

Belajar Fisika Kontekstual Sumber Daya Alam (SDA) Air Terjun PLTMH Lokomboro Pulau Sumba Provinsi Nusa Tenggara Timur

Yohanes Engge^{1,a)}, Arisat^{2,b)}, Lilik Hendrajaya^{3,c)}

^{1,2,3}Laboratorium Fisika Bumi,
Kelompok Keilmuan Fisika Bumi dan Sistem Kompleks,
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung,
Jl. Ganesha no. 10 Bandung, Indonesia, 40132

^{a)}engge_yohanes@yahoo.com

^{b)}a_risat86@yahoo.com

^{c)}lilik.hendrajaya2@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang “Belajar Fisika Kontekstual Sumber Daya Alam Air Terjun PLTMH Lokomboro Pulau Sumba Provinsi Nusa Tenggara Timur” dengan tujuan belajar dan menyusun bahan ajar fisika kontekstual pada Air Terjun PLTMH Lokomboro. Sumber Daya Alam yang ada di daerah perlu kita ketahui dan dipelajari sehingga dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan hidup serta dapat dijaga kelestariannya. Untuk mempelajari keberadaan serta manfaat Sumber Daya Alam (SDA) yang ada di suatu daerah, maka perlu adanya peningkatan Sumber Daya Manusia (SDM) melalui bidang pendidikan. Salah satu ilmu yang dapat digunakan untuk memahami Sumber Daya Alam adalah ilmu fisika, karena dari proses terjadi atau terbentuk hingga pada pemanfaatan Sumber Daya Alam tersebut dapat di pahami dari hukum-hukum fisika yang berlaku. Belajar fisika kontekstual Sumber Daya Alam adalah salah satu cara untuk memahami Sumber Daya Alam dan memahami fisika. Cara tersebut dapat dilaksanakan dalam dunia pendidikan melalui proses belajar-mengajar serta pembuatan bahan ajar atau modul fisika yang bersifat kontekstual Sumber Daya Alam terutama yang ada di daerah yang mampu dijangkau oleh mahasiswa atau siswa. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah kajian literatur dan studi kasus berupa tinjauan lapangan. Dari hasil penelitian tersebut telah dibuat suatu bahan ajar fisika kontekstual sumberdaya alam air terjun PLTMH Lokomboro Pulau Sumba, Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) yang disesuaikan dengan silabus pembelajaran di STKIP Weetebula, Sumba Barat Daya-NTT.

Kata-kata kunci: Fisika SDA, Fisika Kontekstual, Fisika PLTMH, Fisika Air Terjun

PENDAHULUAN

Sumber Daya Alam yang ada di daerah perlu kita ketahui dan dipelajari sehingga dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan hidup serta dapat dijaga kelestariannya. Berkaitan dengan pemanfaatan sumber daya alam yang ada, tidak terlepas dari dukungan Sumber Daya Manusia (SDM) yang baik. Untuk mempelajari keberadaan serta manfaat Sumber Daya Alam yang ada di suatu daerah, maka perlu adanya peningkatan Sumber Daya Manusia (SDM) melalui bidang pendidikan. Salah satu ilmu yang dapat digunakan untuk memahami Sumber Daya Alam adalah ilmu fisika, karena dari proses terjadi atau terbentuk hingga pada pemanfaatan Sumber Daya Alam tersebut dapat di pahami dari hukum-hukum fisika yang berlaku.

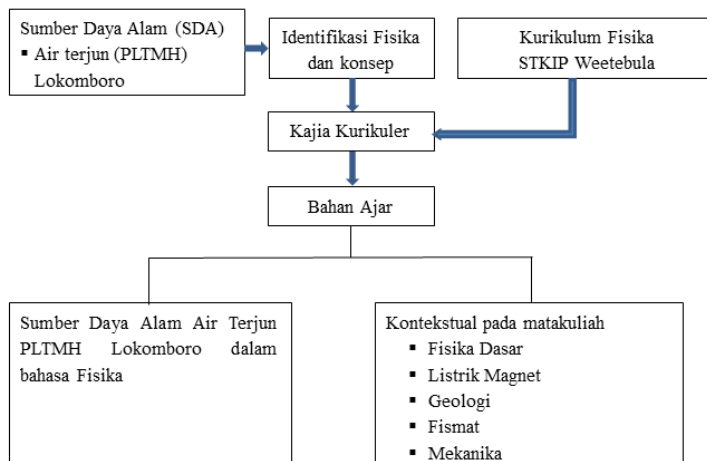
Pemahaman tentang ilmu fisika itu sendiri yang terjadi selama ini, baik dari kalangan siswa atau mahasiswa maupun kaum awam berkesan sangat sulit dan susah untuk dipahami. Hal tersebut adalah benar,

karena fisika tidak terlepas dari pengukuran, memahami konsep (bukan menghafal), belajar berfikir logis dan sistematis serta memahami matematika atau kalkulus untuk menerapkan perumusan hukum-hukum fisika yang berlaku. Hal tersebut, dapat diatasi dengan salah satu cara, yakni belajar fisika yang bersifat kontekstual.

Belajar fisika kontekstual Sumber Daya Alam adalah salah satu solusi untuk memahami Sumber Daya Alam dan memahami fisika. Cara tersebut dapat dilaksanakan dalam dunia pendidikan melalui proses belajar-mengajar serta pembuatan bahan ajar atau modul fisika yang bersifat kontekstual Sumber Daya Alam terutama yang ada di daerah yang mampu dijangkau oleh mahasiswa atau siswa. Beberapa modul praktikum fisika laboratorium alam juga dapat dikembangkan dan dipraktekkan. Sehingga selain belajar fisika menjadi lebih mudah dan nyata dalam aplikasinya, keberadaan serta manfaat Sumber Daya Alam yang ada di daerah dapat di pahami untuk kebutuhan hidup. Adapun tujuan penulisan ini adalah belajar dan menyusun bahan ajar fisika kontekstual pada Air Terjun PLTMH Lokomboro untuk Sekolah Menengah Pertama (SMP) dan Sekolah Menengah Atas (SMA).

Metode penulisan

Penelitian ini telah dilakukan pada bulan Juli-Agustus 2015. Lokasi penelitian berada di kabupaten Sumba Barat Daya-NTT, tepatnya di kecamatan Wewewa Tengah. Dalam penulisan ini, metode yang digunakan adalah studi lapangan dan kajian literatur. Penyusunan bahan ajar fisika kontekstual SDA pulau Sumba, dalam penulisan ini disesuaikan dengan kurikulum serta silabus pembelajaran yang berlaku di STKIP Weetebula-Sumba Barat Daya (Gambar 1).



Gambar 1. Skema penulisan bahan ajar

Sumber Daya Alam Pulau Sumba

Sumber daya alam merupakan sesuatu yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan kebutuhan hidup manusia agar hidup lebih sejahtera. Sumber daya alam bias terdapat di mana saja seperti di dalam tanah, air, permukaan tanah, udara, dan lain sebagainya. Contoh dasar Sumber Daya Alam seperti barang tambang air, sinar matahari, tumbuhan, hewan dan masih banyak lainnya.

Salah satu wilayah yang banyak menyimpan energi adalah Pulau Sumba, Nusa Tenggara Timur. Wilayah di Timur Indonesia ini luas wilayahnya ‘hanya’ 10.710 km². Meskipun begitu, pulau Sumba memiliki kekayaan alam yang melimpah ruah untuk dikembangkan dan diberdayakan. Karena, selama ini Pulau Sumba hanya dapat kita dengar saja kisahnya tanpa diketahui Sumber Daya Alam-nya yang dapat dimaksimalkan. Pulau Sumba memiliki kekayaan sumber daya energi terbarukan yang signifikan. Sumber daya air, matahari, angin, dan biogas dari ternak memiliki potensi tinggi dan belum tereksplorasi. Hasil berbagai riset kajian mengungkapkan itu (<http://goo.gl/IWMYXa>).

Salah satu program pemerintah untuk SDA yang sedang diupayakan di pulau sumba adalah dalam bidang energi yang akan dikelolah untuk investasi. Misalnya di sumba Timur, potensi listrik tenaga surya didukung data Stasiun Meteorologi Mau Hau Waingapu yang menyebutkan rata-rata penyinaran matahari sebesar 81% tiap tahun dengan intensitas penguapan sangat tinggi. Ada pula 39 air terjun dengan ketinggian 15-60 meter yang bias dimanfaatkan untuk pembangkit listrik mikrohidro.

Mikrohidro

Mikrohidro atau yang dimaksud dengan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air. Mikrohidro merupakan sebuah istilah yang terdiri dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. Secara teknis, mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan generator. Mikrohidro mendapatkan energi dari aliran air yang memiliki perbedaan ketinggian tertentu. Pada dasarnya, mikrohidro memanfaatkan energi potensial jatuhnya air (*head*). Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Di samping faktor geografis (tata letak sungai), tinggi jatuhnya air dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi. Air dialirkan melalui sebuah pipa pesat ke dalam rumah pembangkit yang pada umumnya dibangun di bagian tepi sungai untuk menggerakkan turbin atau kincir air mikrohidro. Energi mekanik yang berasal dari putaran poros turbin akan diubah menjadi energi listrik oleh sebuah generator (<https://goo.gl/6lwUJO>).

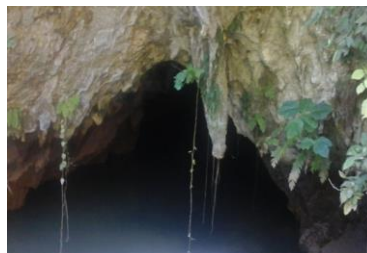
Prinsip dasar mikrohidro adalah memanfaatkan energi potensial yang dimiliki oleh aliran air pada jarak ketinggian tertentu dari tempat instalasi pembangkit listrik. Sebuah skema mikrohidro memerlukan dua hal yaitu, debit air dan ketinggian jatuh (*head*) untuk menghasilkan tenaga yang dapat dimanfaatkan. Hal ini adalah sebuah sistem konversi energi dari bentuk ketinggian dan aliran (energi potensial) ke dalam bentuk energi mekanik dan energi listrik. Daya yang masuk merupakan penjumlahan dari daya yang dihasilkan ditambah dengan faktor kehilangan energi dalam bentuk suara atau panas. Daya yang dihasilkan merupakan perkalian dari daya yang masuk dikalikan dengan efisiensi konversi.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, berisikan hasil identifikasi fenomena dan hukum-hukum fisika yang berlaku di air terjun PLTMH Lokomboro. Terkait dengan pembahasan teknik pembuatan bahan ajar yaitu menjelaskan fenomena SDA tersebut dalam bahasa fisika dan dalam pelaksanaan belajar mengajar akan disesuaikan dengan silabus-silabus STKIP Weetebula yang terdapat pada lampiran. Berikut uraian bab ini.

Energi Air Tanah

Dalam kondisi yang ditemui di alam, energi yang menggerakkan air adalah energi potensial atau energi gravitasi dan energi tekanan. Dalam bagian ini permasalahan disederhanakan dengan menganggap temperatur konstan, sehingga aliran dikontrol oleh energi mekanik saja (Fetter, 1988). Sumber air terjun pada PLTMH Lokomboro, berasal dari aliran air bawah tanah (sungai bawah tanah) dengan rute alirannya melalui gua-gua yang saling berkaitan satu dengan yang lainnya dan bermuara pada satu tempat yang dijadikan waduk atau penampung (Gambar 2).



Gambar 2. Pergerakan air tanah Lokomboro (Dokumentasi pribadi)

Air tanah yang mengalir melalui gua-gua dan bermuara pada waduk PLTMH Lokomboro, umumnya mempunyai tiga komponen energi mekanik yang berpengaruh dalam pergerakan air tanah tersebut. Energi mekanik tersebut adalah energi kinetik, energi potensial dan energi tekanan. Ketika air bergerak, maka air tersebut memiliki energi kinetik. Energi kinetik tersebut sama dengan setengah dari hasil kali massanya dengan kuadrat kecepatan yang dimilikinya, atau dalam bentuk persamaan menjadi:

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

E_k adalah energi kinetik (Joule), v adalah kecepatan (m/s) dan m adalah massa air (kg).

Air memiliki energi potensial ketika air tersebut berada pada ketinggian tertentu terhadap titik referensi. Air yang diam pada waduk PLMTH Lokomboro memiliki energi potensial yang jika dirumuskan sebagai:

$$E_p = mgh \tag{2}$$

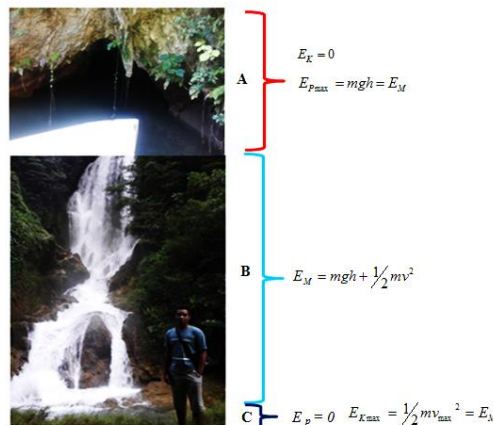
Dengan E_p adalah energi potensial (Joule), g adalah percepatan gravitasi (m/s^2) dan h adalah ketinggian air (m). Sumber energi lain yang bekerja pada air tersebut adalah tekanan. Tekanan merupakan gaya yang bekerja per satuan luas di mana gaya tersebut bekerja. Dapat dirumuskan:

$$P = \frac{F}{A} \tag{3}$$

P adalah tekanan (N/m^2 , atau Pascal), A adalah luas bidang tegak lurus arah gaya (m^2) dan F adalah gaya (N).

Hukum Kekekalan Energi Pada Air Terjun PLTMH Lokomboro

Energi mekanik didefinisikan sebagai penjumlahan antara energi kinetik dan energi potensial. Gambar 4.3 memperlihatkan keberlakuan hukum kekekalan energi mekanik pada air terjun di PLMTH Lokomboro pada setiap titik (A, B dan C). Pada saat air jatuh dari bendungan atau waduk akan memiliki energi potensial dan energi kinetik. Energi potensial dimiliki karena ketinggian air, sedangkan energi kinetik dimiliki karena gerak air tersebut. Ketika air jatuh, makin kebawah energi potensialnya (E_p) semakin berkurang, sedangkan energi kinetiknya (E_k) semakin bertambah. Tetapi energi mekanik (E_M) air terjun tersebut adalah tetap untuk setiap posisi.



Gambar 3 Konsep energi mekanik pada air terjun PLMTH Lokomboro (Dokumen pribadi, 2015)

Pada ketinggian maksimum (air ketika di waduk atau posisi A), air mempunyai energi potensial tertinggi (E_{pmax}) dan energi kinetik terendah atau sama dengan nol ($E_k=0$). Pada waktu air mulai jatuh, kecepatannya mulai bertambah (energi kinetiknya bertambah) dan tingginya berkurang (energi potensial gravitasi berkurang). Berdasarkan kejadian di atas, seolah terjadi semacam pertukaran energi antara energi kinetik dan energi potensial gravitasi. Dalam hal ini hukum kekekalan energi berlaku yaitu energi mekanik yang dimiliki air pada posisi A sama dengan energi mekanik pada posisi B dan C (Gambar3). Secara matematis dapat di analisa sebagai berikut:

Misalkan pada titik A air mempunyai ketinggian h_0 , maka energi potensialnya adalah $E_p = m g h_0$, sedangkan energi kinetiknya adalah $E_k = \frac{1}{2} m v^2$. Karena $v = 0$, maka $E_{kA} = 0$. Jumlah antara energi potensial di titik A dan energi kinetik di titik A sama dengan energi mekanik. Besarnya energi mekanik adalah:

$$\begin{aligned} E_M &= m g h_0 + \frac{1}{2} m v^2 \\ &= m g h_0 + 0 \\ &= m g h_0 \end{aligned}$$

Misalnya, dalam waktu t sekon air jatuh sejauh h_t (titik B), sehingga jarak air dari tanah adalah $h_0 - h_t$. Energi potensial air di titik B adalah $E_{pB} = m g (h_0 - h_t)$. Dari titik A ke titik B ternyata energi potensialnya berkurang sebesar $m g h_t$. Sedangkan, energi kinetik saat air di B adalah sebagai berikut. Saat air jatuh setinggi h_t , air bergerak berubah beraturan dengan kecepatan awal nol.

$$h_t = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \Rightarrow v_0 = 0$$

$$h_t = \frac{1}{2} g t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h_t}{g}}$$

Kecepatan air tersebut adalah:

$$v = v_0 + gt \Rightarrow v_0 = 0$$

$$v = gt = g \sqrt{\frac{2h_t}{g}}$$

Jadi energi air di titik B adalah

$$E_{KB} = \frac{1}{2}mv^2$$

$$E_{KB} = \frac{1}{2}mg^2 \frac{2h_t}{g}$$

$$E_{KB} = mgh_t$$

(4)

Jumlah energi kinetik dan energi potensial setelah benda jatuh sejauh h_t (di titik B) adalah sebagai berikut :

$$E_{MB} = E_{KB} + E_{PB}$$

$$E_{MB} = mgh_t + (mgh_0 - mgh_t)$$

$$E_{MB} = mgh_0$$

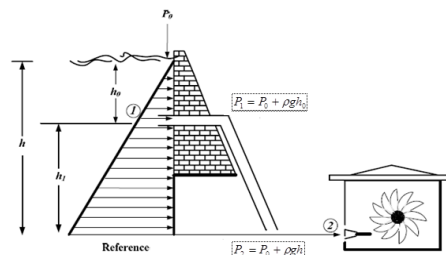
(5)

Jadi, energi mekanik di titik B adalah $E_{MB} = m g h_0$. Berdasarkan perhitungan menunjukkan energi mekanik air di titik A besarnya sama dengan energy mekanik air di titik B ($E_{MA} = E_{MB}$). Jadi, dapat disimpulkan bahwa jumlah energi mekanik air yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi adalah tetap.

Penerapan Hukum Bernoulli PLTMH Lokomboro

Untuk volume cairan yang tidak bergerak atau dalam keadaan gerakan konstan, hukum Newton menyatakan bahwa harus memiliki gaya total nol ketika fluida tersebut bergerak naik dan jatuh kembali pada ketinggian yang sama. Kesetimbangan gaya ini disebut sebagai kesetimbangan hidrostatis. Pada Gambar (4.a) kita dapat melihat variasi linier dari tekanan oleh ketinggian air.

$$P = P_0 + \rho gh ; \text{dengan } P_0: \text{tekanan atmosfer (Pa)}$$



(a) (b)

Gambar 4 (a) Pipa Pesat di PLTMH Lokomboro, (b) skema variabel tekanan oleh ketinggian air (<http://goo.gl/DyYdjl>)

Dengan memperhatikan Gambar 4.b persamaan Bernoulli dapat diperlihatkan sebagai berikut:

- Usaha total yang dilakukan fluida pada suatu saat adalah

$$W_{total} = P_1V_1 - P_2V_2 = (P_1 - P_2) \frac{m}{\rho}$$

1. Usaha total merupakan perubahan energi mekanik air dalam pipa pesat, maka diperoleh:

$$W_{total} = \Delta E_M = \Delta E_K + \Delta E_P = m \left(\frac{1}{2}v_2^2 - \frac{1}{2}v_1^2 \right) + mg(h_2 - h_1)$$

2. Dari persamaan (4.12) dan (4.13) maka diperoleh

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2$$

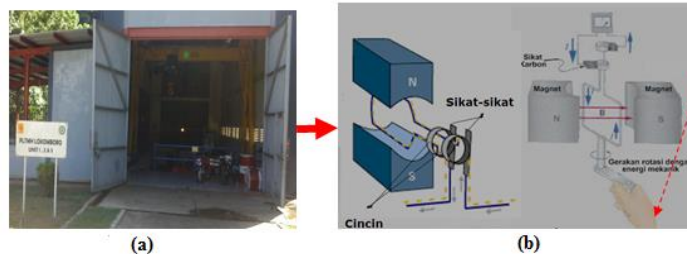
$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 = \text{tetap}$$

(6)

Persamaan (6) inilah yang disebut dengan *hukum Bernoulli*. Dengan menggunakan persamaan Bernoulli tersebut maka kecepatan dan tekanan air yang akan memutar turbin pada PLTMH Lokomboro dapat di tentukan.

Prinsip Kerja Generator di PLTMH Lokomboro

Air dialirkan melalui dua buah pipa pesat ke dalam rumah pembangkit (Gambar 5a) yang dibangun di bagian tepi sungai yang berdekatan dengan air terjun untuk menggerakkan turbin atau kincir air mikrohidro. Energi mekanik yang berasal dari putaran poros turbin akan diubah menjadi energi listrik oleh sebuah generator. Cara ini yang digunakan dalam PLTMH Lokomboro untuk memperoleh daya listrik yang akan didistribusikan ke perumahan penduduk.



Gambar 5(a) Gudang Generator PLMTH Lokomboro dan (b) skema sederhana dari prinsip kerja generator.

Pada dasarnya generator pada PLTMH Lokomboro berfungsi untuk merubah energy gerak menjadi energy listrik. Energi kinetik air yang berasal dari pipa pesat menggerakkan turbin yang disambungkan dengan rotor generato (Gambar 5b), sehingga menghasilkan energi listrik. Hal tersebut terjadi akibat adanya perubahan fluks magnetik (Φ_{mag}) pada sebuah kumparan pada rotor di dalam medan magnet (B) yang merupakan stator. Adanya perubahan fluks magnetik tersebut, maka timbullah Gaya Gerak Listrik (\mathcal{E}) induksi dan menghasilkan arus (I) induksi yang dapat mengalir melalui kumparan pada rotor.

Perubahan fluks magnet pada suatu permukaan yang dibatasi oleh suatu lintasan tertutup akan mengakibatkan adanya GGL (*emf, electromotive force*) pada lintasan tersebut. GGL ini dinamakan ggl induksi.

$$\mathcal{E} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = - \frac{d\Phi_{mag}}{dt} = - \left(\frac{d}{dt} \right) \int_{permukaan} \vec{B} \cdot d\vec{A} \tag{7}$$

- \mathcal{E} : Gaya Gerak Listrik induksi (Volt)
- Φ_{mag} : fluks magnetik (Weber)
- B : Medan magnet (Tesla)
- A : luas lintasan tertutup (m^2)
- t : waktu (s)

Adanya GGL induksi tersebut dapat menimbulkan arus yang dinamakan arus induksi. Fenomena ini dinamakan induksi magnetik.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan uraian dalam penulisan ini maka dapat disimpulkan bahwa, dengan mempelajari fisika kontekstual Sumber Daya Alam khususnya pada Air Tenjun PLTMH Lokomboro, menjadikan belajar fisika lebih mudah dan nyata dalam aplikasinya, serta keberadaan dan manfaat SDA yang ada di daerah dapat di pahami untuk kebutuhan hidup. Pembuatan bahan ajar fisika kontekstual pada Sumber Daya Alam Air Terjun PLTMH Lokomboro yang disesuaikan dengan silabus pembelajaran di STKIP-Weetebula akan membantu dan mempermudah dosen dalam menjelaskan hukum-hukum fisika.

Saran

Agar dalam melakukan pembelajaran yang bersifat kontekstual di lapangan Dosen dan Mahasiswa mengutamakan keselamatan dan keamanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Lilik Hendrajaya yang selalu membimbing dan mengarahkan penulis selama penyelesaian karya ini.

REFERENSI

1. Effendi, A. C., & T. Apandi. (1993). *Peta Geologi Lembar Waikabubak dan Waingapu, Nusa Tenggara*, Skala 1:250.000 . Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
2. Fetter, CW., 1988. *Applied Hydrogeology*. Third Edition. Prentice Hall Inc, New York, (hal:131)
3. Hamilton, W., 1979, *Tectonics of the Indonesian Region*, Geological Survey Professional Papers No. 1078, US Government Printing Office, Washington DC.
4. Giancoli. 2001. *Fisika Jilid 1,2* (terjemahan). Jakarta: Erlangga.
5. <https://id.wikipedia.org/wiki/Mikrohidro>
6. http://www.uprm.edu/aret/docs/Ch_8_Micro_hydro.pdf
7. <https://ascindonesia.files.wordpress.com/2011/12/sumba.jpg>
8. <http://one-geo.blogspot.com/2010/01/kondisi-iklim-nusa-tenggara.html>
9. <http://nationalgeographic.co.id/berita/2013/02/sumba-berpotensi-sebagai-pulau-berdaya-energi-terbarukan>