

**PERANCANGAN PROTOTIPE KENDALI DISTRIBUSI AIR
BERSIH MENGGUNAKAN ARDUINO DENGAN METODE
ALGORITMA FUZZY LOGIC**



SKRIPSI

**Dibuat untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh :

FERDIANSYAH

03041381720035

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2019

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN PROTOTIPE KENDALI DISTRIBUSI AIR BERSIH MENGGUNAKAN ARDUINO DENGAN METODE ALGORITMA FUZZY LOGIC



SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

FERDIANSYAH
03041381720035

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

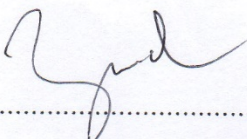


Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197108141999031005

Palembang, Juli 2019
Menyetujui,
Pembimbing Utama

Ir. Zaenal Husin, M.Sc
NIP. 195602141985031002

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa Saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan Saya skop dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1).

Tanda Tangan : 

Pembimbing Utama : Ir. Zaenal Husin, M.Sc

Tanggal : 29 / Juli / 2019

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ferdiansyah
NIM : 03041381720035
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Perancangan Prototipe Kendali Distribusi Air Bersih Menggunakan Arduino Dengan Metode algoritma fuzzy logic

Hasil Pengecekan : 15%

Software iThenticate/Turnitin

Menyatakan bahwa laporan hasil penelitian saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Palembang, Juli 2019



Ferdiansyah
NIM 03041381720035

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbill'alamin atas segala Anugerah, Rahmat dan Karunia yang dilimpahkan Allah Subhanahu wa Ta'ala, penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan judul, "Kendali Distribusi Air Bersih Menggunakan Arduino Dengan Metode *Fuzzy Logic*".

Pembuatan skripsi ini disusun dalam rangka melengkapi persyaratan kurikulum untuk menyelesaikan Pendidikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan motivasi dan bantuan yang banyak dalam menyelesaikan skripsi ini, khususnya kepada:

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
2. Ibu Dr. Herlina, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Ir. Zaenal Husin, M.Sc. selaku Pembimbing Utama tugas akhir dan Dosen Pembimbing Akademik.
4. Bapak Dr. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T. yang telah memberi masukan dalam pengerjaan tugas akhir.
5. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.
6. Segenap Staf dan Pegawai Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah membantu proses administrasi dan menyediakan fasilitas selama penyusunan skripsi ini.
7. Kedua Orang tua yang tersayang dan selalu dihormati, atas segala doa, motivasi, dan dukungan penuh yang menjadikan penulis mampu menyelesaikan skripsi ini hingga akhir.

8. Teman-teman satu tim pembuatan alat dan penyusunan skripsi, yang telah banyak membantu penulis dalam proses pembuatan alat dan penyusunan skripsi.
9. Teman-teman konsentrasi Teknik Kendali dan Komputer angkatan 2017 alih jenjang: Ananta Satria Bagita, Azwar Hamidun, Caprirosi Sahe Sineba, Darlis Ramadhan Putra, Dede Muhammad Yusuf, Fahmi Fahroji Pane, Firizqo Syaihullah, M. Andre Apriansyah, Muhamad Muharomi, Muhammad Mukhsin Thamrin, Hendra Syaputra, Moch. Adjie Suseno T, Muhammad Musi Akbar, Ridho Pratama, Wendy Haris Syahputra, yang telah kebersamai Penulis selama proses perkuliahan dalam konsentrasi Teknik Kendali dan Komputer.
10. Seluruh pihak yang telah membantu serta memotivasi dalam proses penyusunan skripsi ini dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis sepenuhnya menyadari, banyak memiliki kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan agar dapat menjadi evaluasi yang baik dan berguna untuk perbaikan kedepannya.

Palembang, Juli 2019

Penulis

ABSTRAK

KENDALI DISTRIBUSI AIR BERSIH MENGGUNAKAN ARDUINO DENGAN METODE *FUZZY LOGIC*

(Ferdiansyah, 03041381720035, 2019, 41 Halaman)

Permasalahan jaringan distribusi melalui pipa merupakan suatu hal yang rumit dan kompleks, disatu sisi kebutuhan air bersih meningkat sejalan dengan perkembangan kota dan penambahan penduduk. Pendistribusian air bersih kepada masyarakat di kota Palembang belum terbagi secara merata berdasarkan kebutuhan setiap wilayah, selain dari perbedaan penggunaan masyarakat pada umumnya perbedaan debit air. Dengan penggunaan sistem kendali berbasis arduino dengan metode *fuzzy*, pendistribusian air di kota Palembang dapat diatur debit air setiap wilayah dengan menghitung penggunaan air bersih dari masyarakat. Kendali dengan *fuzzy Logic* dilakukan dengan input 3 sensor flow dan output 3 servo yang mengendalikan valve, untuk program *fuzzy logic* menggunakan mikrokontroler arduino mega sebagai pengatur proses yang terjadi pada input dan output. Setiap wilayah diatur dengan besaran nilai servo yang dari keluaran PWM arduino mega akan mengendalikan valve sesuai dengan rules yang telah ditentukan agar jumlah debit pada distribusi air akan mengalir lebih banyak dan air yang terdistribusi kepada masyarakat diterima pada waktu yang sama.

Kata Kunci : Sensor *Water Flow*. Motor Servo, Arduino Mega, *Fuzzy Logic*

ABSTRACT

CONTROL OF CLEAN WATER DISTRIBUTION USING ARDUINO USING FUZZY LOGIC METHOD

(Ferdiansyah, 03041381720035, 2019, 41 pages)

The problem of piping distribution network is a complex and complex matter, the other site, it as need for clean water increases as the development of the city and population grow. The distribution of clean water to the people in Palembang city has not been divided evenly based on the needs of each region, apart from differences in community use in general differences in water discharge. In this research Arduino used for control system with the fuzzy method, water distribution in the city of Palembang can be regulated by each region's water debit by calculating the use of clean water from the community. Control with Fuzzy Logic is done by input 3 flow sensors and 3 servo outputs that control the valve, for fuzzy logic programs using the Arduino Mega microcontroller as a process regulator that occurs at the input and output. Each region is set with a servo value the output from the Arduino Mega PWM will control the valve in accordance with the prescribed rules so that the amount of discharge in the distribution of water will flow more and the water distributed to the community is received at the same time.

Keywords : Water Flow Sensor, Servo Motor, Arduino Mega, Fuzzy Logic

DAFTAR ISI

Daftar Isi	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
HALAMAN INTEGRITAS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR RUMUS	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian Masalah	2
1.5 Keaslian Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Pengenalan hardware Arduino Mega 2560.....	6
2.5.1 <i>Software</i> Arduino	6
2.3 Motor Servo	8
2.4 Sensor Aliran Air (<i>Water Flow Sensor</i>).....	9
2.5 Logika <i>Fuzzy</i>	10

2.5.1 Operasi Himpunan <i>Fuzzy</i>	11
2.5.5 Representasi Kurva Trapesium	11
2.6 Metode Mamdani	12
2.7 Definisi Debit.....	13
2.8 Perhitungan Duty Cycle PWM (Pulse Width Modulation).....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Pengoptimal valve untuk Distribusi air dengan Fuzzy Logic	16
3.2 Persiapan Hardware dan Software	16
3.2.1 Persiapan Hardware	16
3.3 Blok Diagram Sistem	18
3.4 Diagram Alir Penelitian	18
3.5 Perancangan Prototipe Alat.....	20
3.6 Rencana Pengujian dengan grafik Matlab.....	21
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA	24
4.1 Pengelompokan fungsi keanggotaan fuzzy logic mamdani	24
4.2 Pengujian distribusi air disetiap wilayah tanpa kendali fuzzy logic pada Arduino	26
4.2.1 Pengujian pertama dengan nilai Flow 20 dan 10	27
4.2.2 Pengujian kedua dengan nilai Flow 24 dan 11.....	28
4.3 Pengujian distribusi air disetiap wilayah dengan kendali Fuzzy Logic pada Arduino	30
4.3.1 Pengujian pertama dengan penerapan Fuzzy Logic Flow terjadi perubahan nilai 23 dan 11	30
4.3.2 Pengujian kedua dengan penerapan Fuzzy Logic Flow dengan perubahan nilai 34 dan 11	32
4.4 Pengujian fuzzy logic distribusi air pada Matlab	35
4.5 Analisa perbandingan hasil pengujian tanpa Fuzzy Logic dan dengan implementasi Fuzzy Logic	39

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
 DAFTAR PUSTAKA	 42

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Board Arduino Mega 2560.....	6
Gambar 2.2 Tampilan Arduino IDE	7
Gambar 2.3 Motor Servo 996r	8
Gambar 2.4 Pin dan Input Motor Servo	9
Gambar 2.5 Water Flow Sensor YF-S201	10
Gambar 2.6 Skematik Instalasi YF-S201	10
Gambar 2.7 Representasi kurva segitiga.....	11
Gambar 2.8 Metode PWM (<i>Pulse-Width Modulation</i>)	14
Gambar 3.1 Blok Diagram Pengoptimalan <i>Valve</i> dengan Alogaritma <i>Fuzzy</i>	18
Gambar 3.2 Diagram Alir Perangkat	19
Gambar 3.3 Rancang Bangun Alat.....	21
Gambar 3.4 Grafik Sensor Flow dan Jumlah debit Air pada Matlab	23
Gambar 4.1 Grafik matlab dengan Flow 20 dan 10 tanpa <i>Fuzzy</i>	28
Gambar 4.2 Grafik matlab dengan nilai Flow 24 dan 11 tanpa <i>Fuzzy</i>	30
Gambar 4.3 Grafik matlab dengan nilai Flow 23 dan 11 dengan <i>Fuzzy</i>	32
Gambar 4.4 Grafik matlab dengan nilai Flow 34 dan 11 dengan <i>Fuzzy</i>	34
Gambar 4.5 <i>Fuzzy logic</i> pada matlab dengan 3 input dan output	35
Gambar 4.6 Pengaturan Input <i>Fuzzy Logic</i> pada Matlabc	36
Gambar 4.7 Pengaturan Input <i>Fuzzy Logic</i> pada Matlab	36
Gambar 4.8 Hasil <i>fuzzy</i> dengan nilai input 23,11 dan 0	37
Gambar 4.9 Hasil <i>fuzzy</i> dengan nilai input 0, 34 dan 11.....	38
Gambar 4.10 Grafik perbandingan <i>Fuzzy Logic</i> dan tanpa <i>Fuzzy Logic</i>	40

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Konversi Volume dan Waktu Untuk Mengetahui Debit Air	13
Tabel 3.1 <i>Hardware</i> Pendukung	16
Tabel 4.1 Variabel Input dan Output.....	24
Tabel 4.2 Nilai Parameter Variabel Flow dan Valve	25
Tabel 4.3 Rules <i>Fuzzy Logic</i> distribusi air.....	25
Tabel 4.4 Pembacaan Sensor dan Jumlah Debit dengan nilai Flow 20 dan 10....	27
Tabel 4.5 Pembacaan Sensor dan Jumlah Debit dengan nilai Flow 24 dan 11....	28
Tabel 4.6 Data Pengujian dengan perunahan nilai Flow 23 dan 11	31
Tabel 4.7 Data Keluaran Hasil <i>Fuzzy Logic</i> pada Valve 23 dan 11.....	32
Tabel 4.8 Data Pengujian dengan perunahan nilai Flow 34 dan 11	33
Tabel 4.9 Data Keluaran Hasil <i>Fuzzy Logic</i> pada Valve dari flow 34 dan 11	34
Tabel 4.10 Data pengujian hasil <i>fuzzy logic</i> pada matlab	38
Tabel 4.11 Perbandingan Hasil kendali <i>fuzzy logic</i> pada arduino dan matlab	39
Tabel 4.12 Perbandingan jumlah debit dengan dan tanpa <i>Fuzzy Logic</i>	39

DAFTAR RUMUS

Rumus	Halaman
Rumus 2.1 Sensor Aliran Air	9
Rumus 2.2 Representasi Kurva Trapesium.....	11
Rumus 2.3 <i>Rule Evaluation</i>	12
Rumus 2.4 <i>Rule Aggregation</i>	12
Rumus 2.5 <i>Deffuzification</i>	12
Rumus 2.6 Debit Air	13
Rumus 2.7 Volume Air	13
Rumus 2.8 Perhitungan <i>Duty Cycle</i> PWM.....	14
Rumus 2.9 <i>Average voltage</i>	14

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Berita Acara Seminar Skripsi / Laporan Hasil Revisi Skripsi
Lampiran 2. Hasil Pengecekan *iThenticate* / *Turnitin*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan Air sangat penting dalam setiap aktivitas kehidupan manusia, baik di wilayah perkotaan maupun pedesaan. Dengan memenuhi kebutuhan air masyarakat, maka PDAM selalu berusaha sebagai pendistribusi air bersih dari sistem pengolahan air sungai untuk kebutuhan air domestik maupun non-domestik. Seiring pertumbuhan jumlah penduduk sangat berpengaruh dalam pemakaian air bersih di setiap wilayah, perencanaan untuk pembaharuan sistem PDAM harus berdasarkan pada jumlah penduduk

Pada penelitian yang telah ada salah satunya membahas pengaruh penambahan debit kebutuhan pada zona pelayanan air bersih di PDAM Tirta Mawar. Permasalahan jaringan perpipaan merupakan suatu hal yang rumit dan kompleks, disatu sisi kebutuhan air bersih meningkat sejalan dengan perkembangan kota dan penambahan penduduk, sedangkan disisi lain perencanaan yang dilakukan belum optimal. Dari hasil dari penelitian yang dilakukan di PDAM Tirta Mawar belum sepenuhnya optimal dikarenakan tidak memakai metode untuk pembagian distribusi air[1].

Pendistribusian air bersih kepada masyarakat di kota Palembang juga belum terbagi secara merata berdasarkan kebutuhan setiap wilayah, selain dari perbedaan penggunaan masyarakat pada umumnya perbedaan debit air disebabkan karena adanya kebocoran pada pipa transmisi[2]. Dengan penggunaan sistem kendali berbasis arduino dengan metode *fuzzy*, pendistribusian air di kota Palembang dapat diatur debit air setiap wilayah dengan menghitung penggunaan air bersih dari masyarakat.

Berdasarkan permasalahan yang telah di jelaskan maka judul yang tepat untuk skripsi ini adalah “**Perancangan Prototipe Kendali Distribusi Air Bersih Menggunakan Arduino Dengan Metode *Fuzzy Logic***”.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun perumusan masalah yang bisa diambil dari latar belakang penelitian sebelumnya yaitu distribusi air bersih di PDAM tidak merata sesuai kebutuhan perwilayah dan belum menggunakan metode dari kontrol penambahan debit pada zona pelayanan air bersih tercapai dalam waktu yang sama.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan, maka tujuan penelitian yaitu:

1. Mengembangkan pengendalian pembagian distribusi air sesuai wilayah dengan *fuzzy logic* agar jumlah debit air yang didistribusikan kepada masyarakat menjadi lebih banyak dalam waktu yang sama dan merata sesuai kebutuhan dari jumlah pelanggan.
2. Mengetahui performance/unjuk kerja pengendali *fuzzy logic* dengan membandingkan data real dan hasil program Matlab.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun untuk mengarahkan penyusunan tugas akhir ini, peneliti membatasi ruang lingkup penelitian sebagai berikut :

1. Pengendalian valve menggunakan Arduino Mega dengan metode *fuzzy logic*
2. Sensor Flow dan Valve motor servo sebagai masukan dan keluaran kendali.
3. Pendistribusi air bersih menggunakan 3 Wilayah.

1.5 Keaslian Penelitian

Pada penelitian ini, penulis menganalisis beberapa jurnal yang dapat dijadikan bahan referensi yang mendukung penelitian. Penelitian pertama yang dilakukan oleh Matthew D. Jolly, Amanda D. Lothes, L. Sebastian Bryson, P.E., M.ASCE dan Lindell Ormsbee, P.E., D.WRE, F.ASCE, yang bertujuan untuk

melakukan pengembangan database beberapa air sistem distribusi yang disintesis dari sistem basis data di seluruh negara bagian yang awalnya dikembangkan oleh Kentucky Infrastructure Authority[4], dengan kekurangan untuk penggunaan database dapat dikhawatirkan terjadi kesalahan pembacaan database atau error, sedangkan kelebihan adalah Penggunaan database yang dikembangkan mempunyai akses yang lebih cepat.

Penelitian yang dilakukan oleh Esiefarienrhe M. B. dan Effiong M. E bertujuan untuk memperbaharui monitoring distribusi air di negara bagian Bauchi yang mengimplementasikan perangkat lunak dengan menggunakan bahasa pemrograman visual basic untuk memantau keseimbangan distribusi air[12]. dengan kekurangan untuk monitoring masih mencakup daerah lokal belum sampai untuk akses jarak jauh. Sedangkan kelebihan adalah distribusi air lebih mudah dimonitoring secara langsung.

Penelitian yang dilakukan oleh Zamzami, Azmeri, dan Syamsidik dengan tujuan untuk mengetahuinya faktor-faktor yang harus dipenuhi agar sistem jaringan air bersih bisa berjalan dengan lancar. Ini termasuk aliran air, tekanan dan aliran kontinuitas, faktor harian maksimum (F_{max}) dan faktor puncak nyata (F_{peak}) dari jaringan yang ada[1]. Adapun kekurangannya adalah monitoring masih dilakukan dengan pengecekan kelengkapan. Sedangkan kelebihan adalah semua proses ditribusi air diketahui laporan data harian.

Penelitian referensi terakhir yang berhubungan dengan metode kontroler PID-Fuzzy yang Dwi Arkin Pritandi, Joko Susila dan Eka Iskandar dengan tujuan untuk menerapkan sebuah metode pengaturan untuk menala parameter kontroler PID secara otomatis, sehingga sistem tetap dapat bekerja dengan baik saat terdapat gangguan. Konfigurasi *cascade* pada sistem pengaturan level dan *flow* menggunakan kontroler PID konvensional memberikan hasil yang kurang baik dengan perubahan level lebih banyak saat perubahan parameter *plant*[3]. Adapun kekurangannya adalah uji coba program yang dilakukan lebih banyak memakan

waktu serta biaya kontroler lebih mahal dengan diperlukannya memory yang lebih besar. Sedangkan kelebihanannya adalah konfigurasi kontroler PID lebih mudah sesuai perubahan parameter *plant*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. Zamzami, A. Azmeri, and S. Syamsidik, "Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Pdam Tirta Tawar Kabupaten Aceh Tengah," *J. Arsip Rekayasa Sipil dan Perenc.*, vol. 1, no. 1, pp. 132–141, 2018.
- [2] R. T. Siregar and R. Harahap, "Manajemen Sistem Pemipaan Untuk Penyediaan Air Bersih Pada Kecamatan Medan Sunggal Kota Medan," *Bul. Utama Tek.*, vol. 13, no. 2, pp. 109–113, 2018.
- [3] D. A. P. A. Pritandi, "Perancangan Kontroler PID-Fuzzy untuk Sistem Pengaturan Cascade Level dan Flow pada Basic Process Rig 38-100," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, pp. F54–F60, 2016.
- [4] M. D. Jolly, A. D. Lothes, L. Sebastian Bryson, and L. Ormsbee, "Research database of water distribution system models," *J. Water Resour. Plan. Manag.*, vol. 140, no. 4, pp. 410–416, 2013.
- [5] F. Djuandi, "Pengenalan Arduino," *Penerbit www. tokobuku. com. Jakarta*, 2011.
- [6] A. ALIYIN M, "Pengaruh Jumlah Sudu Sentrifugal Impeller Terhadap Kapasitas dan Efisiensi Pompa Sentrifugal," *J. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 03, 2015.
- [7] M. R. Djalal, D. Ajiatmo, A. Imran, and I. Robandi, "Desain optimal kontroler PID motor DC menggunakan cuckoo search algorithm," *SENTIA 2015*, vol. 7, no. 1, 2015.
- [8] R. Y. Nasution, H. Putri, and Y. S. Hariyani, "Perancangan Dan Implementasi Tuner Gitar Otomatis Dengan Penggerak Motor Servo Berbasis Arduino," *J. Elektro dan Telekomun. Terap.*, vol. 2, no. 1, 2015.
- [9] M. A. ZULKARNAIN, "Penggunaan Water Flow Sensor G ½ Pada Penghitung Pemakaian Air Pdam Dalam Konversi Rupiah Melalui Pc (Personal Computer)." *Politeknik Negeri Sriwijaya*, 2015.
- [10] D. Sri Kusuma, "Analisis Desain Sistem Fuzzy menggunakan Tool Box Matlab," *Yogyakarta Graha Ilmu*, 2002.
- [11] E. Maulana, "Pengaturan PWM (Pulse Width Modulation) dengan PLC," *Universitas Brawijaya Malang*, 2012.
- [12] Esiefarienrhe M. B. Effiong M. E, "Simulation of a Computer-based Water Distribution System for Bauchi Metropolis," *J. Com. Scienc. Inform. Tech.*, Vol. 2, No. 2, pp. 87-100, 2014.