan meliputi padatan ion dan asam kuat. Sebagai hasil pengionan sempurna, konsentrasi ion dalam larutan sebanding dengan konsentrasi elektrolit yang ditambahkan⁽²⁶⁻³⁵⁾.

Konduktivitas Listrik

Adapun Tabel berikut menunjukkan konduktivitas listrik berair larutan H_3PO_4 sebagai fungsi konsentrasi. Konduktivitas κ atau yang sering disebut konduktansi spesifik dalam literatur lama adalah kebalikan dari resistivitas. Konduktivitas molar Λ terkait dengan ini oleh:

$$\Lambda = \kappa / c,$$

Dimana

c adalah konsentrasi jumlah zat elektrolit yang dinyatakan dalam mol / L

κ memiliki satuan milisiemens per sentimeter (mS / cm)

maka Λ memiliki satuan $S \text{ cm}^2 \text{ mol}^{-1}$. Untuk elektrolit ini, konsentrasi c yang sesuai dirubah ke nilai persen massa, berikut data konduktivitas Listrik κ dalam mS / cm untuk Konsentrasi Indikasi dalam Persen Massa.

Persen massa	Konduktivitas listrik
0,5 %	9,2
5%	11,2
15%	19,5
25%	37,7
30%	85,6
45%	134
50%	197

Tabel 3. Konduktivitas listrik pada larutan H_3PO_4 ⁽²⁶⁻³⁵⁾

Grafik 1. Konduktivitas Listrik pada Larutan H_3PO_4

Konduktivitas hidrolik

Parameter atau ukuran yang dapat menggambarkan kemampuan tanah dalam melewatkan air disebut sebagai konduktivitas hidrolik (Hydraulic Conductivity) ^(1, 2, 62-71). Tingkat kemampuan dari tanah untuk melewatkan air sangat sekali dipengaruhi oleh kadar air di dalam tanah. Konduktivitas hidrolika atau (permeabilitas) di dalam tanah disebut oleh hukum Darcy untuk menyatakan satu dimensi yaitu aliran secara vertikal. Sifat ini sangat dipengaruhi oleh geometri (ruang) pori dan sifat dari cairan yang mengalir didalamnya. Menggunakan rumus yang merupakan hukum Darcy berikut:

$$K = \frac{Q}{A} \times \frac{L}{dH}$$

Dimana :

K = konduktivitas hidrolik

Q = penambahan volume air yang tertampung digelas ukur persatuan waktu (mm^3/jam)

A = luas penampang gelas ukur (mm^2)

L = ketebalan tanah (mm)

dH = tinggi genangan dari permukaan (mm)

Gambar 4. Alat pengukur konduktivitas hidrolik (permeabilitas) tanah dengan sistem pembuangan air satu arah⁽³⁻¹⁴⁾

Pengukuran permeabilitas tanah⁽³⁻¹⁴⁾ di laboratorium merupakan aplikasi langsung dari persamaan Darcy pada suatu kolom tanah dalam keadaan jenuh dari suatu penampang melintang (cross-sectional area) yang bersifat seragam (uniform) dan dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut:

$$Ks = \frac{Vl}{[At (H2 - H1)]}$$

dimana: Ks adalah konduktivitas hidrolik^(1, 2, 62-71) dalam keadaan jenuh; V adalah volume air yang mengalir melalui masa (contoh) tanah dengan luas penampang A dalam jangka waktu t ; dan $(H2-H1)$ adalah perbedaan tinggi permukaan air (hydraulic head difference) yang mengalir melewati contoh (kolom) tanah sepanjang L . $H1$ adalah tinggi hidrolik pada titik masuknya air, sedangkan $H2$ adalah tinggi hidrolik pada tempat keluarnya air.

Beberapa metode laboratorium yang dapat digunakan untuk menetapkan konduktivitas hidrolik tanah dalam keadaan jenuh, diantaranya: (1) metode tinggi air konstan/constan head method (2) metode tinggi air konstan di dalam tangki/constan head soil core/tank method (3) metode tinggi air terjun di dalam tangki/falling head soil core/tank method dan (4) metode aliran air dalam kondisi kesetimbangan/steady flow soil column method.⁽²⁴⁹⁾

Pemilihan suatu metode sangat ditentukan oleh berbagai faktor seperti: (1) ketersediaan alat; (2) sifat alami tanah; (3) ketersediaan contoh tanah; dan (4) kemampuan dan pengetahuan dari pelaku percobaan. Metode yang akan diuraikan dalam bab ini adalah constant head soil method. Metode ini tergolong sederhana dan mudah diaplikasikan. Prinsip yang digunakan identik dengan cara yang dikemukakan De Boodt dan didasarkan pada hukum Darcy⁽³⁹⁻⁴³⁾. Secara kuantitatif permeabilitas tanah diartikan sebagai kecepatan bergerak suatu cairan pada suatu media berpori^(28, 72-90) dalam keadaan jenuh. Dalam hal ini sebagai cairan adalah air, dan sebagai media berpori adalah tanah⁽⁹¹⁻¹⁶⁹⁾. Konduktivitas hidrolik (permeabilitas) tanah didefinisikan oleh hukum Darcy untuk satu dimensi yaitu aliran secara vertikal. Sifat ini sangat sekali dipengaruhi oleh geometri (ruang) dari pori dan sifat dari cairan yang mengalir didalamnya.

Ukuran pori dan adanya hubungan antar pori-pori tersebut sangat menentukan apakah tanah mempunyai permeabilitas rendah atau tinggi⁽¹⁷⁰⁻¹⁸⁵⁾. Air dapat mengalir dengan mudah di dalam tanah yang mempunyai pori-pori besar dan mempunyai hubungan antar pori yang baik⁽¹⁸⁶⁻¹⁹⁰⁾. Pori-pori yang berukuran kecil dengan hubungan antar pori-pori yang seragam akan memiliki permeabilitas lebih rendah, karena air akan mengalir melalui tanah dengan sangat lambat. Kemungkinan tanah-tanah yang pori-porinya besar, permeabilitasnya mendekati nol (hampir tidak ada aliran), yaitu jika pori-pori tersebut terisolasi (tidak ada hubungan) sesamanya. Permeabilitas juga mungkin mendekati nol apabila^(28, 72-90) pori-pori tanah sangat kecil, seperti pada tanah liat. Sifat dari cairan yang secara langsung berpengaruh terhadap permeabilitas tanah adalah viskositas (viscosity) dan berat jenis (density).⁽¹⁹¹⁻²¹⁰⁾ Permeabilitas berbanding terbalik dengan sifat kekentalan zat cair, dimana sifat kekentalan air (viscosity) berkurang dengan meningkatnya suhu. Oleh karena itu, koefisien permeabilitas meningkat sejalan dengan meningkatnya suhu air. Dalam hal ini penentuan permeabilitas sebaiknya dilakukan pada suhu air tidak lebih dari 20°C. Total garam terlarut (total dissolved salt) dalam air rembesan dapat mempengaruhi permeabilitas, terutama untuk tanah padat.⁽²¹¹⁻²³⁴⁾ Pengukuran permeabilitas tanah di laboratorium merupakan aplikasi langsung dari persamaan Darcy pada suatu kolom tanah dalam keadaan jenuh dari suatu penampang melintang (cross-sectional area) yang bersifat seragam (uniform) dan dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut:

$$Ks = \frac{Vl}{[At (H2 - H1)]}$$

Gambar 5. Alat pengukur permeabilitas tanah dengan sistem aliran air berputar (circulating water-supply system)
(26-35)

Data konduktivitas hidrolik tanah jenuh yang digunakan:

$$A = 45,72 \text{ cm}^2$$

L=4 cm (ukuran ring yang digunakan adalah tinggi 4 cm dengan garis tengah lingkaran dalam 7,63 cm),

h = 5 cm (tinggi air dari permukaan tanah selama pengukuran, sesuai dengan rancangan alat), dan jangka waktu yang digunakan untuk setiap kali pengukuran adalah 1 jam.⁽³⁹⁻⁴³⁾

Dengan demikian, cara perhitungan dapat disederhanakan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Ks = \frac{Vl}{[At (H2 - H1)]}$$

$$Ks = \frac{V \text{ 4 cm}}{[(45,72 \text{ cm}^2)(1\text{jam})(5 \text{ cm})]}$$

$$Ks = 0,0175 \text{ V cm/jam}$$

1.7 Kecepatan Hanyut

Kedua gaya itu bekerja dalam arah yang berlawanan, dan ion mencapai kecepatan akhir, yaitu *kecepatan hanyut*.
(menggunakan data diatas, dengan diketahui selisih potensial adalah 1,66032V) maka:

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

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

$$E = \frac{1,66032V}{4 \text{ cm}}$$

$$E = 0,41508 \text{ v/cm}$$

4. Kesimpulan

Asam fosfat adalah asam utama yang digunakan dalam industri kimia yang dihasilkan dengan hidrasi fosfor petoksida. Asam fosfat komersial memiliki 75-85%. Asam murninya adalah senyawa kristalin (mp. 42,35°C). fosfor dapat bersenyawa dengan logam aktif, seperti alkali dan alkali tanah, membentuk senyawa ion. Senyawa ionik asam fosfat mengalami interaksi antar ion dalam sistem larutan, baik antara sesama ion maupun dengan ion yang lain. Berdasarkan hasil kalkulasi dari *Chem 3D, energy kinetic rotasi* atau MM2 Dinamys rata-rata dari asam fosfat sekitar 0.0278 dengan MM2 minimization total 3.4350. Kemudian dilihat dari segi interaksi atau transformasi suatu ion dapat dilihat dari pengaruh aspek sifat termodinamika dari senyawa asam fosfat dalam fase liquid $\Delta_f H^0 = -3055 \text{ kJ/mol}$, $S^0 = 105,54 \text{ J/molK}$, dan $\Delta G^0 = -3015 \text{ kJ/molK}$. Senyawa ion (asam fosfat) dalam suatu larutan melalui perhitungan viskositas, kecepatan hanyut, dan mobilitas yang akan mempengaruhi tingkat konduktivitas senyawa asam fosfat. Asam fosfat memiliki Kecepatan hanyut 0,41508 V/cm, konduktivitas listrik 9,2 Ms/cm untuk persen massa 0,5%, mobilitas relative ion H^+ dan PO_4^{3-} adalah 1,62 dan 8,40 dan tingkat viskositas 3.86 mPa.s, serta konduktivitas hidrolik yang dilakukan sebagai parameter untuk mengukur permeabilitas tanah yaitu 0,0175 V cm/jam yang digunakan pada pembuatan pupuk dengan metode yaitu (1) metode tinggi air konstan/constant head method (2) metode tinggi air konstan di dalam tangki/constant head soil core/tank method (3) metode tinggi air terjun di dalam tangki/falling head soil core/tank method dan (4) metode aliran air dalam kondisi kesetimbangan/steady flow soil column method.

5. Referensi

1. Balkhair Ks. Impact Of Treated Wastewater On Soil Hydraulic Properties And Vegetable Crop Under Irrigation With Treated Wastewater, Field Study And Statistical Analysis. Journal Of Environmental Biology. 2016;37(5 Spec No):1143-52.

2. Ding Y, Lyu T, Bai S, Li Z, Ding H, You S, Et Al. Effect Of Multilayer Substrate Configuration In Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetlands: Assessment Of Treatment Performance, Biofilm Development, And Solids Accumulation. *Environmental Science And Pollution Research International*. 2018;25(2):1883-91.
3. Min Jb, Kim Es, Lee Js, Lee Hg. Preparation, Characterization, And Cellular Uptake Of Resveratrol-Loaded Trimethyl Chitosan Nanoparticles. *Food Science And Biotechnology*. 2018;27(2):441-50.
4. De Sousa Guedes Jp, De Souza El. Investigation Of Damage To *Escherichia Coli*, *Listeria Monocytogenes* And *Salmonella Enteritidis* Exposed To *Mentha Arvensis* L. And M. Piperita L. Essential Oils In Pineapple And Mango Juice By Flow Cytometry. *Food Microbiology*. 2018;76:564-71.
5. Veloria Jr, Chen L, Li L, Breen Gam, Lee J, Goux Wj. Novel Cell-Penetrating-Amyloid Peptide Conjugates Preferentially Kill Cancer Cells. *Medchemcomm*. 2018;9(1):121-30.
6. Liu S, Zhao Y, He R, Kong L, Xi J, Sun J, Et Al. Identification Of Novel N-Acetylcysteine Derivatives For The Treatment Of Hepatocellular Injury. *Medchemcomm*. 2017;8(12):2238-47.
7. Fan Xy, Yuan L, Wu C, Liu Yj, Jiang Fl, Hu Yj, Et Al. Mitochondrial Toxicity Of Organic Arsenicals: Membrane Permeability Transition Pore Opening And Respiratory Dysfunction. *Toxicology Research*. 2018;7(2):191-200.
8. Moulahoum H, Boumaza Bma, Ferrat M, Djerdjouri B. Arsenic Trioxide Exposure Accelerates Colon Preneoplastic Aberrant Crypt Foci Induction Regionally Through Mitochondrial Dysfunction. *Toxicology Research*. 2018;7(2):182-90.
9. Kamemura N, Oyama K, Kanemaru K, Yokoigawa K, Oyama Y. Diverse Cellular Actions Of Tert-Butylhydroquinone, A Food Additive, On Rat Thymocytes. *Toxicology Research*. 2017;6(6):922-9.
10. Ma L, Liu Jy, Dong Jx, Xiao Q, Zhao J, Jiang Fl. Toxicity Of Pb(2+) On Rat Liver Mitochondria Induced By Oxidative Stress And Mitochondrial Permeability Transition. *Toxicology Research*. 2017;6(6):822-30.
11. Gao Y, Fang Z, Liang P, Huang X. Direct Concentration Of Municipal Sewage By Forward Osmosis And Membrane Fouling Behavior. *Bioresource Technology*. 2018;247:730-5.
12. Kevane B, Egan K, Allen S, Maguire P, Neary E, Lennon A, Et Al. Endothelial Barrier Protective Properties Of Low Molecular Weight Heparin: A Novel Potential Tool In The Prevention Of Cancer Metastasis? *Research And Practice In Thrombosis And Haemostasis*. 2017;1(1):23-32.
13. Zhou Z, Zhong W. Targeting The Gut Barrier For The Treatment Of Alcoholic Liver Disease. *Liver Research*. 2017;1(4):197-207.
14. Yoo Ss, Chu Kh, Choi Ih, Mang Js, Ko Kb. Operating Cost Reduction Of Uf Membrane Filtration Process For Drinking Water Treatment Attributed To Chemical Cleaning Optimization. *Journal Of Environmental Management*. 2018;206:1126-34.
15. Hossen Mj, Hong Yd, Baek Ks, Yoo S, Hong Yh, Kim Jh, Et Al. In Vitro Antioxidative And Anti-Inflammatory Effects Of The Compound K-Rich Fraction Biogf1k, Prepared From *Panax Ginseng*. *Journal Of Ginseng Research*. 2017;41(1):43-51.
16. Jacqmin Dj, Bredfeldt Js, Frigo Sp, Smilowitz Jb. Implementation Of The Validation Testing In Mppg 5.A "Commissioning And Qa Of Treatment Planning Dose Calculations-Megavoltage Photon And Electron Beams". *Journal Of Applied Clinical Medical Physics*. 2017;18(1):115-27.
17. Koriath Ca, Bocchetta M, Brotherhood E, Woollacott Io, Norsworthy P, Simon-Sanchez J, Et Al. The Clinical, Neuroanatomical, And Neuropathologic Phenotype Of *Tbkl*-Associated Frontotemporal Dementia: A Longitudinal Case Report. *Alzheimer's & Dementia*. 2017;6:75-81.
18. Murez Z, Treibitz T, Ramamoorthi R, Kriegman Dj. Photometric Stereo In A Scattering Medium. *Ieee Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence*. 2017;39(9):1880-91.
19. Nazemi S, Mirzaei M, Yaslianifard S, Darban-Sarokhalil D, Khoramrooz Ss, Norozi P, Et Al. Microbiological Qualification Of Air, Water And Dialysate In A Haemodialysis Centre: A New Focus On *Legionella* Spp. *Iranian Journal Of Microbiology*. 2016;8(4):219-25.

20. Patil Md, Shinde Kd, Patel G, Chisti Y, Banerjee Uc. Use Of Response Surface Method For Maximizing The Production Of Arginine Deiminase By *Pseudomonas Putida*. *Biotechnology Reports*. 2016;10:29-37.
21. Reyes J, Sanchez J, Stryhn H, Ortiz T, Olivera M, Keefe Gp. Influence Of Milking Method, Disinfection And Herd Management Practices On Bulk Tank Milk Somatic Cell Counts In Tropical Dairy Herds In Colombia. *Veterinary Journal*. 2017;220:34-9.
22. St Helen G, Ross Kc, Dempsey Da, Havel Cm, Jacob P, 3rd, Benowitz Nl. Nicotine Delivery And Vaping Behavior During Ad Libitum E-Cigarette Access. *Tobacco Regulatory Science*. 2016;2(4):363-76.
23. Varin R, Novak J, Bott C. Acidogenesis And Two-Phase Codigestion Of Fats, Oils, And Greases And Municipal Biosolids. *Water Environment Research : A Research Publication Of The Water Environment Federation*. 2016;88(11):2169-76.
24. Venkateswaran M, Hillig M, Brown Je, Stadnik Pj, Von Arx Ja, Sutton B, Et Al. Saw-Lc Coupled Resonator Wideband Vco For Medical Telemetry. *Conference Proceedings : Annual International Conference Of The Ieee Engineering In Medicine And Biology Society Ieee Engineering In Medicine And Biology Society Annual Conference*. 2016;2016:4824-7.
25. Yu T, Yang Y, Kwak Ys, Song Gg, Kim My, Rhee Mh, Et Al. Ginsenoside Rc From *Panax Ginseng* Exerts Anti-Inflammatory Activity By Targeting Tank-Binding Kinase 1/Interferon Regulatory Factor-3 And P38/Atf-2. *Journal Of Ginseng Research*. 2017;41(2):127-33.
26. Bi Y, Zhang J, Song Z, Wang Z, Qiu L, Hu J, Et Al. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Alleviate Root Damage Stress Induced By Simulated Coal Mining Subsidence Ground Fissures. *The Science Of The Total Environment*. 2018;652:398-405.
27. Pradhan S, Al-Ghamdi Sg, Mackey Hr. Greywater Recycling In Buildings Using Living Walls And Green Roofs: A Review Of The Applicability And Challenges. *The Science Of The Total Environment*. 2018;652:330-44.
28. Zhao D, Qiu L, Song J, Liu J, Wang Z, Zhu Y, Et Al. Efficiencies And Mechanisms Of Chemical Cleaning Agents For Nanofiltration Membranes Used In Produced Wastewater Desalination. *The Science Of The Total Environment*. 2018;652:256-66.
29. Saeedi M, Mohammadi-Khanaposhtani M, Pourrabia P, Razzaghi N, Ghadimi R, Imanparast S, Et Al. Design And Synthesis Of Novel Quinazolinone-1,2,3-Triazole Hybrids As New Anti-Diabetic Agents: In Vitro Alpha-Glucosidase Inhibition, Kinetic, And Docking Study. *Bioorganic Chemistry*. 2018;83:161-9.
30. Gao J, Jiang S, Zhang X, Fu Y, Liu Z. Preparation, Characterization And In Vitro Activity Of A Docetaxel-Albumin Conjugate. *Bioorganic Chemistry*. 2018;83:154-60.
31. Liu S, Trevathan-Tackett Sm, Ewers Lewis Cj, Ollivier Qr, Jiang Z, Huang X, Et Al. Beach-Cast Seagrass Wrack Contributes Substantially To Global Greenhouse Gas Emissions. *Journal Of Environmental Management*. 2018;231:329-35.
32. Guo D, Ali A, Ren C, Du J, Li R, Lahori Ah, Et Al. Edta And Organic Acids Assisted Phytoextraction Of Cd And Zn From A Smelter Contaminated Soil By Potherb Mustard (*Brassica Juncea*, Coss) And Evaluation Of Its Bioindicators. *Ecotoxicology And Environmental Safety*. 2018;167:396-403.
33. Saratale Rg, Sivapathan S, Saratale Gd, Banu Jr, Kim Ds. Hydroxamic Acid Mediated Heterogeneous Fenton-Like Catalysts For The Efficient Removal Of Acid Red 88, Textile Wastewater And Their Phytotoxicity Studies. *Ecotoxicology And Environmental Safety*. 2018;167:385-95.
34. De Conti L, Ceretta Ca, Melo Gwb, Tiecher Tl, Silva Los, Garlet Lp, Et Al. Intercropping Of Young Grapevines With Native Grasses For Phytoremediation Of Cu-Contaminated Soils. *Chemosphere*. 2018;216:147-56.
35. Pino-Otin Mr, Ballesterio D, Navarro E, Gonzalez-Coloma A, Val J, Mainar Am. Ecotoxicity Of A Novel Biopesticide From *Artemisia Absinthium* On Non-Target Aquatic Organisms. *Chemosphere*. 2018;216:131-46.

36. Agus F, Yustika Rd, Haryati U. Penetapan Berat Volume Tanah. Kata Pengantar. 2006:25.
37. Dariah A, Yusrial M. Penetapan Konduktivitas Hidrolik Tanah Dalam Keadaan Jenuh: Metode Laboratorium: Sifat Fisik Tanah Dan Metode Analisisnya. Pusat Penelitian Dan Penelitian Tanah Dan Agroklimat (Puslitbangtanak). Bogor; 2005.
38. Riastika M. Pengelolaan Air Tanah Berbasis Konservasi Di Recharge Area Boyolali (Studi Kasus Recharge Area Cepogo, Boyolali, Jawa Tengah). Jurnal Ilmu Lingkungan. 2011;9(2):86-97.
39. Kadouh Hc, Sun S, Zhu W, Zhou K. Alpha-Glucosidase Inhibiting Activity And Bioactive Compounds Of Six Red Wine Grape Pomace Extracts. Journal Of Functional Foods. 2016;26:577-84.
40. Sun H, Vamos Ca, Flory Ssb, Debate R, Thompson El, Bleck J. Correlates Of Long-Term Physical Activity Adherence In Women. Journal Of Sport And Health Science. 2017;6(4):434-42.
41. Sun S, Kadouh Hc, Zhu W, Zhou K. Bioactivity-Guided Isolation And Purification Of Alpha-Glucosidase Inhibitor, 6-O-D-Glycosides, From Tinta Cao Grape Pomace. Journal Of Functional Foods. 2016;23:573-9.
42. Sun Sy, Daher S, Filho Rcs, Rocha Cl, Souza Rt, Moron Af. Vegf 936c/T Polymorphism And Gestational Trophoblastic Neoplasia. The Journal Of Reproductive Medicine. 2016;61(9-10):489-93.
43. Wang Sq, Zhang Q, Sun C, Liu Gy. Ifosfamide-Loaded Lipid-Core-Nanocapsules To Increase The Anticancer Efficacy In Mg63 Osteosarcoma Cells. Saudi Journal Of Biological Sciences. 2018;25(6):1140-5.
44. Abbas Zk, Saggu S, Rehman H, Al Thbiani A, Ansari Aa. Ecological Variations And Role Of Heat Shock Protein In Artemisia Judaica L. In Response To Temperature Regimes Of Tabuk, Saudi Arabia. Saudi Journal Of Biological Sciences. 2017;24(6):1268-73.
45. Adenan Ns, Yusoff Fm, Medipally Sr, Shariff M. Enhancement Of Lipid Production In Two Marine Microalgae Under Different Levels Of Nitrogen And Phosphorus Deficiency. Journal Of Environmental Biology. 2016;37(4 Spec No):669-76.
46. Ahamad Sr, Al-Ghadeer Ar, Ali R, Qamar W, Aljarboa S. Analysis Of Inorganic And Organic Constituents Of Myrrh Resin By Gc-MS And Icp-MS: An Emphasis On Medicinal Assets. Saudi Pharmaceutical Journal : Spj : The Official Publication Of The Saudi Pharmaceutical Society. 2017;25(5):788-94.
47. Atinkpahoun Cnh, Le Nd, Pontvianne S, Poirot H, Leclerc Jp, Pons Mn, Et Al. Population Mobility And Urban Wastewater Dynamics. The Science Of The Total Environment. 2018;622-623:1431-7.
48. Bello Sk, Yusuf Aa, Cargele M. Performance Of Cowpea As Influenced By Native Strain Of Rhizobia, Lime And Phosphorus In Samaru, Nigeria. Symbiosis. 2018;75(3):167-76.
49. Christianson R, Christianson L, Wong C, Helmers M, Mcisaac G, Mulla D, Et Al. Beyond The Nutrient Strategies: Common Ground To Accelerate Agricultural Water Quality Improvement In The Upper Midwest. Journal Of Environmental Management. 2018;206:1072-80.
50. Conidi D, Parker Wj. The Effect Of Solids Residence Time On Chemical Phosphorus Removal In Low Concentration Applications. Water Environment Research : A Research Publication Of The Water Environment Federation. 2016;88(11):2104-10.
51. Hammoud Ru, Jabbour Mn, Tawil An, Ghattas H, Obeid Oa. Phosphorus Supplementation Mitigated Food Intake And Growth Of Rats Fed A Low-Protein Diet. Current Developments In Nutrition. 2017;1(8):E000943.
52. Liang Ym, Su Yr, He Xy, Chen Xb, Hu Yj. [Various Effects On The Abundance And Composition Of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities In Soils In Karst Shrub Ecosystems]. Huan Jing Ke Xue= Huanjing Kexue. 2017;38(11):4828-35.
53. Rauf S, Zhang L, Ali A, Liu Y, Li J. Label-Free Nanopore Biosensor For Rapid And Highly Sensitive Cocaine Detection In Complex Biological Fluids. Acs Sensors. 2017;2(2):227-34.

54. Roy S, Nandi Rk, Ganai S, Majumdar Kc, Das Tk. Binding Interaction Of Phosphorus Heterocycles With Bovine Serum Albumin: A Biochemical Study. *Journal Of Pharmaceutical Analysis*. 2017;7(1):19-26.
55. Sprague Sm, Strugnell Sa, Bishop Cw. Extended-Release Calcifediol For Secondary Hyperparathyroidism In Stage 3-4 Chronic Kidney Disease. *Expert Review Of Endocrinology & Metabolism*. 2017;12(5):289-301.
56. Ganesh K, Soumen R, Ravichandran Y, Janarthanan. Dynamic Approach To Predict Ph Profiles Of Biologically Relevant Buffers. *Biochemistry And Biophysics Reports*. 2017;9:121-7.
57. Jimenez J, Bru S, Ribeiro Mp, Clotet J. Phosphate: From Stardust To Eukaryotic Cell Cycle Control. *International Microbiology : The Official Journal Of The Spanish Society For Microbiology*. 2016;19(3):133-41.
58. Mahmoud S, Li H, Mcbrayer Tr, Bassit L, Hammad Sf, Coats Sj, Et Al. Synthesis And Antiviral Evaluation Of Fluorinated Acyclo-Nucleosides And Their Phosphoramidates. *Nucleosides, Nucleotides & Nucleic Acids*. 2017;36(1):66-82.
59. Pellizza La, Smal C, Ithuralde Re, Turjanski Ag, Cicero Do, Aran M. Structural And Functional Characterization Of A Cold-Adapted Stand-Alone Tpm Domain Reveals A Relationship Between Dynamics And Phosphatase Activity. *The Febs Journal*. 2016;283(23):4370-85.
60. Robinson Tp, Lo Sk, De Rosa D, Aldridge S, Goicoechea Jm. On The Ambiphilic Reactivity Of Geometrically Constrained Phosphorus(Iii) And Arsenic(Iii) Compounds: Insights Into Their Interaction With Ionic Substrates. *Chemistry*. 2016;22(44):15712-24.
61. Weilbeer C, Sickert M, Naumov S, Schneider C. The Bronsted Acid-Catalyzed, Enantioselective Aza-Diels-Alder Reaction For The Direct Synthesis Of Chiral Piperidones. *Chemistry*. 2017;23(3):513-8.
62. Dai Y, Wang L, Wan X. Relative Contributions Of Hydraulic Dysfunction And Carbohydrate Depletion During Tree Mortality Caused By Drought. *Aob Plants*. 2018;10(1):Plx069.
63. Gonzalez Cv, Jofre Mf, Vila Hf, Stoffel M, Bottini R, Giordano Cv. Morphology And Hydraulic Architecture Of Vitis Vinifera L. Cv. Syrah And Torrontes Riojano Plants Are Unaffected By Variations In Red To Far-Red Ratio. *Plos One*. 2016;11(12):E0167767.
64. Knorr B, Maloszewski P, Stump C. Analytical Transport Modelling Of Metabolites Formed In Dual-Porosity Media. *Environmental Science And Pollution Research International*. 2017;24(5):4447-56.
65. Oliveira Eb, Nicolodi Jl. Oil Permeability Variations On Lagoon Sand Beaches In The Patos-Guaiba System In Rio Grande Do Sul, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*. 2017;115(1-2):154-63.
66. Paudel I, Cohen S, Shlizerman L, Jaiswal Ak, Shaviv A, Sadka A. Reductions In Root Hydraulic Conductivity In Response To Clay Soil And Treated Waste Water Are Related To Pips Down-Regulation In Citrus. *Scientific Reports*. 2017;7(1):15429.
67. Petit G, Savi T, Consolini M, Anfodillo T, Nardini A. Interplay Of Growth Rate And Xylem Plasticity For Optimal Coordination Of Carbon And Hydraulic Economies In Fraxinus Ornus Trees. *Tree Physiology*. 2016;36(11):1310-9.
68. Sheldon Mc, Vandeleur R, Kaiser Bn, Tyerman Sd. A Comparison Of Petiole Hydraulics And Aquaporin Expression In An Anisohydric And Isohydric Cultivar Of Grapevine In Response To Water-Stress Induced Cavitation. *Frontiers In Plant Science*. 2017;8:1893.
69. Wong Jtf, Chen Z, Wong Ayy, Ng Cww, Wong Mh. Effects Of Biochar On Hydraulic Conductivity Of Compacted Kaolin Clay. *Environmental Pollution*. 2018;234:468-72.
70. Zhang W, Zwiazek Jj. Effects Of Root Medium Ph On Root Water Transport And Apoplastic Ph In Red-Osier Dogwood (Cornus Sericea) And Paper Birch (Betula Papyrifera) Seedlings. *Plant Biology*. 2016;18(6):1001-7.
71. Zhang Z, Zhao P, Mccarthy Hr, Ouyang L, Niu J, Zhu L, Et Al. Hydraulic Balance Of A Eucalyptus Urophylla Plantation In Response To Periodic Drought In Low Subtropical China. *Frontiers In Plant Science*. 2016;7:1346.

72. Kamali F, Eskandari Mm, Rashidi A, Baghalha M, Hassanisadi M, Hamzehlouyan T. Nanorod Carbon Nitride As A Carbo Catalyst For Selective Oxidation Of Hydrogen Sulfide To Sulfur. *Journal Of Hazardous Materials*. 2018;364:218-26.
73. Guder P, Lotz-Havla As, Woidy M, Reiss Dd, Danecka Mk, Schatz Ua, Et Al. Isoform-Specific Domain-Organization Determines Conformation And Function Of The Peroxisomal Biogenesis Factor Pex26. *Biochimica Et Biophysica Acta Molecular Cell Research*. 2018.
74. Zulkifli Fh, Hussain Fsj, Harun Wsw, Yusoff Mm. Highly Porous Of Hydroxyethyl Cellulose Biocomposite Scaffolds For Tissue Engineering. *International Journal Of Biological Macromolecules*. 2018.
75. Cunningham Kp, Holden Rg, Escribano-Subias P, Cogolludo A, Veale El, Mathie A. Characterisation And Regulation Of Wild Type And Mutant Task-1 Two Pore Domain Potassium Channels Indicated In Pulmonary Arterial Hypertension. *The Journal Of Physiology*. 2018.
76. Kong D, Gao Y, Xiao Z, Xu X, Li X, Zhi L. Rational Design Of Carbon-Rich Materials For Energy Storage And Conversion. *Advanced Materials*. 2018:E1804973.
77. Fan F, Li Y, Liu Y, Shao L, Yu J, Li Z. Overexpression Of Klotho In Adipose-Derived Stem Cells Protects Against Uvb-Induced Photoaging In Co-Cultured Human Fibroblasts. *Molecular Medicine Reports*. 2018.
78. Xu J, Lewandowski B, Miyazawa T, Shoji Y, Yee K, Bryant B. Spilanthol Enhances Sensitivity To Sodium In Mouse Taste Bud Cells. *Chemical Senses*. 2018.
79. Pei Wn, Hu Hj, Liu F, Xiao B, Zuo Yb, Cui W. C-Reactive Protein Aggravates Myocardial Ischemia/Reperfusion Injury Through Activation Of Extracellular-Signal-Regulated Kinase 1/2. *Journal Of Geriatric Cardiology : Jgc*. 2018;15(7):492-503.
80. Sola-Llano R, Fujita Y, Gomez-Hortiguera L, Alfayate A, Uji Ih, Fron E, Et Al. One-Directional Antenna Systems: Energy Transfer From Monomers To J-Aggregates Within 1d Nanoporous Aluminophosphates. *Acs Photonics*. 2018;5(1):151-7.
81. Gargiulo V, Gomis-Berenguer A, Giudicianni P, Ania Co, Ragucci R, Alfe M. Assessing The Potential Of Biochars Prepared By Steam-Assisted Slow Pyrolysis For Co2 Adsorption And Separation. *Energy & Fuels : An American Chemical Society Journal*. 2018;32(10):10218-27.
82. Fan Rx, Liu J, Li Yl, Liu J, Gao Jz. Finite Element Investigation Of The Effects Of The Low-Frequency Vibration Generated By Vehicle Driving On The Human Lumbar Mechanical Properties. *Biomed Research International*. 2018;2018:7962414.
83. Jee Ay, Yanai N, Granick S. Comparing Geometry And Chemistry When Confined Molecules Diffuse In Monodisperse Metal-Organic Framework Pores. *The Journal Of Physical Chemistry Letters*. 2018:6399-403.
84. Zwirner U, Hoffler K, Pflaum M, Korossis S, Haverich A, Wiegmann B. Identifying An Optimal Seeding Protocol And Endothelial Cell Substrate For Biohybrid Lung Development. *Journal Of Tissue Engineering And Regenerative Medicine*. 2018.
85. Baig Am, Zohaib R, Nuzair W, Saiqa K, Mehdi N. Evidence Of Human-Like Ca(2+) Channels And Effects Of Ca(2+) Channel Blockers In *Acanthamoeba Castellanii*. *Chemical Biology & Drug Design*. 2018.
86. Khanchezar S, Hashemi-Najafabadi S, Shojaosadati Sa, Babaeipour V. Hydrodynamics And Mass Transfer In Miniaturized Bubble Column Bioreactors. *Bioprocess And Biosystems Engineering*. 2018.
87. Juhlen R, Fahrenkrog B. Moonlighting Nuclear Pore Proteins: Tissue-Specific Nucleoporin Function In Health And Disease. *Histochemistry And Cell Biology*. 2018.
88. Quach J, Moreau F, Sandall C, Chadee K. Entamoeba Histolytica-Induced Il-1beta Secretion Is Dependent On Caspase-4 And Gasdermin D. *Mucosal Immunology*. 2018.
89. Petersen A, Princ A, Korus G, Ellinghaus A, Leemhuis H, Herrera A, Et Al. A Biomaterial With A Channel-Like Pore Architecture Induces Endochondral Healing Of Bone Defects. *Nature Communications*. 2018;9(1):4430.

90. Orning P, Weng D, Starheim K, Ratner D, Best Z, Lee B, Et Al. Pathogen Blockade Of Tak1 Triggers Caspase-8-Dependent Cleavage Of Gasdermin D And Cell Death. *Science*. 2018.
91. Abadzic Sd, Ryan Jn. Particle Release And Permeability Reduction In A Natural Zeolite (Clinoptilolite) And Sand Porous Medium. *Environmental Science & Technology*. 2001;35(22):4502-8.
92. Ake Cl, Mayura K, Huebner H, Bratton Gr, Phillips Td. Development Of Porous Clay-Based Composites For The Sorption Of Lead From Water. *Journal Of Toxicology And Environmental Health Part A*. 2001;63(6):459-75.
93. Antcliff Rj, Hussain Aa, Marshall J. Hydraulic Conductivity Of Fixed Retinal Tissue After Sequential Excimer Laser Ablation: Barriers Limiting Fluid Distribution And Implications For Cystoid Macular Edema. *Archives Of Ophthalmology*. 2001;119(4):539-44.
94. Barr Dw. Coefficient Of Permeability Determined By Measurable Parameters. *Ground Water*. 2001;39(3):356-61.
95. Bates Do, Heald Ri, Curry Fe, Williams B. Vascular Endothelial Growth Factor Increases Rana Vascular Permeability And Compliance By Different Signalling Pathways. *The Journal Of Physiology*. 2001;533(Pt 1):263-72.
96. Benner Sg, Blowes Dw, Molson Jw. Modeling Preferential Flow In Reactive Barriers: Implications For Performance And Design. *Ground Water*. 2001;39(3):371-9.
97. Bentzer P, Kongstad L, Grande Po. Capillary Filtration Coefficient Is Independent Of Number Of Perfused Capillaries In Cat Skeletal Muscle. *American Journal Of Physiology Heart And Circulatory Physiology*. 2001;280(6):H2697-706.
98. Bolster Ch, Genereux Dp, Saiers Je. Determination Of Specific Yield For The Biscayne Aquifer With A Canal-Drawdown Test. *Ground Water*. 2001;39(5):768-77.
99. Boving Tb, Grathwohl P. Tracer Diffusion Coefficients In Sedimentary Rocks: Correlation To Porosity And Hydraulic Conductivity. *Journal Of Contaminant Hydrology*. 2001;53(1-2):85-100.
100. Calver A. Riverbed Permeabilities: Information From Pooled Data. *Ground Water*. 2001;39(4):546-53.
101. Cernusak La, Marshall Jd. Responses Of Foliar $\Delta^{13}C$, Gas Exchange And Leaf Morphology To Reduced Hydraulic Conductivity In *Pinus Monticola* Branches. *Tree Physiology*. 2001;21(16):1215-22.
102. Clearwater Mj, Meinzer Fc. Relationships Between Hydraulic Architecture And Leaf Photosynthetic Capacity In Nitrogen-Fertilized *Eucalyptus Grandis* Trees. *Tree Physiology*. 2001;21(10):683-90.
103. Cochard H, Lemoine D, Ameglio T, Granier A. Mechanisms Of Xylem Recovery From Winter Embolism In *Fagus Sylvatica*. *Tree Physiology*. 2001;21(1):27-33.
104. Croise L, Lieutier F, Cochard H, Dreyer E. Effects Of Drought Stress And High Density Stem Inoculations With *Leptographium Wingfieldii* On Hydraulic Properties Of Young Scots Pine Trees. *Tree Physiology*. 2001;21(7):427-36.
105. Demaio L, Chang Ys, Gardner Tw, Tarbell Jm, Antonetti Da. Shear Stress Regulates Occludin Content And Phosphorylation. *American Journal Of Physiology Heart And Circulatory Physiology*. 2001;281(1):H105-13.
106. Dull Ro, Yuan J, Chang Ys, Tarbell J, Jain Rk, Munn Ll. Kinetics Of Placenta Growth Factor/Vascular Endothelial Growth Factor Synergy In Endothelial Hydraulic Conductivity And Proliferation. *Microvascular Research*. 2001;61(2):203-10.
107. Ewers Be, Oren R, Phillips N, Stromgren M, Linder S. Mean Canopy Stomatal Conductance Responses To Water And Nutrient Availabilities In *Picea Abies* And *Pinus Taeda*. *Tree Physiology*. 2001;21(12-13):841-50.
108. Fedorow C, McGann Le, Korbitt Gs, Rayat Gr, Rajotte Ry, Lakey Jr. Osmotic And Cryoprotectant Permeation Characteristics Of Islet Cells Isolated From The Newborn Pig Pancreas. *Cell Transplantation*. 2001;10(7):651-9.

109. Feild Ts, Brodribb T. Stem Water Transport And Freeze-Thaw Xylem Embolism In Conifers And Angiosperms In A Tasmanian Treeline Heath. *Oecologia*. 2001;127(3):314-20.
110. Garcia-Gutierrez M, Missana T, Mingarro M, Samper J, Dai Z, Molinero J. Solute Transport Properties Of Compacted Ca-Bentonite Used In Febex Project. *Journal Of Contaminant Hydrology*. 2001;47(2-4):127-37.
111. Gardner Ea, Morton D, Sands J, Matthews P, Cook Fj, Jayawardane Ns. The Filter System For Tertiary Treatment Of Sewage Effluent By Land Application--Its Performance In A Subtropical Environment. *Water Science And Technology : A Journal Of The International Association On Water Pollution Research*. 2001;43(10):335-42.
112. Giraldo E, Zarate E. Removal Of Hydrogen Sulphide Bod From Brackish Water Using Vertical Flow Wetlands In A Caribbean Environment. *Water Science And Technology : A Journal Of The International Association On Water Pollution Research*. 2001;44(11-12):361-7.
113. Guglielmi Y, Mudry J. Quantitative Measurement Of Channel-Block Hydraulic Interactions By Experimental Saturation Of A Large, Natural, Fissured Rock Mass. *Ground Water*. 2001;39(5):696-701.
114. Hall Bl, Lachmar Te, Dupont Rr. Field Monitoring And Performance Evaluation Of A Field-Scale In-Well Aeration System At A Gasoline-Contaminated Site. *Journal Of Hazardous Materials*. 2001;82(2):197-212.
115. Harman Wa, Allan Cj, Forsythe Rd. Assessment Of Potential Groundwater Contamination Sources In A Wellhead Protection Area. *Journal Of Environmental Management*. 2001;62(3):271-82.
116. Hillman Nj, Whittles Ce, Pocock Tm, Williams B, Bates Do. Differential Effects Of Vascular Endothelial Growth Factor-C And Placental Growth Factor-1 On The Hydraulic Conductivity Of Frog Mesenteric Capillaries. *Journal Of Vascular Research*. 2001;38(2):176-86.
117. Hunt Rj, Steuer Jj, Mansor Mt, Bullen Td. Delineating A Recharge Area For A Spring Using Numerical Modeling, Monte Carlo Techniques, And Geochemical Investigation. *Ground Water*. 2001;39(5):702-12.
118. Ibe Km, Nwankwor Gi, Onyekuru So. Assessment Of Ground Water Vulnerability And Its Application To The Development Of Protection Strategy For The Water Supply Aquifer In Owerri, Southeastern Nigeria. *Environmental Monitoring And Assessment*. 2001;67(3):323-60.
119. Jiao Jj, Nandy S, Li H. Analytical Studies On The Impact Of Land Reclamation On Ground Water Flow. *Ground Water*. 2001;39(6):912-20.
120. Johnson M, Tarbell Jm. A Biphasic, Anisotropic Model Of The Aortic Wall. *Journal Of Biomechanical Engineering*. 2001;123(1):52-7.
121. Johnson Wp, Zhang P, Fuller Me, Scheibe Td, Mailloux Bj, Onstott Tc, Et Al. Ferrographic Tracking Of Bacterial Transport In The Field At The Narrow Channel Focus Area, Oyster, Va. *Environmental Science & Technology*. 2001;35(1):182-91.
122. Jolly Id, Walker Gr, Dowling Ti, Christen Ew, Murray E. Regional Planning For The Siting Of Local Evaporation Basins For The Disposal Of Saline Irrigation Drainage: Development And Testing Of A Gis-Based Suitability Approach. *Journal Of Environmental Management*. 2001;63(1):51-70.
123. Julian He, Boggs Jm, Zheng C, Feehley Ce. Numerical Simulation Of A Natural Gradient Tracer Experiment For The Natural Attenuation Study: Flow And Physical Transport. *Ground Water*. 2001;39(4):534-45.
124. Karmakar N. Interaction Of Transmural Pressure And Shear Stress In The Transport Of Albumin Across The Rabbit Aortic Wall. *Atherosclerosis*. 2001;156(2):321-7.
125. Kildsgaard J, Engesgaard P. Numerical Analysis Of Biological Clogging In Two-Dimensional Sand Box Experiments. *Journal Of Contaminant Hydrology*. 2001;50(3-4):261-85.
126. Kuraz V. Soil Properties And Water Regime Of Reclaimed Surface Dumps In The North Bohemian Brown-Coal Region--A Field Study. *Waste Management*. 2001;21(2):147-51.

127. Landon Mk, Rus Dl, Harvey Fe. Comparison Of Instream Methods For Measuring Hydraulic Conductivity In Sandy Streambeds. *Ground Water*. 2001;39(6):870-85.
128. Liu L, Mcdonald Aj, Stadenberg I, Davies Wj. Stomatal And Leaf Growth Responses To Partial Drying Of Root Tips In Willow. *Tree Physiology*. 2001;21(11):765-70.
129. Martre P, North Gb, Nobel Ps. Hydraulic Conductance And Mercury-Sensitive Water Transport For Roots Of *Opuntia Acanthocarpa* In Relation To Soil Drying And Rewetting. *Plant Physiology*. 2001;126(1):352-62.
130. Massmann J, Johnson L. Exercises Illustrating Flow In Porous Media. *Ground Water*. 2001;39(4):499-503.
131. Mcelwee Cd. Application Of A Nonlinear Slug Test Model. *Ground Water*. 2001;39(5):737-44.
132. Mehl S, Hill Mc. A Comparison Of Solute-Transport Solution Techniques And Their Effect On Sensitivity Analysis And Inverse Modeling Results. *Ground Water*. 2001;39(2):300-7.
133. Melcher Pj, Goldstein G, Meinzer Fc, Yount De, Jones Tj, Holbrook Nm, Et Al. Water Relations Of Coastal And Estuarine *Rhizophora Mangle*: Xylem Pressure Potential And Dynamics Of Embolism Formation And Repair. *Oecologia*. 2001;126(2):182-92.
134. Meychik Nr, Yermakov Ip. Swelling Of Root Cell Walls As An Indicator Of Their Functional State. *Biochemistry Biokhimiia*. 2001;66(2):178-87.
135. Miyamoto N, Steudle E, Hirasawa T, Lafitte R. Hydraulic Conductivity Of Rice Roots. *Journal Of Experimental Botany*. 2001;52(362):1835-46.
136. Muldrew K, Liang S, Liu Z, Wan R. Kinetics Of Osmotic Water Movement From Rabbit Patellar Tendon And Medial Collateral Ligament Fibroblasts. *Cryo Letters*. 2001;22(5):329-36.
137. Mulqueen J, Rodgers M. Percolation Testing And Hydraulic Conductivity Of Soils For Percolation Areas. *Water Research*. 2001;35(16):3909-15.
138. Nardini A, Tyree Mt, Salleo S. Xylem Cavitation In The Leaf Of *Prunus Laurocerasus* And Its Impact On Leaf Hydraulics. *Plant Physiology*. 2001;125(4):1700-9.
139. Naumov A, Sheptutolov Kv, Balashov Sa, Mel'kumiants Am. [Input Impedance For Studying Hydraulic Parameters Of The Vessel System]. *Rossiiskii Fiziologicheskii Zhurnal Imeni Im Sechenova*. 2001;87(3):341-52.
140. Nijse J, Van Der Heijden Gw, Van Ieperen W, Keijzer Cj, Van Meeteren U. Xylem Hydraulic Conductivity Related To Conduit Dimensions Along *Chrysanthemum* Stems. *Journal Of Experimental Botany*. 2001;52(355):319-27.
141. Ojiambo Bs, Poreda Rj, Lyons Wb. Ground Water/Surface Water Interactions In Lake Naivasha, Kenya, Using Delta 18o, Delta D, And 3h/3he Age-Dating. *Ground Water*. 2001;39(4):526-33.
142. Overby D, Ruberti J, Gong H, Freddo Tf, Johnson M. Specific Hydraulic Conductivity Of Corneal Stroma As Seen By Quick-Freeze/Deep-Etch. *Journal Of Biomechanical Engineering*. 2001;123(2):154-61.
143. Painter S, Cvetkovic V, Turner Dr. Effect Of Heterogeneity On Radionuclide Retardation In The Alluvial Aquifer Near Yucca Mountain, Nevada. *Ground Water*. 2001;39(3):326-38.
144. Peramaki M, Nikinmaa E, Sevanto S, Ilvesniemi H, Siivola E, Hari P, Et Al. Tree Stem Diameter Variations And Transpiration In Scots Pine: An Analysis Using A Dynamic Sap Flow Model. *Tree Physiology*. 2001;21(12-13):889-97.
145. Pocock Tm, Bates Do. In Vivo Mechanisms Of Vascular Endothelial Growth Factor-Mediated Increased Hydraulic Conductivity Of Rana Capillaries. *The Journal Of Physiology*. 2001;534(Pt. 2):479-88.
146. Pohl P, Saparov Sm, Borgnia Mj, Agre P. Highly Selective Water Channel Activity Measured By Voltage Clamp: Analysis Of Planar Lipid Bilayers Reconstituted With Purified Aqpz. *Proceedings Of The National Academy Of Sciences Of The United States Of America*. 2001;98(17):9624-9.
147. Qu J, Fan B, Liu S, Lei P, Liu H. [Autotrophic Denitrification Of Groundwater By Electrochemical Process]. *Huan Jing Ke Xue= Huanjing Kexue*. 2001;22(6):49-52.

148. Rivett Mo, Feenstra S, Cherry Ja. A Controlled Field Experiment On Groundwater Contamination By A Multicomponent Dnapl: Creation Of The Emplaced-Source And Overview Of Dissolved Plume Development. *Journal Of Contaminant Hydrology*. 2001;49(1-2):111-49.
149. Rosengren Bi, Carlsson O, Rippe B. Hyaluronan And Peritoneal Ultrafiltration: A Test Of The "Filter-Cake" Hypothesis. *American Journal Of Kidney Diseases : The Official Journal Of The National Kidney Foundation*. 2001;37(6):1277-85.
150. Ross N, Villemur R, Deschenes L, Samson R. Clogging Of A Limestone Fracture By Stimulating Groundwater Microbes. *Water Research*. 2001;35(8):2029-37.
151. Rubin H, Narkis N. Feasibility Of On-Site Bioremediation Of Loam Soil Contaminated By Diesel Oil. *Journal Of Environmental Science And Health Part A, Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*. 2001;36(8):1549-58.
152. Rupp De, Selker Js, Simunek J. A Modification To The Bouwer And Rice Method Of Slug-Test Analysis For Large-Diameter, Hand-Dug Wells. *Ground Water*. 2001;39(2):308-14.
153. Scheibe Td, Chien Yj, Radtke Js. Use Of Quantitative Models To Design Microbial Transport Experiments In A Sandy Aquifer. *Ground Water*. 2001;39(2):210-22.
154. Scovazzo P, Illangasekare Th, Hoehn A, Todd P. Modeling Of Two-Phase Flow In Membranes And Porous Media In Microgravity As Applied To Plant Irrigation In Space. *Water Resources Research*. 2001;37(5):1231-43.
155. Soliz Jg, Acebo Hl. A Model Of Cells As Practical Approach To Simulate Spring Flow In The Itxina Karstic Aquifer, Basque Country, Spain. *Ground Water*. 2001;39(3):339-47.
156. Sparks Jp, Campbell Gs, Black Ar. Water Content, Hydraulic Conductivity, And Ice Formation In Winter Stems Of Pinus Contorta: A Tdr Case Study. *Oecologia*. 2001;127(4):468-75.
157. Srisuk K, Sriboonlue V, Buaphan C, Archvichai L, Youngme W, Satarak P, Et Al. Numerical Modeling Of Saline Water Transport In The Lower Nam Kam Basin, Amphoe That Phanom, Changwat Nakhon Phanom, Thailand. *Water Science And Technology : A Journal Of The International Association On Water Pollution Research*. 2001;44(7):157-64.
158. Sun N, Elimelech M, Sun Nz, Ryan Jn. A Novel Two-Dimensional Model For Colloid Transport In Physically And Geochemically Heterogeneous Porous Media. *Journal Of Contaminant Hydrology*. 2001;49(3-4):173-99.
159. Tazawa M, Sutou E, Shibasaka M. Onion Root Water Transport Sensitive To Water Channel And K⁺ Channel Inhibitors. *Plant & Cell Physiology*. 2001;42(1):28-36.
160. Tebes-Stevens Cl, Espinoza F, Valocchi Aj. Evaluating The Sensitivity Of A Subsurface Multicomponent Reactive Transport Model With Respect To Transport And Reaction Parameters. *Journal Of Contaminant Hydrology*. 2001;52(1-4):3-27.
161. Upadhyay L, Mehrotra A, Srivastava Ak, Rai Np, Tripathi K. An Experimental Study Of Some Indigenous Drugs With Special Reference To Hydraulic Permeability. *Indian Journal Of Experimental Biology*. 2001;39(12):1308-10.
162. Vidstrand P. Comparison Of Upscaling Methods To Estimate Hydraulic Conductivity. *Ground Water*. 2001;39(3):401-7.
163. Vogt Uk. Hydraulic Vulnerability, Vessel Refilling, And Seasonal Courses Of Stem Water Potential Of Sorbus Aucuparia L. And Sambucus Nigra L. *Journal Of Experimental Botany*. 2001;52(360):1527-36.
164. Wan X, Zwiazek Jj. Root Water Flow And Leaf Stomatal Conductance In Aspen (Populus Tremuloides) Seedlings Treated With Abscissic Acid. *Planta*. 2001;213(5):741-7.
165. Wan X, Zwiazek Jj, Lieffers Vj, Landhausser Sm. Hydraulic Conductance In Aspen (Populus Tremuloides) Seedlings Exposed To Low Root Temperatures. *Tree Physiology*. 2001;21(10):691-6.
166. Wigglesworth-Cooksey B, Berglund D, Cooksey Ke. Cell-Cell And Cell-Surface Interactions In An Illuminated Biofilm: Implications For Marine Sediment Stabilization. *Geochemical Transactions*. 2001;2(1):75.

167. Zhang W, Zhuang F, Tian Y, Li H. [A Simulating Study Of Biophysical Features Along Meridians On A Gel Model]. *Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi = Journal Of Biomedical Engineering = Shengwu Yixue Gongchengxue Zazhi*. 2001;18(3):357-61.
168. Zlotnik Va, Zurbuchen Br, Ptak T. The Steady-State Dipole-Flow Test For Characterization Of Hydraulic Conductivity Statistics In A Highly Permeable Aquifer: Horkheimer Insel Site, Germany. *Ground Water*. 2001;39(4):504-16.
169. Zwieniecki Ma, Melcher Pj, Holbrook Nm. Hydraulic Properties Of Individual Xylem Vessels Of *Fraxinus Americana*. *Journal Of Experimental Botany*. 2001;52(355):257-64.
170. Bakir H, Hadi M, Jurdi M. Towards A Renewed Public Health Regulatory And Surveillance Role In Water, Sanitation And Hygiene (Editorial). *Eastern Mediterranean Health Journal = La Revue De Sante De La Mediterranee Orientale = Al-Majallah Al-Sihhiyah Li-Sharq Al-Mutawassit*. 2017;23(8):525-6.
171. Choupanian Choupanian Mm, Omar Omar Dd, Basri Basri Mm, Asib Asib Nn. Preparation And Characterization Of Neem Oil Nanoemulsion Formulations Against *Sitophilus Oryzae* And *Tribolium Castaneum* Adults. *Journal Of Pesticide Science*. 2017;42(4):158-65.
172. Dawidowicz J. Evaluation Of A Pressure Head And Pressure Zones In Water Distribution Systems By Artificial Neural Networks. *Neural Computing & Applications*. 2018;30(8):2531-8.
173. Downs Pw, Massoudi N, Dick A, Kabore A, Rothrock G, Blough B. New Tools For The Schistosomiasis Elimination Toolbox: Barriers And Opportunities For The Development Of A Topical Cercarial Anti-Penetrant. *Rti Press Research Report Series*. Research Triangle Park (Nc)2017.
174. Frieler K, Schauburger B, Arneth A, Balkovic J, Chryssanthacopoulos J, Deryng D, Et Al. Understanding The Weather Signal In National Crop-Yield Variability. *Earth's Future*. 2017;5(6):605-16.
175. Harper Wf, Jr., Flemings W, Bailey K, Lee W, Felker D, Gallardo V, Et Al. Adsorption Of Malathion Onto Copper And Iron Surfaces Relevant To Water Infrastructure. *Journal - American Water Works Association*. 2017;109(11):494-502.
176. Islam R, Khan F, Abbassi R, Garaniya V. Human Error Probability Assessment During Maintenance Activities Of Marine Systems. *Safety And Health At Work*. 2018;9(1):42-52.
177. Kakitani A, Yoshioka T, Nagatomi Y, Harayama K. A Rapid And Sensitive Analysis Of Dithiocarbamate Fungicides Using Modified Quechers Method And Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. *Journal Of Pesticide Science*. 2017;42(4):145-50.
178. Kido H, Komazawa N, Fujiwara S, Minami T. [Efficacy Of Go-Rei-San For Pain Management In Four Patients With Intractable Trigeminal Neuralgia]. *Masui The Japanese Journal Of Anesthesiology*. 2017;66(2):184-6.
179. Lalic B, Firanj Sremac A, Dekic L, Eitzinger J, Perisic D. Seasonal Forecasting Of Green Water Components And Crop Yields Of Winter Wheat In Serbia And Austria. *The Journal Of Agricultural Science*. 2018;156(5):645-57.
180. Liu J, Yang H, Gosling Sn, Kummu M, Florke M, Pfister S, Et Al. Water Scarcity Assessments In The Past, Present And Future. *Earth's Future*. 2017;5(6):545-59.
181. Macdermid Pw, Fink Pw, Stannard Sr. Shock Attenuation, Spatio-Temporal And Physiological Parameter Comparisons Between Land Treadmill And Water Treadmill Running. *Journal Of Sport And Health Science*. 2017;6(4):482-8.
182. Masaki Y, Hanasaki N, Biemans H, Schmied Hm, Tang Q, Wada Y, Et Al. Intercomparison Of Global River Discharge Simulations Focusing On Dam Operation - Part Ii: Multiple Models Analysis In Two Case-Study River Basins, Missouri-Mississippi And Green-Colorado. *Environmental Research Letters : Erl [Web Site]*. 2017;12(5).
183. Park J, Ishikawa-Takata K, Lee S, Kim E, Lim K, Kim H, Et Al. Comparison Of Daily Physical Activity Parameters Using Objective Methods Between Overweight And Normal-Weight Children. *Journal Of Sport And Health Science*. 2018;7(2):210-7.

184. Reichle Rh, De Lannoy Gjm, Liu Q, Koster Rd, Kimball Js, Crow Wt, Et Al. Global Assessment Of The Smap Level-4 Surface And Root-Zone Soil Moisture Product Using Assimilation Diagnostics. *Journal Of Hydrometeorology*. 2017;18(12):3217-37.
185. Van Asselen S, Cohen Km, Stouthamer E. The Impact Of Avulsion On Groundwater Level And Peat Formation In Delta Floodbasins During The Middle-Holocene Transgression In The Rhine-Meuse Delta, The Netherlands. *The Holocene*. 2017;27(11):1694-706.
186. Yani Sr, Zainul R. Aktivasi Tanah Napa Dan Pengaruhnya Terhadap Adsorpsi Ion Timbal (Ii)/Pb²⁺.
187. Sanjaya H, Zainul R. Synthesis And Electrical Properties Of ZnO-Ito And Al-Ito Thin Film By Spin Coating Technique Through Sol Gel Process.
188. Sanjaya H, Zainul R. Characterization Of Napa Soil And Adsorption Of Pb (Ii) From Aqueous Solutions Using On Column Method.
189. Zainul R, Nurakhbari D, Salim M. Optimization Of *Spirulina Platensis* Culture For Antioxidant Production.
190. Hariprasath K, Deepthi B, Babu Is, Venkatesh P, Sharfudeen S, Soumya V. *Journal Of Chemical And Pharmaceutical Research*. J Chem. 2010;2(4):496-9.
191. Akimov Oy, Kostenko Vo. Functioning Of Nitric Oxide Cycle In Gastric Mucosa Of Rats Under Excessive Combined Intake Of Sodium Nitrate And Fluoride. *Ukrainian Biochemical Journal*. 2016;88(6):70-5.
192. Al-Omiri Mk, Abul Hassan Rs, Alzarea Bk, Lynch E. Comparison Of Dental Bleaching Effects Of Ozone And Hydrogen Peroxide: An Ex Vivo Study. *American Journal Of Dentistry*. 2016;29(5):251-4.
193. Blake Rg, Yoder J, Kou J. Updated Drinking Water Advisory Communication Toolkit. *Journal Of Environmental Health*. 2016;79(3):40-1.
194. Buddanavar At, Nandibewoor St. Multi-Spectroscopic Characterization Of Bovine Serum Albumin Upon Interaction With Atomoxetine. *Journal Of Pharmaceutical Analysis*. 2017;7(3):148-55.
195. Byadagi K, Meti M, Nandibewoor S, Chimatadar S. Investigation Of Binding Behaviour Of Procainamide Hydrochloride With Human Serum Albumin Using Synchronous, 3d Fluorescence And Circular Dichroism. *Journal Of Pharmaceutical Analysis*. 2017;7(2):103-9.
196. Chavez-Capilla T, Maher W, Kelly T, Foster S. Evaluation Of The Ability Of Arsenic Species To Traverse Cell Membranes By Simple Diffusion Using Octanol-Water And Liposome-Water Partition Coefficients. *Journal Of Environmental Sciences*. 2016;49:222-32.
197. Choi Hw, Um Sh, Rhee Sh. Preparation Of Fluoride-Loaded Microcapsules For Anticariogenic Bacterial Growth Using A Coaxial Ultrasonic Atomizer. *Journal Of Biomedical Materials Research Part B, Applied Biomaterials*. 2018;106(1):31-9.
198. Deneulin P, Le Fur Y, Bavaud F. Study Of The Polysemic Term Of Minerality In Wine: Segmentation Of Consumers Based On Their Textual Responses To An Open-Ended Survey. *Food Research International*. 2016;90:288-97.
199. Duan X, Wang Y, Zhang F, Lu L, Cao M, Lin B, Et Al. Superparamagnetic Iron Oxide-Loaded Cationic Polymersomes For Cellular Mr Imaging Of Therapeutic Stem Cells In Stroke. *Journal Of Biomedical Nanotechnology*. 2016;12(12):2112-24.
200. England Mj, Bigelow Aw, Merchant Mj, Velliou E, Welch D, Brenner Dj, Et Al. Automated Microbeam Observation Environment For Biological Analysis-Custom Portable Environmental Control Applied To A Vertical Microbeam System. *Sensors And Actuators B, Chemical*. 2017;239:1134-43.
201. Gamella M, Zakharchenko A, Guz N, Masi M, Minko S, Kolpashchikov Dm, Et Al. Dna Computing Systems Activated By Electrochemically-Triggered Dna Release From A Polymer-Brush-Modified Electrode Array. *Electroanalysis*. 2017;29(2):398-408.
202. Gerba Cp, Lopez Gu, Ikner La. Distribution Of Bacteria In Dental Offices And The Impact Of Hydrogen Peroxide Disinfecting Wipes. *Journal Of Dental Hygiene : Jdh*. 2016;90(6):354-61.

203. Grabowski MI, Kosinska B, Knap Jp. Solec Spa - Worldwide Unique Properties Of Polish Health Resort In The Service Of Rural Medicine. *Annals Of Agricultural And Environmental Medicine* : Aaem. 2018;25(1):46-9.
204. Hong J, Hou B, Lim J, Pak S, Kim Bs, Cho Y, Et Al. Enhanced Charge Carrier Transport Properties In Colloidal Quantum Dot Solar Cells Via Organic And Inorganic Hybrid Surface Passivation. *Journal Of Materials Chemistry A*. 2016;4(48):18769-75.
205. Luo X, Liu Z, Sunohara Y, Matsumoto H, Li P. Involvement Of H₂O₂ In Fluazifop-P-Butyl-Induced Cell Death In Bristly Starbur Seedlings. *Pesticide Biochemistry And Physiology*. 2017;143:258-64.
206. Malekzad H, Zangabad Ps, Mirshekari H, Karimi M, Hamblin Mr. Noble Metal Nanoparticles In Biosensors: Recent Studies And Applications. *Nanotechnology Reviews*. 2017;6(3):301-29.
207. Shiji M, Sabitha Ar, Prabhakar K, Harikumar Ps. Water Quality Assessment Of Kavvayi Lake Of Northern Kerala, India Using Ccme Water Quality Index And Biological Water Quality Criteria. *Journal Of Environmental Biology*. 2016;37(6):1265-72.
208. Suleiman Sa, Song F, Su M, Hang T, Song M. Analysis Of Bacitracin And Its Related Substances By Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry. *Journal Of Pharmaceutical Analysis*. 2017;7(1):48-55.
209. Vadzyuk Ob, Kosterin So. Mitochondria From Rat Uterine Smooth Muscle Possess Atp-Sensitive Potassium Channel. *Saudi Journal Of Biological Sciences*. 2018;25(3):551-7.
210. Yang M, Lin H, Jiang R, Zheng G. Effects Of Desensitizing Toothpastes On The Permeability Of Dentin After Different Brushing Times: An In Vitro Study. *American Journal Of Dentistry*. 2016;29(6):345-51.
211. 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>
212. 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>
213. 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>
214. 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>
215. 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>
216. 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>
217. 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>
218. 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>
219. 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>
220. Candani, D., Ulfah, M., Noviana, W., & Zainul, R. (2018, September 1). A Review Pemanfaatan Teknologi Sonikasi. <https://doi.org/10.31227/osf.io/uxknv>
221. 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>
222. 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>

223. 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>
224. 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>
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>
225. 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>
226. 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>
227. 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>
228. 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>
229. 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>
230. 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
231. 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
232. 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
333. 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>
234. 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)
235. 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>
236. 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

237. Yasthopi A. 2015. Photoelectrospitting Water For Hydrogen Production Using Illumination Of Indoor Lights. *Journal Of Chemical And Pharmaceutical Research* 7:246-56
238. 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>
239. Mawardi Anwar E, Kosela S, Wibowo W, Zainul R. 2015. Study Of Pb (II) Biosorption From Aqueous Solution Using Immobilized Spirogyra Subsalsia Biomass. *Journal Of Chemical And Pharmaceutical Research* 7:715-22
240. 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 Lengkeng (Euphoria Logan Lour) Seed And Shell. *Journal Of Chemical And Pharmaceutical Research* 7:872-7
241. 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>
242. Zainul, R., & Prima, C. B. (2017, June 29). Desain Geometri Sel Pv. <https://doi.org/10.31227/OSF.IO/7N8T4>
243. 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>.
244. Iryani, I., Iswendy, 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>.
245. Suryelita, S., Etika, S. B. And Kurnia, N. S. (2017) “Isolasi Dan Karakterisasi Senyawa Steroid Dari Daun Cemara Natal (Cupressus Funeris Endl.)”, *Eksakta: Berkala Ilmiah Bidang Mipa*, 18(01), Pp. 86-94. Doi: <https://doi.org/10.24036/Eksakta/Vol18-Iss01/23>.
246. 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>.
247. 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>.
248. Sanjaya, H. (2017) “Degradasi Methylene Blue Menggunakan Katalis ZnO-Peg Dengan Metode Fotolisis”, *Eksakta: Berkala Ilmiah Bidang Mipa*, 18(02), Pp. 21-29. Doi: <https://doi.org/10.24036/Eksakta/Vol18-Iss02/45>.
249. 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>.

250. 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>.
251. Syafei, N. (2017) "Analisa Fenomena Korosi Pelat Pipa Baja Karbon Api 51-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>.
252. 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>.
253. 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>.
254. 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>.
255. Hidayani, T. (2018) "Grafting Polipropilena Dengan Maleat Anhidrida Sebagai Pengikat Silang Dengan Inisiator Benzoi Peroksida", *Eksakta: Berkala Ilmiah Bidang Mipa*, 19(1), Pp. 56-62. Doi: <https://doi.org/10.24036/Eksakta/Vol19-Iss1/127>.
256. 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>.
257. Syafei, N. (2018) "Riset Material Analisa Fenomena Korosi Pelat Pipa Baja Karbon Api 51-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>.
258. 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>.
259. 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>.
260. Sofyanita, S. And Octaria, Z. (2018) "Fenthion Compound Degradation In The Pesticide Bayleton 500 Ec In Sonolysis, Ozonolysis And Sonozolysis 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>.

261. 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>.
262. 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>.