

Rancang Bangun Sistem Pengolahan Limbah Urin untuk Penyiraman Urinoir

Uji Regresi Hasil Pengukuran Volume Air Penyiram pada Urinoir Penentu Input Error

Dwi Cahyadi¹, B. S. Rahayu Purwanti², Nana Sutarna³

Mahasiswa Teknik Elektronika Industri, Politeknik Negeri Jakarta¹

Dosen Teknik Elektronika Industri, Politeknik Negeri Jakarta²

Dosen Teknik Elektronika Industri, Politeknik Negeri Jakarta²

cahyadi_dv@yahoo.co.id.¹

bernadeta.purwanti@outlook.com²

nn_strn@yahoo.com³

Abstrak

Penelitian ini mempelajari penggunaan motor AC satu fase pada sistem penyiraman pada urinoir. Masalah ketersediaan air bersih sering muncul dan perlu diupayakan penggunaannya agar lebih hemat. Pemakaian berlebihan (boros) dan tidak digunakan secara tepat merupakan salah satu faktor langkanya air bersih. Ketidakseimbangan pemakaian air bersih, perlu dicarikan solusinya. Salah satu solusinya dengan manajemen penggunaan air bersih, misalnya pengolahan limbah urin pada urinoir. Energi listrik yang dikonsumsi (penggerak motor 1 phase) mempengaruhi debit air yang terpompa. Penghematan listrik pada motor untuk sirkulasi air dari penyiraman ke urinoir, ke penampung limbah dan kembali ke penyiram. Penyiraman urinoir tidak memerlukan air bersih lagi, cukup air sirkulasi pengolahan limbah urin. Bukatutupnya *valve* penyiram Volume air penyiram dapat diatur sesuai dengan banyak/sedikitnya urin yang tertampung sementara pada penampung limbah urin. Sistem otomasi penyiraman memerlukan kontroler “smooth” agar pemakaian air dan penggunaan energy pada motor lebih hemat. Penelitian ini untuk menentukan nilai error sistem penyiraman dengan pendeteksi level air sensor ultrasonik dan pengatur motor mikrokontroler ATmega 16. Pengolahan limbah urin pada urinoir dengan proses daur ulang limbah menjadi solusi manajemen penggunaan air bersih. Alat penyiram urinoir dibangun dengan mengobservasi penggunaan air penyiram dan daur ulang limbah urin (plus air penyiram). Penggunaan air bersih dapat lebih hemat dengan pengolahan limbah dari urine dan penyiram urinoir. Tujuan penelitian adalah menghitung nilai error volume air penyiram. Nilai error volume air diperoleh dari perbandingan perhitungan data pengukuran dengan formula regresi linier. Error keduanya sebesar 12 % identic dengan menghemat air 91 % dari tarif PAM/penyiraman urinoir.

Kata Kunci: motor AC, satu fasa, limbah urinoir, *valve on-off*

1. Pendahuluan

Penggunaan energi berkelanjutan (*sustainable energy*) semakin mendapat perhatian luas [Ambarita, Himsar. 2011,]. Penggunaan energy berkelanjutan berkontribusi meminimalkan pemanasan global. Bentuk kebijakan dan partisipasi dapat dilakukan dengan cara efisiensi energy, usaha-usaha mencari energi baru dan terbarukan merupakan maksud dari kebijakan tersebut. Sekitar 474 Exa joule energy dunia 13,6% berasal dari sumber energy terbarukan dan energy nuklir menurut data tahun 2008 [British Proteleum, 2009]. Sumber energi terbarukan bagian teebanyak disumbang energi air (*hydropower*) sebanyak 66,5% [REN21. 2014]. Penghematan air bersih sudah dicanangkan oleh pemerintah pusat [P3TKEBT, ESDM, 2008]. Penggunaan air bersih sehemat mungkin dapat menyelamatkan sumber daya air

bersih. Salah satu yang perlu dihemat adalah pemanfaatan air limbah untuk penyiram urinoir. Urinoir sebagai tempat buang air kecil (BAK) khususnya laki-laki, limbahnya dialirkan langsung ke pembuangan/selokan. Ilustrasi, satu orang (buang air kecil) diperkirakan membuang 0,7 liter air penyiraman urinoir. Urine yang dikeluarkan oleh satu orang laki-laki dewasa rata-rata 0,3 liter. Total air limbah urinoir (air penyiram dan urin) yang terbangun ke selokan melalui urinoir sebanyak 1 liter/orang. Dalam waktu satu hari rata-rata bisa sepuluh orang BAK di satu urinoir. Satu hari rata-rata membuang sepuluh liter air yang berpotensi menjadi air bersih. Asumsikan satu liter air bersih berharga Rp 500, maka sepuluh liter air bersih berharga Rp 5000. Bisa diilustrasi sepuluh orang BAK pada urinoir dalam satu hari berakibat membuang uang lima ribu rupiah. Dalam satu tahun satu orang BAK di urinoir membuang uang

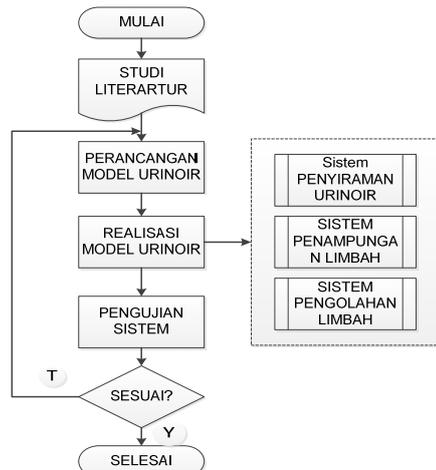
mencapai Rp 1.825.000. Bukan uang kecil jika satu urinoir digunakan minimal 50 kali per hari.

Urinoir dilengkapi pembasuh dan penyiram diambil dari PAM (Perusahaan Air Minum) atau air tanah. Penyiraman dapat memanfaatkan air limbah yang telah diolah, tidak berbau dan jernih adalah syarat cukup. Oleh karena itu perlu didesain alat dan sistem penyiram urinoir dengan air pengolahan limbah urinoir. Penelitian ini mengobservasi motor satu fasa sebagai pemompa air penyiraman urinoir. Volume air yang dipompa motor dibandingkan selisihnya antara tanpa mikrokontroler dan dengan mikrokontroler sebagai pengatur pengolahan limbah urin. Alasan penelitian dilaksanakan, ketidakseimbangan penggunaan air bersih. Dampak ketidakseimbangan adalah langkanya air bersih, sehingga sistem pengolahannya.

Pengaturan kecepatan putar motor pemompa merupakan salah satu upaya penghematan air bersih. Motor AC dapat bekerja secara normal jika mendapatkan tegangan 220 Volt. Pengaturan motor dengan penyesuaian banyak/cukup/sedikit volume air penyiramnya dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan penyiraman. Pemrograman pengaturan putaran motor dengan bahasa C, compiler Codevision pada mikrokontroler. Sistem pengaturan motor berbasis mikrokontroler dapat mengkondisikan on-off valve penyiram urinoir. Buka-tutup valve (*on-off*) dengan masukan logika “1” atau “0” berasal dari mikrokontroler. Logika “1” atau “0” dari mikrokontroler berfungsi sebagai pengaktif modul relay. Modul relay mengatur putaran motor satu fasa, posisi on (buka valve), off (tutup valve).

2. Metode

Realisasi penyiram urinoir dengan air olahan limbah urin adalah:



Gambar 1 Diagram Alir Sistem Penyiram Urinoir

2.1 Pengolahan Limbah Urinoir

Limbah air berasal dari sisa pembuangan produksi industri, limbah rumahan dan limbah yang berada pada tempat umum. Olahan limbah diolah dan digunakan ulang sesuai dengan pemanfaatannya.

Penggunaan ulang limbah urin dari urinoir memerlukan filter (penyaring). Limbah urin pada urinoir difilter agar bebas dari pengotor (tissue yang hancur) supaya airnya layak digunakan ulang.

2.2 Kontrol *on-off* berbasis mikrokontroler

Kontrol *on-off* dapat diaplikasikan pada semua peralatan elektronik [Hamdan, 2012]. Motor listrik dapat diatur dan dikontrol kecepatannya dengan mikrokontroler.

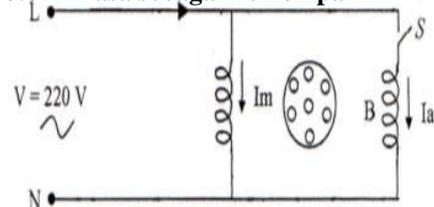
Kontrol *on-off* motor sistem penyiraman urinoir dengan Mikrokontroler AVR ATmega 16. Modul Mikrokontroler mengatur/mengontrol putaran motor secara *on-off* untuk buka-tutup valve penyiram urinoir. Mikrokontroler ATmega 16 dipilih karena fungsi dan fasilitas lengkap, harga murah, konsumsi daya rendah, kecepatan eksekusi instruksi cocok. Pemrograman bahasa C mudah, tersedia compiler CV-AVR. Kontroller ATmega 16 banyak dipilih untuk membangun bermacam-macam aplikasi *embedded sistem* [Mediaty Arief, 2011]. Intervace K-125 ke pin mikrokontroler untuk intruksi pengatur/pengendali *on-off* ke PORTB (Gambar 1).

2.3 Sensor Ultrasonik Pengukur Ketinggian Air

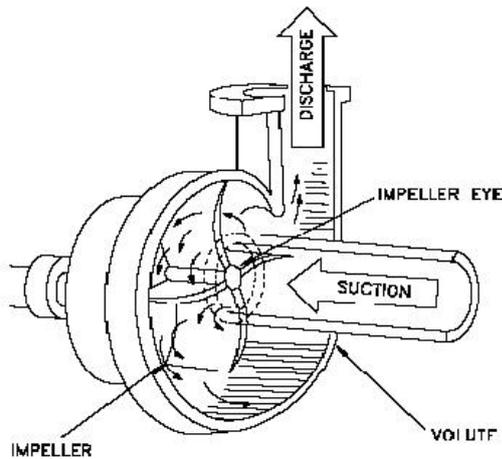
Sensor ultrasonic melalui frekuensi 20 KHz- 20 MHz (tergantung media yang dilewati) pada gelombang akustik. Modul sensor Ultrasonik dapat mengukur jarak antara 3cm sampai 300cm. Keluaran dari modul sensor ultrasonik berupa pulsa yang lebarnya merepresentasikan jarak [Mediaty Arief, 2011].

Lebar pulsa yang dihasilkan modul sensor ultrasonik bervariasi dari 115µs sampai 18,5 ms. Secara prinsip modul sensor ultrasonik terdiri dari sebuah chip pembangkit sinyal 40 KHz, sebuah speaker ultrasonik dan sebuah mikropon ultrasonik. Speaker ultrasonik mengubah sinyal 40 KHz menjadi suaranya sementara mikropon ultrasonik berfungsi untuk mendeteksi pantulan suara. Sensor ultrasonik berfungsi untuk mengukur ketinggian air pada penampungan.

2.4 Motor 1 Fasa sebagai Pemompa Air



Gambar 2. Rangkaian Motor Satu Fasa



Gambar 3. Rotor Motor Pompa Air

Rangkaian dasar motor satu fasa sebagai pemompa air (Gambar 2). Daya motor satu fasa kecil, efisiensi relatif rendah (38%-70%) [Alexander Tino, 2012]. Inti stator motor (Gambar 3) terdiri dari lapisan plat-plat besi (laminasi) tersusun rapi dan disetiap ujung diklem. Laminasi dibentuk menjadi alur-alur dan gigi-gigi alur stator. Konduktor rotor motor terbuat dari batang tembaga, dan aluminium.

2.5 Perhitungan Data Hasil Pengukuran dengan Regresi Linier

Data hasil pengukuran dianalisis dengan regresi linier (1) dan dihitung koefisien regresinya. Pengolahan data dengan uji regresi linear seperti persamaan (1). Koefisien regresi linier dihitung dengan persamaan-persamaan (2), (3), (4) dan persamaan (5).

$$Y = a + bX \dots\dots\dots(1)$$

$$\sum_{i=1}^n Y_i = an + b \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots(2)$$

$$\sum_{i=1}^n X_i Y_i = a \sum_{i=1}^n X_i + b \sum_{i=1}^n X_i^2 \dots\dots\dots(3)$$

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n Y_i \sum_{i=1}^n X_i^2 - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n X_i Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \dots\dots(4)$$

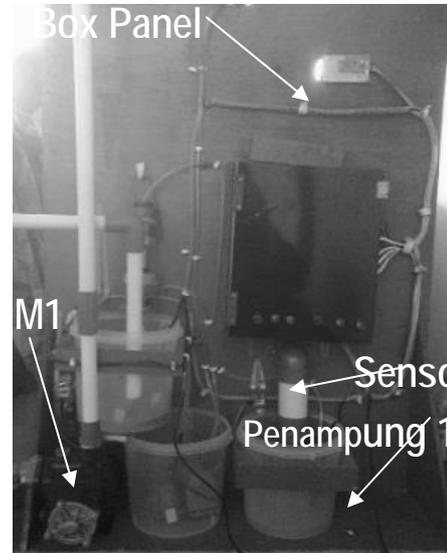
$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n X_i Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \sum_{i=1}^n Y_i}{n \sum_{i=1}^n X_i^2 - (\sum_{i=1}^n X_i)^2} \dots\dots\dots(5)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Instalasi Alat dan Sistem Pengolah Limbah Urine pada Model Urinoir

Motor satu fasa (M1) mempunyai dua kumparan stator yaitu: kumparan utama (U) dan kumparan bantu (B) yang digulung pada stator dengan perbedaan sudut 90°. Tahanan kumparan bantu lebih besar dari kumparan utama, sedangkan reaktansinya dibuat lebih kecil. Pada sistem tersebut rotor motor digunakan sebagai pemutar pompa air. Aliran air searah dengan arah putar rotor motor

(Gambar 3). Penggunaanya dijadikan input sistem untuk mengontrol motor penyiraman. Peletakan sensor ultrasonic dapat dilihat pada gambar 4. Peletakan motor (Gambar 4) sebagai pemompa air penyiram urinoir (Gambar 5).



Gambar 4. Model Urinoir Tampak Belakang



Gambar 5. Model Urinoir Tampak Depan

3.2 Pengujian Sistem

Tujuan pengujian data hasil pengukuran untuk mengetahui fungsi, kinerja sistem. Tahapan pengambilan dan pengolahan data adalah:

- (a) Pengambilan data sampel level limbah urinoir pada penampung 1 dengan menghitung dan menentukan linieritas.
- (b) Uji linieritas data dengan regresi menunjukkan memodelkan kestabilan putaran motor dan penyiraman,
- (c) Pengambilan data level air penyiraman pada penampung 1 setelah formula regresi linier deprogram,
- (d) Perhitungan selisih/error volume air penyiram dengan pengambilan data huruf (a) dan huruf (b).

Pengujian data sampel berfungsi untuk mencari hubungan antara nilai level limbah urin dan nilai level air penyiraman. Data dua variabel yang telah didapat kemudian dimasukkan ke persamaan(2). Y adalah air penyiraman dan X adalah level air limbah urinoir. Nilai $a=0.000539899$ dan $b=0.397345863$. Nilai-nilai a dan b (koefisien-koefisien regresi) disubstitusikan ke (1). Hasil substitusi diperoleh (3). Hasil perhitungan data pengukuran sesuai persamaan regresi (6). Nilai X adalah nilai pengambilan level permukaan air secara acak. Nilai X merupakan bentuk input volume air penyiram.

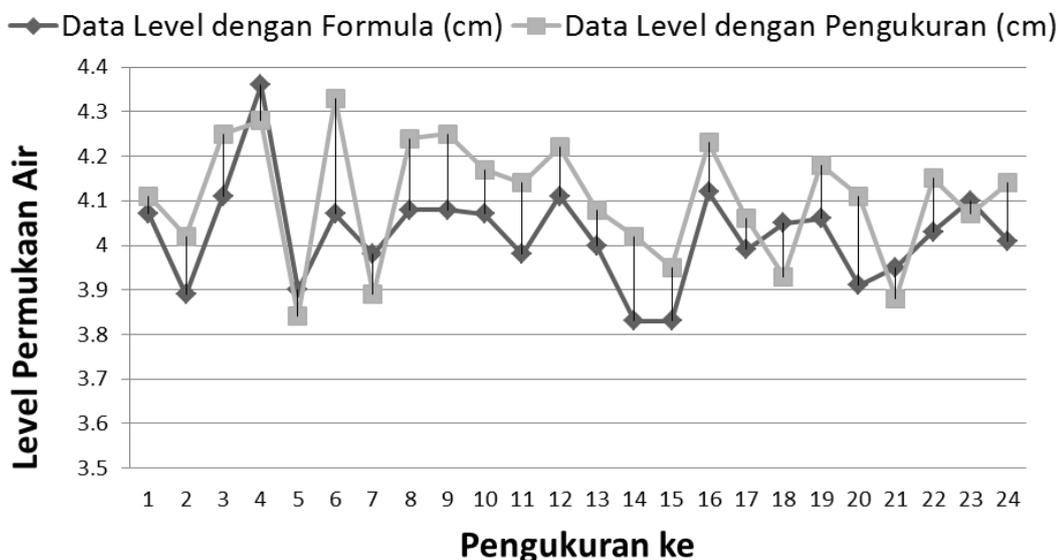
$$Y = 0.000539899 + 0.397345863X \dots\dots\dots(6)$$

3.3 Level Permukaan Air dan Volume Air Penyiraman

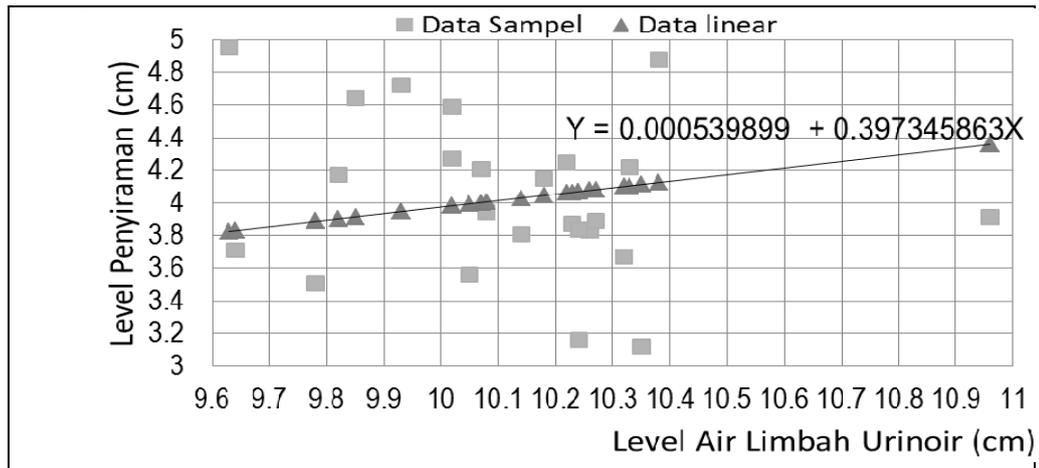
Air penyiraman diuji dengan mengukur ketinggian air yang terdapat pada penampung 1. Pengukuran volume dengan cara membaca level permukaan air di penampung 1. Level menunjukkan kapasitas dan volume air penyiram. Pengukuran air penyiram urinoir diulang 24 kali dengan volume rata-rata 4.1 liter. Volume air penyiram diukur dengan sensor ultrasonic sebagai pendeteksi level permukaan air. Hasil pengukuran level permukaan pada penampung 1 dengan sensor ultrasonik dianalisis. Metode analisa regresi dapat membentuk formula untuk mengetahui kekuatan hubungan dua jenis data. Data hasil pengukuran level permukaan air dan data perhitungan sesuai dengan formula regresi di penampung 1 (Gambar 6). Penggunaan air untuk penyiram urinoir kecenderungan lebih banyak dari data pengukuran. Penggunaan data dengan formula regresi dandiolah/diatur dengan mikrokontroler lebih sedikit/hemat airnya. Lonjakan penggunaan air pada hasil pengukuran ke empat saja, data hasil pengukuran lainnya lebih kecil.

Visualisasi penyebaran data hasil pengukuran level permukaan air dan persamaan linieritas regresi (Gambar 7). Formula regresi linier menghasilkan model persamaan pengukuran level permukaan air. Level permukaan air dikonversi sebagai penggunaan volume air penyiram urinoir. Model menunjukkan bahwa hasil pengukuran dapat menjadi input formula. Formula dimaksudkan untuk penghematan pemakaian air pada urinoir. Kekuatan hubungan hasil pengukuran dengan formula sebagai input sistem perlu diuji. Hasil uji dengan regresi linier menunjukkan, prediksi pemakaian air penyiram berada di sekitar data pengukuran. Data pengukuran sebagai input formula dan nilai $R^2=1$, menunjukkan hubungan kedua variabel kuat (Gambar 8).

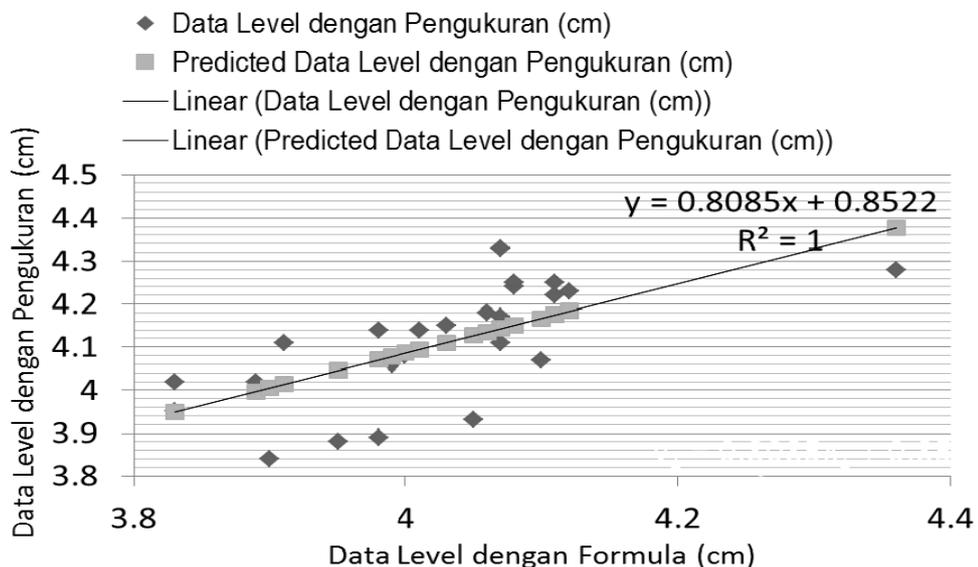
Penggunaan motor satu fasa untuk penyiraman sesuai dengan pergerakan rotor pada motor. Pengaturan dan pengontrolan motor mendapatkan input dari level permukaan limbah urin pada urinoir. Analisa regresi untuk mendapatkan persamaan linear dari sampel percobaan yang menghasilkan bentuk atau formula. Persamaan formula diterapkan pada sistem untuk mengontrol air penyiraman sesuai limbah urin. Penghematan penggunaan air sesuai dengan formula analisa regresi. Nilai rata-rata error output sistem dengan pengaturan sebesar ± 0.12 . Error muncul dikarenakan tegangan yang didapat oleh motor listrik tidak stabil. Oleh karena itu dibutuhkan sistem control dengan logika fuzzy. Batas nilai error pada Fuzzy berada pada interval $0 \leq Error(e) \leq 1$. Hasil pengukuran error level permukaan air dari sensor ultrasonic pada sistem telah berfungsi dan sesuai dengan target.



Gambar 6 Perbandingan Data Pengukuran dan Formula Regresi Level Permukaan Air



Gambar 6. Pengukuran Level Permukaan dan Limbah Air Penyiraman



Gambar Prediksi Linier Level Ketinggian Permukaan Air

4. Kesimpulan

Penyiram urinoir dengan metode pengolahan limbah urine menghemat air bersih sebagai penyiram ($98\% \pm 0.12$). Model alat penyiram urin dapat direalisasikan pada urinoir umum, seperti bandara, terminal, rumah sakit.

Ucapan Terima Kasih

Politeknik Negeri Jakarta melalui Dana PNBP, skim Hibah Penelitian Riset Grant Dosen dan Mahasiswa Tahun Anggaran 2014.

Daftar Pustaka

Ambarita, Himsar, 2011, Kajian Eksperimental Performansi Pompa dengan Kapasitas 1,25 m³/menit Head 12 m jika Dioperasikan sebagai Turbin, *Jurnal DinamisII*: 8, p.1-8.
Alexander Tino, Ambrosius, 2012, Pengaruh Modifikasi Belitan Stator Motor Induksi 1 Fasa Rotor Sangkar Menjadi Motor Induksi 3 Fasa

Terhadap Perubahan Daya Keluaran, *Jurnal ELTEK10*: 2, p.33-46.

Hamdan, Isa dan Slamet Winardi, 2012. Rancang Bangun Kontrol Peralatan Listrik Otomatis Berbasis AT89S51, *Jurnal Monitor*, 1: 1, p.11-19.

Mediaty Arief, Ulfah. 2011. Pengujian Sensor Ultrasonik PING untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air, *Jurnal Ilmiah Elektrikal Enjiniring UNHAS*, 09: 02, p. 72-77.

British Proteleum, Statical Review of Worl Energy, [Online], Diakses [28 Mei 2014] dari <http://bp.com>

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Ketenagalistrikan, Energi Baru, Terbarukan, dan Konversi Energi, [Online], diakses[30 Mei 2014] dari <http://p3tkebt.esdm.go.id>

Renewable Energy Policy Network for the 21st Century,[Online], *Diakses* [2 Juni 2014] dari <http://rent21.net>