



Excellence in
Learning Innovation



SEMINAR
NASIONAL
PEMBELAJARAN IPA



INOVASI BERNAS



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL

PEMBELAJARAN IPA

*“Peran Pendidik IPA di Era Merdeka Belajar
Peluang dan Tantangan”*

Universitas Negeri Malang (UM)
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Oktober 2021
Terbit 2022



PROSIDING SEMINAR NASIONAL PEMBELAJARAN IPA KE-6 TAHUN 2021

“Peran Pendidik Ipa di Era Merdeka Belajar : Peluang dan Tantangan”

Malang, Sabtu 9 Oktober 2021
Online Via Zoom Meeting

Penanggung Jawab:
Dr. Munzil, M.Si.

Ketua Redaksi:
Dr. Yayuk Mulyati, S.Si., S.Pd., M.Si.

Redaksi Pelaksana:
Diana Dahniar
Dandy Wahyu Hidayat Haryanto
Yusuf Mardhani

Reviewer:
Indra Fardhani, S.Pd., M.Sc., M.I.L., Ph.D.
Agung Mulyo Setiawan, S.Pd, M.Si.
Isnani Juni Fitriyah, S.Pd, M.Si.
Erti Hamimi, S.Pd, M.Sc.
Muhammad Fajar Marsuki, S.Pd, M.Sc.
Yessi Affriyenni, S.Pd, M.Sc.
Sugiyanto, S.Pd, M.Si.
Dr.rer.nat. Safwatun Nida, S.Si., M.Pd.

e-ISSN 2721-4656

Penerbit:

Prodi Pendidikan IPA, FMIPA, Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang No. 5 Gedung B23
Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia, 65145
Telp: 0341-562-180
Website: <http://ipa.fmipa.um.ac.id/>
Email: ipa.fmipa@um.ac.id

*Hak cipta dilindungi oleh Undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan cara
apapun tanpa izin tertulis dari penerbit*



KATA PENGANTAR

Atas nama panitia, dengan senang hati saya menyambut semua peserta di Seminar Nasional Pembelajaran IPA ke-6 Tahun 2021 yang diselenggarakan oleh Prodi Pendidikan IPA, FMIPA, Universitas Negeri Malang (UM). Penghargaan tertinggi kami sampaikan untuk kedua pembicara utama Seminar Nasional Pembelajaran IPA ke-6, Dr.rer.nat. Robby Zidny, M.Si, dari Prodi Pendidikan Kimia, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa; Metri Dian Insani, S.Si., M.Pd, dari Prodi Pendidikan IPA, FMIPA, Universitas Negeri Malang.

Kami menyampaikan terima kasih dan apresiasi kepada Rektor Universitas Negeri Malang, Prof. Dr. AH. Rofi'uddin, M.Pd; Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Prof. Dr. Hadi Suwono, M.Si; serta Koordinator Program Studi Pendidikan IPA, Dr. Munzil, M.Si atas segala dukungannya hingga terselenggaranya Seminar Nasional Pembelajaran IPA ke-6. Saya ucapkan terima kasih pula kepada segenap anggota panitia atas kerja keras, komitmen, dan dedikasinya dalam menyelenggarakan Seminar Nasional Pembelajaran IPA ke-6.

Kegiatan Seminar Nasional Pembelajaran IPA ke-6 tahun ini masih sama halnya dengan penyelenggaraan kegiatan Seminar tahun sebelumnya. Pada tahun ini kegiatan Seminar Nasional Pembelajaran IPA ke-6 juga masih dilakukan secara virtual karena adanya pandemi Covid-19 yang terjadi di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Hal tersebut tidak menyurutkan semangat panitia untuk menyelenggarakan acara sebaik mungkin.

Seminar Nasional Pembelajaran IPA ke-6 Tahun 2021 mengangkat Tema “Peran Pendidik IPA di Era Merdeka Belajar : Peluang dan Tantangan” dan diharapkan dapat memberikan kontribusi untuk seluruh peserta sehingga bisa sharing informasi maupun bertukar ide terkait dengan pembelajaran IPA dengan memperhatikan peluang dan tantangan di era merdeka belajar saat ini.

Sekitar lebih dari lima puluh peserta telah mendaftar baik untuk menyajikan presentasi penelitian ataupun berpartisipasi dalam seminar yang berasal dari berbagai daerah di Indonesia. Artikel yang terpilih akan diterbitkan dalam Jurnal Pembelajaran Sains, FMIPA, Universitas Negeri Malang, yang terindeks Sinta 5, sedangkan artikel yang lain akan diterbitkan dalam prosiding ber-ISBN.

Kami berharap buku prosiding ini dapat memberikan banyak kontribusi untuk menyebarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, baik oleh Dosen, Guru, Peneliti, ataupun Mahasiswa, dan semoga semua peserta mendapatkan banyak wawasan dan pengalaman. Sampai jumpa di Seminar Nasional Pembelajaran IPA ke-7 tahun 2022.

Malang, 9 oktober 2021

Panitia



SUSUNAN PANITIA

SEMINAR NASIONAL PEMBELAJARAN IPA KE-6 TAHUN 2021

No	Nama	Tugas
1.	Dr. Munzil, M.Si.	Penanggung Jawab
2.	Indra Fardhani, S.Pd., M.Sc., M.I.L., Ph.D.	Ketua
3.	Agung Mulyo Setiawan, S.Pd, M.Si.	Sekretaris
4.	Isnanik Juni Fitriyah, S.Pd, M.Si.	Bendahara
5.	Erti Hamimi, S.Pd, M.Sc.	Sie Acara
6.	Muhammad Fajar Marsuki, S.Pd, M.Sc.	Sie Humas, Desain, dan Dokumentasi
7.	Dr. Yayuk Mulyati, S.Si., S.Pd., M.Si.	Sie Makalah
8.	Yessi Affriyenni, S.Pd, M.Sc.	Sie Konsumsi
9.	Sugiyanto, S.Pd, M.Si.	Sie Perlengkapan
10.	Dr.rer.nat. Safwatun Nida, S.Si., M.Pd.	Sie Perlengkapan



DAFTAR ISI

PROSIDING SEMINAR NASIONAL PEMBELAJARAN IPA KE-6	1
TAHUN 2021.....	1
KATA PENGANTAR	2
SUSUNAN PANITIA.....	3
DAFTAR ISI.....	4
MEDIA PEMBELAJARAN <i>e</i> -MODUL HUKUM NEWTON TENTANG GRAVITASI DAN HUKUM KEPLER DENGAN PERSEPEKTIF ISLAM BERBANTUAN <i>FLIPBOOK</i> SEBAGAI PENDUKUNG PEMBELAJARAN DARING.....	8
Ahmad Ziyadatul Khoir Faqih 1*, Suci Prihatiningtyas 2, Ino Angga Putra ³	8
KUALITAS PROSES DAN HASIL BELAJAR KLASIFIKASI DIKOTOMI SISWA SMP DENGAN PENERAPAN <i>DRAG AND DROP</i> DI MASA PANDEMI.....	19
Nur Hidayati Puspita S.....	19
REKONSTRUKSI <i>e</i> -MODUL BERBASIS STEM DENGAN <i>DIAGNOSTIC TEST</i> PADA MATERI USAHA DAN ENERGI BAGI SISWA KELAS X SMA.....	23
Muhammad Rif'an ¹ , Ino Angga Putra ² , Suci Prihatiningtyas ³	23
ANALISIS APLIKASI <i>CONTEXTUAL TEACHING AND LEARNING</i> (CTL) DALAM Penguatan Pendidikan Karakter Siswa Melalui Pembelajaran IPA Di Sekolah Dasar.....	34
Yanti Kusuma ¹ *, Avivatul Novi Aziza ²	34
MEDIA PEMBELAJARAN <i>e</i> -MODUL BERBASIS <i>FLIP PDF PROFESSIONAL</i> PADA MATERI MOMENTUM DAN IMPULS	41
Olifiya Diajeng Ayu Mawarni ¹ *, Kartika Wulandari ² , Suci Prihatiningtyas ³	41
REKONSTRUKSI <i>e</i> -MODUL BERBASIS STEM DENGAN <i>DIAGNOSTIC TEST</i> PADA MATERI GERAK LURUS BAGI SISWA KELAS X SMA/MA	50
Nunuk Hartutik ¹ , Ino Angga Putra ² , Novia Ayu Sekar Pertiwi ³	50
MODEL PEMBELAJARAN ARTIKULASI UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP PADA MATERI PELAJARAN IPA SMP	59
Isnanik Juni Fitriyah	59
PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN MENGGUNAKAN <i>FLIP PDF PROFESSIONAL</i> PADA MATERI GERAK HARMONIS SEDERHANA UNTUK MENINGKATKAN PENGUASAAN KONSEP SISWA	64
Khoirotun Nisa ¹ , Kartika Wulandari ² , Novia Ayu Sekar Pertiwi ³	64
ANALISIS KEBUTUHAN PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN PADA MATERI SISTEM GERAK PADA TUBUH MANUSIA UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN SISWA KELAS VIII SMP/SEDERAJAT	77
A'yunin Nadhifah ¹ , Herunata ² , Muhammad Fajar Marsuki ³	77
PENGEMBANGAN MEDIA <i>E-TORSO</i> BERBASIS APLIKASI ANDROID MATERI SISTEM GERAK PADA TUBUH MANUSIA UNTUK SISWA KELAS VIII SMP/SEDERAJAT	83
A'yunin Nadhifah ¹ , Herunata Herunata ^{2*} , Muhammad Fajar Marsuki ³	83
PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) BERBASIS <i>POE</i> (<i>PREDICT, OBSERVE, DAN EXPLAIN</i>) DENGAN PENDEKATAN LITERASI SAINS.....	93
Cindy Audia Sahara *, Syaiful Arif	93



ANALISIS KEBUTUHAN BAHAN AJAR DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA PADA MATERI BIOTEKNOLOGI KELAS IX	105
Dwi Tina Arianti ¹ , Parno ^{2*} , Muhammad Fajar Marsuki ³	105
PENGEMBANGAN MEDIA INTERAKTIF BERBANTUAN <i>ADOBE FLASH "BIOLOGICAL FOREST"</i> DENGAN MATERI STRUKTUR TUMBUHAN PADA SISWA KELAS VIII	112
Titania Virda Nirmala ¹ , Munzil ² , Yessi Affriyenni ³	112
ANALISIS KEBUTUHAN BAHAN AJAR DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA PADA MATERI BIOTEKNOLOGI KELAS IX	117
Dwi Tina Arianti ¹ , Parno ^{2*} , Muhammad Fajar Marsuki ³	117
PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) BERBASIS POE (<i>PREDICT, OBSERVE, DAN EXPLAIN</i>) DENGAN PENDEKATAN LITERASI SAINS	124
Cindy Audia Sahara ^{1*} , Syaiful Arif ²	124
PENGARUH MODEL PROJECT BASED LEARNING (PJBL) TERHADAP KETERAMPILAN CRITICAL THINKING, CREATIVE THINKING, COLLABORATION & COMMUNICATION (4C) SISWA DI SMP	136
Beatrik Nova ^{1*}	136
STUDI LITERATUR <i>E-MODUL</i> BERBASIS <i>PROBLEM BASED LEARNING</i> (pbl) PADA MATERI SISTEM EKSKRESI MANUSIA UNTUK SISWA KELAS VIII SMP	141
Anisah Hanun ¹ , Hadi Suwono ^{2*} , Muhammad Fajar Marsuki ¹	141
STUDI LITERATUR KEBUTUHAN PENGEMBANGAN BAHAN AJAR UNTUK MEMFASILITASI SISWA SMP/MTs DALAM MENGANALISIS PENCEMARAN LINGKUNGAN	147
STUDI LITERATUR BAHAN AJAR IPA MODEL INKUIRI TERBIMBING PADA KEGIATAN MENGANALISIS INTERAKSI MAKHLUK HIDUP DENGAN LINGKUNGANNYA SEBAGAI SOLUSI UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA KELAS VII SMP/MTs	154
Ahmad Rizal Barozi Ilmi ¹ , Sugiyanto ^{2*} , Muhammad Fajar Marsuki ³	154
ANALISIS KEBUTUHAN MULTIMEDIA INTERAKTIF BERBASIS APLIKASI ANDROID UNTUK MENINGKATKAN KEMANDIRIAN BELAJAR SISWA	160
Hindun Mar'atus Sholihah ^{1*} , I Wayan Sumberartha ² , Muhammad Fajar Marsuki ³	160
<i>FORMATIVE FEEDBACK</i> BERBASIS SOAL PILIHAN GANDA ISOMORFIK PADA TOPIK PEMBENTUKAN BAYANGAN PADA CERMIN UNTUK SISWA SMP	165
Nur Hidayati Rifa'i ¹ , Sentot Kusairi ^{2*} , Erti Hamimi ¹	165
ANALISIS PEMAHAMAN KONSEP FISIKA PADA MAHASISWA PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA UNIVERSITAS HAMZANWADI	175
Laxmi Zahara ^{1*} , Bq. Aryani Novianti ² , Tsamarul Hizbi ³	175
ANALISIS KEBUTUHAN PENGEMBANGAN BAHAN AJAR BERBASIS <i>EXPLICIT SCIENTIFIC INQUIRY INSTRUCTION</i> (ESII) SEBAGAI SOLUSI UTAMA UNTUK MEMFASILITASI KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA PADA MATERI INTERAKSI MAKHLUK HIDUP DENGAN LINGKUNGANNYA	179
Aulia Zaldiana ¹ , Muntholib ^{2*} , Muhammad Fajar Marsuki ³	179
STUDI LITERATUR MEDIA PEMBELAJARAN IPA BERBASIS APLIKASI ANDROID BERBANTUAN HOLOGRAM 3D SEBAGAI SOLUSI UTAMA DALAM MENINGKATKAN MINAT BELAJAR SISWA PADA MATERI SISTEM PERNAPASAN MANUSIA	185
Natasia Paramita ¹ , Munzil ^{2*} , Muhammad Fajar Marsuki ³	185
PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN IPA DENGAN PENDEKATAN STEAM BERMETODE BRAINSTORMING PADA KEGIATAN MENGANALISIS	191



Dinik Afrianingsih, Sugiyanto*, Erti Hamimi.....	191
STUDI LITERATUR MEDIA PEMBELAJARAN E-LEARNING SEBAGAI SOLUSI DALAM MENINGKATKAN MINAT BELAJAR PESERTA DIDIK.....	204
Nuvira Maulidia ^{1*} , Arif Hidayat ² , Muhammad Fajar Marsuki ³	204
STUDI LITERATUR PENGEMBANGAN BAHAN AJAR IPA MODEL <i>PROBLEM BASED LEARNING</i> PADA KEGIATAN MENGANALISIS PENCEMARAN LINGKUNGAN UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS SISWA	208
Galuh Rizky Titania 1*, Sugiyanto 2, Muhammad Fajar Marsuki 3 ³	208
ANALISIS KEBUTUHAN PENGEMBANGAN E-MODUL INTERAKTIF MODEL PBL UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA PADA KEGIATAN MENGANALISIS PENCEMARAN AIR	213
Dyah Fitrianiingsih ^{1*} , Sugiyanto 2 ² , Muhammad Fajar Marsuki 3 ³	213
Santi Ramadhani Putri 1 ¹ , Sugiyanto 2 ² , Muhammad Fajar Marsuki 3 ³	216
STUDI LITERATUR MODEL PEMBELAJARAN <i>EXPLICIT SCIENTIFIC INQUIRY INSTRUCTION</i> (ESII) YANG BERORIENTASI BERPIKIR KRITIS SISWA.....	221
Amalia Nur Safitri ¹ , Muntholib ² , Muhammad Fajar Marsuki ¹	221
ANALISIS KEBUTUHAN BAHAN AJAR <i>E-BOOK</i> BERBASIS STEAM SEBAGAI SOLUSI UNTUK MENUMBUHKAN KESADARAN PESERTA DIDIK TERHADAP PENCEMARAN UDARA	225
Farin Natasya Panjaitan ¹ , Hadi Suwono ^{2*} , Muhammad Fajar Marsuki ³	225
KONSEP IPA TERAPAN DALAM PEMANFAATAN ALAT PENYARING KARBON MONOKSIDA PADA KNALPOT KENDARAAN BERMOTOR	234
Isnanik Juni Fitriyah ^{1*} , Audi Three Ninenova ² , Khomsiyah Naili ³ , Lutfiatul Nur Khasanah ⁴ , Shintia Ani Fatimatus Zahro ⁵	234
KONSEP IPA TERAPAN METODE PENGERINGAN JAGUNG DENGAN PENGERING EFEK RUMAH KACA (<i>GREEN HOUSE EFFECT</i>)	238
Isnanik Juni Fitriyah ^{1*} , Nadiyyatul Husna ² , Yana Lazuardhana Shalsabilla ³ , Lutvi Indah Oktavia Riyanto ⁴ , Reniita Fatjah ⁵	238
KONSEP IPA TERAPAN PADA PENGGUNAAN <i>AUTOCLAVE</i> DALAM INDUSTRI PENGALENGAN IKAN SARDEN.....	243
Isnanik Juni Fitriyah ^{1*} , Qorina Firdausi Nuzula 2 ² , Shalma Noeravizha 3 ³ , Shila Dwi Pratiwi 4 ⁴ , Zulfa Farikhatma 5 ⁵	243
KONSEP IPA TERAPAN PADA KALUNG PEMANTAU KONDISI HEWAN TERNAK BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN MUTU HASIL PETERNAKAN	249
Isnanik Juni Fitriyah ¹ , Azizah Wahyuningsih ² , Fanny Putri Danissa ³ , Iin Fadilatus Sholicha ⁴ , Senda Tiara Putri ⁵	249
KONSEP IPA TERAPAN PADA PENGEMABANGAN MASKER ANTIVIRUS BAGI TENAGA MEDIS DALAM PENANGANAN PASIEN COVID-19	253
Isnanik Juni Fitriyah *, Zahra Fajarani A, Anjas Prasetyo, Nisita Hardyanti	253
KONSEP IPA TERAPAN DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU SEBAGAI UPAYA PREVENTIF PENCEMARAN LINGKUNGAN	258
Isnanik Juni Fitriyah ^{1*} , Fianita Eka Putri ² , Mukrimah Rufaida Rochman ³ , Akhmad Khabibulloh Amir ⁴ , Muhammad Zainu Fuadin ⁵	258
UPAYA PENINGKATAN NUTRISI JERAMI DENGAN FERMENTASI SEBAGAI ALTERNATIF KRISIS PAKAN TERNAK RUMINASI.....	264
Isnanik Juni Fitriyah ^{1*} , Ade Rizky Nanda Perdana 2 ² , Arum Mulyani 3 ³	264



KONSEP IPA TERAPAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH PLASTIK RAMAH LINGKUNGAN	268
Isnanik Juni Fitriyah ^{1*} , Ilzha Akbar Muharomi Wicaksono ² , Ratna Dewi Firdaus ³ , Ulin Nuha Hanifah ⁴	268
Dosen Jurusan Pendidikan IPA, Program Studi S1 Pendidikan IPA, Universitas Negeri Malang	268
KONSEP IPA TERAPAN DALAM UPAYA PENANGANAN WABAH COVID DENGAN WORMVIT (SUPLEMEN EKSTRAK CACING DAN KUNYIT) SEBAGAI ALTERNATIF PENGOBATAN PEREDA DEMAM	272
Isnanik Juni Fitriyah ¹ , Fira Naimatul Husna ² , Meirna Rahayu ³ , Natalie Pniel Dipa ⁴	272
ELEKTROKOAGULASI, SEBAGAI SUATU TEKNOLOGI DALAM PENGOLAHAN LIMBAH HASIL INDUSTRI ELEKTROPLATING	277
Isnanik Juni Fitriyah*, Wan Eka Yusi Saputri, Indrasta Wahyu Bagus Prasajo, Muhammad Nurul , Rayhan Osla Auditia	277
ANALISIS MODEL PEMBELAJARAN SEARCH SOLVE CREATE AND SHARE (SSCS) DALAM MELATIH KETRAMPILAN PROSES SAINS SISWA SMP	285
Amri Yahya ^{1*} , Habiddin Habiddin ² , Muhammad Fajar Marsuki ³	285
KONSEP IPA TERAPAN PADA PENGGUNAAN MOBIL LISTRIK SEBAGAI TEKNOLOGI TRANSPORTASI MASA DEPAN YANG RAMAH LINGKUNGAN	291
Isnanik Juni Fitriyah*, Nurul Azmi Listyani, Ilham Qoriatul Lailah, Novi Eka Putri	291
KONSEP IPA TERAPAN DALAM PENGGUNAAN BIOFILTRASI UNTUK MENGURANGI POLUTAN AIR LIMBAH	295
Isnanik Juni Fitriyah*, Cantik Azzaroiha, Nindy Eklesia Madelu, Nur Eva Ekasari Putri Madi, Nur Lailatul Fajri	295
KONSEP IPA TERAPAN PADA PEMANFAATAN LIMBAH JERAMI PADI DENGAN TEKNOLOGI AMONIASE SEBAGAI SUMBER PAKAN TERNAK	299
Isnanik Juni Fitriyah ^{1*} , Rif'atul Himmah ² , Desi Anggraini ³ , Yurike Utari ⁴	299
KONSEP IPA TERAPAN DALAM BRIKET ARANG AKTIF SEBAGAI PENYARING KARBONMONOKSIDA	303
Isnanik Juni Fitriyah ^{1*} , Wulidah Ainur Rokhmah ² , Hesti Fajar Lestari ³ , Erly Agustina Neta ⁴	303
RUMAH SEBAGAI LABORATORIUM PEMBELAJARAN IPA UNTUK MENINGKATKAN KETERAMPILAN PROSES SAINS DAN HASIL BELAJAR PESERTA DIDIK DI ERA PANDEMI	307
Sri Endarwati ^{1*}	307
KONSEP IPA TERAPAN DALAM PEMANFAATAN TENAGA SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI BATERAI SKUTER ELEKTRIK LUMAKSANA	316
Isnanik Juni Fitriyah ¹ , Anas Tasia Ory Zasativa ² , Brilliana Ghorbiy ³ , Cherry Salmaliana Lucky ⁴	316



KONSEP IPA TERAPAN DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU SEBAGAI UPAYA PREVENTIF PENCEMARAN LINGKUNGAN

Isnani Juni Fitriyah^{1*}, Fianita Eka Putri², Mukrimah Rufaida Rochman³, Akhmad Khabibulloh Amir⁴,
Muhammad Zainu Fuadin⁵

Dosen Jurusan Pendidikan IPA, Program Studi S1 Pendidikan IPA, Universitas Negeri Malang
Jurusan Pendidikan IPA, Program Studi S1 Pendidikan IPA, Universitas Negeri Malang
Jurusan Pendidikan IPA, Program Studi S1 Pendidikan IPA, Universitas Negeri Malang
Jurusan Pendidikan IPA, Program Studi S1 Pendidikan IPA, Universitas Negeri Malang
Jurusan Pendidikan IPA, Program Studi S1 Pendidikan IPA, Universitas Negeri Malang

*Email : isnani.fitriyah.fmipa@um.ac.id

Abstrak

Produksi tahu pada umumnya menggunakan bahan baku utama yaitu kacang kedelai. Industri tahu pastinya menghasilkan limbah yang berupa limbah padat dan limbah cair. Pada umumnya pabrik tahu di Indonesia merupakan pabrik kecil dan belum memenuhi standar persyaratan pabrik pada umumnya. Hal itu menyebabkan belum maksimalnya pengolahan limbah yang menyebabkan kerugian bagi masyarakat yang terkena efek dari limbah pabrik yang memproduksi tahu tersebut. Akibat permasalahan tersebut munculah ide pemanfaatan limbah industri tahu menjadi biogas yang bermanfaat serta mengurangi resiko pencemaran air yang disebabkan oleh limbah industri tahu. Metode yang digunakan dalam penulisan artikel ini adalah dengan menggunakan studi literatur. Artikel ini memuat beberapa kajian yang mengangkat permasalahan mengenai limbah dan penerapan konsep IPA dalam pengolahan limbah. Tujuan dari penulisan artikel ini yaitu untuk mengetahui cara pengolahan limbah cair dari industri tahu menjadi biogas, dan konsep IPA terapan yang digunakan. Pengolahan limbah cair tahu dimanfaatkan sebagai biogas melalui dilakukan dengan melalui tahapan identifikasi limbah tahu dan inokulum, proses seeding dan aklimatisasi, identifikasi kebocoran gas untuk mencegah kerugian, uji perubahan setiap harinya, dan menguji kelayakan limbah cair tahu yang telah menjadi biogas.

Kata kunci: Tahu, Limbah, Industri, Biogas, Terapan

PENDAHULUAN

Menurut Darmajana (2012), tahu merupakan salah satu makanan tradisional yang banyak diminati dan dikonsumsi oleh masyarakat di Indonesia terutama di pulau Jawa. Proses pembuatan tahu relatif murah karena bahan baku yang mudah didiapatkan dan proses produksi yang sederhana. Tahu mengandung gizi yang sangat baik karena memiliki kandungan energi sebesar 68 kkal, protein 7,8g, karbohidrat 1,6 g, lemak 4,6 g, kalsium 124 mg, fosfor 63 mg, dan zat besi 1 mg. Selain itu di dalam tahu juga terkandung vitamin A, B1 dan C Alasan tahu banyak diminati karena tahu selain memiliki rasa yang enak dan dijual dengan harga yang relative terjangkau oleh seluruh lapisan masyarakat menengah kebawah. Bahan baku utama yang harus tersedia saat ingin memproduksi tahu yaitu kacang kedelai [1].

Menurut Subekti (2011), produksi tahu pasti menghasilkan limbah saat proses produksinya. Limbah tahu dapat berbentuk limbah padat dan limbah cair. Limbah padat dari proses produksi tahu didapatkan dari proses penyaringan dan penggumpalan. Limbah padat biasanya dimanfaatkan dengan cara dijual dan diolah menjadi berbagai olahan dari limbah tahu padat. Sedangkan limbah cair dari tahu ini diperoleh dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu. Karena proses tersebut limbah cair yang dihasilkan saat produksi tahu ini sangat tinggi akan tetapi pemanfaatannya kurang maksimal. Jika limbah cair ini langsung dibuang begitu saja ke saluran air, maka jelas akan mencemari lingkungan sekitar pabrik tersebut dan menyebabkan pencemaran yang merugikan masyarakat. Sehingga perlunya suatu pengolahan limbah di industri tahu yang bertujuan untuk mengurangi resiko pencemaran air [2]. Dengan permasalahan yang ada tersebut muncul lah ide memanfaatkan limbah tahu untuk menjadi biogas. karena itu melalui penelitian ini diharap dapat menemukan solusi untuk pemanfaatan limbah tahu tersebut dan menurunkan resiko pencemaran air.

Menurut Yusuf Yunuf et al (2014), biogas adalah suatu gas yang dapat dibakar seperti elpiji, karena biogas dapat hampir mirip dengan bahan bakar fosil akan tetapi memiliki hasil gas buang yang lebih baik jika dibandingkan dari bahan bakar fosil. [3]. Menurut Sunaryo (2014), selain memiliki manfaat ramah lingkungan

biogas juga memiliki manfaat ekonomis. Biogas dibuat dengan menggunakan alat digester anaerobik, digester ini sudah sangat berkembang teknologinya di seluruh dunia dengan jenis dan bentuk yang bervariasi. [4]. Komponen biogas yang terkandung memiliki senyawa seperti gas metana, gas karbondioksida, nitrogen, hidrogen, karbon monoksida, oksigen, dan hidrogen sulfide [5].

Pengolahan limbah industri tahu menjadi biogas ini menerapkan konsep dari IPA. Dalam bidang biologi yaitu dalam reaksi anaerobik digester adalah teknologi yang memanfaatkan proses biologis yang mana bahan organik oleh mikroorganisme anaerobik terurai dalam tiadanya oksigen terlarut (kondisi anaerob). Kerja mikroorganisme anaerobik adalah mencerna bahan organik yang masuk dan berubah melalui degradasi anaerobik menjadi bentuk yang lebih stabil, selain itu dapat diketahui dalam bidang kimia bahwa biogas yang terdiri dari senyawa kimia seperti metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2), dari kedua campuran gas yang dihasilkan supaya penguraian anaerobik menjadi maksimal, produk harus berada pada kondisi tingkat suhu, kelembaban dan pH yang sesuai. Hal tersebut dapat menerapkan konsep suhu pada fisika.

Limbah cair tahu memiliki protein, lemak dan 4.444 jenis karbohidrat yang kandungannya masih tinggi. Apabila senyawa organik ini terurai dalam kondisi aerob dan anaerobik, maka akan menghasilkan gas metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), gas lain dan air.

Menurut Ridhuan (2016), selain potensinya yang sangat besar, digester biogas memiliki keunggulan dalam menggunakan energi biogas, yaitu mencegah penyebaran penyakit, mengurangi efek rumah kaca, menghasilkan panas dan listrik (listrik dan mekanik). Proses anaerob adalah proses biologis yang memanfaatkan kondisi tanpa oksigen dan dibantu oleh mikroorganisme tertentu yang dapat mengubah senyawa organik menjadi metana (biogas) [6].

METODE

Pengumpulan data yang akan digunakan adalah dengan metode studi literatur dengan mencari referensi teori mengenai IPA terapan dan pengolahan limbah cair tahu sebagai biogas. Studi literatur disini bertujuan untuk mengetahui konsep IPA terapan yang digunakan dalam pengolahan limbah cair industri tahu. Berdasarkan referensi, metode percobaan untuk mengolah limbah industri tahu menjadi biogas ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan identifikasi terhadap kotoran sapi dan limbah tahu menggunakan parameter COD, suhu, pH, *total* dan *volatile solid*
2. Mencampurkan kotoran sapi dan seeding inokulum dengan dan air hingga homogen dengan perbandingan 6 : 1 dan memasukannya ke dalam *drum* dengan penyaringan.
3. Melakukan aktimasi inokulum dengan cara menambahkan limbah tahu yang telah disaring sebanyak 1 liter, lalu memasukannya ke dalam *seeding drum*.
4. Mengaduknya secara berkala dan melakukan uji pH serta mengamati perubahan tekanan yang terjadi pada balon karet yang telah dipasang pada lubang control.
5. Sebanyak 14 liter cairan inokulum yang teraktivasi dimasukan ke dalam reaktor dan ditambahkan sejumlah 2 liter limbah cairan tahu.
6. Menyisakan ruang kosong sebesar 20% pada bagian dalam reaktor sebagai tempat fermentasi gas metan.
7. Melakukan pengujian terhadap pH dan suhu setiap hari dan mengukur gas yang terdapat pada *measurement glass*.
8. Membuang gas melalui kran pembuangan.
9. Mencatat penambahan volume gas setelah reaktor dalam kondisi anaerob.
10. Menambahkan 1 liter limbah tahu setiap hari dan memperhatikan keadaan mikroorganisme pada reaktor dengan pengujian pH, apabila masih berada pada rentan asam, ditambahkan lagi inokulum pada reaktor.
11. Mengidentifikasi lumpur efluen menggunakan parameter COD, suhu, pH, *total* dan *volatile solid*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut Puryadi (2018) IPA Terapan adalah suatu ilmu yang mencakup rumpun IPA, yaitu Biologi, Fisika, dan Kimia. IPA terapan memiliki karakteristik yang sama dengan IPA. IPA terapan bersifat sebagai suatu ilmu yang mencari jawaban atas pertanyaan apa, mengapa, dan bagaimana gejala-gejala yang ada di alam dimana berkaitan dengan komposisi, struktur, perubahan zat, sifat, yang melibatkan antara keterampilan dan penalaran [7]. IPA terapan banyak digunakan di berbagai bidang, contohnya dalam bidang peternakan,

pertanian, industri, kehutanan, kedokteran, transportasi dan komunikasi. Pengolahan limbah cair pada industri tahu sehingga menjadi biogas merupakan contoh dari IPA terapan di bidang industri. Pada proses pengolahan limbah cair tahu ini meliputi beberapa tahapan, yaitu identifikasi limbah tahu dan inokulum, proses seeding dan aklimatisasi, identifikasi kebocoran gas untuk mencegah kerugian, uji perubahan setiap harinya, dan menguji kelayakan limbah cair tahu yang telah menjadi biogas.

E. Identifikasi Limbah Tahu dan Inokulum

Hal pertama yang dilakukan yaitu mengidentifikasi pada limbah cair tahu dan inokulum. Inokulum yang digunakan yaitu kotoran sapi. Selanjutnya diketahui bahwa identifikasi dilakukan dengan tujuan untuk mendata karakteristik apa saja yang dimiliki limbah dan inokulum sebelum dilakukan uji biogas. Dari studi literatur yang telah dilakukan didapatkan data pada Tabel 1.

Tabel 1. Identifikasi Limbah Cair Tahu dan Inokulum

Uji	Solid (g/l)		COD (mg/l)	Suhu (°C)	pH
	Total	Volatil e			
Limbah cair Tahu	16,6 3	14,85	748,75	46	4,30
Inokulum	8,3	6,5	712,75	28	6,89

Sumber: (Nisrina & Andarani, 2018: 141)

Dari hasil identifikasi dapat diketahui bahwa limbah tahu memiliki total solid 16,63 g/l dan volatile solid 14,85 g/l. Total solid disini menunjukkan kandungan padatan organik dan anorganik dalam air, sedangkan volatile solid menunjukkan kandungan padatan organik. Maka didapatkan limbah cair tahu memiliki kandungan padatan organik 89,3%. Selanjutnya pada inokulum didapatkan hasil TS dan Vs yaitu total solid 8,3 g/l dan untuk volatile solid 6,5 g/l. Maka dapat diketahui pada inokulum terdapat kandungan padatan organik 78,32%. Identifikasi selanjutnya yaitu pada nilai COD, didapatkan nilai COD limbah tahu dan inokulin sangat tinggi.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 Mengenai Baku Mutu Air Limbah untuk para pengusaha pengolahan tumbuhan kedelai, khususnya pengolahan dalam pembuatan tahu sebesar 300 mg/L adalah nilai COD yang diizinkan dan untuk peternakan sapi sebesar 200 mg/L adalah nilai COD yang diizinkan. Dari identifikasi nilai COD yang telah dilakukan, didapatkan data nilai COD limbah tahu dan inokulum yang melampaui peraturan baku mutu, yaitu sebesar 748,75 untuk limbah tahu dan 712,75 mg/L untuk inokulin. Selanjutnya untuk hasil pH yang didapatkan pada limbah cair tahu sebesar 4,03 dengan suhu 46°C. dari nilai yang didapat mungkin dalam terjadinya pengasaman, sedangkan untuk inokulum pada kotoran sapi didapatkan pH 6,89 dengan suhu 28 °C masih termasuk pH netral [8].

F. Proses Seeding dan Aklimatisasi

Proses penaburan dilakukan ketika mengukur tekanan gas dengan menggunakan balon karet selain itu juga saat dilakukan pengujian pH. Hasil yang diperoleh yaitu pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji pH Seeding

	Nilai pH		
	Hari Ke-1	Hari Ke-2	Hari Ke-3
Seeding	6.58	6.62	6.56

Sumber: (Nisrina & Andarani, 2018: 141)

Proses perkembangan bakteri yang dimaksud adalah adanya pembiakan kehidupan bakteri dalam suatu zat. Bakteri yang akan dikembangkan dan menjadi metabolisme, dimana pada proses perkembangan bakteri tersebut membutuhkan zat nutrisi untuk meregenerasi sel dan menghasilkan energi atau produk lainnya. Dari Tabel 2, didapatkan pH seeding konstan netral selama 3 hari berturut-turut yaitu sebesar 6.58, 6.62, dan 6.56.

Aklimatisasi yaitu usaha untuk mendapatkan data mengenai tingkat kapasitas bakteri untuk bertahan hidup dan beradaptasi dalam suatu kondisi. Proses Aklimatisasi yang dilakukan dalam percobaan ini yaitu selama 4 (empat) hari. proses aklimatisasi tidak gagal jika pH yang didapatkan netral dan stabil. Akhir dari proses aklimatisasi nilai pH yang didapatkan yaitu 6,80.

G. Identifikasi Kebocoran Gas

Hal yang paling merugikan dalam pembuatan biogas yaitu terjadinya kebocoran biogas. Maka dilakukan identifikasi kebocoran gas untuk meminimalisir kerugian. Diketahui titik kebocoran terdapat di reaktor digester anaerobik, tepatnya di overflow dimana terhubung dengan tabung elastis dan direndam dalam ember, kemudian pada dinding penutup reaktor. Ditemukan juga, pada gelas ukur volume biogas ada titik kebocoran pada lubang inflow serta penutup gelas.

Pada titik kebocoran yang didapat, solusi yang dilakukan yaitu pertama kebocoran di overflow dengan menggunakan valve kompresor dengan dimasukkan ember yang sudah berisi air. Selanjutnya kebocoran pada lubang penutup reaktor diatasi dengan memberikan lem silikon sebagai lapisan lubang penutup reaktor. Dan yang terakhir kebocoran di selang gelas ukur volume biogas dilakukan penggantian selang yang baru yang juga dilapisi dengan lem silikon dan sealt tape.

Untuk mengetahui adanya kebocoran pada reaktor biogas dapat dilakukan dengan melakukan pengecekan tekanan, leakage spray, laser gas, dan juga dengan menggunakan kamera inframerah. Pertama pendeteksi kebocoran biogas dengan pengecekan tekanan, jika tekanan gas mengalami penurunan secara signifikan maka langsung bisa diketahui adanya kebocoran biogas. Kedua dengan leakage spray, jika ada kebocoran biogas maka semprotan busa ini akan berubah warna. Ketiga, dengan menggunakan laser gas, jika ada kebocoran gas maka laser ini dapat memonitor untuk dan memberikan informasikan. Cara terakhir dengan kamera inframerah, dengan digunakan sinyal inframerah untuk mengidentifikasi jika terjadi kebocoran.

H. Uji Perubahan Harian

Volume biogas yang telah dihasilkan menunjukkan kecenderungan mengalami peningkatan selama 14 hari. Dalam pembentukan biogas, fase awal dari pembentukan gas tersebut terjadi pada hari pertama dan hari kedua, yaitu terjadi proses hidrolisis dan asidogenesis. Dalam fase hidrolisis, terjadi suatu proses yaitu pemutusan rantai panjang senyawa kompleks dari substratnya seperti selulosa, karbohidrat, protein, dan lemak oleh bakteri. Biogas yang terbentuk telah meningkat secara signifikan dan tidak mengeluarkan bau kotoran sapi yang menyengat seperti pada fase awal pada hari ke tiga hingga hari ke sepuluh. Sehingga, dapat menunjukkan bahwa telah memasuki fase pembentukan biogas yang kedua, yaitu fase asetogenesis dan metanogenesis. Digester tidak menghasilkan biogas sama sekali pada hari ke-7. Hal tersebut disebabkan karena terjadi kebocoran pada penutup reactor dan selang menuju gelas pengukur volume dimana disebabkan karena tekanan gas yang tinggi. Dalam melakukan degradasi pada hari ke delapan hingga hari ke sepuluh, bakteri yang ada dalam digester seperti bakteri metanogenesis dan actogenesis dalam kondisi yang optimal. Namun, terjadi penurunan produksi biogas di hari ke-11 dan ke-14. Pada tahap tersebut, gas yang dihasilkan masih tidak berbau, tetapi jika dilihat dari warnanya sudah mulai menjadi hijau pucat.

Sesuai dengan tahapan identifikasi limbah tahu dan inoculum ini maka dilakukan suatu identifikasi pada lumpur buangan limbah (efluen) yang bertujuan agar mengetahui proses – proses yang saat ini sedang berlangsung saat pengujian potensi biogas. Terdapat penurunan kandungan COD pada limbah tahu yaitu sebesar 8,1%. Diindikasikan bahwa penurunan nilai COD tersebut dikarenakan kerja dari bakteri yang ada dalam digester. Bakteri tersebut bekerja dengan cara mendegradasi senyawa organik yang ada pada substrat lalu mengubahnya menjadi biogas. Penyebab dari kecilnya penurunan nilai COD karena waktu tinggal yang singkat, yaitu pada saat pengujian berhenti ketika substrat limbah belum mencapai titik loading rate. Sehingga mikroorganisme yang bekerja belum dapat mendegradasi senyawa organik secara maksimal dikarenakan kekurangan waktu.

Terjadi penurunan kandungan TS dan VS secara berturut-turut sebesar 56,9 % dan 66,3%. Hal tersebut disebabkan karena bahan organik dalam digester tersebut mengalami perombakan oleh bakteri, dan hal ini berhubungan dengan kadar gas metan yang dihasilkan. Sehingga juga terjadi peningkatan produksi biogas.

Kemudian, terdapat peningkatan pH dari 4,03 menjadi 5,82. Nilai pH selama waktu pengujian selalu menunjukkan angka yang kurang stabil karena hal tersebut dapat disebabkan oleh belum siapnya bakteri-bakteri yang terdapat dalam digester untuk beradaptasi terhadap substrat.

I. Kelayakan Limbah Tahu sebagai Biogas

Dilakukan suatu uji mengetahui kelayakan limbah tahu ini jika dijadikan suatu biogas, karena bertujuan untuk menganalisis biogas yang dihasilkan. Pengukuran komposisi metan dan karbon dioksida menggunakan suatu alat yang spesifik ini dapat dilakukan untuk mengetahui kelayakan kandungan biogas tersebut. Alternatif

lain untuk menguji kelayakan biogas adalah dengan menggunakan bara api, kita dapat membakar gas yang telah ditampung.

Berdasarkan uraian hasil penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa biogas dapat berpotensi untuk mengurangi tingkat pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan tersebut tidak hanya satu aspek saja, melainkan banyak aspek air, udara, tanah, dan sosial.

Berdasarkan aspek air, yaitu masyarakat yang bekerja atau memiliki industri tahu dapat mengurangi pembuangan limbah cair tahu ini langsung ke sungai, atau pembuangan air lainnya karena hal tersebut akan menyebabkan pencemaran air jika terjadi. Jika dilihat dari aspek udara, yaitu dapat mengurangi polusi udara yang mengganggu karena bau yang ditimbulkan dari limbah industri tahu. Jika ditinjau dari aspek tanah, yaitu dapat mengurangi tingkat kerusakan tanah karena limbah cair yang biasanya dibuang langsung ke tanah. Lalu yang terakhir adalah dari segi sosial, yaitu diharapkan masyarakat tidak akan terganggu dengan keberadaan dari industri tahu ini, dimana pada umumnya selalu mengganggu masyarakat karena menimbulkan dampak dan bau yang kurang ramah. Sehingga pada industri tahu dapat memanfaatkan pengolahan limbah cair tahu ini supaya lebih bermanfaat dan tidak mencemari lingkungan.

Menurut Yusuf Yunuf et al (2014), biogas merupakan suatu gas yang dapat dibakar seperti layaknya elpiji, namun bukan berarti biogas itu sama persis dengan gas elpiji. Biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif jika dalam jumlah yang besar, misalnya seperti digunakan untuk pembangkit listrik yang ramah lingkungan, menggantikan bahan bakar fosil dan memiliki keunggulan yaitu gas hasil buangnya lebih baik jika dibandingkan dari bahan bakar fosil [3].

Biogas tidak hanya dapat bermanfaat sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan saja, namun juga dapat memberikan manfaat ekonomis. Cara memproduksi biogas yaitu dengan menggunakan alat yang bernama digester anaerobik. Alat tersebut memiliki berbagai jenis dan bentuk yang sangat bervariasi. Jenis digester ada yang berbahan fiberglass, beton dan plastik. Ada juga yang berbentuk silinder, *dome*, dan balon. Digester merupakan suatu alat untuk menghasilkan biogas yang berasal dari limbah organik melalui proses tanpa oksigen atau anaerobik, sehingga limbah organik dapat difermentasi oleh bakteri untuk menghasilkan biogas [4]. Gas metana, gas karbondioksida, nitrogen, hidrogen, karbon monoksida, oksigen, dan hidrogen sulfide merupakan beberapa komponen yang dihasilkan biogas [5].

Pengolahan limbah cair industri tahu menjadi biogas ini menerapkan konsep dari IPA terapan. Dalam rumpun biologi, yaitu dalam reaksi anaerobik digester atau biodigester adalah suatu teknologi yang memanfaatkan proses biologis dimana bahan organik oleh mikroorganisme anaerobik terurai dalam ketiadaan oksigen terlarut (kondisi anaerob). Mikroorganisme anaerobik mencerna bahan masukan organik yang diubah melalui degradasi anaerobik menjadi bentuk yang lebih stabil, selain itu dapat diketahui dalam bidang kimia bahwa gas campuran energi tinggi (biogas) yang terutama terdiri dari metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2), dari kedua campuran gas yang dihasilkan agar penguraian anaerobik terjadi maksimal, produk harus berada pada kondisi tertentu seperti tingkat suhu, kelembaban dan pH yang sesuai. Hal tersebut dapat menerapkan konsep suhu pada fisika. Secara umum, ada 3 rentang temperatur yang disenangi oleh bakteri, yaitu:

1. *Psicrophilic* (suhu $4^\circ - 20^\circ \text{C}$) -biasanya untuk negara-negara subtropics atau beriklim dingin
2. *Mesophilic* (suhu $20^\circ - 40^\circ \text{C}$)
3. *Thermophilic* (suhu $40^\circ - 60^\circ \text{C}$) – hanya untuk mendigesti material, bukan untuk menghasilkan biogas.

PENUTUP

Berdasarkan hasil kajian dan pembahasan pengolahan limbah cair industry tahu, maka dapat dibuat kesimpulan bahwa proses produksi tahu pada perindustrian melalui beberapa tahapan, yaitu merendam kedelai, menggiling kedelai, merebus kedelai, menyaring ampas tahu, menggumpalkan cairan pati tahu, mencetak dan mengepres tahu. Reaktor atau alat penghasil biogas tersebut dapat bekerja dengan saat dimasukkan limbah cairan tahu dan pada reactor dimana terdapat sebuah rongga udara yang digunakan sebagai ruang terjadinya proses fermentasi limbah cairan tahu menjadi energi biogas. Pemanfaatan dari limbah cairan tahu pada skala rumah tangga dengan kotoran sapi dan inokulum menghasilkan volume biogas sebanyak 1,525 liter dalam kurun waktu sekitar 14 hari. Pengolahan limbah cair tahu ini menerapkan konsep IPA yaitu dalam ranah biologi terdapat reaksi anaerobik digester atau biodigester adalah suatu teknologi yang memanfaatkan proses biologis dimana bahan organik oleh mikroorganisme anaerobik terurai dalam ketiadaan oksigen terlarut (kondisi anaerob). Pada ranah kimia terdapat mikroorganisme anaerobik mencerna bahan masukan organik yang diubah



melalui degradasi anaerobik menjadi bentuk yang lebih stabil. Gas campuran energi tinggi (biogas) terutama terdiri dari metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Pada ranah fisika yaitu dari kedua campuran gas yang dihasilkan agar penguraian anaerobik terjadi maksimal, produk harus berada pada kondisi tertentu seperti tingkat suhu, kelembaban dan pH yang sesuai.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] D. A. Darmajana, "Pengaruh Suhu dan Waktu Perendaman terhadap Bobot Kacang Kedelai sebagai Bahan Baku Tahu.," *ProsidingSNaPP2012 Sains, Teknol. dan Kesehat.*, vol. 3, no. 1, pp. 159–164, 2012, [Online]. Available: <http://prosiding.lppm.unisba.ac.id/index.php/Sains/article/view/288#.Vw8UAdR97Mw>.
- [2] S. Subekti, "Pengolahan limbah cair tahu menjadi biogas sebagai bahan bakar alternatif," *Sains dan Teknol.*, no. 1, pp. 1–6, 2011.
- [3] M. Yusuf Yunus, R. Tandioaga, and H. Nauwir, "SISTIM PEMBANGKIT BIOGAS MODEL PORTABEL," 2014. [Online]. Available: <http://www.bakorluh-maluku.com/2012/06/biogas-sumber-energi->.
- [4] Sunaryo, "Rancang bangun reaktor biogas untuk pemanfaatan limbah kotoran ternak sapi di desa limbangan kabupaten banjarnegara," *J. PPKM UNSIQ I*, pp. 21–30, 2014.
- [5] G. Wijaya, T. T. Nindhia, and W. Surata, "Mengubah (Converting) Mesin Genset Diesel Silinder Tunggal Menjadi Berbahan Bakar Fleksibel Biogas Atau LPG Guna Wijaya , Tjokorda Tirta Nindhia dan Wayan Surata," vol. 7, no. 2, pp. 136–142, 2018.
- [6] K. Ridhuan, "Pengolahan Limbah Cair Tahu Sebagai Energi Alternatif Biogas yang ramah lingkungan," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2016, doi: 10.24127/trb.v1i1.81.
- [7] P. Puryadi, S. Rahayu, and S. Sutrio, "Pengaruh Model Pembelajaran Direct Instruction Berbantuan Bahan Ajar Berbasis Kontekstual Terhadap Hasil Belajar IPA Terapan Siswa Kelas X SMKN 4 Mataram Tahun Ajaran 2015/2016," *J. Pendidik. Fis. dan Teknol.*, vol. 4, no. 1, p. 23, 2018, doi: 10.29303/jpft.v4i1.329.
- [8] H. Nisrina and P. Andarani, "Pemanfaatan Limbah Tahu Skala Rumah Tangga Menjadi Biogas Sebagai Upaya Teknologi Bersih Di Laboratorium Pusat Teknologi Lingkungan – Bppt," *J. Presipitasi Media Komun. dan Pengemb. Tek. Lingkung.*, vol. 15, no. 2, p. 139, 2018, doi: 10.14710/presipitasi.v15i2.139-140.



Program Studi Pendidikan IPA
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Malang
Jalan Semarang No. 5 Malang
ipa.fmipa.um.ac.id

