

AUDIT ENERGI UNIT KONDENSER TURBIN DI PLTP PERSPEKTIF TEKNIK KIMIA MENGGUNAKAN ANFIS

Shoerya Shoelarta^{1,*}, Anissa Feni Haryati¹, Kholiq Hermawan²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Jalan Gegerkalong Hilir, Bandung, 40559, Indonesia

²Jurusan Teknik Energi, Politeknik Negeri Bandung, Jalan Gegerkalong Hilir, Bandung, 40559, Indonesia

*E-mail: shoerya.shoelarta@polban.ac.id

ABSTRAK

Audit energi merupakan salah satu metoda yang diwajibkan oleh pemerintah RI dalam peningkatan program konservasi energi diindustri sekaligus sebagai peningkatan produksi atau pengurangan biaya konsumsi energi produksi. Program ini dikenal dengan nama Proper yang dikelola oleh kementerian lingkungan hidup dan kehutanan. PT Geodipa Energi sebagai pemilik Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Patuha yang berkapasitas 60 MW (100%) berusaha mengikuti program ini yang bila lolos akan mendapatkan manfaat berupa insentif. Pengoptimalan kinerja pendinginan baik di kondenser dan cooling tower dengan beberapa parameter yang direkam di DCS digunakan sebagai data input meningkatkan vakum di luaran turbin. Vakum yang dihasilkan akan memperbesar torsi yang dihasilkan sehingga generator terotasi lebih kuat dan output daya yang dihasilkan meningkat. Penggunaan artificial intelligence (AI) dalam hal ini ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) dikombinasikan dengan pengetahuan praktis teknologi proses kimia dapat memperkirakan optimasi yang akan dicapai. Torsi tambahan ini lebih lanjut diharapkan meningkatkan produksi energi listrik sampai 2 – 3 % dari rata rata 88% kapasitas sekarang, tanpa menambah daya pemakaian sendiri (*own used power*).

Kata Kunci: Audit Energi, Panas bumi, Torsi, Kondenser, ANFIS

ABSTRACT

Energy audit is one of the methods required by the Indonesian government in increasing the energy conservation program in the industry. In addition, the industry is expected to increase production without or lesser energy consumption. This program is known as Proper which is managed by the Ministry of Environment and Forestry. PT Geodipa Energi as the owner of Patuha Geothermal Power Plant with capacity of 60 MW (100%) will eagerly joint the program to benefit in some tax incentive. Optimizing the cooling performance of both the condenser and cooling tower with several parameters recorded in DCS used as input data to increase the vacuum outside the turbine. The resulting vacuum will increase the torque, produced so that the generator rotates more strongly and the resulting power output increases. The use of artificial intelligence (AI) in this case ANFIS (*Adaptive Neuro Fuzzy Inference System*) combined with practical knowledge of chemical process technology can predict the optimization to be achieved. This additional torque is expected to further increase the production of electrical energy by 2-3% from the current average 88% or about 53 MW to 91% or about capacity, without increasing own used power.

Keywords: Energy Audit, Geothermal, Torque, Condenser, ANFIS

PENDAHULUAN

Dalam rangka pemenuhan dokumentasi PROPER dan regulasi, khususnya Undang – undang no 30 tahun 2007 tentang Energi dan Peraturan Pemerintah No 70 tentang konservasi energi, perlu dilakukan audit energi secara

sistematik dan komprehensif terhadap penggunaan energi, konsumsi energi serta identifikasi potensi efisiensi penggunaan energi sekaligus peningkatan produksi. Audit energi yang dilakukan di unit Patuha akan menjadi base line data dalam menerapkan

rencana jangka menengah dan jangka panjang pengelolaan konservasi energi di unit tersebut Tujuan dari pelaksanaan audit energi adalah:

Pemenuhan terhadap kewajiban perundang – undangan persyaratan dari PROPER.

1. Memperoleh profil penggunaan energi, besaran produksi, baseline data dan peluang penghematan energi di unit Patuha.
2. Tersedianya laporan yang komprehensif untuk menjadi bagian dokumen penilaian PROPER Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
3. Tersedianya rencana program optimasi produksi, konservasi energi jangka menengah dan panjang.

Pekerjaan Sejenis

Negara maju yang lebih dulu perhatian terhadap penghematan dan peningkatan produksi energi telah lama, menerapkan audit energi diberbagai bidang usaha dengan memanfaatkan teknologi informasi. Audit energi akan menghasilkan informasi tentang profil konsumsi energi, optimasi produksi, rasionalitas konsumsi energinya dan aspek-aspek teknis yang perlu diperbaiki guna mencapai efisiensi dan efektivitas pemanfaatan energi. Perhitungan efisiensi dilakukan dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Sumber-sumber energi;
- Proses pemanfaatan dan optimasi energi;
- Peralatan pemanfaat energi pada proses utama dan pendukung

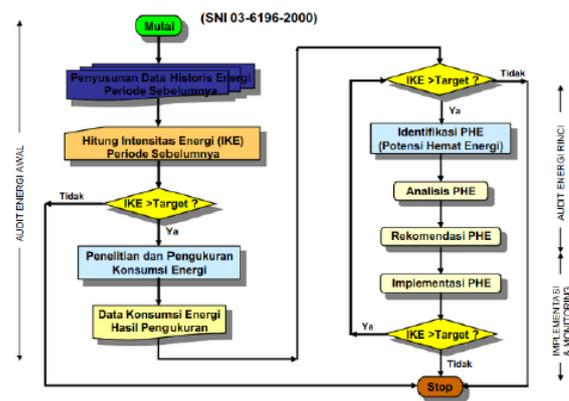
Persiapan persiapan Umum

Pelaksanaan audit energi bisa bervariasi tergantung kondisi lapangan tetapi pemerintah telah memberikan acuan yang

memudahkan vproses validasinya. Panduan kegiatan audit energi dari pemerintah berupa standar nasional Indonesia SNI 03-6196-2000, dengan langkah-langkah pelaksanaan audit energi sebagai berikut:

1. Persiapan dan pengumpulan data awal
2. *Walk-through survey*
3. Pengukuran dan pengumpulan data
4. Analisa data
5. Identifikasi pemborosan dan peluang penghematan
6. Penyusunan rekomendasi penghematan
7. Pelaporan

Rangkaian aktivitas tersebut dapat direpresentasikan pada gambar 1 berikut



Gambar 1. Tahapan Audit Energi (SNI 03-6196-2000)

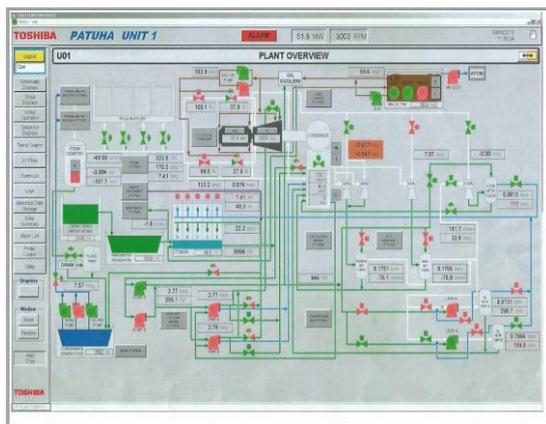
Pengembangan Audit energi

Dengan berkembang pesatnya teknologi informatika dan elektronika pelaksanaan audit energy menjadi lebih baik dan tentunya lebih mudah diterima oleh industri. Penggunaan teknologi penginderaan 2 bahkan 3 dimensi dengan visualisasi yang dibantu komputasi and sistem cerdas memberikan efek keyakinan tinggi dan penyegaran presentasi.

Dalam audit energi terdapat parameter dasar yang menjadi acuan yang dikenal dengan istilah IKES (Indek Konsumsi Energi Spesifik). IKES yang merupakan nilai dari besaran energi terpakai persatuan unit produk,

merupakan hasil perhitungan utama yang nantinya dilakukan perbandingan (*Bench Marking*) dengan perusahaan sejenis.

Di pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) penggunaan energi baik dalam bentuk bahan bakar ataupun listrik yang diambil sebagian dari produksi perlu diperhatikan. Tidak kalah pentingnya adalah besarnya produksi listrik yang dapat diproduksi secara optimal.



Gambar 2. *Human Machine Interface* DCS antarmuka Proses PLTP Patuha unit 1

Tentunya pengukuran langsung konvensional dengan peralatan yang terkalibrasi dan handy tetap dilaksanakan untuk kepresisian dan keterulangan titik yang ditentukan.

Pengukuran langsung atau pengumpulan data primer harus dilakukan untuk memastikan ketepatan alat ukur dan perekam di DCS.



Gambar 3. Pengukuran Parameter berpengaruh ke Turbin

Kontribusi Kegiatan

Dengan melaksanakan pengabdian masyarakat dan penelitian sesuai bidang ilmu dan dilaksanakan atas permintaan industri memberikan banyak manfaat riil. Pengumpulan data yang menggunakan alat yang relative canggih serta objek unit operasi yang diukur skala besar dan beroperasi kontinyu memberi tantangan baik dosen maupun mahasiswa asisten dalam menentukan titik dan strategi pengukuran yang bebar dan mewakili.

Penentuan metode dan teknik dalam menentukan kalkulasi data terkumpul mendorong pelaksana kegiatan mencari referensi sedekat mungkin kasusnya selain tentunya inovasi yang bersifat novelty terutama penggunaan ilmu komputasi.

METODE

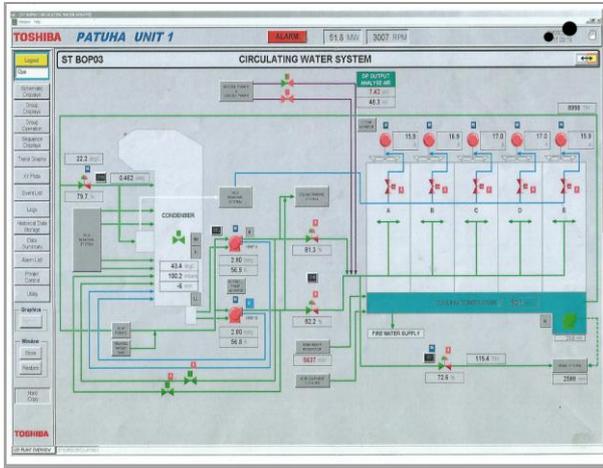
Kegiatan PLTP Patuha berlokasi di sekitar Gunung Patuha di daerah Ciwidey, Kabupaten Bandung, Jawa Barat, yaitu sekitar 40 km di sebelah selatan kota Bandung, tepatnya di Desa Sugih Mukti, Kecamatan Pasir Jambu. Pembangkit ini mulai dibangun pada bulan Mei 2012 oleh PT. Geo Dipa Energi dan pada tahun 2014 PLTP Patuha Unit 1 yang berkapasitas 60 MW mulai beroperasi. Daya listrik yang dihasilkan oleh PLTP Patuha unit 1 ini disalurkan ke sistem jaringan transmisi listrik JAMALI (Jawa-Madura-Bali) PLN.

Potensi Ekonomis

Potensi energi panas bumi di area Patuha ini relatif besar dan diperkirakan mencapai 400 MW. Pada saat ini PT. Geo Dipa Energi telah merencanakan pembangunan PLTP Patuha Unit 2 dan Unit 3 dengan kapasitas masing-masing 55 MW. Unit 2 direncanakan COD pada tahun 2022. Selain itu, PLTP Patuha Unit 1 yang mempunyai luasan: pembangkit 15 Ha, sumur 8 Ha ini, telah ditetapkan menjadi Objek Vital Nasional melalui Surat Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 7100 K/93/MEM/2016 Tentang

Penetapan Objek Vital Nasional Bidang Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) pada tanggal 20 September 2016.

Operasi PLTP Patuha Unit I ditunjang oleh 10 (sepuluh) sumur produksi dan 2 sumur injeksi .



Gambar 4. Pengukuran data primer Blok Kondenser via DCS

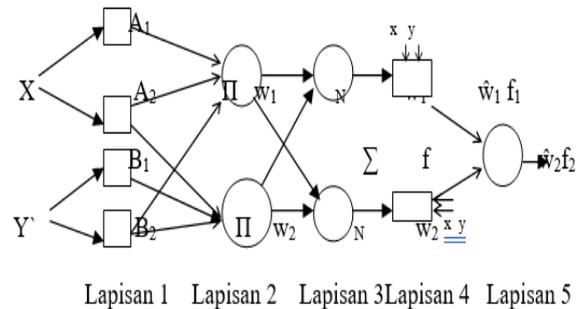
Deskripsi Pengolahan Data

Struktur dan Arsitektur ANFIS. Dalam sistem inferensi fuzzy (FIS) sebelumnya secara fungsi hampir tidak ada persyaratan tertentu (constraint) pada fungsi node dari jaringan adaptif kecuali ketentuan diferensiabilitas peritem. Secara struktur satu-satunya pembatasan hanyalah pada konfigurasi jaringan yang harus umpan maju (feedforward), karena pembatasan yang sangat sedikit ini, jaringan adaptif banyak aksi pengontrolan yang diperlukan. Penggabungan (hibridisasi) FIS dengan artificial Neural Network (ANN) telah dikembangkan untuk lebih meminimal kan pembatasan-pembatasan ini. Penggabungan ini menghasilkan arsitektur baru yang dikenal dengan ANFIS dengan kepanjangan aslinya Adaptive Neural Network-based Fuzzy Inference System. Efektifitas ANFIS dengan learning rule hibrid telah teruji dalam:

1. Pemodelan sebuah fungsi *sinc* dimensi-2,
2. Pemodelan sebuah fungsi non linier 3-input

3. Penjelasan bagaimana mengidentifikasi komponen-komponen non linier pada sebuah sistem kontrol *on-line*.

Struktur jaringan disusun yang secara independen dan mirip juga diusulkan oleh [Lin dan Lee] juga oleh [Wang dan Mendel] berikut



Gambar 5. Arsitektur baku dari ANFIS.

Pada Gambar 5, asumsi sederhana yang dipakai adalah sistem inferensi fuzzy mempunyai dua *input* x dan y dan satu *output* z/f. Untuk model fuzzy Sugeno orde satu, Sebuah himpunan aturan (*rule*) yang sederhana dengan dua aturan fuzzy *if – then* seperti berikut:

Rule 1 : If x is A₁ and y is B₁,

$$\text{then } f_1 = p_1x + q_1y + r_1,$$

Rule 2: If x is A₂ and y is B₂,

$$\text{then } f_2 = p_2x + q_2y + r_2.$$

Output dari gugus (*node*) ke 1 pada lapis 1 dinyatakan sebagai $O_{1,i}$

System AI jenis ANFIS menggunakan strategi sederhana yaitu korelasi input input dan output yang menghasilkan pola tertentu yang bisa dikenali (*pattern recognition*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah mengumpulkan data baik sekunder yang antara lain berupa data disain, commissioning, test run maupun overhaul yang digunakan sebagai acuan perbandingan efisiensi dan produktifitas.

Data dan Pengukuran

Produksi dari proses pembangkitan bervariasi tiap waktu seperti ditampilkan di gambar 5, hal

ini bisa disebabkan hal alam maupun peralatan proses pengolahan uap atau steam. Data produksi listrik, pemakaian steam, air pendingin dan vakum terjadi ini digunakan sebagai input dan output pada pengolahan data

menggunakan metode ANFIS yang menganggap sistem adalah kotak hitam yang didalamnya banyak peristiwa atau fenomena perpindahan baik energi maupun masa tak terkecuali rudgi rugi.

Tabel 1. Data Pengukuran real time DCS untuk pemodelan dan validasi

Jam ke	Input				Output max (60 MW)	
	Steam flow (ton/H)	Vacuum (Bar A)	Cooling Water Flow (Ton/H)	Cooling water temperature (°C)	% Capacity	Production (MW)
1	333,1	0,462	115,5	22,2	86,3	51,8
2	334,2	0,425	115,4	22,4	88,3	53,0
3	332,9	0,466	114,9	22,9	86,3	51,8
4	336,4	0,492	116,1	22,8	88,3	53,0
6	370,1	0,462	115,4	22,2	90,3	54,2
7	370,1	0,429	115,7	22,4	92,2	55,3
8	370,4	0,462	116,1	22,5	90,3	54,2
.						
30	370,3	0,443	115,4	22,8	99,3	59,6
.						
50	372,1	0,421	116,2	22,5	98,5	59,1
51	370,1	0,433	115,4	22,2	91,3	54,8
.						
80	378,4	0,421	114,7	22,5	100,3	60,2
.						
99	361,9	0,425	115,9	22,5	89,7	53,8
100	369,1	0,462	116,4	22,6	86,0	51,6

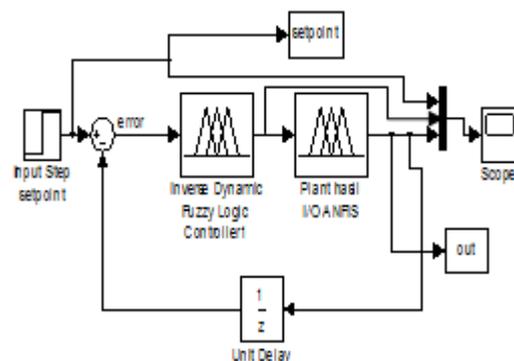
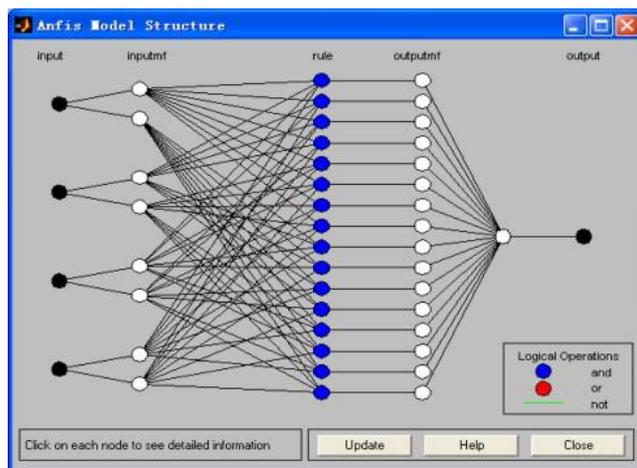
Pengolahan Data

Matlab R13 digunakan dalam komputasi 100 pasangan data di table 1 untuk mendapatkan

model dengan melatih 50 data pertama dan memvalidasi menggunakan data no 51 sampai dengan 100.

(a)

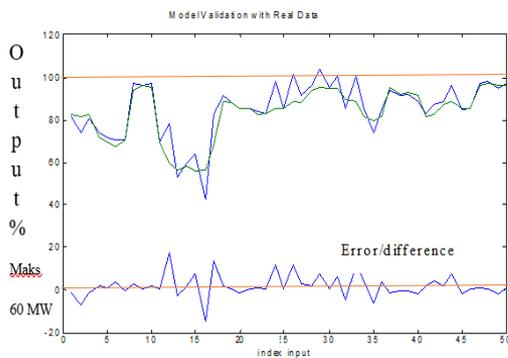
(b)



Gambar 6. Arsitektur Algoritma Model Multi Input Single Output (a) dan Sistem Kendali Optimasi (b) Big Data PLTP Patuha menggunakan Maltab R13

Dalam evaluasi proses di PLTP ini di gunakan algoritma program Matlab dengan 4 input berupa data riil dari DCS yang terdiri dari laju uap, vakum , laju air pendingin dan temperature air pendingin sedangkan outputnya tentunya adalah produksi energi listrik yang di buat dalam persentase.

Model yang dihasilkan divalidasi olah data input output juga, dan harus dilakukan sampai didapatkan konvergensi dan error yang bisa diterima pemilik alat dan auditor



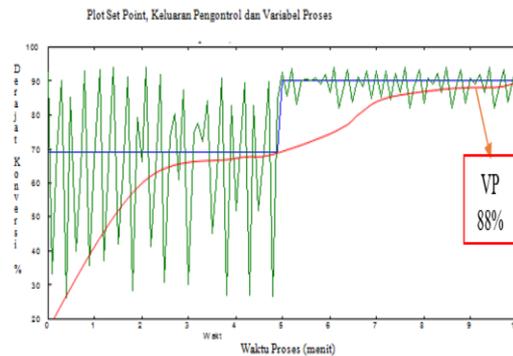
Gambar 7. Hasil Validasi Model FIS yang dihasilkan

Dari gambar 7 didapatkan kurva data riil no 51 sampai dengan no 100 yang ditunjukkan oleh kurva biru dan dibandingkan dengan kurva hijau yang merupakan model FIS hasil pelatihan data no1 sampai dengan no 50 dihasilkan dan diberikan input yang sama.

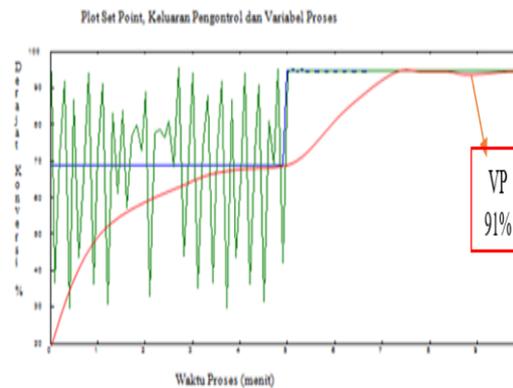
Pertama dapat ditarik kesimpulan antara kurva riil dan kurva pemodelan polanya relative sama, dan yang terpenting selisih atau error yang ditunjukkan kurva paling bawah semakin mengecil mendekati nol (garis merah) yang berarti konvergen. Ini menunjukkan model FIS yang dihasilkan valid atau bisa diterima.

Model FIS (gambar 6a) yang dihasilkan dioptimasi dengan mengintegrasikan dengan pengendali fuzzy (gambar 6b) dan didapatkan hasil sekarang dan proyeksi seperti ditunjukkan gambar 8 dan gambar 9.

Hasil produksi pembangkit dalam % kapasitas disain ditunjukkan di gambar 8 dalam kurva merah yang disebut sebagai variabel proses (VP) data riil *existing* 88% (± 53 MW). Sedangkan kurva hijau yang osilatif adalah variabel manipulatif (VM) atau pengatur (*adjuster*) yang adalah input input.



Gambar 8. Hasil simulasi Penerapan Pengendali dengan Menggunakan Laju Steam dan Air Pendingin sebagai Parameter Manipulasi.



Gambar 9. Hasil simulasi Penerapan Pengendali dengan pentalaan Pada Fungsi Keanggotaan Input Vakum sebagai Parameter Paling Berpengaruh pada Kondisi Kritisal Disain

Gambar 9 menunjukkan perbaikan terutama pada kurva merah yang menunjukkan VP sekitar 91% yang berarti (± 54 MW) hasil dari pengendalian input vakum sebagai variabel manipulatif VM yang ditala dengan metode ANFIS. Kurva VM warna hijau juga berkurang osilasinya pada waktu akhir pengendalian / optimasi. Analisa menggunakan metode

ANFIS di PLTP Patuha telah menghasilkan peningkatan produksi yang ditunjukkan kurva merah, variabel proses VP sekitar 3%.

SIMPULAN

Penerapan pentalaan/*tunning* pengendali fuzzy pada parameter input vakum sebagai parameter paling berpengaruh pada kondisi kritis disain memberikan proyeksi peningkatan produksi dari VP 88% menjadi VP 91%. Peningkatan vakum didapatkan dengan penggunaan nozzle yang lebih kecil diameter lubangnya sehingga dapat meningkatkan kondensasi dikondenser dan akhirnya meningkatkan vakum yang menarik pembangkit dengan torsi lebih kuat sampai dengan penurunan nilai vakum 4%. Hal ini dibantu dengan pendinginan air dari kondensator oleh *cooling tower* yang diperbaiki dengan mengatur laju udara. Modifikasi dan perlakuan instrumentasi proses ini dapat meningkatkan produksi sampai dengan 3%.

PERNYATAAN TERIMA KASIH

Penulis menyatakan terima kasih atas pendanaan oleh Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- Parlindungan Marpaung. 2018. Analisis Data Survei Lapangan (Pembangkit Daya), Himpunan Ahli Konservasi Energi (HAKE).
- Ibrahim, H. 2006. Energy audit. A tool for Energy Management by Facts. Module 6, Journal of Energy Management, Gov. au, Ireland.
- Manan, Z.A. 2003. Identifying Energy Saving Opportunities in a process plant through preliminary Energy

- Audit, *Jurnal Teknologi*, 38(A), University Teknologi, Malaysia
- Egerton Ndiema C.K.W., Omwando T., Osore, E. A. Yegon, E. 2015. Energy Audit For A Steam Plant (Case Study Pyrethrum Factory In Nakuru, Kenya). *International Journal of Innovative Research in Engineering & Management (IJIREM)*.
- Sun, C. T., Jang, J. S. 2004. Neuro-fuzzy modelling and control , *Proceeding of the IEEE 83(3): 378 – 406*.
- Elhosseini, M A., El Sehiemy R A., Salah A H. Abido, M. A. 2017. Modeling and control of an interconnected combined cycle gas turbine using fuzzy and ANFIS controllers.