

SNKP 2017

Seminar Nasional Kimia
& Pembelajarannya



“PENGUATAN RISET KIMIA DAN PEMBELAJARAN KIMIA
MENDUKUNG PRODUKTIVITAS KINERJA ANAK BANGSA”

PROSIDING

5 November 2017

Aula O1 FMIPA

Universitas Negeri Malang

ISBN 978-602-96714-3-8

ORGANIZED BY:



SUPPORTED BY:



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	1
ORGANISASI KEGIATAN	3
KATA PENGANTAR	5
DAFTAR ISI	7
MAKALAH PEMBICARA UTAMA	14
Peranan Transformative Learning dalam Pendidikan Kimia: Pengembangan Karakter, Identitas Budaya, dan Kompetensi Abad Ke-21	
Yuli Rahmawati	15
Development of Highly Efficient Interface Device for Mass Spectrometry and Organic Polymer-Based Monoliths: Application to Bioanalytical Chemistry	
Akhmad Sabarudin	36
Obesitas dan Herbal Anti Obesitas: Studi Kasus pada Inhibitor Lipase Pankreas	
Subandi	84
MAKALAH PEMBICARA PARALEL	119
Pengaruh Aktivasi Fisika pada Zeolit Alam dan Lempung Alam terhadap Daya Adsorpsinya	
Bayu Wiyantoko, Pipit Novi Andri, Dyah Anggarini	120
Pengaruh Perbandingan Komposisi Ag@Fe₃O₄ – Asam Oleat terhadap Daya Hambat Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus Aureus dan Eschericia Coli	
Fauziatul Fajaroh, Sefin Nur Aisyah, Nazriati, Yahmin, Siti Marfu'ah, Ida Bagus Suryadharma	129
Pemanfaatan Zeolit Alam/Ni Sebagai Katalis pada Hidrolisis Selulosa Menjadi Glukosa dengan Bantuan Ultrasonik	
Sumari, Yahmin, Fauziatul Fajaroh, Funky	136
Kajian Pengaruh Waktu dan pH Optimum dalam Adsorpsi Methyl Violet dan Methylene Blue Menggunakan Abu Daun Bambu	
Kuntari, Naela Salsa Bila, Meidi Yuwono	147
Sintesis dan Karakterisasi Karbon Teraktivasi Asam dan Basa Berbasis Mahkota Nanas	
Noor Rahmadani, Puji Kurniawati	154
Kajian Diversitas Keratinase Berdasarkan Urutan Residu Asam Amino dan Struktur Protein	
Suharti	162

Isolasi dan Seleksi Bakteri Proteolitik Potensial dari Tauco Surabaya Evi Susanti, Suharti, Hadiyan Rahman Ramadhan, Fira Fatma.....	172
Pemurnian Enzim Keratinase Bakteri Bacillus sp. MD24 Menggunakan Metode Fraksinasi Amonium Sulfat Yulia Gita Choirani, Suharti, Muntolib	183
Hidrolisis Asam Fosfat untuk Produksi Gelatin dari Sisik Ikan Kakap Merah Warlinda Eka Triastuti, Laela Inayatus, Handyta Faradiella, Debi Wulandari, Rengganis Ela, Faiza Amalia.....	193
Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks dari Ion Tembaga(Li) dengan Ligan Ion Tiosianat Dan Isokuinolina Linda Kusumawati, I Wayan Dasna, Nazriati	200
Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks dari Zink(II) Asetat dan N,N'-dietiltiourea Alifa Meilia Nur Auzie, Fariati, Effendy	210
Immobilisasi Senyawa Koordinasi Astaxanthin dengan Ion Fe(III) dalam Matrix Carbon Aktif Dion Notario, Rokiy Alfanaar	216
Impregnasi TiO₂ Pada Zeolit Alam Cikembar Sukabumi untuk Fotodegradasi Metilen Biru Devi Indah Anwar, Lela Lailatul Khumaisah, Salih Muharam, Nurma Lisafitri	223
Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks M(R-COO)_x (M = Cu²⁺, Fe³⁺, R-COO⁻ = Ion karboksilat) I Wayan Dasna, Fidyah Nanda Kusuma, Oktavina Kartika Putri	223
Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks dari Kadmium(II) Nitrat dan Ligan 2,2'-Bipiridina dengan Stoikiometri Sebesar 1 : 3 Erlyna Yunestha Sansivera, Fariati, Effendy.....	243
Pengembangan Metode Analisis Ni dalam Air Laut Prigi Menggunakan ICP-MS (Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry) Anugrah Ricky Wijaya, Bambang Semedi.....	249
Perbandingan Metode Penentuan Vitamin C Pada Minuman Kemasan menggunakan Metode Spektrofotometer UV-Vis Dan Iodimetri Evi Triyana Damayanti, Puji Kurniawati	258
Penentuan Umur Pakai Karet Perapat (Rubber Seal) Katup Tabung Gas LPG Melalui Metode Perendaman dalam N-Pentana Hani Handayani, Aprilia Sita, dan Yati Nurhayati.....	267
Pengaruh Metode Pencucian terhadap Penurunan Kadar Klorin dalam Beras dengan Titrasi Argentometri Indriyana Rachmadani Santoso, Tri Esti Purbaningtias	277

Pengembangan Sensor Optik Berbasis Kertas untuk Penetapan Kadar Kuersetin dalam Obat Herbal Daun Jambu Biji Mochammad Amrun Hidayat, Mochammad Yuwono, Bambang Kuswandi .	286
Pelepasan Kalium Diklofenak pada Matriks Sediaan Lepas Lambat Berbasis Karagenan-Xanthan Gum Irma Kartika K, Eli Hendrik Sanjaya, Binti Nafingatul Khusna, Febri Fiatul Rohmah	297
Penentuan Kadar Besi (Fe) pada Air Sungai Brantas di Wilayah Kota Malang Ratna Jamilatul Mufidah, Irma Kartika Kusumaningrum, Yudhi Utomo, Suhadi Ibnu, I Wayan Dasna.....	309
Evaluasi Sifat Ketahanan Oksidasi Termal pada Vulkanisat dari Berbagai Tingkatan Mutu Karet Alam Tanpa Bahan Pengisi Santi Puspitasari, Woro Andriani, Berlian Dwi Hadiyati	320
Etika dalam Perkembangan Ilmu Kimia Surjani Wonorahardjo	334
Implementasi Model Pembelajaran Tefapreneur untuk Membangun Minat dan Keberanian Berwirausaha Sussi Widiastuti.....	344
Rancang Bangun Sistem Monitoring Plan Pengontrol Proses Secara Realtime pada Pembuatan Pupuk Organik Arief Mardiyanto, Akhyar, Suherman	352
Keterlaksanaan Kegiatan Pembelajaran Kimia Menggunakan Prinsip Berpusat pada Peserta Didik <i>Student Centred Learning</i> (SCL) di SMA Kabupaten Ponorogo Darsono Sigit, Oktavia Sulistina	365
Pengaruh <i>Study History Sheet</i> (SHS) pada Model Pembelajaran <i>Cooperative Learning Together</i> terhadap Hasil Belajar Peserta Didik Kelas XI MIPA SMA Negeri 5 Jember Pokok Bahasan Asam-Basa Geovany Arofatz Zahro, Ridwan Joharmawan, Yudhi Utomo.....	373
Profil Pengetahuan Metakognitif Siswa Kelas XI MIA SMA pada Materi Asam Basa Parlan, Ida Bagus Suryadharma, Ina Safitri	380
Efektivitas Penerapan Pendekatan Inkuiri Terbimbing pada Mata Kuliah Kimia Dasar Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan Theresia Wariani, Vinsensia H.B. Hayon, Alfons Bunga Naen	390
Kajian Teori tentang Penerapan Pembelajaran Inkuiri Terbimbing- Peta Konsep dalam Upaya untuk Mengembangkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa pada Materi Kesetimbangan Kimia Suchory Sapto Putri, I Wayan Dasna, Siti Marfu'ah	401
Efektivitas Model Pembelajaran Learning Cycle 5E Untuk Mengatasi Kesulitan Pemahaman Konsep Reaksi Redoks pada Siswa Kelas X	

SMAN 9 Malang

Anis Fitria, Endang Budiasih, Dedek Sukarianingsih 413

Pembelajaran Inkuiri dengan Mengeksplisitkan Hakikat Sains (NOS) untuk Meningkatkan Pemahaman Hakikat Sains, Keterampilan Proses Sains, dan Penguasaan Konsep Siswa pada Materi Laju Reaksi

Claudia Niken Shinta, Sri Rahayu, Sutrisno 421

Strategi Analogi dalam Pembelajaran Praktikum Sel Volta

Findiyani Ernawati Asih, Suhadi Ibnu, Suharti 432

Efektivitas Model Pembelajaran Learning Cycle 6 Fase untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi Siswa Kelas XI SMAN 1 Pandaan Pada Materi Hidrolisis Garam dan Larutan Penyangga

Isnaini Yunitasari, Endang Budiasih, & Dermawan Affandy 445

Pengaruh Kegiatan Praktikum Berbasis Inkuiri Terbimbing versus Verifikasi dan Pengetahuan Awal terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa SMA pada Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan

Jakub Sadam Akbar, I Wayan Dasna, Surjani Wonorahardjo 457

Pengaruh Strategi Pembelajaran Inkuiri Terbimbing terhadap Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi (Higher Order Thinking Skills, Hots) Siswa Kelas X MIPA SMA Negeri 02 Batu pada Materi Reaksi Redoks

Kiki Fitlah Pradani, Endang Budiasih, M Muchson 465

Implementasi Strategi Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dengan pendekatan Science, Environment, Technology, and Society (SETS) terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa pada Materi Laju Reaksi

Made Irma Rusmayanti, I Wayan Dasna, Hayuni Retno W 475

Analisis Pengetahuan Metakognitif Larutan Penyangga Siswa Kelas XI IPA SMA

Yezhi Prisvitasari, Effendy, Nazriari 483

Identifikasi Pemahaman Submikroskopik Kesetimbangan Kimia pada Siswa Kelas XI SMA Negeri 10 Malang

Asri Nurul Husnah, Muhammad Su'aidy, Yahmin 491

Analisis Kesalahan Konsep Siswa pada Materi Bentuk dan Kepolaran Molekul dengan Teknik *Certainty Of Response Index* (CRI)

Billy A.Kalay, Subandi, Endang Budiasih 499

Identifikasi Konsepsi Alternatif Asam Basa Menggunakan *Two-Tier Diagnostic Test*

Muntholib, Wardatul Laila Al Fitri, Jian Mayangsari, dan Mochammad Sodik Ibnu 508

Kajian Teks Perubahan Konsep untuk Mengatasi Miskonsepsi Gaya antar Molekul

Dwi Miftakhul Ma'rufah, Effendy, dan Surjani Wonorahardjo 521

Upaya Mencegah Miskonsepsi Materi Stoikiometri dengan Strategi Pembelajaran Problem Solving pada Siswa Kelas X MIA SMA Negeri 1 Lawang Pinta Nisa Fitri, Endang Budiasih, dan Dedek Sukarianingsih.....	529
Mengembangkan Keterampilan Berargumentasi Siswa SMA dalam Materi Asam Basa melalui Isu-isu Sosiosaintifik Arum Setyaningsih, Sri Rahayu, Fauziatul Fajaroh.....	537
Kajian Keterampilan Argumentasi pada Pembelajaran Kimia Menggunakan ADI Berbasis Konteks Yuli Subekti, Suhadi Ibnu, Subandi	549
Kajian tentang Potensi Strategi <i>Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL)</i> dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Angga Puspitaningrum, Endang Budiasih, Yudhi Utomo	563
Mengembangkan Kemampuan <i>Scientific Explanation</i> melalui Pembelajaran Kimia dengan POGIL Berkonteks <i>Socioscientific Issues (SSI)</i> Fitri Aldresti, Sri Rahayu, Fauziatul Fajaroh	571
Hubungan Pemanfaatan Media <i>ScreenCast-O-Matic</i> Melalui <i>Lesson Study Of Learning Community (LSLC)</i> untuk Meningkatkan Kompetensi Pedagogik Mahasiswa PPL Pendidikan Kimia Hironimus Tangi	582
<i>Community of Inquiry</i> dalam <i>Blended Learning</i> untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Kimia Indira Wahyu Alfaterra, Surjani Wonorahardjo, Suharti	591
Efektifitas Strategi Inkuiri Terbimbing, Inkuiri Terbimbing Berorientasi Proses (POGIL) dan Verifikasi dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Kesetimbangan Kimia Qory Laila Rusda, Suhadi Ibnu, Nazriati	596
Keyakinan Pedagogik Guru Kimia Madrasah Aliyah dalam Menerapkan Pembelajaran Literasi Sains Teguh Hendri Ariyanto, Sri Rahayu, Yahmin	603
Pengaruh Urutan Penyajian Representasi dalam Pembelajaran Inkuiri Terbimbing terhadap Hasil Belajar Siswa Trining Puji Astutik, Suhadi Ibnu, Effendy	609
Efektivitas Penerapan Pendekatan <i>Contextual Teaching And Learning (CTL)</i> yang Diintegrasikan dengan Modul Paktikum IPA SMP pada Materi Pokok Bahan Kimia Rumah Tangga pada Siswa SMPK Muder Teresa Oebufu Yanti Rosinda Tinenti	618
Pengembangan Instrumen Asesmen Pemahaman Konseptual Berorientasi <i>Higher Order Thinking Skills (HOTS)</i>, Keterampilan Proses Sains, dan Sikap terhadap Sains pada Bahan Kajian	

Hidrokarbon dan Minyak Bumi Dwi Isnaini Amin, Sutrisno, Darsono Sigit	639
Efektivitas Penggunaan Modul Elektronik Senyawa Hidrokarbon Berbasis Mind Map dengan Pendekatan <i>Learning Cycle</i> 5 Fase terhadap Hasil Belajar Siswa SMA Kelas X SMA Negeri 2 Lumajang Fenti Eka Nurulia	650
Pengembangan Lembar Kerja Siswa Berbasis Core (<i>Connecting, Organizing, Reflecting and Extending</i>) Ririn Eva Hidayati	661
Pengembangan Instrumen Asesmen Berpikir Kritis pada Materi Asam Basa untuk Siswa SMA M. Muchson, Sri Rahayu, Dwi Agusningtyas	672
Analisis Kebutuhan Buku Suplemen Kimia Berbasis Kearifan Lokal Suku Asmat Papua Henie Poerwandar Asmaningrum, Kamariah	681
Analisis Pelaksanaan Perkuliahan Kimia Organik 1 (Studi Kasus Perkuliahan Kimia Organik 1) Hayuni Retno Widarti, Siti Marfuah, Rini Retnosari	702
Kesalahan Konsep Klasifikasi Materi dan Perubahannya pada Siswa Kelas VII SMPN 2 Ngadiluwih Kabupaten Kediri Dyah Waluyati	712
Pemahaman Konsep Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan (Ksp) pada Peserta Didik Program 4, 5, dan 6 Semester SMAN 3 Malang Lailatus Sholikhah, Fariati, Herunata	718
Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Kolaboratif terhadap Hasil Belajar Kognitif Siswa Kelas XI MIA MAN 1 Malang pada Materi Larutan Penyangga Mentari Arie Dian Safitri, Ridwan Joharmawan, Mohammad Sodik Ibnu	723
Pengaruh Kemampuan Penalaran Formal terhadap Hasil Belajar Kimia Dasar Materi Pokok Larutan Penyangga Mahasiswa Semester II Program Studi Pendidikan Kimia Tahun Akademik 2016/2017 Vinsensia H.B.Hayon, Theresia Wariani, Alfons Bunga Naen	731
Pengembangan Lembar Kegiatan Siswa (LKS) Berbasis Pendekatan Saintifik untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi (<i>Higher Order Thinking Skills</i>) Siswa pada Materi Hidrolisis Garam Kelas XI SMA Ririn Iswanti, Endang Budiasih, dan Parlan	737
Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Melalui Model Pembelajaran <i>Learning Cycle</i> 5E –<i>Think Pair Share</i> pada Materi Larutan Penyangga Dewi Lestarani, Endang Budiasih, Siti Marfu'ah	748

Pengembangan LKS berbasis Kreativitas bagi Siswa SMA Kelas X dalam Membuat Alat Pendeteksi Banjir Sederhana Wawan Wahyu, Ali Kusrijadi, Dede Hamjah	759
Penerapan Kotak Asam-Basa untuk Meningkatkan Karakter dan Prestasi Belajar Kimia Siswa SMP Atik Joedanarni	768
Potensi Strategi <i>Process Oriented Guided Inquiry Learning</i>(POGIL) dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep pada Materi Ikatan Kimia Aldila Candra Kusumaningrum, Subandi, Endang Budiasih.....	781
Konsep Modul Gambar Proses (MC-GP) pada Pembelajaran Sistem Koloid Berbasis SCL di Sekolah Menengah Ika Iffah Ilmiah, Sutarto, Nuriman.....	790
Peningkatan Kualitas Pembelajaran Matakuliah Dasar-dasar Kimia Analisis melalui Strategi <i>Think Pair Share</i> (TPS) – <i>Problem Posing</i> dengan Pemberian <i>Advance Organizer</i> (AO) Endang Budiasih, Dedek Sukarianingsih, dan M. Su'aidy	802

Suharti_Biokimia

Kajian Diversitas Keratinase Berdasarkan Urutan Residu Asam Amino dan Struktur Protein

Suharti

Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang 5, Malang 65145
e-mail : *suharti.fmipa@um.ac.id*

Abstrak: *Miotermus taiwanensis* memiliki aktifitas keratinase sangat tinggi dan menarik untuk digunakan sebagai landasan kajian diversitas keratinase. Penelitian ini melaporkan analisis global keratinase berdasarkan urutan residu asam amino dan struktur tiga dimensinya. Sekuen protein diunduh dari pangkalan data NCBI (*Center for Biotechnology Information*) dengan menggunakan urutan protein keratinase dari *M. taiwanensis*. Seratus protein diseleksi dengan identitas minimal 65 % dan analisis urutan residu asam amino menunjukkan pemisahan protein tersebut menjadi dua kelompok, sedangkan analisis domain mengelompokkan semuanya ke dalam protease serin. Analisis kesamaan struktur 3D hanya memiliki kesamaan di bawah 40 % dan keunikan domain membedakannya dari protease lainnya.

Kata kunci: keratinase, diversitas, struktur

Abstract : *Miotermus taiwanensis* has a very high keratinase activity and it is interesting to use as a foundation for keratinase diversity studies. This study reported a global keratinase analysis based on the sequence of amino acid residues and their 3D structure. The protein sequence was downloaded from the NCBI (Center for Biotechnology Information) database using the protein sequence of keratinase from *M. taiwanensis*. One hundred proteins were selected with a minimum identity of 65 % and the analysis of the amino acid sequence showed the separation of the protein into two groups, whereas the domain analysis grouped them all into serina proteases. The similarity analysis of 3D structure had only similarity below 40 % and domain uniqueness of its structure that distinguish it from other proteases.

Keywords: keratinase, diversity, structure

Protease dapat dijumpai di semua organisme baik prokariot, eukariot, maupun virus. Fungsi protease dalam mengkatalisis reaksi fisiologis sangat bervariasi. *Porphyromonas gingivalis* dan *Porphyromonas endodontalis* merupakan mikroba yang tidak mampu menggunakan karbohidrat sebagai sumber karbon maupun energi. Mikroba ini menghasilkan protease-protease ekstraseluler untuk mendegradasi protein menjadi tripeptida (Bezerra dkk., 2017). Protease tipe I dari *Human immunodeficiency virus* (HIV) berperan dalam pemrosesan poliprotein dan maturasi virus (Paulsen dkk., 2017). *Bacillus subtilis* menghasilkan protease intraselular dan ekstraselular dengan fungsi yang berbeda. Salah satu

protein intraseluler berkaitan dengan proses sporulasi sedangkan protease ekstraseluler tidak berkaitan sama sekali dengan proses sporulasi (Sastry dkk., 1983). Penelitian yang dilakukan oleh Connelly dkk. (2004) menunjukkan bahwa protease dari *B. Subtilis* memiliki peran dalam pembentukan biofilm. Terlepas dari peran fisiologis protease yang sangat bervariasi, kemampuannya dalam menghidrolisis protein menjadikan protease merupakan salah satu enzim industri yang sangat penting.

Salah satu protease spesifik yang penting untuk industri dan penanganan limbah adalah keratinase. Berbeda dengan protease umumnya, keratinase merupakan satu satunya kelompok protease yang mampu mendegradasi keratin. Keratin adalah protein serat yang sangat hidrofobik dan mengandung banyak jembatan disulfida yang menghubungkan untaian protein. Jembatan disulfida dapat terbentuk secara intramolekular maupun intermolekular. Bakteri termofilik, *Miotermus taiwanensis*, dilaporkan mampu menghasilkan keratinase dan mendegradasi bulu ayam dalam dua hari (Wu, dkk., 2017). Lebih jauh, struktur kristal keratinase dari *M. taiwanensis* sangat mirip dengan protein yang mirip subtilisin dari keluarga protein S8 yang memiliki homologi sangat rendah. Keratinase tersebut dilaporkan mampu menghidrolisis substrat protein yang tidak larut dengan spektrum yang cukup luas. Penemuan ini dapat digunakan untuk menganalisis dan mengidentifikasi protein-protein yang telah disimpan di pustaka protein.

METODE

Pengunduhan protein dilakukan melalui prosedur *Blasting* menggunakan *blastp* dengan target maksimum penyejajaran sejumlah 100 protein. *Blasting* dilakukan menggunakan program yang disediakan pada pangkalan data NCBI (*Center for Biotechnology Information*) dengan menggunakan urutan asam amino keratinase dari *M. taiwanensis* sebagai *query*. Seratus protein hasil *blasting* diunduh untuk analisis lebih lanjut. Urutan asam amino disimpan dalam format FASTA dan disejajarkan urutan asam aminonya menggunakan program *Clustal X2*. Asam amino yang telah disejajarkan digunakan untuk membuat pohon filogeni menggunakan program MEGA6 dengan mengaplikasikan metode statistik *Neighbor-Joining*. Analisis sisi pengikatan dilakukan menggunakan program *PSI Blast Iteration 1* menggunakan amino keratinase dari *Miotermus taiwanensis* sebagai *query*. Analisis kesamaan struktur dilakukan menggunakan *jFATCAT-rigid algorithm* yang tersedia di *The Research Collaboratory for Structural Bioinformatics* (RCSB).

HASIL

Blasting Protein Homolog

Tabel 1 menunjukkan seratus protein target yang dihasilkan dari penyejajaran urutan asam amino keratinase dari *M. taiwanensis* dengan protein

yang tersimpan di pangkalan data protein menggunakan *Blastp*. Seratus protein homolog yang ditemukan memiliki identitas antara 65-95% dan sebagian besar dianotasikan sebagai serina protease dan peptidase S8. Gambar 1 adalah pohon filogeni dari keseratus protein yang mengelompok menjadi dua kelompok besar. Peptidase S8 merupakan satu famili protease dimana subtilisin yang juga dilaporkan memiliki aktifitas keratinase (Hu, dkk., 2013) memiliki identitas sekitar 40% membentuk satu kelompok tersendiri diluar pohon filogeni tersebut. Pohon filogeni tidak menunjukkan pengelompokan yang jelas antara protein yang dianotasikan sebagai keratinase, serina protease dan peptidase S8.

Analisis sisi pengikatan ion kalsium menunjukkan adanya sisi pengikatan 2 ion kalsium, namun demikian tidak ada konsensus asam amino yang jelas. Asam amino bermuatan seringkali muncul sejajar yang kemungkinan bertindak sebagai residu yang mengikat ion kalsium.

Tabel 1. Seratus Protein yang Memiliki Homologi dengan Keratinase dari *Miotermus taiwanensi*

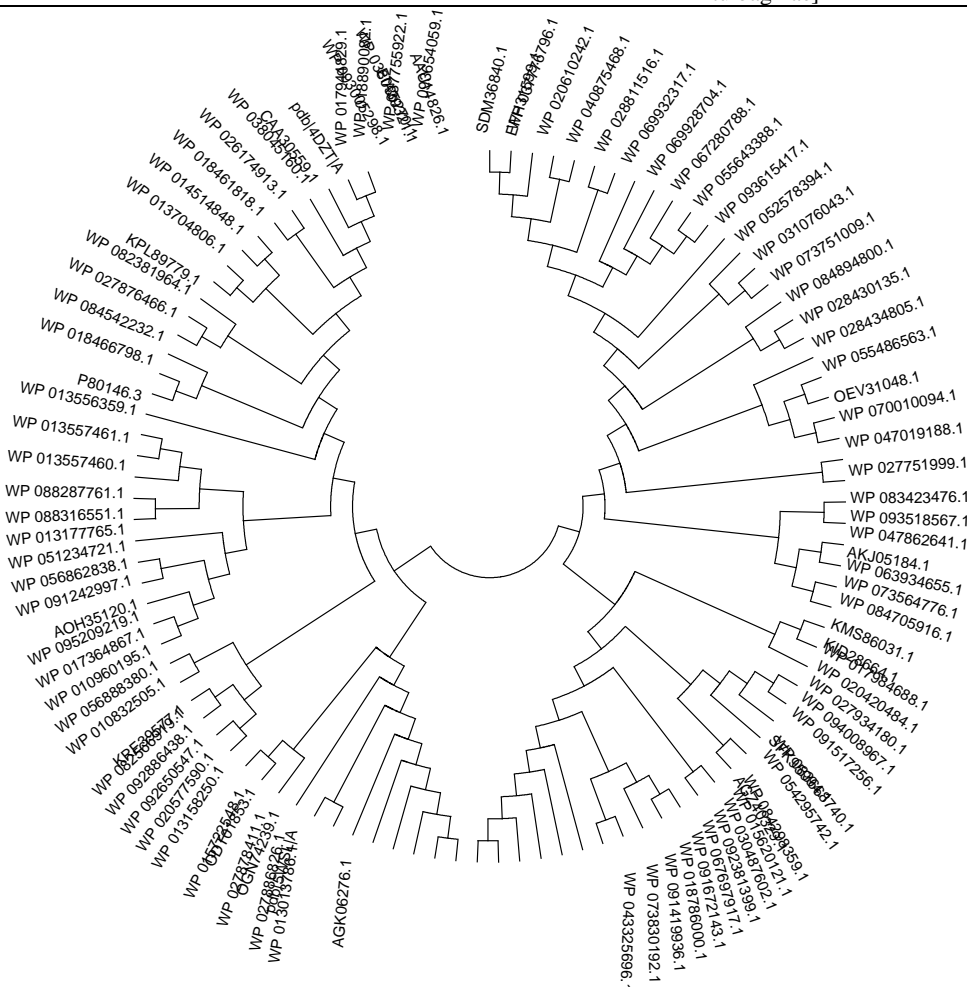
Nomor Akses	deskripsi	Identitas	Nomor Akses	deskripsi	Identitas
5WSL_A	Keratinase [<i>Meiothermus Taiwanensis</i> Wr-220]	100%	WP_073751009.1	serina protease [<i>Streptomyces</i> sp. CB03234]	68%
WP_027878411.1	serina protease [<i>Meiothermus cerbereus</i>]	92%	WP_031076043.1	serina protease [<i>Streptomyces</i> sp. NRRL S-118]	92%
AGK06276.1	peptidase S8 dan S53 subtilisin kexin sedolisin [<i>Meiothermus ruber</i> DSM 1279]	95%	WP_037755922.1	serina protease [<i>Streptomyces</i> sp. CNR698]	68%
WP_013013786.1	peptidase S8 [<i>Meiothermus ruber</i>]	92%	WP_018890082.1	peptidase S8 [<i>Streptomyces</i> sp. CNT302]	68%
WP_027886826.1	serina protease [<i>Meiothermus</i>]	92%	WP_028811516.1	serina protease [<i>Streptomyces flavidovirens</i>]	66%
WP_013158250.1	peptidase S8 [<i>Meiothermus silvanus</i>]	92%	WP_051234721.1	serina protease [<i>Lysobacter</i> sp. URHA0019]	70%
OGN74239.1	serina protease [<i>Chloroflexi bacterium</i> GWB2_54_36]	91%	WP_082566919.1	peptidase S8 [<i>Janibacter</i> sp. Soil728]	69%

Nomor Akses	deskripsi	Identitas	Nomor Akses	deskripsi	Identitas
WP_084542232.1	peptidase S8 [<i>Meiothermus chliarophilus</i>]	92%	WP_084894800.1	serina protease [<i>Streptomyces</i> sp. CB03238]	67%
WP_038045160.1	peptidase S8 [<i>Thermus caliditerrae</i>]	92%	WP_055643388.1	serina protease [<i>Streptomyces venezuelae</i>]	67%
WP_018466798.1	hypothetical protein [<i>Meiothermus timidus</i>]	92%	WP_027751999.1	serina protease [<i>Streptomyces</i> sp. CNH099]	66%
ODT01853.1	serina protease [<i>Gemmatimon adetes bacterium</i> SCN 70-22]	75%	KRE39577.1	peptidase S8 [<i>Janibacter</i> sp. Soil728]	69%
WP_088287761.1	protease [<i>Kineosporia</i> sp. A_224]	72%	WP_069928704.1	serina protease [<i>Streptomyces agglomeratus</i>]	66%
P80146.3	serina proteinase; Flags: Precursor	71%	WP_093005298.1	peptidase S8 [<i>Thermus arciformis</i>]	70%
WP_092650547.1	hypothetical protein [<i>Actinopolymorphia singaporensis</i>]	72%	WP_069932317.1	serina protease [<i>Streptomyces agglomeratus</i>]	66%
WP_092886438.1	hypothetical protein [<i>Actinopolymorphia cephalotaxi</i>]	73%	AOH35120.1	hypothetical protein BGP89_01045 [Luteimonas sp. JM171]	68%
WP_026174913.1	peptidase S8 [<i>Thermus igniterrae</i>]	71%	WP_082381964.1	peptidase S8 [<i>Ardenticaten a maritima</i>]	73%
WP_088316551.1	serina protease [<i>Kineosporia</i> sp. R_H_3]	71%	WP_095209219.1	alkaline serina protease [<i>Luteimonas</i> sp. JM171]	68%
AAU14826.1	thermophilic protease [<i>Thermus</i> sp. KI-P1]	92%	4DZT_A	Serina Protease [<i>Thermus Aquaticus</i> Yt-1]	70%
WP_073564776.1	serina protease [<i>Archangium</i> sp. Cb G35]	67%	WP_093654059.1	serina protease [<i>Streptomyces wuyuanensis</i>]	67%
WP_038035270.1	peptidase S8 [<i>Thermus parvatiensis</i>]	70%	SDM36840.1	Serina protease, subtilisin family [<i>Streptomyces wuyuanensis</i>]	67%

Nomor Akses	deskripsi	Identitas	Nomor Akses	deskripsi	Identitas
WP_067697917.1	serina protease [Actinoplanes awajinensis]	70%	WP_070010094.1	serina protease [Streptomyces abyssalis]	65%
WP_010832505.1	thermophilic protease [Nocardioides sp. CF8]	71%	EFH31599.1	peptidase S8 and S53 [Streptomyces pristinaespiralis ATCC 25486]	65%
EIA39321.1	aqualysin 1 [Thermus parvatiensis]	70%	KMS86031.1	serina protease [Streptomyces regensis]	68%
WP_056888380.1	peptidase S8 [Nocardioides sp. Soil777]	71%	KID28664.1	subtilisin-like serina protease [Prauserella sp. Am3]	68%
WP_063934655.1	serina protease [Archangium violaceum]	67%	WP_020610242.1	peptidase S8 [Streptomyces sp. CNT372]	65%
WP_093518567.1	peptidase S8 [Stigmatella erecta]	69%	WP_037776796.1	serina protease [Streptomyces pristinaespiralis]	65%
WP_013557460.1	peptidase S8 [Deinococcus maricopensis]	70%	OEV31048.1	serina protease [Streptomyces nanshensis]	65%
WP_015620121.1	peptidase S8 [Actinoplanes sp. N902-109]	71%	WP_084705916.1	serina protease [Prauserella rugosa]	68%
WP_056862838.1	serina protease [Nocardioides]	70%	WP_028430135.1	serina protease [Streptomyces sp. TAA204]	66%
WP_055486563.1	serina protease [Streptomyces sp. WMMB 322]	67%	WP_101526220.1	peptidase S8 [Nocardioides sp. 78]	70%
WP_014514848.1	peptidase S8 [Thermus sp. CCB_US3_U F1]	72%	WP_030487602.1	serina protease [Micromonospora chokoriensis]	69%
WP_015722548.1	peptidase S8 [Geobacter sp. M18]	68%	WP_040875468.1	serina protease [Streptomyces purpureus]	66%
WP_013557461.1	peptidase S8 [Deinococcus maricopensis]	71%	WP_013177765.1	peptidase S8 [Truepera radiovictrix]	66%
WP_020577590.1	hypothetical protein [Actinopolymorpha alba]	70%	WP_017984688.1	peptidase S8 [Amycolatopsis methanolica]	68%

Nomor Akses	deskripsi	Identitas	Nomor Akses	deskripsi	Identitas
WP_084298359.1	serina protease [Actinoplanes friuliensis]	70%	WP_094008967.1	serina protease [Amycolatopsis sp. KNN50.9b]	68%
WP_092381399.1	peptidase S8/S53 subtilisin kexin sedolisin [Xiangella phaseoli]	71%	WP_093615417.1	serina protease [Streptomyces indicus]	66%
WP_047862641.1	serina protease [Archangium gephyra]	66%	WP_091672143.1	serina protease [Micromonospora auratinigra]	69%
AGZ40329.1	putative subtilase-family protease [Actinoplanes friuliensis DSM 7358]	70%	WP_020420484.1	peptidase S8 [Amycolatopsis sp. ATCC 39116]	68%
AKJ05184.1	Alkaline serina exoprotease A precursor [Archangium gephyra]	66%	WP_027934180.1	serina protease [Amycolatopsis thermoflava]	67%
WP_018461818.1	peptidase S8 [Thermus oshimai]	69%	WP_028434805.1	serina protease [Streptomyces sp. TAA486]	65%
WP_091517256.1	serina protease [Amycolatopsis sacchari]	70%	WP_073830192.1	serina protease [Micromonospora sp. TSRI0369]	71%
WP_091517256.1	serina protease [Amycolatopsis sacchari]	70%	WP_052578394.1	serina protease [Actinosporangium sp. NRRL B-3428]	67%
SFK95994.1	Serina protease, subtilisin family [Amycolatopsis sacchari]	70%	WP_083668740.1	peptidase S8 [Saccharothrix sp. CB00851]	67%
WP_013556359.1	peptidase S8 [Deinococcus maricopensis]	70%	CAA30559.1	unnamed protein product [Thermus aquaticus]	70%
WP_067280788.1	serina protease [Streptomyces jeddahensis]	67%	WP_047019188.1	serina protease [Streptomyces sp. CNQ-509]	68%

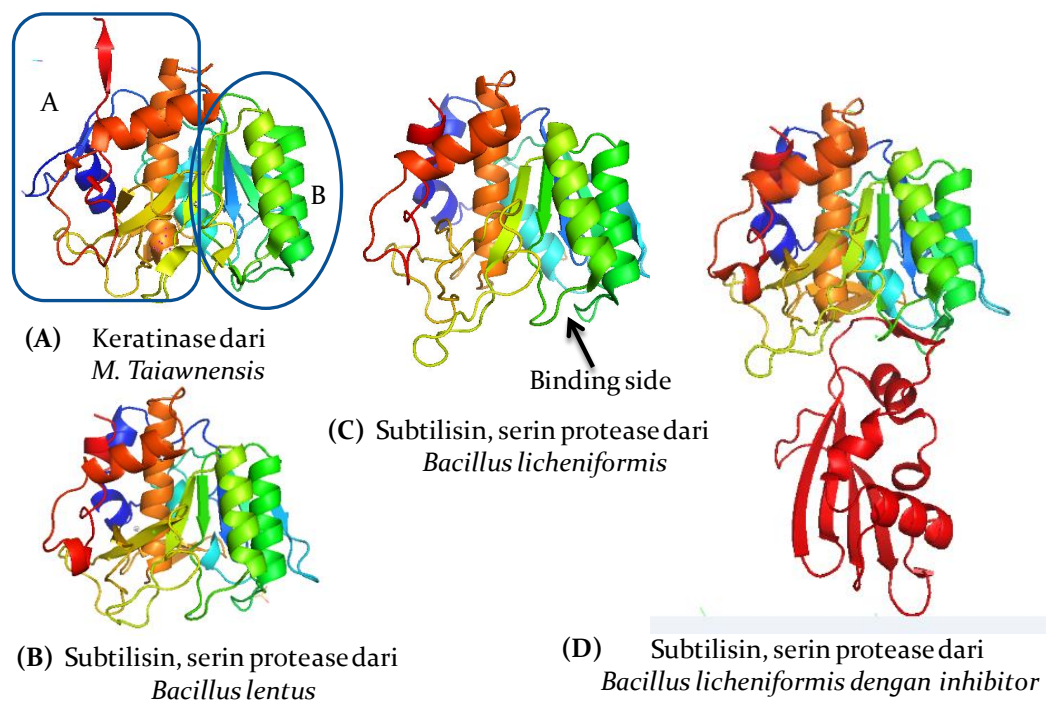
Nomor Akses	deskripsi	Identitas	Nomor Akses	deskripsi	Identitas
WP_013704806.1	peptidase S8 [Marinithermus hydrothermalis]	70%	WP_091242997.1	serina protease [Aquimonas voraii]	66%
WP_017364867.1	serina protease [Methylococcus capsulatus]	68%	WP_018786000.1	peptidase S8 [Micromonospora]	71%
WP_010960195.1	serina protease [Methylococcus capsulatus]	68%	WP_043325696.1	serina protease [Micromonospora]	71%
WP_083423476.1	peptidase S8 [Stigmatella aurantiaca]	68%	WP_054295742.1	hypothetical protein [Kibdelosporangium phytohabitans]	67%
WP_017944829.1	peptidase S8 [Streptomyces sp. CNS615]	68%	WP_091419936.1	serina protease [Micromonospora tulbaghiaie]	70%



Gambar 1. Pohon filogeni dari seratus protein yang memiliki homologi dengan keratinase dari *M. taiwanensis*

Analisis Kesamaan Struktur 3D

Analisis kesamaan struktur dilakukan menggunakan *jFATCAT-rigid algorithm* yang tersedia di RCSB tidak memberikan kesejajaran struktur 3D dari semua struktur protein yang tersimpan di Bank Data. Struktur 3D yang memberikan identitas sebesar 40 % adalah struktur dari subtilisin serina protease dari *Bacillus lentus*. Gambar 2 menggambarkan tiga struktur yang mirip yaitu keratinase dari *M. taiwanensis* (A), subtilisin serina protease dari *B. lentus* (B), dan subtilisin serina protease dari *Bacillus licheniformis*. Ketiga struktur memiliki kemiripan struktur pada domain B, sedangkan pada domain A terdapat variasi yang cukup signifikan dalam pengaturan rantai heliks, lembaran β . Aktifitas keratinase serina protease dari *B. lentus* belum pernah dilaporkan sedangkan subtilisin serina protease dari *B. licheniformis* telah dilaporkan memiliki aktifitas keratinase (Kuhn, dkk., 1998; Hu, dkk., 2013). Gambar 2D menunjukkan lokasi pengikatan inhibitor yang diduga juga merupakan lokasi pengikatan substrat (Trillo-Muyo, dkk., 2013). Lokasi pengikatan tersebut terletak pada domain yang relatif lestari diantara ketiga struktur protease tersebut.



Gambar 2. Struktur keratinase dari *M. taiwanensis* (A), struktur subtilisin serin protease dari *B. lentus* (B), struktur subtilisin dari *B. lichenifrmis* (C), dan struktur hybrid dari subtilisin serin protease dari *B. lichenisformis* dan inhibitornya (D)

PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis data urutan asam amino, struktur 3D, dan studi literatur maka keratinase merupakan anggota serina protease. Keratinase memiliki homologi yang rendah dengan subtilisin, yaitu satu kelompok protease yang hanya ditemui di

mikroba dan dikelompokkan menjadi satu keluarga subtilase (Siezen & Leunissen, 2008). Keratinase *M. taiwanensis* sebelumnya dikelompokkan ke dalam S8 protease (Wu, dkk., 2017) yaitu serina protease. Keluarga serina protease sendiri terbagi menjadi dua kelompok besar didasarkan pada hasil penyejajaran urutan asam aminonya. Namun demikian masih belum ada informasi yang memadai yang menunjukkan apakah semua homolog tersebut memiliki aktifitas keratinase. Homologi urutan asam amino yang tinggi belum menjamin signifikansi dalam aktifitas keratinaseny. Subtilisin serin protease dari *B. licheniformis* yang hanya memiliki 40% homologi juga memiliki aktifitas keratinase dengan spektrum substrat yang relatif luas (Hu, dkk., 2013). Dalam filogeni, subtilisin serina protease dari *B. licheniformis* tidak muncul karena pembatasan *threshold* dari metode algoritma yang digunakan dalam *blasting*.

Berdasarkan kajian struktur. Keluarga serina protease memiliki kelestarian domain yang cukup tinggi yaitu pada domain pengikatan substrat (domain B), namun demikian terdapat variasi pada domain lain (domain A) dari enzim. Domain A kemungkinan merupakan sisi pengenalan substrat (*substrat recognition site*) yang mengarahkan enzim pada pengikatan substrat yang bervariasi. Walaupun belum banyak struktur 3D yang dilaporkan memiliki aktifitas keratinase, kemungkinan besar domain A yang mewakili diversitas substrat keratinase.

SIMPULAN DAN SARAN

Keratinase merupakan anggota superfamili serina protease. Keluarga serina protease sendiri dalam filogeni terbagi menjadi 2 subfamili. Dua 3D struktur serina protease yang telah berhasil dipecahkan memiliki homologi yang rendah dengan keratinase dari *M. taiwanensis*. Namun demikian analisis struktur menunjukkan kelestarian yang cukup tinggi pada sisi aktif enzim dan variasi sisi lain yang kemungkinan membedakan fungsi fisiologis dari serin protease di alam.

Kajian ini menarik untuk dilanjutkan dengan mengkaji lebih jauh tentang diversitas sisi pengenalan dan kaitannya dengan fungsi fisiologis enzim. Studi literatur tentang aktifitas protease dan hubungannya dengan variasi sisi pengenalan perlu dilakukan untuk merangkum berbagai penemuan yang ada. Mutasi terarah dapat digunakan untuk merancang sisi pengenalan dan mempelajari interaksinya dengan berbagai substrat protein.

DAFTAR RUJUKAN

- Bezerra, G. A., Ohara-Nemoto, Y., Cornaciu, I., Fedosyuk, S., Hoffmann, G., Round, A., Djinić-Carugo, K. 2017. Bacterial protease uses distinct thermodynamic signatures for substrate recognition. *Scientific Reports*, 7(1): 2848. (Online), (<http://doi.org/10.1038/s41598-017-03220-y>)
- Connelly, M. B., Young, G. M., & Sloma, A. 2004. Extracellular proteolytic activity plays a central role in swarming motility in *Bacillus subtilis*. *Journal of Bacteriology*, 186(13): 4159–4167, (Online), (<http://doi.org/10.1128/JB.186.13.4159-4167.2004>)

- Hu, H., He, J., Yu, B., Zheng, P., Huang, Z., Mao, X., Chen, D. 2013). Expression of a keratinase (kerA) gene from *Bacillus licheniformis* in *Escherichia coli* and characterization of the recombinant enzymes. *Biotechnology Letters*, 35(2): 239–244. (Online), (<http://doi.org/10.1007/s10529-012-1064-7>)
- Kuhn, P., Knapp, M., Soltis, S. M., Ganshaw, G., Thoene, M., & Bott, R. 1998. The 0.78 Å structure of a serina protease: *Bacillus lentus* subtilisin. *Biochemistry*, 37(39): 13446–13452. (Online), (<http://doi.org/10.1021/bi9813983>)
- Paulsen, J. L., Leidner, F., Ragland, D. A., Kurt Yilmaz, N., & Schiffer, C. A. 2017. Interdependence of Inhibitor Recognition in HIV-1 Protease. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 13(5): 2300–2309. (Online), (<http://doi.org/10.1021/acs.jctc.6b01262>)
- Sastry, K. J., Srivastava, O. P., Millet, J., FitzJames, P. C., & Aronson, A. I. 1983. Characterization of *Bacillus subtilis* mutants with a temperature-sensitive intracellular protease. *Journal of Bacteriology*, 153(1): 511–519.
- Siezen, R. J., & Leunissen, J. A. M. 2008. Subtilases: The superfamily of subtilisin-like serina proteases. *Protein Science*, 6(3): 501–523. (Online), (<http://doi.org/10.1002/pro.5560060301>)
- Trillo-Muyo, S., Martínez-Rodríguez, S., Arolas, J. L., & Gomis-Rüth, F. X. 2013. Mechanism of action of a Janus-faced single-domain proteininhibitor simultaneously targeting two peptidase classes. *Chem. Sci.*, 4(2): 791–797. (Online), (<http://doi.org/10.1039/C2SC21712K>)
- Wu, W. L., Chen, M. Y., Tu, I. F., Lin, Y. C., Eswarkumar, N., Chen, M. Y., Wu, S. H. 2017. The discovery of novel heat-stable keratinases from *Meiothermus taiwanensis* WR-220 and other extremophiles. *Scientific Reports*, 7(1): 1–12. (Online), (<http://doi.org/10.1038/s41598-017-04723-4>)