

**PENGOLAHAN LIMBAH LINDI TPA KOTA MADIUN
MELALUI KOMBINASI METODE FILTRASI DAN FITOREMEDIASI
SISTEM LAHAN BASAH BUATAN MENGGUNAKAN TUMBUHAN BAMBU AIR
(*Equisetum hyemale*)**

Mahda Mumtahanah^{1*}, Pujiati¹, Cicilia Novi Primiani²

^{1,2} Prodi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas PGRI Madiun
Jl. Setia Budi No. 85 Kanigoro, Kartoharjo, Kota Madiun, Jawa Timur 63118.

Email: mahdamumtahanah@yahoo.co.id^{1}, pujiati@unipma.ac.id¹, primiani@unipma.ac.id²

Abstrak

*Lindi adalah limbah cair yang timbul akibat masuknya air eksternal ke dalam timbunan sampah, melarutkan dan menyiram materi-materi terlarut, termasuk juga materi organik hasil proses dekomposisi biologis. Pencemaran lindi merupakan masalah yang penting dalam pengelolaan limbah sampah di setiap TPA. Upaya dalam mengelola lindi TPA Kota Madiun sudah dilaksanakan berupa penampungan lindi dalam 4 kolam, dua diantaranya kolam aerasi. Lindi yang mengalami 2 tahap aerasi dialirkan menuju selokan dan berwarna hitam keruh, sehingga diasumsikan kualitas air lindi tersebut belum sesuai dengan baku mutu lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah memperbaiki kualitas lindi TPA Kota Madiun dengan mengurangi kekeruhannya melalui kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi sistem lahan basah buatan menggunakan tumbuhan bambu air (*Equisetum hyemale*). Filtrasi menggunakan kerikil, sabut kelapa, arang, pasir dan batu zeolit. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan parameter perubahan pH sebagai indikator asam basa, suhu sebagai indikator kelarutan oksigen, Dissolve Oxygent (DO) sebagai indikator kelimpahan oksigen di perairan. Perlakuan penelitian terdiri dari perlakuan Kontrol (P₀), Filtrasi (P₁), Filtrasi (P₂) dan Fitoremediasi 30 batang bambu air (P₂), Filtrasi dan Fitoremediasi 60 bambu air (P₃) dengan waktu tunggu 8 hari dengan 2 kali penyiraman sebanyak 2000 ml lindi pada tiap reaktor. Hasil penelitian menunjukkan reaksi positif. pH mengalami kenaikan sebesar 6,43- 6,60 atau mendekati netral, suhu menurun sebesar 2,88°C - 2,84°C dan DO meningkat sebesar 7,8 ppm - 14,05 ppm.*

Kata kunci: Equisetum hyemale, filtrasi, fitoremediasi.

1. PENDAHULUAN

Pencemaran air tanah oleh lindi merupakan masalah yang cukup vital dalam pengelolaan sampah di setiap TPA, guna mengurangi dan mencegah dampak negatif nya pada lingkungan maka diperlukan inovasi baru. Upaya dalam mengelola air lindi di TPA Winongo sudah dilaksanakan berupa penampungan lindi dalam kolam yang terdiri dari 4 kolam, dua diantaranya merupakan kolam aerasi. Kolam aerasi tersebut berguna untuk menambah kadar oksigen dalam air, setelah itu baru dialirkan menuju parit. Walaupun sudah melewati beberapa tahap, air lindi yang mengalir dalam selokan tersebut masih berwarna hitam keruh, sehingga diasumsikan air lindi tersebut belum sesuai dengan baku mutu lingkungan. Kekeruhan air dapat mengganggu makhluk hidup yang ada di sekitar TPA, salah satunya pencemaran air sumur atau yang lain, maka pencemaran lingkungan dapat merendahkan kesehatan, gizi maupun kondidi sosial ekonomi masyarakat (Primiani, 2010). Selain hal tersebut diluar aktifitas hama (Primiani, 2014), tanah sawah dapat ikut tercemar oleh air lindi dan memberikan efek parasitis terhadap tumbuhannya (Pujiati, 2014).

Sejalan dengan permasalahan tersebut, maka diperlukan gagasan untuk mengurangi kekeruhan/kepekatan air lindi untuk memperbaiki kualitas air lindi melalui kombinasi metode filtrasi dan fitoremediasi sistem lahan basah buatan menggunakan tanaman *equisetum hyemale*. Menurut Rischa dkk, 2013, pemurnian air secara biologis dapat menggunakan tumbuhan air karena tumbuhan air dapat menyerap unsur hara yang berlebihan. Berbagai jurnal menyatakan fitoremediasi dapat ikut sumbangsih untuk menjaga lingkungan. Haryati B, 2012 dalam jurnalnya menyatakan kombinasi biofilter dan tanaman bambu air memiliki efisiensi penurunan COD (Chemical Oxygen Demand) mencapai 55,38%, penurunan BOD (Biological Oxygen Demand) sebesar 51,8 %, penghilangan phospat sebesar 20, 58% dan efisiensi penurunan kandungan detergen sebesar 62,59 % pada air limbah industri jasa laundry.

Hasil riset Suharto dkk, 2011 menyatakan Fitoremediasi juga cukup efektif dan murah untuk menangani pencemaran terhadap lingkungan oleh logam berat Pb dan Cr pada TPAS Supit Urang kota Malang. Penurunan kandungan Pb menggunakan fitoremediasi tanaman Bambu Air (*Equisetum hyemale*) dan media tanam Zeolit dengan sistem *batch* lebih efektif dari pada sistem kontinyu. Penurunan kadar logam Pb pada penelitian ini mencapai 82,2% pada perlakuan K2S1 (tanaman 60 batang dengan sistem *batch*). Sedangkan persentase penurunan logam Cr pada perlakuan K2S2 (tanaman 60 Batang dengan sistem kontinyu) yaitu sebesar 61.2%.

Banyaknya penelitian yang dilakukan menggunakan sistem fitoremediasi maupun filtrasi memberikan ide peneliti untuk melakukan riset tentang pengolahan air lindi, untuk dianalisis bagaimana perubahan kualitas air secara Kimia, meliputi pengujian suhu, pH dan DO (*Dissolve Oxygent*). Diharapkan dengan adanya pengolahan lindi dalam skala lab ini, mampu memberikan hasil yang positif serta dapat membantu memperbaiki kualitas lindi agar sesuai dengan baku mutu lingkungan. Sehingga air lindi yang semula mencemari lingkungan atau membahayakan kesehatan dapat di tekan agar tidak lagi membahayakan lingkungan, bahkan diharapkan air hasil pengolahan lindi ini dapat dimanfaatkan masyarakat.

2. METODOLOGI

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium 2 Biologi Universitas PGRI Madiun. Waktu yang digunakan untuk melakukan penelitian dilaksanakan 14 hari mulai tanggal 4 sampai tanggal 17 April tahun 2016.

2.2 Bahan

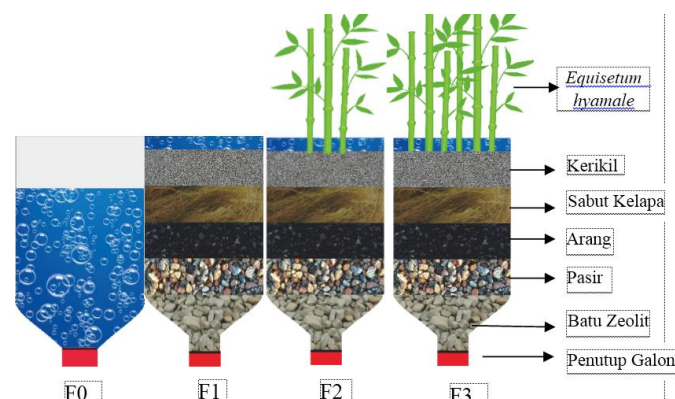
Bahan yang digunakan air lindi diperoleh dari TPA Winongo Madiun, pasir, batu zeolite, batu kerikil, sabut kelapa, arang, aquadest, H₂O, MnSO₄, KI, H₂SO₄, NaOH dan Na₂S₂O₃.

2.3 Alat

Alat yang digunakan adalah sebagai reaktor yang dilubangi permukaannya 6 buah diposisikan secara terbalik dengan menutup lubang bagian leher galon, pH meter, timbangan digital, buret, statif, baskom, pipet tetes, gelas bekkor, gelas ukur, batang pengaduk, Erlenmeyer dan sikat pembersih.

2.4 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan tujuan mengidentifikasi perubahan pH, suhu dan DO (*Dissolve Oxygent*) air lindi. Setelah diberi perlakuan P₀ : air lindi tanpa perlakuan (kontrol), P₁: air lindi dengan perlakuan filtrasi, P₂ : perlakuan air lindi dengan filtrasi & fitoremediasi 30 batang bambu air, P₃: perlakuan lindi dengan filtrasi dan fitoremediasi 60 bambu air. Sampel yang diambil dalam penelitian ini adalah air lindi dari TPA Winongo sebanyak 16000 ml, dengan perlakuan 2000 ml/reaktor selama 2 kali penyiraman dengan waktu tunggu 8 hari. Adapun kriteria Lindi yang dijadikan sampel yakni lindi pada kolam ke 4 yang sudah melewati proses aerasi selama 2 kali periode. Berikut merupakan reaktor yang digunakan :



Gambar 1. Desain Reaktor

Keterangan :

P₀ : Air Lindi TPA tanpa perlakuan

P₁ : Reaktor filtrasi tanpa tumbuhan

P₂ : Reaktor filtrasi dengan 30 batang *E. hyamale*

P₃ : Reaktor filtrasi dengan 60 batang *E. hyamale*

2.5 Tahapan Penelitian

- Pembuatan Reaktor. Reaktor terbuat dari galon yang dilubangi pada permukaan bawahnya. Lalu pada bagian leher gallon ditutup untuk membantu proses pengendapan limbah lindi dalam lahan basah.
- Menyusun bahan filtrasi dalam reactor. Disusun dari bawah keatas dengan urutan, zeolite, kerikil, arang, serabut kelapa terakhir pasir.
- Proses Aklimitasi. Proses ini bertujuan agar tumbuhan dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan baru atau kondisi yang tak biasa. Pada proses ini, tanaman diairi dengan limbah pada tempat asalnya sebelum di pindahkan pada lingkungan perlakuan. Waktu toleransi yang diberikan selama 3 hari.
- Menyiapkan sampel lindi TPA Winongo. Sampel menggunakan lindi pada Kolam ke 4 yang sudah melewati proses aerasi selama 2 kali periode.
- Penempatan tanaman pada reaktor. Tanaman Bambu air dipilih dengan memperhatikan kualitas fisik tanaman. Kondisi fisik tanaman yang sehat ditandai dengan kondisi batang yang tegak, segar kuat dan tidak kering. Setiap reactor mendapatkan guyuran lindi sebanyak dua kali penyiramana, masing masing 2000 ml/reaktor dengan waktu tinggal selama 8 hari. Setelah 8 hari tutup pada leher reactor dibuka untuk dialirkan dan diamati.
- Pengamatan parameter. Setelah 8 hari, dilakukan sampling, lalu diukur suhu dan pH menggunakan pH meter pada tiap perlakuan, setelah itu dilakukan Uji Dissolve Oksigent. Uji pH menggunakan pHmeter yang telah dikalibrasi menggunakan buffer 7. Uji DO menggunakan Teknik titrasi dengan cara Winkler. Berikut rumus dari perhitungan DO :

$$\sum (\text{Titran}) = \text{Jumlah tetes Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ sebelum ditambah amilum} + \text{Jumlah tetes Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ sebelum ditambah amilum}$$

$$\text{DO} = \text{Titran} \times 0,05 \text{ ppm}$$

- Analisa Data Hasil Penelitian. Setelah semua data terekam dan tercatat. Maka dilakukan analisa data dan penyusunan kesimpulan untuk perbandingan dan untuk mengetahui perlakuan manakah yang memiliki pengaruh besar terhadap kualitas air lindi.

2.6 Analisis Data

Analisis data yang dilakukan untuk hasil penelitian adalah dengan mendata perubahan pH dan Suhu tiap perlakuan, kemudian menganalisis perubahan DO (*Dissolve Oxigent*) menggunakan rumus titrasi dengan cara winkler dengan menghitung tetes sebelum dan sesudah titran. Hasil data disajikan dalam bentuk diagram chart dan gambar, kemudian dianalisis secara deskriptif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah waktu tunggu 8 hari diperoleh hasil dari uji DO, data yang diperoleh menggunakan metode titrasi winkler :

Tabel 1. Data Uji DO

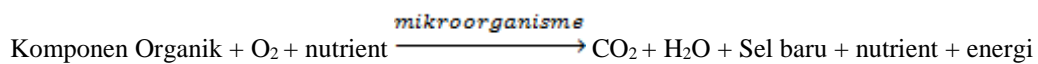
Titran	Sebelum	Sesudah	\sum Titran	DO
P ₀	16	140	156	7,8 ppm
P ₁	20	200	220	11 ppm
P ₂	21	220	241	12,05 ppm
P ₃	15	281	296	14,05 ppm

Keseluruhan data yang diperoleh dari praktikum *mengidentifikasi perubahan pH, Suhu dan Dissolve Oxygent air lindi setelah diberi perlakuan* adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Data Uji pH, Suhu dan DO

Uji	P ₀	P ₁	P ₂	P ₃
pH	6,4,3	6,57	6,59	6,60
Suhu	2,88	2,86	2, 84	2,84
Dissolve Oxygent	7,8	11	12,05	14,05

Pengambilan sampel dilakukan pada siang hari pukul 10.00 WIB, hal tersebut berdasarkan Maulida, 2015 dalam Academia edu pada siang hari ketika terjadi fotosintesis, jumlah oksigen terlarut cukup banyak, sebaliknya pada malam hari ketika tidak terjadi fotosintesis, oksigen yang terbentuk selama siang hari akan dipergunakan oleh ikan dan tumbuhan air, sehingga sering terjadi penurunan konsentrasi oksigen secara drastis. Didalam air, oksigen memerankan peranan dalam menguraikan komponen-komponen kimia menjadi komponen yang lebih sederhana. Oksigen memiliki kemampuan untuk beroksidasi dengan zat pencemar seperti komponen organik sehingga zat pencemar tersebut tidak membahayakan. Dengan adanya oksigen dalam air, mikroorganism semakin giat dalam menguraikan kandungan tertentu dalam air. Reaksi yang terjadi dalam penguraian tersebut adalah :



Jika reaksi pengurai komponen kimia dalam air terus belaku, maka kadar oksigen pun akan menurun. Pada klimaknya, oksigen yang tersedia tidak cukup untuk menguraikan komponen kimia tersebut. Keadaan yang demikian merupakan pencemaran berat pada air (Anonim, 2014). Berikut merupakan lindi yang telah melalui proses fitoremediasi dan filtrasi, Dimana P₀ : Merupakan air lindi tanpa perlakuan, P₁: Merupakan air lindi dengan perlakuan filtrasi saja, P₂ : merupakan perlakuan air lindi dengan filtrasi dan fitoremediasi 30 batang bambu air, P₃: merupakan perlakuan lindi dengan filtrasi dan fitoremediasi 60 bambu air.



P₀

P₁

P₂

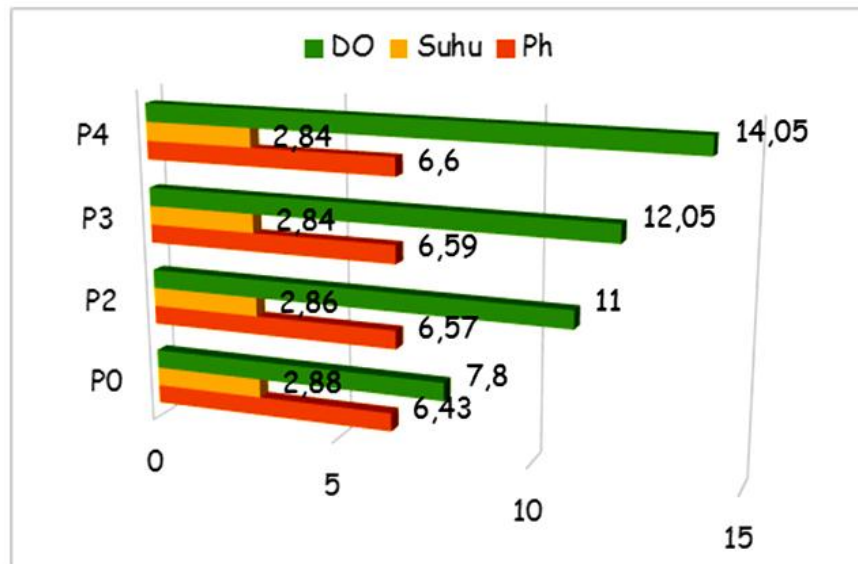
P₃

Gambar 2. Perubahan Kejernihan air lindi dalam beberapa perlakuan

Dokumentasi air lindi diatas dapat dilihat kekeruhan pada air lindi mengalami penurunan. Warna hitam pekat pada P₀ setelah diberi perlakuan menghasilkan air yang lebih terang, yakni coklat. Hal tersebut dapat terjadi karena proses filtrasi menggunakan bahan bahan seperti arang, sabut kelapa, pasir dan batu zeolit. Keempat bahan tersebut memiliki kemampuan menyerap warna

dan menjernihkan air keruh. Sedangkan fungsi tanaman bambu air adalah ia mampu menyerap zat logam dalam lindi serta berperan dalam pemberian oksigent bagi air lindi.

Tanaman yang ada di dalam air, dengan bantuan sinar matahari, melakukan fotosintesis yang menghasilkan oksigen. Oksigen yang dihasilkan dari fotosintesis ini akan larut di dalam air. Selain dari itu, oksigen yang ada di udara dapat juga masuk ke dalam air melalui proses difusi yang secara lambat menembus permukaan air. Berikut merupakan diagram pengukuran air lindi dari pH, Suhu dan *Dissolve Oxigent* :



Gambar 3. Diagram Pengukuran pH, suhu dan DO air lindi TPA Winongo

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa pH pada P₀ adalah 6,43 yang terhitung asam, berangsur naik pada P₃ pH menjadi 6,6 mendekati Ph netral. Kenaikan tersebut memiliki dampak positif, karena proses dekomposisi bahan organik lebih cepat berlangsung pada kondisi pH netral dan alkalis. Sesuai dengan yang dipaparkan Nybakken, 1992 yakni Kelarutan Oksigen dalam perairan akan menurun apabila suhu dan salinitas meningkat, oksigen terlarut dalam suatu perairan juga akan menurun akibat pembusukan-pembusukan dan respirasi dari hewan dan tumbuhan yang kemudian diikuti dengan meningkatnya CO₂ bebas serta menurunnya pH.

Kelarutan oksigen didalam air juga terkait dengan suhu, antara oksigen dengan suhu adalah berbanding terbalik. Pada temperatur yang tinggi juga dapat meningkatkan kehilangan oksigen terlarut karena penguapan, jika suhu sangat tinggi, maka kelarutan oksigen menurun, begitu juga sebaliknya. Hubungan antara kadar oksigen terlarut dengan suhu ditunjukkan bahwa semakin tinggi suhu, kelarutan oksigen semakin berkurang (Efendi, 2003 dalam Academia edu). Hal tersebut sesuai dengan P₀ yang mula mula sebesar 2,88 menurun menjadi 2,84 pada P₃. Dapat disimpulkan bahwa dalam kurun waktu 8 hari penelitian ini dapat menurunkan pH air lindi.

Kandungan DO air lindi pada P₀ sebesar 7,8 ppm, pada P₁ sebesar 11 ppm dan mengalami kenaikan menjadi 14,05 ppm. Kenaikan tersebut berbanding dengan kenaikan pH, sehingga searah dengan materi dan penelitian yang sudah ada sebelumnya. Tingginya kadar oksigen terlarut pada P₃ tersebut disebabkan oleh adanya distribusi oksigen dari tanaman fitoremediasi, sehingga selain menyerap logam, tumbuhan tersebut dapat menyumbang sedikit oksigen untuk air lindi lewat mekanisme fotosintesis. Oksigen yang dihasilkan dari fotosintesis ini akan larut di dalam air. Selain dari itu, oksigen yang ada di udara dapat juga masuk ke dalam air melalui proses difusi yang secara lambat menembus permukaan air. Namun konsentrasi oksigen yang terlarut di dalam air tergantung pada tingkat kejenuhan air itu sendiri.

Keseimbangan oksigen terlarut dalam air secara alamiah terjadi secara berkesinambungan. Mikroorganisme sebagai makhluk terkecil dalam air, untuk pertumbuhan membutuhkan sumber energi yaitu unsur karbon yang dapat diperoleh dari bahan organik yang berdifusi dari udara.

Bahan organik tersebut oleh mikroorganisme akan diuraikan menjadi karbondioksida dan air. Karbondioksida selanjutnya dimanfaatkan oleh tanaman dalam air untuk proses fotosintesis membentuk oksigen dan seterusnya. Oksigen yang dimanfaatkan untuk proses penguraian bahan organik tersebut akan diganti oleh oksigen yang masuk dari udara maupun dari sumber lainnya secepat habisnya oksigen terlarut yang digunakan oleh bakteri atau dengan kata lain oksigen yang diambil oleh biota air selalu seimbang dengan oksigen yang masuk dari udara maupun dari hasil fotosintesis tanaman air (Maulida, 2015 dalam Academia edu).

Praktikum pengolahan air lindi TPA Winongo diatas menunjukkan bahwa terjadi perubahan atas perlakuan yang dilakukan. Pengaruh dari masing masing perlakuan tersebut menunjukkan adanya pengaruh positif, karena nilai DO naik seimbang dengan kenaikan pH dan penurunan suhu. Namun, faktor human error pun mempengaruhi hasil kadar DO seperti perbedaan penentuan titik akhir titrasi karena ketidakteelitian yang melakukan titrasi. Untuk memperkuat kevalitan penelitian ini hendaknya dilakukan uji kualitas lindi menggunakan parameter lain, contohnya dari segi BOD, COD dan nilai TSS nya, tujuan tidak lain agar penelitian ini dapat menjadi batu pijakan untuk memperbaiki kualitas air lindi yang sesuai dengan baku mutu lingkungan.

4. KESIMPULAN

- Kenaikan pH berbanding lurus dengan kenaikan DO. Semakin pH mendekati netral, maka semakin tinggi kadar oksigen dalam suatu perairan.
- Kenaikan suhu berbanding terbalik dengan kenaikan DO, semakin tinggi suhu dalam suatu perairan, semakin rendah kadar DO dalam perairan, begitupun sebaliknya, maka semakin rendah suhu semakin tinggi kadar DO dalam perairan.
- Secara fisik kekeruhan pada air lindi berangsur-angsur menurun dari P_0 ke P_3 dan kandungan DO meningkat serta suhu menurun.
- Kenaikan DO mengindikasikan bahwa pencemaran dan kekeruhan lindi pada TPA kota Madiun dapat diminimalisir melalui penjernihan/pemurnian sederhana dengan metode kombinasi filtrasi dan fitoremediasi menggunakan bambu *Equisetum hyemale*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aylin A. (2015). *Studi Tentang Pembangunan Bidang Pendidikan Di Daerah Perbatasan Kecamatan Kayan Hulu Kabupaten Malinau*. eJournal Pemerintahan Integratif, Volume 3, Nomor 4
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2014). Indikator Kesejahteraan Rakyat Welfare Indicator. Jakarta : BPS Indonesia.
- Chaerul Rochman. (2015). *Prosiding Skf Penerapan Pembelajaran Berbasis Scientific Approach Model 5M Dan Analisis Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik Pada Sekolah Mitra Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung*.
- Fadilah, E. N., & Primiani, C. N. (2014). Keragaman Serangga Pada *Oryza Sativa* L. Di Kecamatan Pilangkenceng Dan Kecamatan Kare Kabupaten Madiun. *Florea: Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 1(1).
- I.W. Suastra. (2005). Implementasi Pembelajaran Kontekstual dalam Pembelajaran Sains Sebagai Upaya Pengembangan Kecakapan Hidup Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran IKIP Negeri Singaraja*, Vol 38 No. 2
- Johari Marjan. (2014). *Pengaruh Pembelajaran Pendekatan Sainifik Terhadap Hasil Belajar Biologi dan Keterampilan Proses Sains Siswa MA Mu'allimat NW Pancor Selong Kabupaten Lombok Timur Nusa Tenggara Barat*. e-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha Program Studi IPA .Vol 4
- M. Eidman, Koesoebiono. (1992). *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. Alih Bahasa: M. Eidman, Koesoebiono, D.G. Bengen dan M. Hutomo. Jakarta : Gramedia
- Primiani, C. N., & Lukitasari, M. (2010). Status Gizi Ditinjau Dari Tingkat Infeksi Soil Transmitted Helminths (Sth) Dan Status Sosial Ekonomi. *Jurnal Sains*, 38(2).
- Pujiati, P. (2014). Isolasi Actinomyces Dari Tanah Kebun Sebagai Bahan Petunjuk Praktikum Mikrobiologi. *Florea: Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 1(2).

Saesti Dkk. (2015). *Character Building With Students In Learning Science Approach Scientific Jurnal Ipteks Terapan Research Of Applied Science And Education*. Volume 8. Padang : FKIP Bung Hatta

www.Academiaedu.com (Diakses tanggal 2 April 2017)

Zaenuri. (2016). *Peningkatan Kualitas Pembelajaran Mipa Di Daerah 3t Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Semarang Konvensi Nasional Pendidikan Indonesia (KONASPI) VIII Tahun 2016*.