Hak cipta dan penggunaan kembali:

Lisensi ini mengizinkan setiap orang untuk menggubah, memperbaiki, dan membuat ciptaan turunan bukan untuk kepentingan komersial, selama anda mencantumkan nama penulis dan melisensikan ciptaan turunan dengan syarat yang serupa dengan ciptaan asli.

Copyright and reuse:

This license lets you remix, tweak, and build upon work non-commercially, as long as you credit the origin creator and license it on your new creations under the identical terms.

Team project ©2017
Dony Pratidana S. Hum | Bima Agus Setyawan S. IIP

BAB II

LANDASAN TEORI

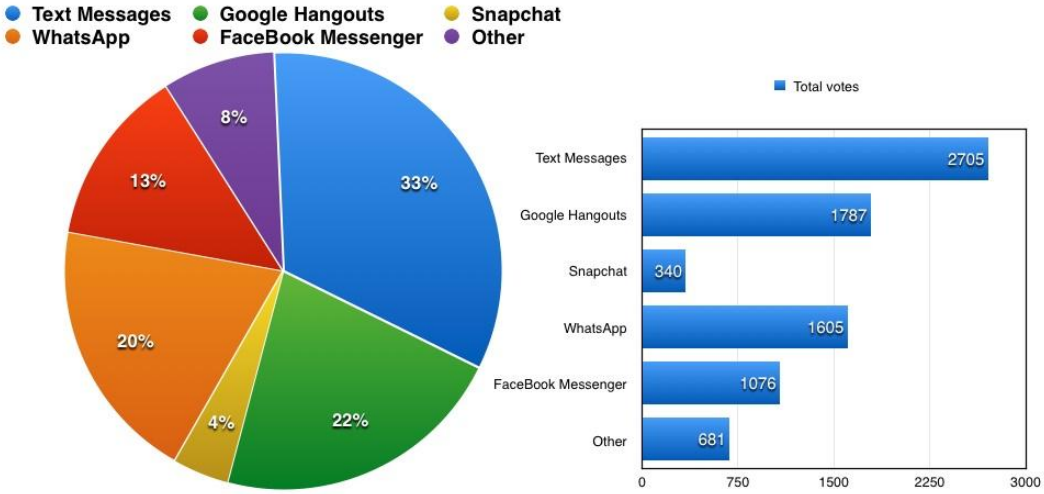
2.1 Short Messaging Service

Short Messaging Service atau biasa disebut SMS adalah protokol yang digunakan untuk mengirimkan pesan pendek melalui jaringan nirkabel. SMS dapat menampung sebanyak 160 karakter (huruf, angka, simbol). Untuk jenis selain alfabet, seperti bahasa mandarin dan arab, panjang maksimum dari pesan hanya sebesar 70 karakter. Salah satu alasan dari hal itu karena SMS pada awalnya hanya sebagai fitur tambahan untuk menggunakan *bandwidth* yang tersisa pada jaringan suara nirkabel [9].

Cara kerja SMS mirip dengan *paging* pada *pager*. Namun, pesan SMS tidak membutuhkan telepon selular untuk selalu aktif dan berada di dalam jaringan. Hal ini karena SMS akan disimpan oleh jaringan sampai beberapa hari sampai telepon tujuan aktif dan masuk ke dalam jaringan. [10].

Berdasarkan riset yang dilakukan oleh Android Central, didapatkan data bahwa SMS adalah metode yang paling disukai untuk melakukan kontak dengan orang lain. Hal ini tidaklah mengejutkan karena SMS dapat dilakukan di semua telepon genggam, mudah digunakan, dan bahkan tanpa biaya pada beberapa *provider* [11].

Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016



Gambar 2.1 Hasil Riset Metode Komunikasi [11]

2.2 Penelitian Terdahulu

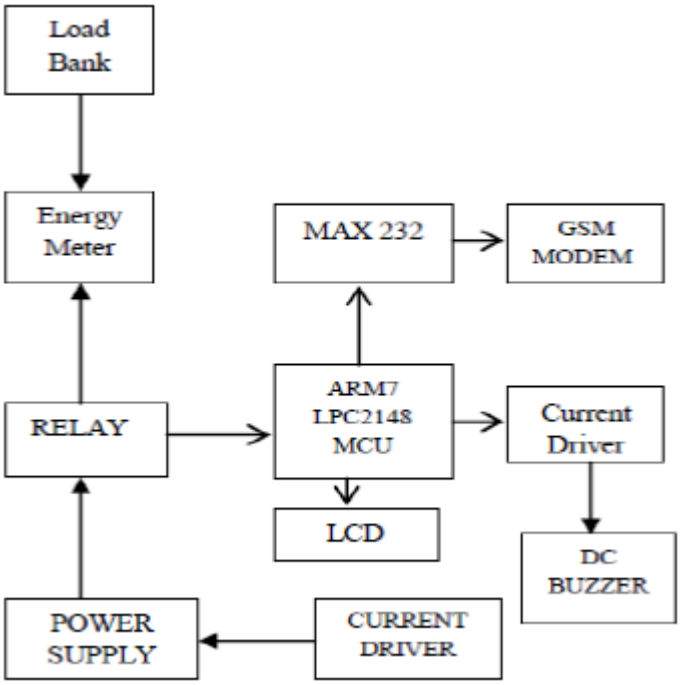
Pada penelitian ini, alat dirancang sedemikian rupa agar dapat mencatat jumlah penggunaan air, mendeteksi kebocoran air, dan dapat dikendalikan dari jarak jauh. Walaupun sistem yang serupa belum ada, namun fungsi – fungsi tersebut sudah pernah diimplementasikan sebelumnya dalam bentuk penelitian yang berbeda.

2.2.1 Automated Wireless Meter Reading System

Pada penelitian berjudul "Automated Wireless Meter Reading System for Monitoring and Controlling Power Consumption" oleh O.Homa Kesav dan B. Abdul Rahim telah dilakukan penelitian dengan menggunakan modul GSM sebagai perangkat untuk melakukan kontrol jarak jauh. Penelitian tersebut mengenai meteran listrik rumah yang dilengkapi modul GSM. Adapun tujuan digunakannnya modul GSM pada meteran listrik adalah penghematan penggunaan *human resource* dalam *power management* dimana interfensi manusia untuk mematikan dan

Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016

menghidupkan aliran listrik kepada pengguna dihilangkan. Gambar 2.2 berikut ini menggambarkan struktur dari *wireless meter reading system* [5].

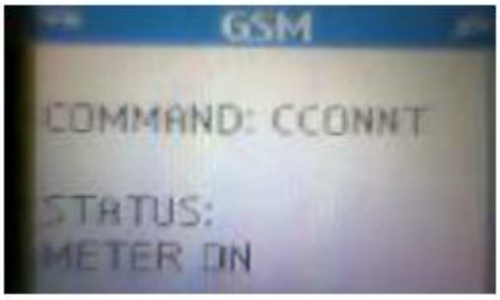


Gambar 2.2 Struktur Diagram *Wireless Meter Reading System* [5]

Maksud dari menghilangkan intervensi manusia adalah server perusahaan penyedia listrik akan mengirimkan perintah SMS untuk mematikan dan menghidupkan aliran listrik pelanggan sehingga tidak diperlukan manusia untuk pelaksanaan secara manual. Aktivitas server tersebut adalah ketika pelanggan melewati tenggat waktu pembayaran tagihan listrik server akan mengirimkan perintah SMS untuk mematikan aliran listrik. Sedangkan setelah pembayaran telah terkoinfirmasi server akan mengirimkan perintah SMS untuk menghidupkan aliran listrik pengguna. Gambar 2.3 berikut ini adalah perintah mematikan aliran listrik, sementara pada Gambar 2.4 adalah perintah menghidupkan aliran listrik [5].

Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016

Gambar 2.3 Perintah Mematikan Aliran Listrik [5]



Gambar 2.4 Perintah Menghidupkan Aliran Listrik [5]

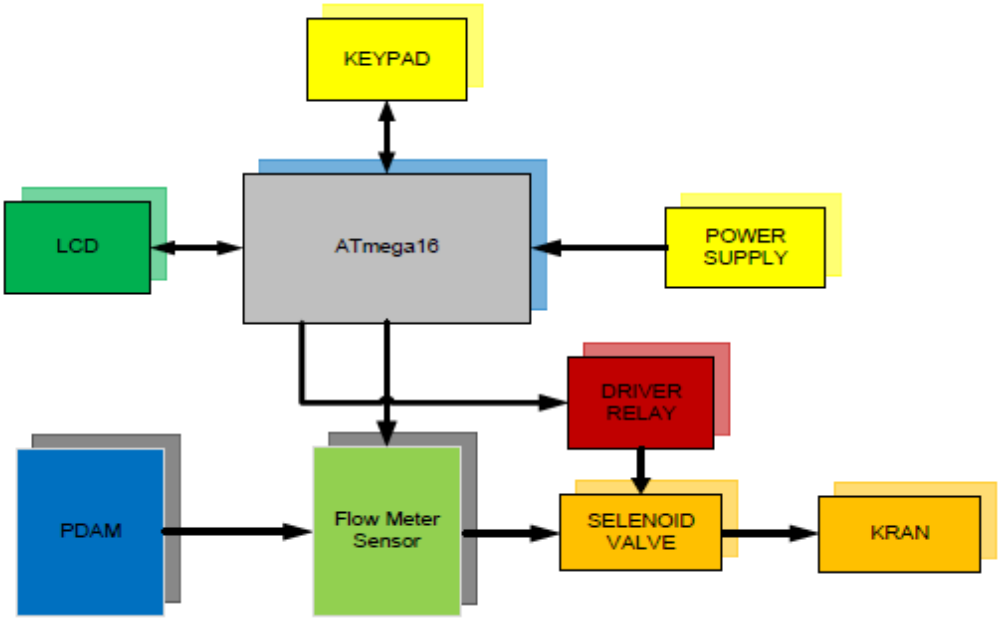
Kelebihan pada penelitian adalah adanya SMS balasan dari alat pada meteran listrik. Dengan adanya SMS balasan maka pengirim dapat mengetahui status kondisi dari alat yang telah dikirimi SMS. Namun pada penelitian tersebut menggunakan modul GSM yang tidak memiliki TTL. Dengan memakai modul GSM yang memiliki TTL maka tidak diperlukan lagi MAX 232 untuk komunikasi dengan mikrokontroler.

2.2.2 Meteran Air Bersih Prabayar

Pada penelitian berjudul "Perancangan Meteran Air Bersih Prabayar Pada Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler" oleh Hendra Syafliadi telah dilakukan penelitian dengan menggunakan *flow sensor* sebagai perangkat untuk menghitung jumlah pemakaian air. Penelitian tersebut mengenai meteran air PDAM yang dijadikan digital dengan memakai sistem prabayar. Adapun tujuan digunakannnya

Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016

flow meter pada meteran air adalah agar nilai penggunaan air menjadi bentuk data sehingga sistem prabayar dalam bentuk voucher dapat diimplementasikan. Gambar 2.5 berikut ini menggambarkan struktur dari meteran air bersih prabayar [6].



Gambar 2.5 Struktur Diagram Meteran Air Bersih Prabayar [6]

Sistem prabayar dari penelitian tersebut dengan memasukkan kode voucher sehingga sistem memiliki kuota penggunaan air. Kemudian dengan menggunakan *flow sensor* sebagai pencatat jumlah air yang telah digunakan, sedikit demi sedikit kuota pemakaian air akan berkurang. Setelah kuota habis maka air tidak akan mengalir karena *solenoid valve* akan ditutup ketika kuota telah habis [6].

Kelebihan penelitian tersebut adalah pada implementasi keypad dan kode voucher sehingga penelitian dapat diaplikasikan oleh PAM. Namun salah satu kelemahan penelitian tersebut adalah tidak adanya penyimpanan data pada media penyimpanan data. Jumlah kuota air apabila hanya tersimpan pada RAM mikrokontroler akan hilang apabila terjadi *power failure*, tentu saja ini sangat

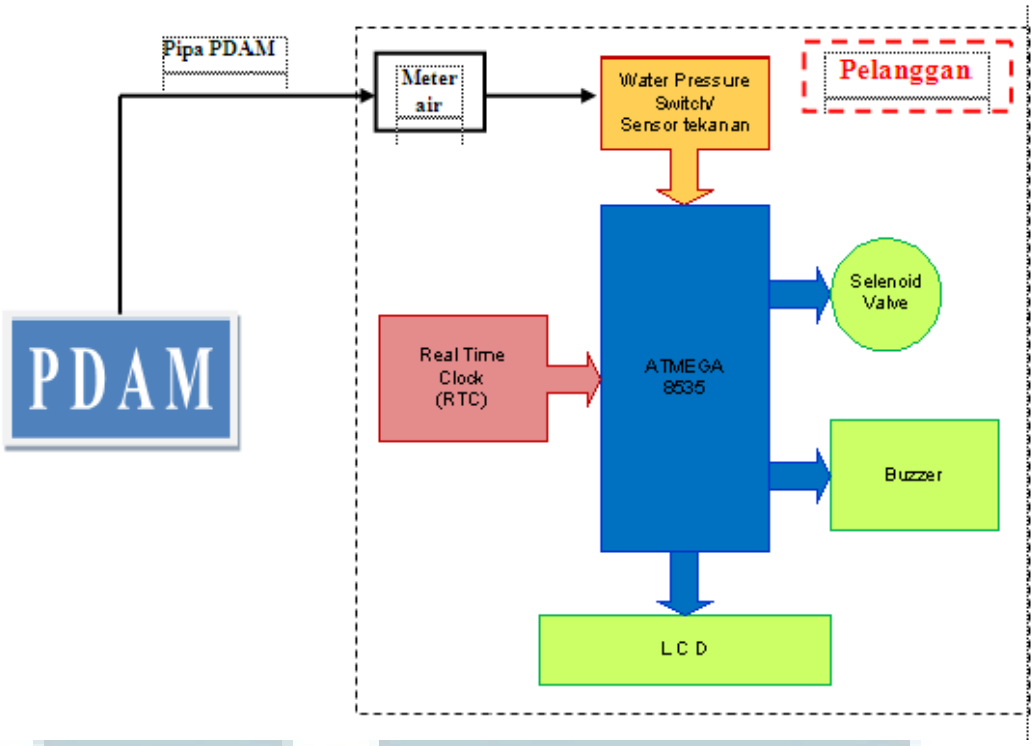
Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016

penting pada sistem prabayar untuk menyimpan kuota air yang tersisa, sehingga implementasi media penyimpanan perlu dilakukan.

2.2.3 Sistem Proteksi Kebocoran Air

Pada penelitian berjudul "Perancangan dan Pembuatan Sistem Proteksi Kebocoran Air Pada Pelanggan PDAM Dengan Menggunakan Selenoid Valve dan Water Pressure Switch Berbasis ATMEGA 8535" oleh Zanuar Rakhman dan M. Ibrahim Ashari telah dilakukan penelitian dengan menggunakan *water pressure switch* sebagai perangkat untuk mendeteksi kebocoran air. Penelitian tersebut mengenai pipa air pelanggan PDAM yang dapat mendeteksi kebocoran air sehingga dapat mengurangi pemborosan. Adapun tujuan digunakannnya *water pressure switch* pada pipa air adalah agar tekanan di dalam pipa air dapat dibaca oleh sistem dalam bentuk tegangan. Dengan membandingkan besar tekanan ketika keran air tertutup dan ketika terbuka maka situasi terjadinya kebocoran atau terbukanya keran air dapat diketahui. Gambar 2.6 berikut ini menggambarkan struktur dari sistem proteksi kebocoran [8].

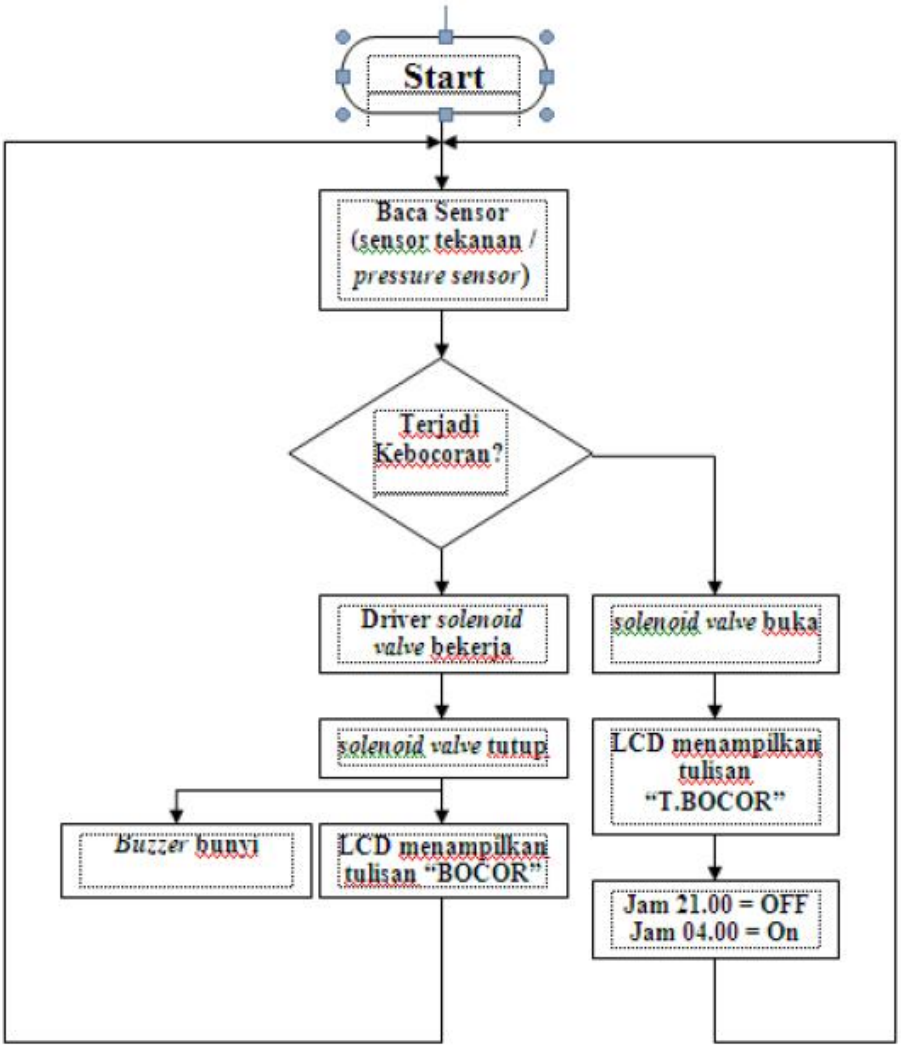
Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016



Gambar 2.6 Struktur Diagram Sistem Proteksi Kebocoran [8]

Sistem proteksi dari penelitian tersebut dilengkapi dengan buzzer dan LCD sebagai media penyampaian informasi kebocoran. Ketika terjadi kebocoran buzzer akan berbunyi dan LCD akan menampilkan tanda "bocor". Sedangkan RTC berfungsi untuk membaca waktu karena sistem akan otomatis mati pada jam 21.00 dan kembali aktif pada jam 04.00. Gambar 2.7 berikut ini menggambarkan *flowchart* dari sistem proteksi kebocoran [8].

Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016



Gambar 2.7 Flowchart Sistem Proteksi Kebocoran [8]

Kelebihan penelitian tersebut adalah bahwa sistem dapat otomatis hidup dan mati pada jam yang telah ditentukan. Namun salah satu kelemahan penelitian tersebut adalah tidak adanya fitur untuk mencatat jumlah air sehingga implementasi *flow sensor* sebagai pendeteksi kebocoran dan pencatat jumlah air dapat dilakukan.

Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016

2.2.4 Leak Defense System

Pada produk bernama “Leak Defense System” oleh Sentinel Hydrosolutions telah dilakukan penjualan produk untuk mendeteksi kebocoran air dengan membaca aliran air berdasarkan *timer*. Pendeteksian dilakukan pada saluran utama untuk membaca seluruh aliran air, dimana ketika terjadi penggunaan air secara terus – menerus dalam waktu tertentu akan mengaktifkan alarm dari sistem. Pada produk tersebut terdapat mode *home* dan *away* dimana mode tersebut akan mengubah besarnya timer penggunaan air untuk pendeteksi kebocoran. Selain itu ketika pemilik rumah ingin meninggalkan rumah dalam waktu yang lama maka fitur *turn off water* dipilih. Karena tidak akan ada penggunaan air maka alat akan menutup saluran utama pipa di dalam rumah. Gambar 2.8 berikut ini merupakan tampak dari leak defense system [12].

Gambar 2.8 Tampak Alat Leak Defense System [12]

2.2.5 Water Cop

Pada produk bernama “Water Cop” oleh Dyna Quip telah dilakukan penjualan produk untuk mendeteksi kebocoran air dengan membaca genangan air yang dihasilkan oleh tetesan air. Pendeteksian dilakukan dengan menempatkan

Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016

sensor air pada lokasi yang memiliki tingkat kebocoran tinggi di dalam rumah. Sehingga setelah terjadi kebocoran apabila air menyentuh sensor air yang telah diletakkan pada daerah tersebut maka sensor akan mengirimkan informasi ke katup utama untuk menghentikan aliran air. Gambar 2.9 berikut ini merupakan tampak dari water cop [13].

Gambar 2.9 Tampak Alat Water Cop [13]

2.3 Mikrokontroler STC 90C516RD+

Mikrokontroler STC 90C516RD+ adalah mikrokontroler berbasis pada mikrokontroler 8051. Mikrokontroler ini memiliki total 40 pin kaki dan dalam penggunaannya sebanyak 32 *digital input / output* pin dapat digunakan. Diantara 32 pin tersebut beberapa pin memiliki fungsi khusus seperti 2 pin *external interrupt*, 2 pin *serial communication*, dan 3 pin *timer / counter*. Sedangkan untuk *operating frequency* nya berkisar dari 0 – 40 MHz sehingga pemilihan osilator kristal dapat lebih spesifik sesuai kebutuhan. Kemudian untuk pemrograman hanya cukup menghubungkan ke komputer dengan kabel USB to Serial pada serial pin yang dimiliki oleh mikrokontroler [14].

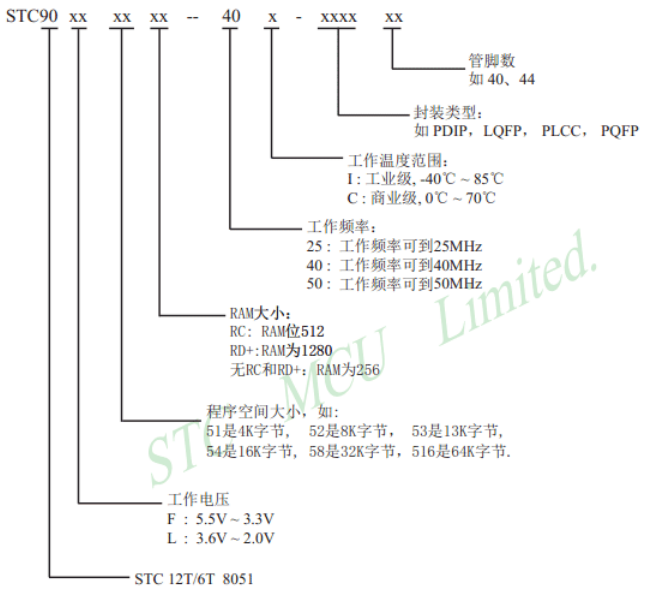
Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016

Gambar 2.10 Mikrokontroler STC90C516RD+ [14]

Tabel 2.1 berikut menggambarkan deskripsi STC90C516RD+ [15].

Tabel 2.1 Deskripsi STC90C516RD+

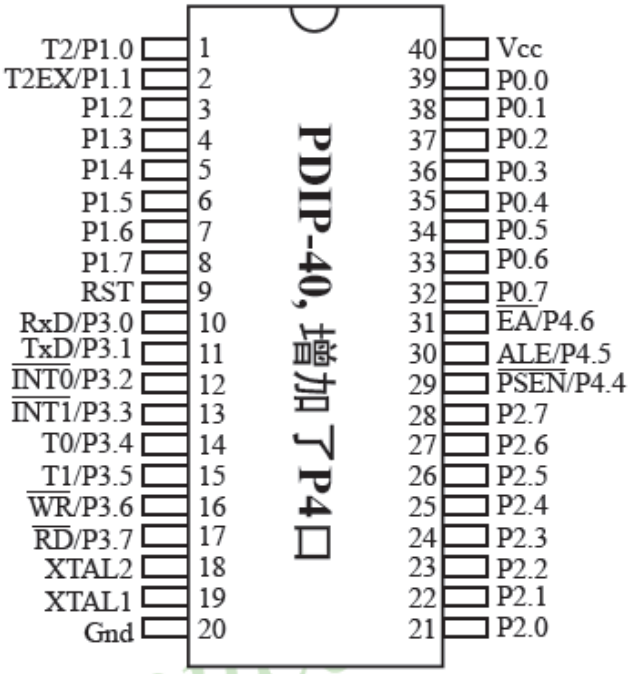
Microcontroller	STC90C516RD+
Microcontroller Architecture	8051 Microcontroller
Operating Voltage	3.3-5V
Operating Frequency Range	0-40MHz
Operating Temperature Range	-40 ~ 85°C
Digital I/O Pins	32
Internal Pull-up Resistor	P0 (0-7) port
Programming Method	ISP (In-system Programmable)
Flash Memory	64 KB
RAM	1280 Bytes



Gambar 2.11 Penamaan Seri Mikrokontroler STC90 [15]

Masing – masing dari 32 pin pada mikrokontroler dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, dengan memberikan value 0 atau 1 pada pin yang ingin digunakan dan beroperasi pada tegangan 5 volt. Pada port P0 (P.0 – P.7) memiliki resistor *pull-up* internal, namun pada port lainnya tidak. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus [15]:

- *Serial*: 3.0 (RX) and 3.1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) TTL data serial. Pin ini dapat dihubungkan ke USB-to-TTL Serial Chip untuk pemrograman.
- *External Interrupts*: 3.2 and 3.3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk menerima stimulasi dari luar dan memicu interupsi.
- *Timer / Counter*: 3.4, 3.5, dan 1.0. Pin ini dapat dikonnfigurasi untuk menerima stimulasi dari luar dan berperilaku sebagai *timer* ataupun *counter*.



Gambar 2.12 Deskripsi Pin STC90C516RD+ [15]

Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016

2.4 Water Flow Sensor

Water flow sensor adalah salah satu alat yang digunakan dalam bidang elektronika yang berhubungan dengan air, dimana sensor terdiri dari badan plastik yang berisikan rotor air dan sensor *hall-effect*. Alat ini berfungsi mengubah jumlah air yang mengalir menjadi pulsa – pulsa sinyal sehingga alat ini memungkinkan untuk melakukan perhitungan air dan melakukan perubahan terhadapnya menjadi sinyal listrik. Cara kerja dari alat ini pada saat air mengalir, air akan menggerakkan rotor air yang memiliki magnet, dan dengan bergeraknya magnet pada posisi tertentu akan mengaktifkan sensor *hall-effect* sehingga sensor akan menghasilkan pulsa sinyal yang akan dibaca oleh mikrokontroler. Jenis – jenis dari *water flow sensor* cukup banyak, namun pemilihan tipe umunya dilakukan berdasarkan kebutuhan laju air, besar media yang digunakan, dan kebutuhan akurasi dari alat [16].

Gambar 2.13 Water Flow Sensor FS300A [16]

Water flow sensor adalah jenis sensor yang keluarannya tergantung pada jumlah air yang menggerakkan rotor air. Jumlah *output pulse* akan besar saat

Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016

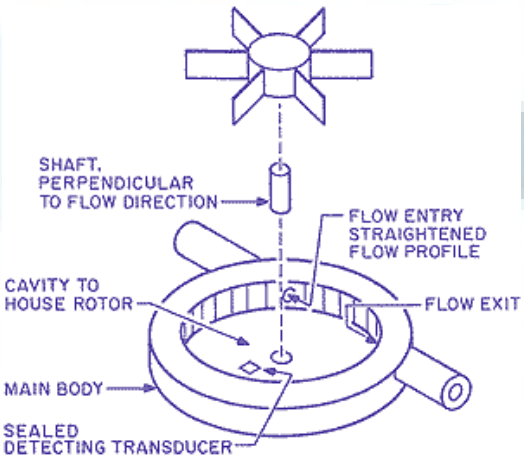
banyak air yang mengalir dan akan berkurang bahkan berhenti mengeluarkan pulsa jika tidak ada air yang menggerakkan rotor air [16].

Tabel 2.2 berikut menggambarkan deskripsi FS300A water flow sensor [16].

Tabel 2.2 Deskripsi FS300A Water Flow Sensor

Min. Working Voltage	DC 4.5V
Max. Working Current	15mA (DC 5V)
Working Voltage	5V~ 24V
Flow Rate Range	1 ~ 60L/min
Operating Temperature	≤ 80°C
Liquid Temperature	≤ 120°C
Operating Humidity	35% ~ 90%RH
Water Pressure	≤ 2.0MPa
Storage Temperature	-25°C ~ +80°C
Storage Humidity	25% ~ 95%RH
Pipe Line	G 3/4”

Water flow sensor tidak mempunyai akurasi dan tingkat yang sama untuk setiap jenisnya. Berdasarkan material dari sensor dan struktur mekanisme yang digunakan tingkat akurasi beragam, dimana pada sensor yang digunakan memiliki kincir sebagai mekanisme penghasil sinyal listrik. Mekanisme kincir menawarkan *performance-to-cost ratio* yang cukup bagus dan memiliki jenis dari pipa kecil sampai besar, serta untuk aliran air lemah sampai aliran air kuat [17].



Gambar 2.14 Struktur Paddlewheel Flow Sensor [17]

Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016

2.5 Solenoid Valve

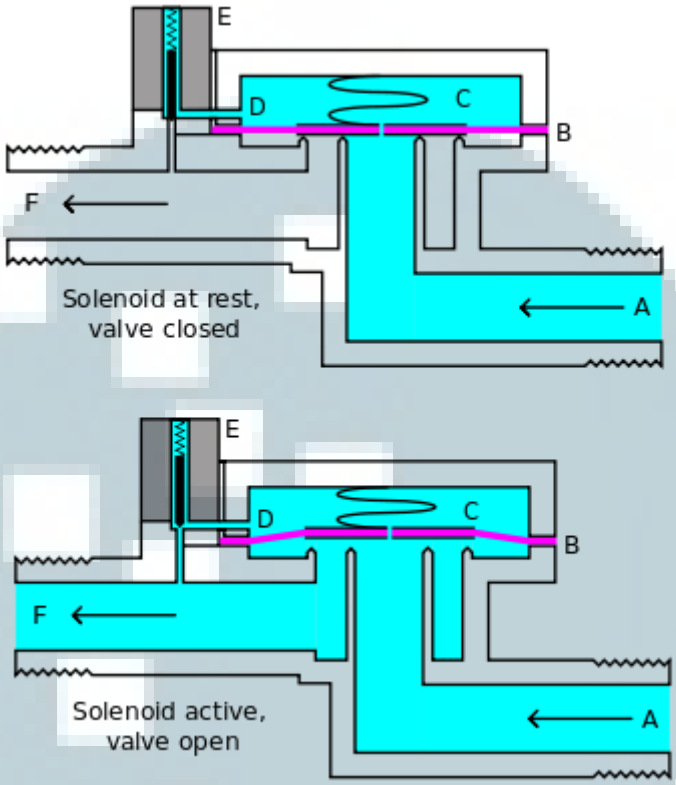
Kata *valve* dalam bahasa Indonesia memiliki arti “katup”, dimana katup adalah sebuah alat untuk membuka atau menutup saluran sehingga fluida yang mengalir di dalamnya dapat diteruskan atau dihentikan. Sedangkan solenoid adalah salah satu jenis kumparan terbuat dari kabel panjang yang dililitkan secara rapat. Kemudian gabungan antara kedua itu adalah *solenoid valve* atau biasa disebut katup listrik, dimana katup listrik adalah katup yang digerakkan oleh energi listrik, mempunyai koil sebagai penggeraknya yang berfungsi untuk piston yang dapat digerakkan oleh arus AC maupun DC [18].

Gambar 2.15 Solenoid Valve [19]

Solenoid valve merupakan katup listrik yang mempunyai koil sebagai penggeraknya dimana pada jenis NC (*Normally Closed*) ketika mendapat tegangan listrik maka koil tersebut akan berubah menjadi medan magnet sehingga menggerakkan piston pada bagian dalamnya. Ketika piston berubah posisi maka lubang akan terbentuk dari saluran masuk ke saluran keluar perangkat. Sedangkan pada jenis NO (*Normally Open*) memiliki prinsip yang sejenis namun bersifat

Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016

terbalik, dimana ketika mendapat tegangan listrik maka koil akan menggerakkan piston untuk menutup lubang saluran [18].



Gambar 2.16 Cara Kerja Solenoid Valve NC [18]

Tabel 2.3 berikut menggambarkan deskripsi 3/4" Solenoid Valve [19].

Tabel 2.3 Deskripsi 3/4" Solenoid Valve

Thread Size	3/4" inlet and outlet
Material	Plastic
Working Temperature	1°C – 75°C
Flow Rate Range	0.02MPa≥3L/min~0.8MPa≥35L/min
Operating Voltage	DC 12V
Resistance Coil	4.75KΩ ± 0.25KΩ
Working Environment	Water
Lifespan	More Than 1,000,000 times

Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016

2.6 GSM Module

GSM module adalah salah satu perangkat yang dapat digunakan untuk melakukan komunikasi melalui jaringan GSM. Sedangkan GSM (*Global System for communication*) merupakan arsitektur untuk komunikasi mobile yang telah digunakan hampir di seluruh negara di dunia. *GSM module* terdiri dari modem GSM yang telah tergabung dengan sirkuit elektronik untuk suplai listrik dan media komunikasi serial untuk berkomunikasi dengan komputer. Dengan adanya fungsi tersebut komunikasi jarak jauh terhadap komputer ataupun mikrokontroler dapat dilakukan [20].

Gambar 2.17 GSM Module SIM900A [21]

GSM Module SIM900A adalah modul GSM dari SIMCOM, dimana alat dapat bekerja pada frekuensi 900/1800MHz dengan mendeteksi secara otomatis frekuensi yang tersedia. SIM900A merupakan tipe *ultra compact* dan *reliable* modul, dimana dapat digunakan untuk *voice*, SMS, data, dan FAX hanya dengan bentuk yang kecil dan menggunakan hanya sedikit tenaga listrik, namun tidak semua modul memiliki semua fungsi itu karena diantara modul yang beredar ada modul yang tidak memiliki *hardware* penunjang untuk fungsi tersebut [22].

Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016

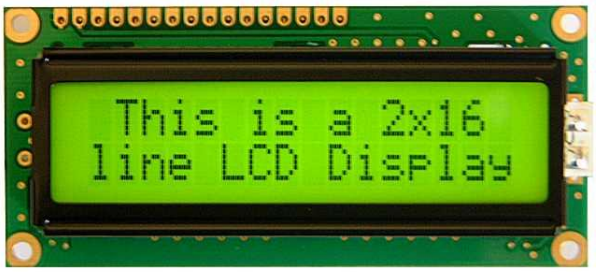
Tabel 2.4 berikut menggambarkan deskripsi GSM Module SIM900A [21].

Tabel 2.4 Deskripsi GSM Module SIM900A

Chip	SIM900A
Operating Voltage	DC 3.1 – 4.8V
Serial Interface	TTL, RS232
Frequency Range	900/1800MHz
Command Type	AT commands
Low Power Consumption	1.5mA (Sleep mode)
Operation Temperature	-40°C – 85°C
Audio Power Jack	N/A

2.7 Liquid Crystal Display

LCD (Liquid Crystal Display) adalah sebuah perangkat penampil elektronik yang dapat digunakan di berbagai macam keperluan. LCD 16x2 merupakan tipe yang paling sederhana dan paling umum digunakan di berbagai macam alat dan rangkaian. Module LCD ini lebih banyak diminati dibandingkan dengan *seven segments* dan *multi segments* lainnya, hal ini dikarenakan LCD lebih ekonomis, mudah di program, dan tidak memiliki batasan untuk menampilkan karakter khusus, gerakkan animasi dan hal lainnya [23].



Gambar 2.18 16x2 LCD [23]

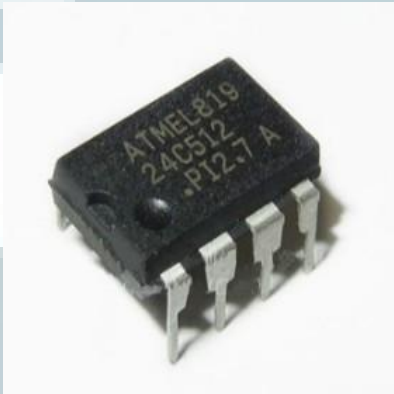
LCD 16x2 memiliki arti alat dapat menampilkan 16 karakter per baris, dimana alat memiliki total 2 baris. Dalam LCD ini tiap karakter ditampilkan dengan

Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016

pixel matrix ukuran 5x7, dan memiliki 2 register yaitu *command* dan *data* register. Register *command* berfungsi untuk menyimpan perintah instruksi yang akan diberikan ke LCD, dimana instruksi tersebut seperti menyalakan alat, menghapus layar, memindahkan posisi kursor, mengontrol tampilan, dan lainnya. Sedangkan pada register *data* menyimpan data yang akan ditampilkan pada LCD, dimana data yang dimaksud adalah nilai ASCII dari karakter yang ditampilkan di layar [23].

2.8 EEPROM

EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) adalah sebuah modul memori data penyimpanan yang bersifat *non-volatile*. *Non-volatile memory* adalah tipe memori yang dapat menjaga informasi yang tersimpan walaupun perangkat tidak mendapatkan suplai energi listrik. EEPROM umumnya digunakan oleh komputer dan perangkat elektronik lainnya untuk menyimpan data informasi yang jumlahnya relatif kecil namun dapat ditulis dan dihapus pada tiap byte nya [24].



Gambar 2.19 ATMEL EEPROM [25]

EEPROM memiliki beberapa jenis dimana umumnya dibedakan atas kegunaan dan cara penulisan data. Salah satu jenisnya adalah *Serial EEPROM*, dimana jenis ini memiliki kapasitas berkisar 1Kb hingga 2Mb. Pada jenis ini alat memiliki tipe I2C (*2 Wire*) atau memiliki arti 2 kabel, dimana 2 kabel tersebut

Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016

menunjuk pin yang dibutuhkan untuk melakukan perintah tulis dan baca. Pin – pin tersebut terrdiri dari SDA dan SCL, dimana SDA merupakan data *input* untuk alamat dan informasi data yang ditulis, sedangkan SCL merupakan *clock input* yang digunakan untuk sinkronisasi EEPROM dengan mikrokontroler untuk berbagai macam kegunaan [25].

2.9 RTC Module

RTC (Real Time Clock) module adalah sebuah modul penyedia tanggal dan waktu. Sesuai dengan nama modul yang berarti waktu "riil" atau nyata, tujuan dari modul RTC adalah memberikan tanggal dan waktu yang presisi untuk berbagai macam keperluan. Modul RTC memiliki inti perangkat dalam bentuk IC *(Integrated Chip)* dalam berbagai jenis yang berbeda, dan modul juga mendapat suplai listrik dari baterai lithium *internal*, sehingga walaupun tenaga listrik dari sistem utama telah terputus pun waktu dari modul RTC dapat berjalan tanpa masalah [26].

Gambar 2.20 Tiny RTC Module [27]

Salah satu jenis dari modul RTC yang dapat digunakan adalah *tiny RTC module*, dimana modul ini memiliki inti *clock chip* DS1307 yang mendukung protokol I2C, dan menggunakan baterai lithium tipe CR1225. Modul ini dapat

Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016

memberikan informasi waktu dan kalendar, dimana waktu meliputi detik, menit, dan jam, kemudian informasi kalendar meliputi tanggal, bulan, dan tahun. Pada akhir bulan tanggal akan otomatis bertambah pada bulan yang memiliki jumlah hari kurang dari 31 hari, termasuk perubahan pada tahun kabisat [27].

Tabel 2.5 berikut menggambarkan deskripsi Tiny RTC Module [27].

Tabel 2.5 Deskripsi Tiny RTC Module

IC	DS1307
Operating Voltage	DC 5V
Battery	CR1225
Operating clock	24-hour / 12-hour AM PM
Feature	Automatic Power-Fail detect
Low Power Consumption	500nA (Battery-Backup mode)
Serial Interface	I2C

Rancang bangun..., Candhika Anhari Ghifran, FTI UMN, 2016