

**Pengembangan Desa Wisata Berbasis Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Bertenaga Surya dan Mikrohidro di Desa Pataan Lamongan****Development of a Tourist Village Based on a Hybrid Solar and Micro-Hydro Power Generation System in Pataan Lamongan Village****Hamam Rofiqi A.<sup>1</sup>, Nur Qomariyah Nawafilah<sup>2</sup>, Nanto Purnomo<sup>3</sup>, Husen<sup>4</sup>**<sup>1,2,3,4</sup> Universitas Islam Lamongane-mail: <sup>1</sup>hammam\_ra@gmail.com, <sup>2</sup>nq.nawafil@yahoo.com,<sup>3</sup>nantopurnomo@unisla.ac.id, <sup>4</sup>husenmaarif@unisla.ac.id

**Abstrak :** Desa wisata merupakan salah satu metode pemberdayaan masyarakat yang cukup bagus untuk diterapkan di daerah terpencil, tidak terkecuali di Desa Pataan, Kecamatan Sambeng, Kabupaten Lamongan. Desa yang berada di kawasan hutan jati tersebut, memiliki potensi wisata yang cukup besar seiring dengan ditemukannya Candi Pataan yang baru diekplorasi sebagai tempat wisata andalan. Selain itu, di sekitar lokasi candi juga terdapat aliran air sungai yang potensinya cukup bagus untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Termasuk juga potensi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang cukup besar di lokasi tersebut. Melalui program pemberdayaan masyarakat ini, telah diterapkan pembangunan PLTMH dan PLTS terintegrasi (hybrid) sebagai sumber energi alternatif untuk destinasi wisata edukatif di desa Pataan. Metode yang diterapkan dalam program ini adalah identifikasi lokasi kegiatan yang akan digunakan sebagai tempat pembangunan PLTMH dan PLTS, dilanjutkan dengan proses desain peralatan dan pembuatan instalasinya. Setelah semua sistem peralatan bisa berfungsi dengan baik, dilakukan kegiatan serah terima dari tim pengusul kepada mitra penerima, kemudian dilakukan pelatihan dan pendampingan agar pengelola bisa menguasai operasional peralatan dengan baik. Hasil dari kegiatan ini adalah adanya instalasi PLTMH dan PLTS yang bisa beroperasi dengan baik, serta SDM pengelola yang sudah menguasai pengoperasian sistem teknologi tersebut. Diharapkan melalui program ini bisa menghasilkan manfaat yang besar bagi pengembangan Desa Wisata Pataan dan bisa meningkatkan kesejahteraan masyarakat sekitar.

**Kata Kunci:** Candi Pataan, Desa Wisata, Lamongan, Mikrohidro, Tenaga Surya,

***Abstract:** Village tourism is one method of community empowerment that is good enough to be applied in remote areas, not least in Pataan Village, Sambeng District, Lamongan Regency. The village, which is located in the teak forest area, has considerable tourism potential along with the discovery of the newly explored Pataan Temple as a mainstay tourist spot. In addition, around the location of the temple there is also a stream of river water which has good potential to be used as a micro hydro power plant (PLTMH). Including the potential for solar power plants (PLTS) which is quite large in that location. Through this community empowerment program, the construction of an integrated (hybrid) MHP and PLTS has been implemented as an alternative energy source for educational tourism destinations in Pataan village. The method applied in this program is the identification of the location of activities that will be used as a place for the construction of MHP and PLTS, followed by the process of designing the equipment and making its installation. After all equipment systems can*

*function properly, handover activities are carried out from the proposer team to the recipient partners, then training and mentoring are carried out so that managers can master equipment operations well. The results of this activity are the installation of PLTMH and PLTS that can operate properly, as well as human resources managers who have mastered the operation of the technology system. It is hoped that this program can generate great benefits for the development of the Pataan Tourism Village and can improve the welfare of the surrounding community.*

**Keywords:** *Pataan Temple, Tourism Village, Lamongan, Microhydro, Solar Power,*

## A. Pendahuluan

Lamongan merupakan salah satu kabupaten yang terletak di bagian utara Provinsi Jawa Timur. Secara geografis Kabupaten Lamongan terletak pada 6o51'54" - 7o23'6" Lintang Selatan dan 112o33'12" - 112o4'41" Bujur Timur. Kabupaten Lamongan memiliki luas wilayah kurang lebih 1.812,8 km<sup>2</sup> atau sekitar 3.78% dari luas wilayah Provinsi Jawa Timur (BPS Lamongan, 2020). Dengan panjang garis pantai sepanjang 47 km, wilayah perairan laut Kabupaten Lamongan memiliki luas 902,4 km<sup>2</sup> apabila dihitung 12 mil dari permukaan laut (Rafsanjani, 2020)..

Daratan Lamongan dibelah oleh Sungai Bengawan Solo, dan secara garis besar daratannya dibedakan menjadi 3 karakteristik yaitu Bagian Tengah Selatan merupakan daratan rendah yang relatif subur, Bagian Tengah Utara merupakan daerah Bonorowo yang merupakan daerah rawan banjir. serta Bagian Selatan dan Utara merupakan pegunungan kapur berbatu-batu dengan kesuburan sedang.

Sebagai salah satu wilayah yang berada di bagian selatan daratan Lamongan, Kecamatan Sambeng juga memiliki topografi berupa perbukitan kapur yang kurang subur, kecuali di beberapa lokasi yang dialiri sungai seperti di Desa Pataan. Di desa ini, terdapat sebuah sungai kecil yang mengalir tidak jauh dari lokasi wisata Candi Pataan. Lokasi tersebut sering dijadikan tempat untuk melepas penat bagi warga Pataan dan sekitarnya, sambil menikmati gemericik aliran sungai tersebut, seperti ditunjukkan dalam Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Aliran sungai kecil di dekat Candi Pataan

Jika dilihat lebih mendalam, aliran sungai kecil di dekat Candi Pataan tersebut memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) dengan kapasitas kecil, karena meskipun debitnya tidak terlalu besar, namun memiliki head yang cukup sekitar 4-5 meter. Apalagi airnya terus mengalir sepanjang

tahun, sehingga cukup untuk membangkitkan beberapa watt listrik yang bisa dimanfaatkan untuk penerangan di sekitar lokasi Candi.

Di sisi lain, lokasi sekitar sungai yang tidak terlalu rimbun tertutup hutan, membuat potensi sinar matahari sangat besar untuk dikonversi menjadi pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Adanya koneksi antara pembangkit listrik mikrohidro dengan tenaga surya ini, bisa membangkitkan listrik yang cukup besar untuk digunakan dalam memenuhi kebutuhan listrik di lokasi tersebut dengan sistem Hybrid Renewable Energy Source, (HRES). HRES merupakan sistem pembangkit listrik yang menggabungkan 2 buah atau lebih sumber energi (Mahmud et. Al, 2015). Sebagai contoh penggabungan energi surya (PV) dan mikrohidro (Thakur, 2012), PV/Angin (Nian Y, et.al, 2014), dan PV/Mikrohidro/ Diesel/Angin (Kumar, et.al, 2011). Namun demikian pemilihan penerapan HRES disesuaikan dengan pemanfaatan dan potensi daerah setempat (Rajadurai, et.al, 2017).

Salah satu bagian dari sistem HRES adalah pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH). Prinsip kerja dari PLTMH ini adalah memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi gerak yang selanjutnya energi gerak tersebut dikonversi menjadi energi listrik oleh generator (Alipan, 2018).

Untuk mengetahui potensi PLTMH, bisa dilakukan dengan menghitung debit, kecepatan, dan ketinggian air (head).

Debit aliran air adalah banyaknya volume zat yang melalui suatu penampang tiap satuan waktu, dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q = V \cdot t \quad (1)$$

dimana, Q adalah debit air m<sup>3</sup>/s, V adalah volume air (m<sup>3</sup>), t adalah waktu (s). Sedangkan kecepatan adalah besarnya jarak yang ditempuh oleh benda tiap satuan waktu. Kecepatan adalah jenis besaran yang bergantung pada arah, sehingga kecepatan termasuk dalam besaran Vektor (Sukamta, 2013). Kecepatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$v = Q / \pi r^2 \quad (2)$$

Dimana v adalah kecepatan aliran air (m/s), Q adalah debit air (m<sup>3</sup>/s) dan r adalah jari-jari (m). Head adalah ketinggian vertikal dimana air jatuh. Pengukuran head dilakukan dengan menggunakan selang plastik, Pengukuran dilakukan di titik atas (h<sub>1</sub>) sampai di titik yang diperkirakan tempat dudukan turbin. Besarnya head dinyatakan dengan satuan meter (m), yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$h = h_1 + h_2 + h_3 \quad (3)$$

Dimana h adalah head (m), dan h<sub>1,2,3</sub> adalah pengukuran tinggi (m). Daya listrik dapat dihitung melalui potensi energi mekanik dari desain turbin yang dirancang untuk efisiensi total dari efisiensi turbin yaitu 0,87 x 0,76 = 0,66 dan massa jenis 1000 kg/m<sup>3</sup> (Zuhail, 1991). Daya mekanik yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

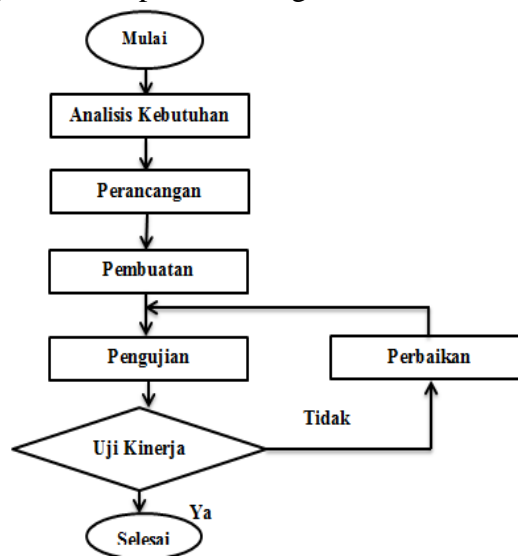
$$P = \rho \cdot \eta_t \cdot g \cdot Q \cdot h \quad (4)$$

Dimana P adalah daya (watt),  $\rho$  adalah massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ ), Q adalah debit ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),  $\eta_t$  adalah efisiensi turbin (%), dan h adalah head (m). Adanya potensi PLTMH dan PLTS ini seharusnya bisa dimanfaatkan untuk warga sekitar Desa Pataan. Akan tetapi, kurangnya pemahaman mereka terhadap teknologi pembangkit listrik energi terbarukan ini membuat potensi tersebut tidak bernilai. Selain itu, keinginan untuk memanfaatkan potensi tersebut oleh masyarakat disana terhambat oleh tidak adanya sumber daya dalam pembuatan pembangkit listrik hybrid tersebut.

Melalui program pemberdayaan masyarakat ini, diharapkan bisa diterapkan pembangunan PLTMH dan PLTS di dekat lokasi Candi Pataan. Listrik yang dihasilkan dari kedua pembangkit tersebut bisa digunakan untuk menerangi lokasi di sekitar Candi, serta untuk kebutuhan UMKM yang tumbuh seiring dengan berkembangnya obyek wisata Candi Pataan tersebut.

## B. Metode

Metode dan tahapan pelaksanaan kegiatan yang diterapkan pada program ini ditunjukkan dalam diagram alir seperti dalam gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir kegiatan

1. Analisis kebutuhan dan potensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) dan tenaga surya (PLTS) Kegiatan ini dilakukan melalui survey lapangan dan diskusi yang intensif dengan semua pihak yang terkait dengan pembangunan PLTMH dan PLTS ini. Beberapa obyek yang akan menjadi titik tekan dalam kegiatan ini adalah lokasi pembangunan PLTMH dan PLTS, pemanfaatan listrik untuk penerangan lokasi atau memenuhi kebutuhan warga, serta manajemen pengelolaan PLTMH dan PLTS nantinya apabila sudah berjalan dengan lancar. Secara teknis, prosedur untuk mengetahui potensi PLTMH adalah sebagai berikut :

- a) Pengukuran Debit Air dengan Metode Tampung
    - 1) Menyiapkan alat tampung yang sudah diketahui volumenya, seperti ember ukuran 10 liter.
    - 2) Stopwatch atau alat ukur waktu yang lain (arloji/handphone) yang dilengkapi dengan stopwatch;
    - 3) Alat tulis untuk mencatat hasil pengukuran yang dilakukan;
    - 4) Kemudian bendung aliran air untuk memudahkan pengukuran dan aliran air disalurkan menggunakan pipa PVC ukuran 3 inch;
    - 5) Diperlukan 3 (tiga) orang untuk melakukan pengukuran. Satu orang untuk memegang alat tampung, satu orang bertugas mengoperasikan stopwatch dan orang ketiga melakukan pencatatan;
    - 6) Proses ini dimulai dengan aba-aba dari orang pemegang stopwatch pada saat penampungan air dimulai, dan selesai ketika alat tampung sudah terisi penuh. Waktu yang diperlukan mulai dari awal penampungan air sampai terisi penuh dicatat dalam form pengukuran.
    - 7) Ulangi pengukuran sebanyak 8 kali untuk kemudian dihitung debit rata-ratanya
  - b) Pengukuran Kecepatan Aliran
    - 1) Menyiapkan alat seperti, meter gulung ukuran 50 m, penggaris dan pipa PVC 3 inch.
    - 2) Stopwatch atau alat ukur waktu yang lain (arloji/handphone) yang dilengkapi dengan stopwatch.
    - 3) Siapkan alat tulis untuk mencatat hasil pengukuran yang dilakukan.
    - 4) Kemudian tentukan lintasan dengan jarak tertentu untuk melakukan pengukuran.
    - 5) Ulangi pengukuran sebanyak 8 kali dan menghitung kecepatan rata-ratanya
  - c) Pengukuran Jatuh Tinggi Air
    - 1) Siapkan alat seperti, selang plastik yang telah di isikan air, meter, batang kayu dan alat tulis untuk mencatat hasil pengukuran yang dilakukan.
    - 2) Pengukuran dimulai di atas elevasi perkiraan permukaan air pada posisi awal yang telah ditentukan.
    - 3) Pengukuran kedua dan selanjutnya dengan melanjutkan pada titik yang lebih rendah dari pengukuran sebelumnya.
    - 4) Kemudian dimulai dari titik atas (bendung) sampai di titik bawah tempat peletakan dudukan turbin dan jumlahkan seluruh hasil pengukuran untuk mendapatkan total head kotor.
2. Desain dan pembangunan PLTMH dan PLTS
- Kegiatan desain PLTMH dan PLTS dilakukan oleh tenaga ahli yang berpengalaman dalam pembangunan kedua pembangkit tersebut, dengan supervisi dari tim pengusul. Setelah desain selesai dibuat, dilakukan proses assembling peralatan di bengkel rekayasa untuk kemudian dibangun di lokasi PLTMH dan PLTS tersebut.

Setelah proses pembangunan selesai, dilakukan ujicoba produksi listrik sampai hasilnya optimal.

3. Serah Terima teknologi

Seluruh peralatan yang telah beroperasi dengan baik, kemudian diserahkan dari tim pengusul Universitas Islam Lamongan (Unisla) ke mitra penerima Pokdarwis Kampung Pataan dan BUMDES Pataan Sejahtera, dengan disaksikan oleh perangkat desa dan stakeholder yang terkait. Acara serah terima ini sekaligus FGD terkait pembentukan kelembagaan pengelola PLMH dan PLTS. Harapannya setelah peralatan diserahkan, bisa dikelola dengan baik oleh tim tersebut.

4. Pelatihan dan pendampingan

Kegiatan pelatihan dan pendampingan diberikan oleh tim pengusul dan tenaga ahli kepada pengelola PLTMH dan PLTS yang sudah dibentuk. Pelatihan dan pendampingan ini dilakukan sampai seluruh sistem peralatan beroperasi dengan baik dan menghasilkan manfaat bagi masyarakat sekitar.

### C. Hasil dan Pembahasan

1. Potensi pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) dan tenaga surya (PLTS)  
Kegiatan survey ke lapangan untuk mengetahui potensi PLTMH dan PLTS dilakukan pada tanggal 20 Agustus 2021. Survey dilakukan dengan pengukuran debit air, kecepatan air, dan tinggi jatuh air (head). Berdasarkan pengukuran yang dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Data Pengukuran Debit Air

Pengukuran ke-	Volume (liter)	Waktu (detik)
1	10	4.8
2	10	4.9
3	10	4.8
4	10	5.9
5	10	3.8
6	10	5.6
7	10	4.9
8	10	5.3
Rata-rata	10	5,0

Berdasarkan Tabel 1 dapat dihitung bahwa debit air rata-rata saat dilakukan pengukuran adalah 0,02 m<sup>3</sup>/detik.

Tabel 2. Data Pengukuran Tinggi Jatuh Air

Pengukuran ke-	Tinggi (meter)
1	1,21
2	1,13
3	0,62
4	0,91
5	1,09
6	0,21
Jumlah	5,17

Berdasarkan data hasil pengukuran debit dan tinggi jatuh air, didapatkan potensi daya yang mampu dihasilkan oleh PLTMH adalah sebesar 500 Watt.

## 2. Desain dan Pembangunan PLTMH dan PLTS

Perancangan PLTMH yang dilakukan menggunakan data berdasarkan hasil survey lapangan. Adapun data awal perancangan yang akan digunakan ditunjukkan dalam tabel 3.

Tabel 3. Data awal perancangan

Spesifikasi	Nilai	Satuan
Volume penampung (bendungan)	100	m <sup>3</sup>
Head kotor	5,17	M
Faktor koreksi kecepatan air	0,98	
Gravitasi	9,8	m/s
Head bersih	3,98	M
Panjang pipa pesat	50	M
Putaran turbin (n)	250	Rpm
Diameter pipa pesat	3	Inci

Berdasarkan data yang ditunjukkan dalam tabel 3, maka dibuat perhitungan komponenturbin seperti dalam tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi rancangan turbin

Spesifikasi	Nilai	Satuan
Kecepatan aliran air	5,3	m/s
Kecepatan keliling aliran	2,5	m/s
Debit air	5,0	m <sup>3</sup> /s
Diameter luar turbin	0,19	M
Jari-jari	0,09	M
Banyak sudu	32	Buah
Jari-jari	0,09	M
Banyak sudu	32	Buah

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dalam tahap perancangan, dilakukan fabrikasi prototipe tersebut, yang mampu menghasilkan listrik dengan daya maksimal 500W. Turbin yang dibuat merupakan tipe crossflow, seperti ditampilkan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Turbin tipe crossflow

Sementara untuk PLTS, telah dibuat sistem dengan panel surya berdaya 300 WP, yang diintegrasikan dengan solar charge controller 30A, inverter 1.000 Watt, dan aki 150 Ah. Dengan sistem PLTS tersebut, diharapkan bisa membangkitkan listrik dengan total daya 1.500 Wh sehari.

### 3. Serah Terima Teknologi

Proses serah terima dilakukan pada Hari Kamis, tanggal 9 November 2021 di Lokasi Taman Wisata Erlangga Candi Pataan. Acara serah terima ini dihadiri oleh tim pengusul dan Ketua LPPM Universitas Islam Lamongan (Unisla), Kepala Desa Pataan serta perwakilan dari Pokdarwis Pataan dan BUMDES Pataan, sebagai mitra penerima dan pengelola teknologi. Acara serah terima diakhiri dengan kegiatan penandatanganan berita acara serah terima dari ketua tim pengusul kepada kedua mitra penerima.

### 4. Pelatihan dan Pendampingan

Kegiatan pelatihan dilaksanakan langsung setelah acara serah terima selesai, yang diawali dengan pemaparan tentang teknis operasional sistem teknologi hybrid PLTMH dan PLTS oleh tim ahli, yang dilanjutkan dengan diskusi dan simulasi pengoperasian teknologi tersebut. Setelah selesai acara pelatihan, dilakukan proses pendampingan secara terus menerus dari tim pengusul kepada kedua mitra sampai semua peralatan bisa beroperasi dengan baik dan bermanfaat bagi warga masyarakat Desa Pataan.

## D. Simpulan

Berdasarkan hasil dari pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Keberadaan Candi Pataan sebagai destinasi wisata baru di Desa Pataan bisa menarik wisatawan dan menambah pendapatan masyarakat Desa Pataan. Akan tetapi, keterbatasan suplai listrik di lokasi membuat pengembangan obyek wisata tersebut menjadi terhambat.
2. Di sekitar lokasi Candi Pataan terdapat potensi aliran air sebagai pembangkit listrik tenaga mikrohidro serta pembangkit listrik tenaga surya yang cukup bagi sumber energi obyek wisata Candi Pataan.
3. Adanya sistem teknologi pembangkit listrik hybrid bertenaga surya dan mikrohidro dengan total daya mencapai 2000 Watt, bisa bermanfaat bagi pengembangan obyek wisata Candi Pataan.
4. Selama pelaksanaan kegiatan, terdapat beberapa kendala yang dihadapi seperti kondisi masyarakat yang masih menghadapi pandemic covid-19 membuat mobilitas alat menjadi terganggu. Selain itu, adanya banjir bandang di lokasi sempat membuat bendungan dan pipa limpasan jebol sehingga harus dibangun lagi dan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk penyelesaiannya. Ke depannya, diharapkan semua kendala ini bisa diantisipasi agar tidak mengganggu kegiatan secara keseluruhan.



### Daftar Rujukan

- BPS Lamongan. (2020). *Kabupaten Lamongan dalam angka 2020*.
- Rafsanjani MAAH. (2020). Pengembangan Potensi Wilayah di Kabupaten Lamongan. Surabaya. UNESA.
- Mahmud Abdul Mating, Anik Deb, Arefin Nassir, 2013. Optimum Planning of Hybrid Energy Sistem using HOMER for Rural Electrification, Inter-national Journal Computer Of Aplication (0975-8887).Vol. 66 No. 13.
- Thakur Madhav Shing, Gupta Bhupendra, Kumar Veerendra, Pandey Mukesh, 2012. Design and optimization of hybrid renewable energy sistem (2mwh/d) for sustainable and economical power supply at ject Jabalpur, IJCRR, Vol,4.
- Nian Y., Liu S., Wu D., Liu J., 2015, A Method For Optimal Sizing Of Stand-Alone Hybrid PV/ WIND/ BATTERY Sistem, Research Gate.China
- Kumar Abhishek, Sah Bikash, Deng Yan, He Xiangneng, Bansal R.C., Kumar Praveen, 2015. Autunomous Hybrid Renewable Energy Sistem Optimization For Minimum Cost, College Of Electrical Engineering,Cina..
- Rajadurai.M.J, Shaamaadhuran. M., Amaladoss.J. Vimal, Sankar.S Gowri, Kirubakaran.V, 2017. Integration of Solar PV-Micro Hydro Power System for Household Aplication. IEEE International Conference On Advance In Electrical Technology For Green Energy 2007.
- Alipan, N., Yuniarti, N., 2018. Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Pico-Hydro dengan Memanfaatkan Alternator untuk Membantu Penerangan Jalan Seputaran Kebun Salak. Jurnal Edukasi Elektro, Vol. 2, No. 2, November 2018
- Sukamta, S. dan Kusmanto, A., "Perencanaan Pembangkit Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur," Jurnal elektro, vol. 5 No.2, pp. 5-60, 2013.
- Zuhal, Dasar Tenaga Listrik, Bandung: Penerbit ITB, 1991.