

Perancangan Alat Telemetri Temperatur dan Gas Pada Gunung Berapi Secara *Wireless*

Jumkimo Pramono¹, Tjandra Susila² dan Pono Budi Mardjoko¹

Abstract: *Volcano monitoring nowadays is done by building monitoring post, attaching monitoring device, and getting data from the volcano itself. Volcano monitoring is done due to the danger of volcano activities for civilian around. Volcano eruption can suddenly throw out gas and increase temperature of solvatar's steam. This condition is dangerous for persons who monitors and getting data from the volcano. This device is made so persons who monitor the volcano can get the data by telemetry and they don't need to come to the volcano. The data monitored are temperature and CO gas. Microcontroller is used to control data delivering speed. ADC is used to connect sensor and microcontroller. The maximum temperature can be measured is 500 °C, CO gas can be measured until 10.000ppm and can be sent to maximum distance of 7,4 km with Handy Talky (HT). Microcontroller then accept the data and show them to PC (Personal Computer) in graphic until 50 data. The data can also be stored in database. Buzzer and colour on PC are used for indicators if the received data are above normal limit. PC can also command microcontroller to control delivering data speed from every minute until every one hour.*

Kata kunci: *temperature, gas CO, mikrokontroller, solvatar vapor, monitoring.*

Abstrak: Pemantauan gunung berapi saat ini dilakukan dengan cara membangun posko pemantauan, memasang alat pemantau, dan mendatangi gunung untuk mengambil data. Pemantauan gunung berapi dilakukan karena aktivitas gunung berapi dapat berbahaya bagi penduduk di sekitarnya. Gunung berapi ketika aktif dapat mengeluarkan gas dan mengakibatkan kenaikan temperatur uap solvatar secara tiba-tiba. Kondisi ini dapat membahayakan pemantau ketika mengambil data di gunung berapi. Alat ini dibuat agar pemantau dapat mengambil data gunung berapi secara telemetri, sehingga pemantau tidak perlu datang ke gunung berapi. Data yang dipantau berupa gas CO dan temperatur. Mikrokontroler digunakan untuk mengatur kecepatan pengiriman data-data tersebut. ADC digunakan untuk menghubungkan sensor dengan mikrokontroler. Temperatur yang diukur dapat mencapai 500 °C dan kadar gas CO sampai 10.000 ppm dan dapat dikirim sejauh 7,4 km dengan menggunakan Handy Talky (HT). Mikrokontroler kemudian menerima data tersebut dan ditampilkan di Personal Computer (PC) dalam bentuk grafik sebanyak 50 data dan data tersebut dapat disimpan di database. Indikator berupa suara pada buzzer dan tampilan warna pada PC digunakan apabila dideteksi data temperatur dan gas melebihi ambang batas normal. PC dapat memerintahkan mikrokontroler untuk mengatur pengiriman datanya dari setiap satu menit sampai setiap satu jam.

Kata kunci: uap solvatar, gas CO, temperatur, pemantau, mikrokontroler

PENDAHULUAN

Sistem telemetri adalah suatu sistem pemantauan jarak jauh yang digunakan untuk pengukuran di daerah-daerah yang sulit dijangkau manusia. Salah satu contoh sistem telemetri, adalah telemetri gunung berapi. Telemetri gunung berapi bertujuan untuk mengetahui kondisi/aktivitas gunung berapi. Aktivitas gunung berapi berbahaya bagi penduduk di sekitarnya karena dapat mengeluarkan gas beracun H₂S, SO₂, CO, NO₂ dan CO₂ [1], lava dan gempa. Aktivitas gunung berapi yang berbahaya tersebut menyebabkan gunung berapi perlu dipantau secara berkala. Pemantauan gunung berapi dapat dilakukan dalam beberapa tahap yaitu mendatangi gunung, membangun posko pemantauan dan memasang alat untuk mendeteksi aktivitas gunung berapi. Alat pendeteksi aktivitas gunung berapi digunakan untuk mengukur data-data berupa temperatur, kadar racun di udara sekitar kawah solfatar atau danau kawah, gempa dan lain-lain. Data-data yang dihasilkan dari alat tersebut dipantau melalui dua cara yaitu secara otomatis dan secara manual. Pemantauan data secara otomatis menggunakan gelombang radio dalam pengiriman datanya, sedangkan pemantauan data secara manual menggunakan manusia untuk mengambil datanya. Posko pemantauan diperlukan untuk mengolah data yang dipantau. Pemantauan data yang dilakukan secara manual bertujuan untuk mengukur temperatur dan kadar gas di kawah gunung berapi. Pemantau diperlukan untuk mengambil data temperatur dan gas di kawah gunung berapi. Pemantau mengambil data temperatur langsung di kawah seperti terlihat pada Gambar 1. Keadaan ini menyebabkan pemantau memiliki potensi terkena dampak dari aktivitas gunung berapi yang berbahaya. Misalnya adalah saat melakukan pemantauan gas di gunung berapi, gas beracun dapat muncul secara tiba-tiba tanpa selalu didahului oleh letusan gunung berapi, dikarenakan gas ini dapat keluar melalui rongga-rongga ataupun rekahan-rekahan yang terdapat di daerah gunung berapi [2].

Pemantauan gas pada gunung berapi dilakukan dengan cara mendatangi lokasi yang akan diukur kadar gasnya. Macam-macam gas yang dipantau diantaranya H₂S, SO₂, CO, NO₂, CO₂ dan lain-lain. Gas CO merupakan suatu gas yang paling sering merenggut nyawa manusia. Menurut Kompas, pada tahun 1979 di Desa Kepucukan dan Simbar, gas CO yang dikeluarkan akibat letusan gunung Dieng menelan korban sampai 149 orang [4]. Pemantauan CO sangat perlu diperhatikan dalam memantau gunung berapi. Kadar gas CO yang berbahaya bagi tubuh adalah diatas 50 ppm (*part per million*). Pemantauan gas saat ini menggunakan suatu alat yaitu sensor gas X-AM 7000 seperti terlihat pada Gambar 2. Cara kerja dari sensor gas X-AM 7000 ini adalah dengan cara mendatangi suatu lokasi yang akan diukur kadar gasnya. Sensor gas tersebut bekerja berdasarkan nilai ambang batas di udara seperti terlihat pada Tabel 1. Alat tersebut akan berbunyi apabila terdapat kadar gas

¹ Jurusan Teknik Elektro Universitas Tarumanagara Jakarta

² Jurusan Teknik Elektro Universitas Trisakti Jakarta

yang melebihi nilai di kolom A1. Sensor gas X-AM 7000 memiliki nilai ambang batas gas di udara dapat dilihat pada Tabel 1.

Pemantauan tanpa mendatangi langsung ke lokasi, akan mengurangi tingkat bahaya bagi pemantau, untuk itu dalam perancangan ini dibuat alat yang dapat mengambil data aktivitas gunung secara wireless. Alat yang dibuat berupa alat yang dapat mengukur temperatur dan gas gunung berapi dengan menggunakan *Handy Talky*. Pengiriman menggunakan *Handy Talky* bermanfaat agar pemantau tidak perlu datang ke gunung secara berkala. Hasil dari pengukuran temperatur dan gas dapat dilihat di *Personal Computer* (PC). Sebelum melakukan perancangan diperlukan survei literature antara lain melalui jurnal ilmiah dan buku, serta pengumpulan data melalui instansi yang berwenang menangani gunung berapi. Data-data temperatur dan gas di kawah gunung berapi diperoleh dari hasil survei yang dilakukan pada tanggal 27 Oktober 2010 bertempat di Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (Departemen ESDM). Survei ini ditekankan pada pemantauan temperatur dan gas di kawah solfatara. Hasil survei didapat temperatur yang dipantau di kawah solfatara tersebut yaitu dari 30⁰-500⁰ Celcius. Sistem pemantauan temperatur kawah dilakukan sebulan sekali untuk mengetahui aktivitas dari gunung berapi.. Alat yang digunakan untuk memantau temperatur kawah gunung berapi adalah digital temperatur. Alat ini dapat berfungsi mengukur temperatur sampai ±500⁰ Celcius, alat ini terhubung dengan lempengan baja. Lempengan baja tersebut digunakan sebagai penghantar panas antara temperatur digital dengan tanah yang akan diukur. Cara pengoperasian alat ini dengan cara menancapkan lempengan baja tersebut ke tanah yang akan diukur temperaturnya. Alat tersebut kemudian secara otomatis akan menampilkan temperatur secara *digital* di *Liquid Crystal Display* (LCD).



■ **Gambar 1.** Seorang Pemantau Sedang Mengukur Temperatur Kawah Woro [3].



■ **Gambar 2.** Sensor Gas X-AM 7000

■ **Tabel 1.** Nilai Ambang Gas di Udara, dari Sensor Gas X-AM 7000.

GAS	AMBANG NORMAL DI UDARA BEBAS	NILAI A1	NILAI A2
SO ₂	2 ppm	20 ppm	400 ppm
H ₂ S	10 ppm	100 ppm	200 ppm
CO ₂	0,5 % vol. (5000ppm)	25 % vol	50 % vol
CO	50 ppm	500 ppm	1000 ppm
CH ₄	10 % LEL=100.000ppm	1.000.000ppm	200 % LEL

Keterangan

A1 : bunyi alarm ke-1 karena kandungan gas melampaui batas A1.

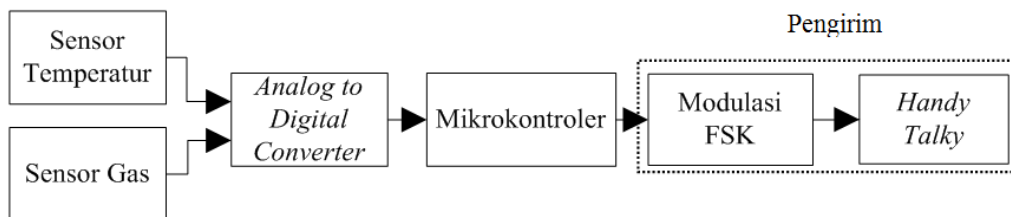
A2 : bunyi alarm ke-1 karena kandungan gas melampaui batas A2.

LEL : Low Explotion Limit.

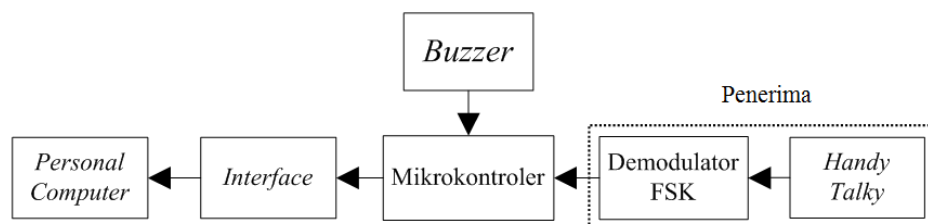
KAJIAN PUSTAKA

Alat yang dibuat berfungsi untuk memantau status gunung berapi dari jarak jauh secara *wireless*, sehingga alat tersebut terdiri dari dua bagian yaitu bagian pengirim dan bagian penerima. Bagian pengirim berfungsi untuk mengukur temperatur dan gas CO pada gunung berapi, lalu data tersebut dikirim ke bagian penerima. Bagian penerima, lalu menerima data temperatur dan gas tersebut dan menampilkannya di *Personal Computer* (PC). Pengukuran temperatur dan gas CO dilakukan oleh sensor temperatur dan sensor gas CO secara berturut-turut. Data-data yang telah dibaca oleh sensor temperatur dan gas CO dikirim ke bagian penerima secara *wireless*. Alat komunikasi *wireless* yang digunakan adalah *Handy Talky* (HT) karena dapat mengirim data yang jauh (7,5 km) di gunung berapi. HT tidak dapat langsung mengirim data temperatur dan gas CO secara digital sehingga sebelum data diterima oleh HT, data terlebih dahulu dimodulasi menjadi data analog, proses ini dilakukan oleh modulasi *Frequency Shift Keying* (FSK).

Data temperatur dan gas CO tidak dapat dikirim oleh HT secara bersama-sama pada saat yang sama, karena HT melakukan pengiriman secara serial. Pengatur urutan pengiriman data-data dari sensor temperatur dan gas CO ke HT dilakukan oleh mikrokontroler. Mikrokontroler dapat diprogram untuk mengatur urutan pengiriman data dari sensor. Sensor-sensor tersebut mengeluarkan data analog tetapi mikrokontroler hanya dapat menerima data digital, sehingga diperlukan *Analog to Digital Converter* (ADC) yang berfungsi untuk mengubah data analog dari sensor menjadi data *digital* sebagai *input* dari mikrokontroler. Data-data dari sensor tersebut lalu dikirimkan melalui HT ke bagian penerima. Bagian penerima menerima data yang dikirim oleh bagian pengirim dengan menggunakan HT. Data yang telah diterima HT di demodulasi oleh demodulator FSK agar kembali menjadi data semula. Data tersebut dibedakan apakah berupa data temperatur atau data gas CO, lalu diolah apakah telah melebihi ambang batas yang telah ditentukan atau tidak (ambang batas sensor suhu = 150°C dan sensor gas = 50ppm). Proses ini dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler. Mikrokontroler mengaktifkan *buzzer* apabila diterima data yang melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Data-data tersebut, setelah diterima mikrokontroler lalu ditampilkan di PC, sehingga diperlukan suatu *interface* sebagai penghubung antara mikrokontroler dengan PC. Data yang ditampilkan di PC berupa suatu grafik dari data-data hasil pengukuran. PC juga mengaktifkan alarm ketika data-data hasil pengukuran yang diterima melebihi batas yang ditetapkan. Diagram Blok Rancangan dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



■ Gambar 3. Diagram Blok Bagian Pengirim



■ Gambar 4. Diagram Blok Bagian Penerima

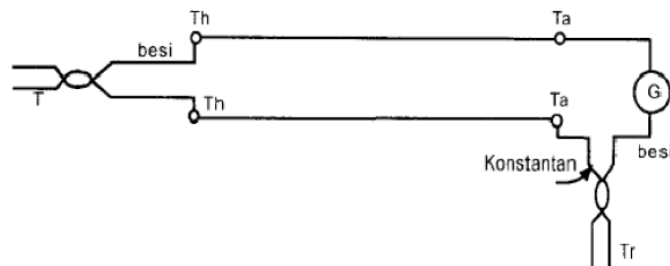
KAJIAN PUSTAKA

Sensor Temperatur

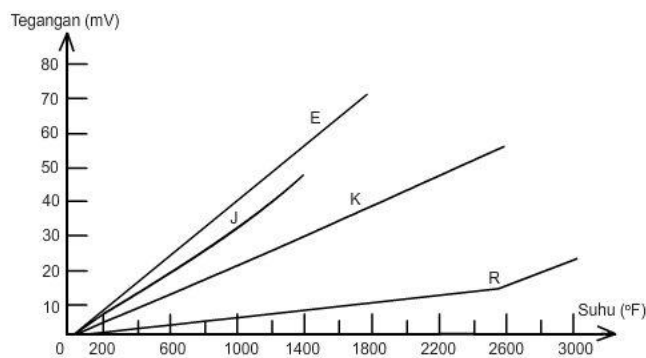
Sebuah termokopel sederhana dibentuk oleh dua buah penghantar berbahan besi (Tr) dan konstantan (T), dililit bersama-sama seperti terlihat pada Gambar 5. Salah satu ujung T merupakan *measuring junction* atau simpangan pengukuran dan ujung yang lain, yaitu Tr sebagai *reference junction* atau simpangan referensi. *Reference junction* dijaga pada temperatur konstan 32°F (0°C) atau 68°F (20°C) [5]. Termokopel berkerja dengan cara sebagai berikut. Ujung T yang dipanaskan akan menyebabkan terjadi perbedaan temperatur terhadap ujung-ujung Tr. Rangkaian ini akan menimbulkan arus listrik karena pada kedua ujung logam yang berbeda timbul beda temperatur. Perubahan dari energi panas menjadi energi listrik ini disebut *efek Seebeck*. [6] Terdapat beberapa jenis termokopel yang berbeda karakteristiknya. Perbedaan ini ditentukan oleh kombinasi pasangan jenis penghantar yang digunakan.

Perbedaan jenis penghantar menentukan karakteristik linier temperatur terhadap tegangan. Macam-macam kombinasi yang banyak dipakai adalah

- Tipe K (*Chromel* (Ni-Cr alloy) / *Alumel* (Ni-Al alloy)) Termokopel untuk tujuan umum dengan rentang temperatur $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Tipe E (*Chromel* / Constantan (Cu-Ni alloy)).
- Tipe J (*Iron* / Constantan) Rentangnya dari -40 hingga $+750\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan memiliki sensitivitas sebesar $52\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.
- Tipe N (*Nicrosil* (Ni-Cr-Si alloy) / *Nisil* (Ni-Si alloy)) Dapat mengukur temperatur di atas $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sensitifitasnya sebesar $39\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ pada 900°C .
- Termokopel tipe B, R, dan S adalah termokopel logam mulia yang memiliki karakteristik yang hampir sama. Sensitifitasnya rendah (sekitar $10\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) dan hanya digunakan untuk mengukur temperatur tinggi ($>300\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Tipe T (*Copper* / Constantan) Cocok untuk pengukuran antara -200 to 350°C . Konduktor positif terbuat dari tembaga, dan yang negatif terbuat dari constantan. Sering dipakai sebagai alat pengukur alternatif sejak penelitian kawat tembaga. Tipe T memiliki sensitifitas sebesar $43\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$. Hubungan tegangan dan temperatur untuk termokopel tipe E, J, K, dan R dapat dilihat pada Gambar 6. Terlihat pada gambar, tipe K memiliki pengukuran temperatur yang lebih jauh dibanding tipe E dan J; dan lebih stabil dibandingkan dengan tipe R.



■ Gambar 5. Rangkaian Termokopel Sederhana [4]



■ Gambar 6. Kurva Hubungan Temperatur Terhadap Tegangan[4]

Termokopel digunakan untuk mengukur temperatur sampai dengan $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ yang dibutuhkan dalam perancangan ini. Termokopel memiliki macam-macam tipe diantaranya tipe E, J, K dan R. Tipe K memiliki pengukuran temperatur yang jauh dibanding tipe E dan J; dan lebih stabil dibanding tipe J dan R. termokopel yang digunakan adalah termokopel yang bertipe K. Termokopel betipe K ini memiliki *output* yang lebih stabil daripada termokopel yang lain dan mampu mengukur temperatur dari $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$. IC termokopel diperlukan untuk menguatkan dan menstabilkan tegangan yang dikeluarkan oleh termokopel. IC penguat termokopel terdiri dari 2 tipe AD595/AD594 dan AD596/AD597. IC penguat yang digunakan dalam perancangan ini adalah AD595. AD595 dipilih karena dapat memperkuat tegangan yang berasal dari termokopel yaitu 0 mV_{DC} (temperatur 0°C) – $20,640\text{ mV}_{\text{DC}}$ (temperatur 500°C) menjadi 0 V_{DC} (temperatur 0°C) sampai 5 V_{DC} (temperatur 500°C) dengan ketentuan $1^{\circ}/10\text{mV}$ sehingga dapat dijadikan *input* untuk ADC.

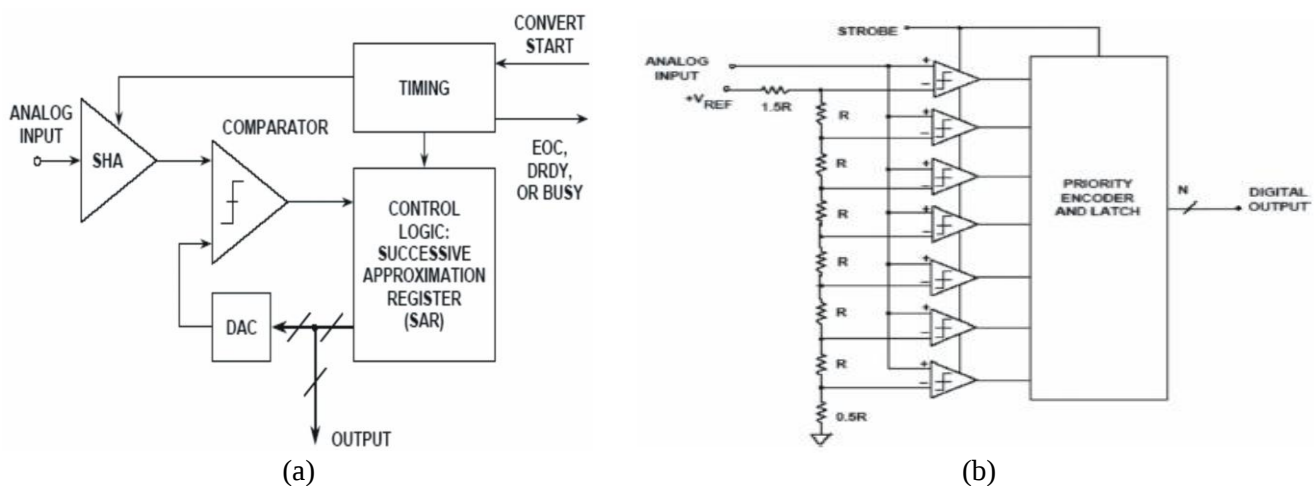
Sensor Gas

Sensor gas terdiri dari elemen sensor (*sensing element*), dasar sensor (*sensor base*) dan tudung sensor (*sensor cap*). Elemen sensor terdiri dari bahan sensor dan bahan pemanas untuk memanaskan elemen. Elemen sensor menggunakan bahan-bahan seperti timah (IV) oksida SnO_2 , WO_3 , dan lain-lain, tergantung pada gas yang hendak dideteksi. SnO_2 , bila dipanaskan pada temperatur tinggi, akan menyerap oksigen di permukaan SnO_2 . Elektron-elektron donor pada permukaan SnO_2 bergerak ke oksigen yang diserap, sehingga terbentuk suatu lapisan ruang bermuatan positif yang menimbulkan energi elektron (eV). Energi elektron (eV) ini akan menghambat muatan bebas bergerak. Kerapatan oksigen yang terserap pada permukaan SnO_2 menjadi berkurang saat adanya gas lain (*reducing gas*) di dalam lingkungan. Keberadaan gas lain tersebut menyebabkan keninggian energi elektron (eV) pada batas antar mikro SnO_2 berkurang sehingga menyebabkan berkurangnya energi

elektron. Berkurangnya energi elektron menyebabkan arus listrik yang mengalir lebih besar dibanding saat tidak adanya gas lain. Sensor gas akan mengeluarkan energi elektron (eV) yang berbeda bila berada di lingkungan gas yang berbeda.

Analog to Digital Converter

Analog to Digital Converter (ADC) adalah suatu rangkaian yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital. Alat ini mengkonversikan suatu sinyal analog menjadi sederetan bit yang menunjukkan harga sinyal tersebut. Ada beberapa tipe dari ADC diantaranya adalah SAR ADC, dan *Flash* ADC. *Successive Approximation Register* atau biasa disebut dengan SAR seperti terlihat pada Gambar 7a. Tipe ADC ini mempunyai prinsip dasar sebagai berikut. SAR ADC memiliki resolusi yang lebih tinggi dari pada tipe yang lain karena jumlah bit yang dimilikinya tidak tergantung dari jumlah komparator yang digunakan. Efek dari sedikitnya komparator menyebabkan ukuran rangkaian lebih kecil. *Flash* ADC atau biasa dikenal dengan nama paralel ADC dapat dilihat pada Gambar 7b. Tipe ADC ini memiliki waktu proses perubahan analog ke digital yang lebih cepat dari pada ADC yang lain. ADC digunakan pada perancangan ini untuk mengubah tegangan yang dikeluarkan oleh sensor yang berupa tegangan analog, menjadi tegangan digital agar dapat diterima mikrokontroler. ADC memiliki macam-macam tipe diantaranya *Flash* ADC, SAR ADC, dan lain-lain. ADC yang digunakan dalam perancangan ini adalah ADC yang bertipe *Successive Approximation Register* (SAR), karena jumlah bit tidak tergantung pada jumlah *comparator*. SAR dipilih karena dapat menerima *input* dari penguat termokopel dan sensor gas dengan tegangan dari 0 - 5 V, lalu diubah menjadi data digital 10 bit untuk diterima mikrokontroler.



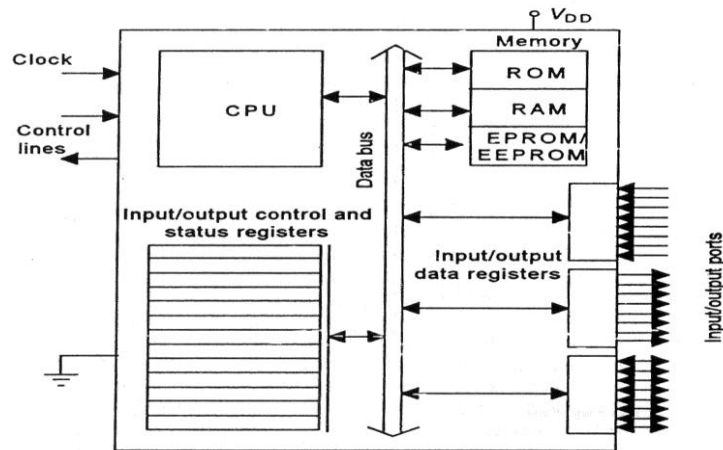
■ Gambar 7. Perinsip Dasar Rangkaian SAR ADC (a) dan *Flash* ADC (b) [5]

Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta terdapat program yang bisa ditulis dan dihapus. Mikrokontroler merupakan suatu pengintegrasian dari sebuah *Central Processing Unit* (CPU) dengan *memory*, dan perangkat *input/output* yang disertai dengan beberapa *peripheral* lainnya misalnya seperti *timer*, *counter*, dalam sebuah *chip*. Diagram blok dari mikrokontroler secara umum dapat dilihat pada Gambar 8. CPU digunakan untuk mengambil instruksi yang terdapat pada memori dan melaksanakan instruksi tersebut serta melakukan operasi aritmatika data apabila terdapat perintah dari instruksi. Status dan data register digunakan untuk menyimpan data sementara selama suatu instruksi sedang dikerjakan. Control unit digunakan untuk menentukan waktu dan urutan dari suatu instruksi.

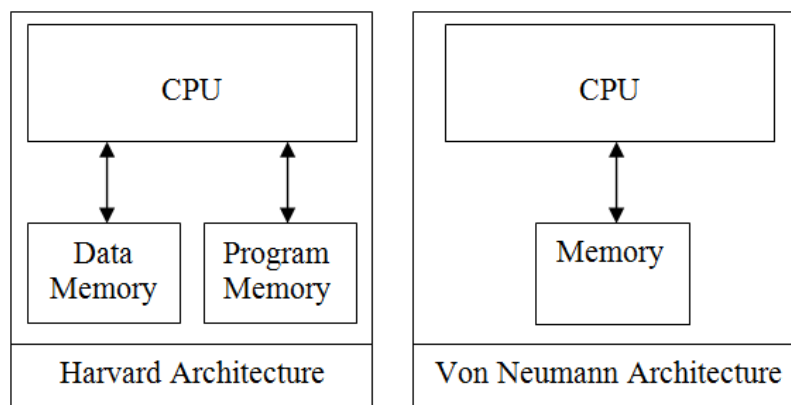
Memori terbagi menjadi tiga bagian yaitu *Random Access Memory* (RAM), *Read Only Memory* (ROM), dan *Eraseable and Programmable ROM* (EPROM)/ *Electrically Erasable PROM* (EEPROM) [6]. Penyimpanan yang bersifat sementara adalah RAM sedangkan penyimpanan yang bersifat tetap adalah ROM. Data pada RAM akan tetap tersimpan selama mikrokontroler menyala, sedangkan data pada ROM tetap tersimpan meskipun mikrokontroler tidak diaktifkan. EPROM digunakan untuk ROM yang dapat diprogram dan isinya dapat digantikan.

Input atau *output port* digunakan untuk menghubungkan mikrokontroler dengan alat elektronik lainnya. *Port* pada beberapa jenis mikrokontroler dapat diatur dari program sebagai *input* atau *output*. *Timer* dan *counter* digunakan untuk suatu aplikasi misalnya *pulse counting*, *frequency measurements*, *pulse width measurements*, *baud rate generations*, dll. *Timer* bekerja melakukan perhitungan *machine cycle* dan menyediakan referensi waktu *delay* atau perhitungan *real time*. *Counter* digunakan untuk perhitungan suatu kejadian.



■ Gambar 8. Diagram Blok Mikrokontroler [6]

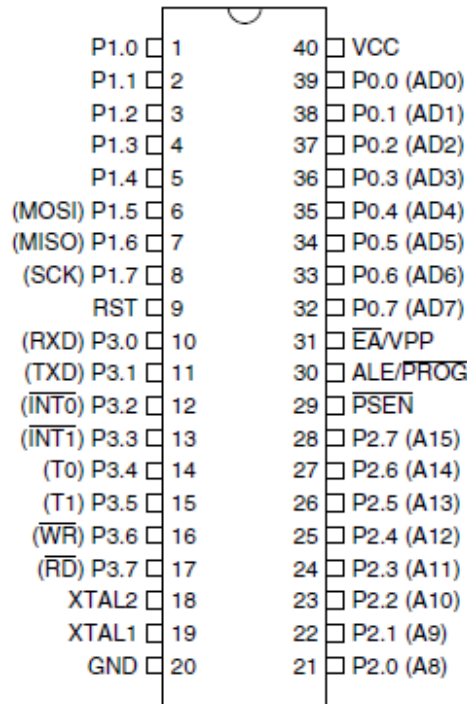
Mikrokontroler dilihat dari arsitekturnya secara umum terbagi atas dua bagian, yaitu arsitektur Harvard dan Von Neumann [7]. Arsitektur Harvard menggunakan memori yang terpisah untuk program dan datanya seperti terlihat pada Gambar 9. Arsitektur ini memungkinkan mikrokontroler dapat menjalankan suatu instruksi dan mengambil data secara bersamaan. Contoh arsitektur Harvard adalah keluarga MCS-51, seperti Atmel 89CXX atau 89SXX. Arsitektur Von Neumann menggunakan memori yang sama untuk memori program dan data. Penggunaan tempat memori yang sama dapat menyebabkan penyimpanan memori tidak optimal dan memerlukan permintaan berkali-kali untuk suatu instruksi[7]. Mikrokontroler yang digunakan adalah berarsitektur Harvard karena arsitektur ini memungkinkan mikrokontroler dapat menjalankan suatu instruksi dan mengambil data secara bersamaan. Tipe mikrokontroler berarsitektur Harvard yang digunakan pada perancangan ini adalah AT89S51 dan AT89C2051. Perancangan ini menggunakan dua buah mikrokontroler dimana mikrokontroler tersebut berfungsi pada modul pengirim dan penerima.



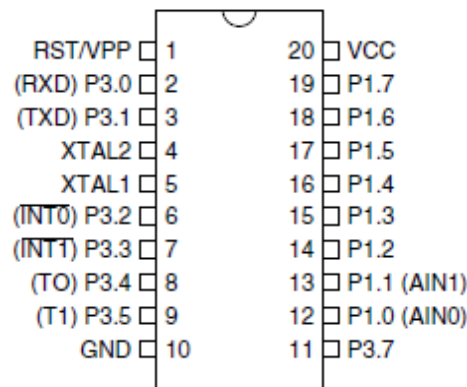
■ Gambar 9. Arsitektur Harvard dan Von Neumann [7]

Mikrokontroler bertipe AT89S51 digunakan sebagai pengatur utama untuk mengambil data sensor dan pengiriman data secara *wireless*. Mikrokontroler bertipe AT89S51 dipilih karena memiliki jumlah pin sebesar 32 pin untuk *input output*, dimana pada perancangan ini dibutuhkan jumlah pin sebesar 9 pin. Jumlah 9 pin tersebut, diantaranya 8 pin digunakan untuk menerima *input* dari ADC dan 1 pin, yaitu berupa pin TXD (port 3.1 terlihat pada Gambar 10), untuk mengeluarkan *output* ke *transmitter* FSK., untuk mengeluarkan *output* ke *transmitter* FSK

Mikrokontroler bertipe AT89C2051 digunakan sebagai pengendali *Buzzer*, penerima dari *demodulator* FSK dan penghubung dari HT ke PC melalui RS-232. Mikrokontroler bertipe AT89C2051 memiliki pin RXD yang dapat digunakan untuk menerima data dari demodulator FSK dan pin TXD yang digunakan untuk mengirimkan data ke MAX-232. Pin tersebut terletak di *port* 3.0 dan *port* 3.1 seperti terlihat pada Gambar 11. Mikrokontroler ini juga dapat melakukan operasi logika agar dapat mengaktifkan *buzzer* apabila diterima *input* yang melebihi batas yang ditentukan.



■ Gambar 10. Konfigurasi Pin AT89S51



■ Gambar 11. Konfigurasi Pin AT89C2051

Modulasi Digital

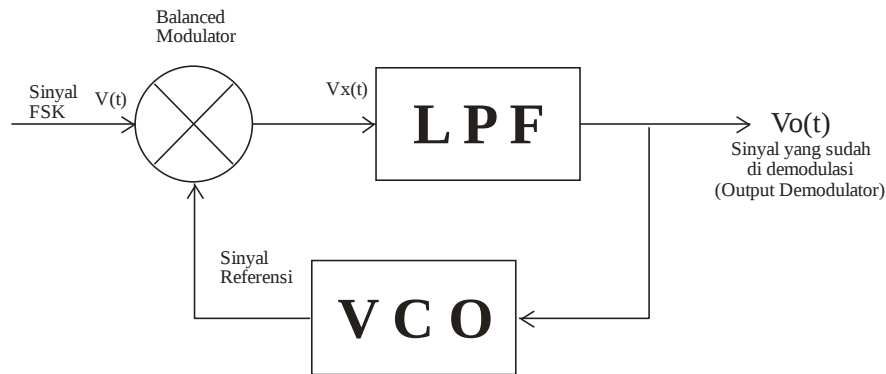
Modulasi digital merupakan proses penumpangan sinyal informasi (data) terhadap sinyal pembawa (*carrier*). Secara umum modulasi digital terbagi atas tiga macam yaitu *Amplitude Shift Keying* (ASK), *Frequency Shift Keying* (FSK) dan *Phase Shift Keying* (PSK).

- *Amplitude Shift Keying* (ASK) atau pengiriman sinyal berdasarkan pergeseran amplitudo, merupakan suatu metode modulasi dengan mengubah-ubah amplitudo. Sinyal direpresentasikan dalam dua kondisi perubahan amplitudo gelombang pembawa, yaitu logika “1” dan “0”. Logika “1” direpresentasikan dengan status “ON” (ada gelombang pembawa) sedangkan logika “0” direpresentasikan dengan status “OFF” (tidak ada gelombang pembawa). Proses modulasi ASK, sinyal carrier dimodulasi oleh sederetan pulsa. Proses demodulasi ASK dilakukan dengan menggunakan rangkaian diode detektor.
- *Frequency Shift Keying* (FSK) merupakan suatu bentuk modulasi yang menghasilkan frekuensi yang berbeda bergantung pada ada tidaknya data informasi digital. Gelombang pembawa berfrekuensi *mark* (fm) bila diterima bit 1 dan berfrekuensi *space* (fs) bila diterima bit 0.

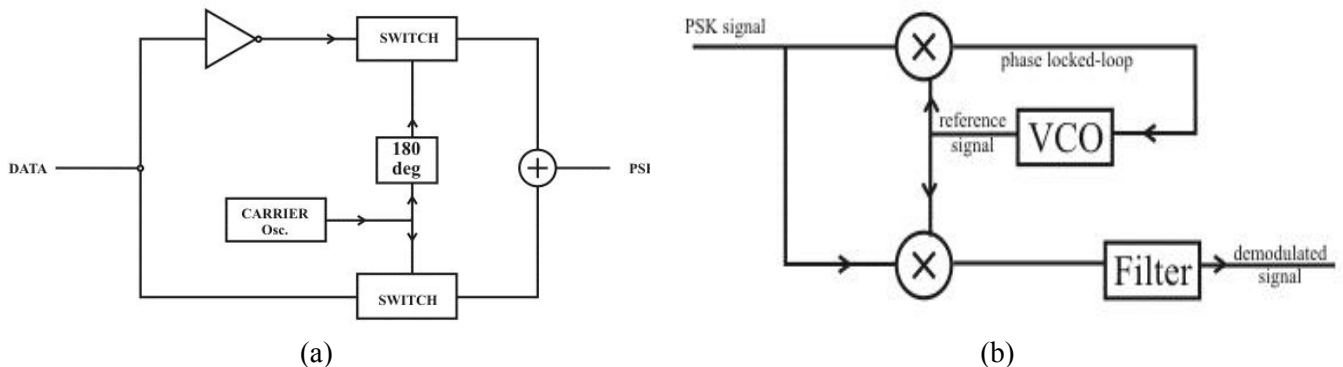
Ada dua macam cara untuk membangkitkan FSK yaitu dengan cara :

1. Menggunakan dua buah osilator dengan frekuensi berlainan yang *output*-nya dikontrol oleh sinyal pemodulasi seperti terlihat pada Gambar 2.17.
2. Menggunakan *Voltage Control Oscillator* (VCO).

Gambar blok diagram dapat dilihat pada Gambar 12 terdiri atas *balanced modulator*, *Low Pas Filter* (LPF) dan *Voltage Control Oscillator* (VCO). *Phase Shift Keying* (PSK) adalah suatu pengiriman sinyal melalui pergeseran fasa. Metode ini merupakan suatu bentuk modulasi fasa yang memodulasi gelombang berdasarkan nilai digital gelombang modulasi [12]. Proses modulasi dan demodulasi PSK dapat dilihat pada Gambar 13.



■ Gambar 12. Blok Diagram Demodulator FSK[7]



■ Gambar 13. Proses Modulasi (a) dan Demodulasi (b) PSK[7]

Modulasi digital merupakan proses penumpangan sinyal informasi (data) terhadap sinyal pembawa (*carrier*). Secara umum modulasi digital terbagi atas tiga macam yaitu ASK, FSK dan PSK. Modulasi yang digunakan dalam perancangan ini adalah FSK karena memiliki tingkat kesalahan yang lebih kecil daripada modulasi yang lain. Saat proses modulasi membutuhkan modulator dan demodulator yang berfungsi untuk mengubah tegangan digital menjadi tegangan analog dan sebaliknya. Oleh sebab, itu digunakan XR-2206 yang berfungsi sebagai modulator dan XR-2211 yang berfungsi sebagai *demodulator*.

• Modulator XR-2206

Modulator FSK diperlukan untuk mengubah tegangan digital yang dikeluarkan dari mikrokontroler menjadi tegangan analog agar dapat diterima oleh HT. Modulator FSK yang digunakan adalah XR-2206, dipilih karena memiliki rentang frekuensi dari 0,01 Hz sampai 1 MHz dimana frekuensi yang digunakan dalam perancangan ini adalah 2,2KHz untuk logika *high* dan 1,2KHz untuk logika *low*. Modulator ini juga dapat bekerja dalam rentang temperatur 0°C sampai 85°C.

• Demodulator XR-2211

Demodulator FSK diperlukan untuk mengubah tegangan *output* dari HT yang berupa tegangan *analog* menjadi tegangan digital agar dapat diterima oleh mikrokontroler. Demodulator FSK yang digunakan adalah XR-2211, dipilih karena memiliki rentang frekuensi dari 0,01 Hz sampai 300 KHz dimana frekuensi yang digunakan dalam perancangan ini adalah 2,2KHz untuk logika *high* dan 1,2KHz untuk logika *low*. Modulator ini juga dapat bekerja dalam rentang temperatur 0°C sampai 85°C.

Interface

Interface berfungsi sebagai penghubung komunikasi antara dua rangkaian misalnya antara mikrokontroler dengan *personal computer*. *Interface* komunikasi ini terdiri dari dua macam yaitu komunikasi *port* serial dan komunikasi *port* paralel.

- *Interface* komunikasi *port* paralel memiliki kemampuan mentransmisikan data lebih cepat dari pada interface komunikasi serial karena setiap datanya dikirim dengan menggunakan masing-masing jalur. Komunikasi *Port* paralel memiliki kemampuan dapat memasukan data hingga 8 bit dan memiliki keluaran hingga 12 bit pada saat bersamaan. Salah satu contoh konektor adalah DB-25. *Port* paralel ini memiliki 4 jalur kontrol, 5 jalur status dan 8 jalur data.
- *Interface* komunikasi *port* serial memiliki kemampuan dapat memasukkan data lebih banyak dari pada komunikasi *port* paralel. Cara pengiriman data komunikasi *port* serial dilakukan dengan mengirim setiap bit setiap waktunya. Komunikasi *port* serial juga memiliki teknologi embedded sistem, sehingga dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler. Salah satu standart komunikasi *port* serial adalah *Interface* RS-232.

Interface RS-232 adalah suatu standar komunikasi untuk *serial binary single-ended data* dan sinyal kontrol yang berada di antara *Data Terminal Equipment* (DTE) dan *Data Circuit-terminating Equipment* (DCE) [9]. RS-232 bekerja pada level tegangan yang berbeda dengan level tegangan yang ada pada mikrokontroler. Level tegangan yang bekerja pada mikrokontroler adalah level tegangan *Transistor-Transistor Logic* (TTL). RS-232 memiliki ketentuan mengenai level tegangan, dapat dilihat sebagai berikut:

1. Logika '1' terletak antara $-3 V_{DC}$ hingga $-25 V_{DC}$.
2. Logika '0' terletak antara $+3 V_{DC}$ hingga $+25 V_{DC}$.
3. Daerah tegangan antara $-3 V_{DC}$ hingga $+3 V_{DC}$ adalah *invalid level*, yaitu daerah tegangan yang tidak memiliki level logika pasti, sehingga harus dihindari dan juga level tegangan lebih negatif dari $-25 V_{DC}$ atau lebih positif dari $+25 V_{DC}$.

Interface komunikasi ini terdiri dari dua macam yaitu komunikasi serial dan komunikasi paralel, dimana dalam perancangan ini menggunakan komunikasi serial. Komunikasi serial yang digunakan adalah MAX 232. MAX 232 digunakan sebagai penghubung dari mikrokontroler ke PC. MAX 232 dipilih karena dapat menyesuaikan level tegangan antara mikrokontroler dengan PC. MAX 232 dapat mengubah tegangan dari mikrokontroler dengan level tegangan $0 V_{DC}$ untuk logika *low* dan level tegangan $5V_{DC}$ untuk logika *high* menjadi level tegangan PC yaitu $-3V_{DC}$ sampai $-15V_{DC}$ untuk logika *high* dan level tegangan $+3V_{DC}$ sampai $+15V_{DC}$ untuk logika *low*.

Catu Daya

Catu daya biasa digunakan untuk memberikan tegangan DC pada alat-alat dan rangkaian elektronik agar dapat bekerja. Besar tegangan DC tertentu untuk suatu rangkaian elektronik bisa didapat dari aki setelah melewati suatu proses. Proses perubahan tegangan dari aki adalah sebagai berikut. Tegangan aki terhubung dengan *filter* yang berupa kapasitor agar stabil. Tegangan dari *filter* terhubung dengan *regulator* agar dapat menyesuaikan tegangan DC dengan rangkaian yang digunakan dan apabila tegangan dari aki menjadi lebih besar, maka *regulator* tetap menjaga agar tegangan DC tetap konstan. Ada beberapa macam *regulator* diantaranya transistor *voltage regulator*, dan IC *regulator*.

Regulator berfungsi untuk meregulasi tegangan keluaran dari dioda kapasitor agar sesuai dengan tegangan yang diinginkan. Ada berbagai macam penyearah diantaranya menggunakan transistor *voltage regulator*, dan ic *regulator*, dimana dalam perancangan ini menggunakan ic *regulator*. IC *regulator* dipilih karena membutuhkan efisiensi daya yang lebih besar dan arus yang besar. IC *regulator* dalam perancangan ini berfungsi untuk meregulasi tegangan yang dikeluarkan aki listrik agar sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan mikrokontroler, modulator FSK, dan RS-232 sebesar $5V_{DC}$ dan $12V_{DC}$. IC *regulator* yang digunakan adalah IC *regulator* LM7805 dan LM7812. IC LM7805 dipilih karena dapat menurunkan tegangan *input* menjadi $5 V_{DC}$. IC LM7812 dipilih karena dapat menurunkan tegangan *input* menjadi $12 V_{DC}$.

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Modul Temperatur

Pengujian modul temperatur bertujuan untuk mengetahui apakah modul ini dapat mengukur temperatur dan mengeluarkan tegangan yang sesuai dengan datasheet. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat bantu berupa multimeter merk Sanwa CD772 yang memiliki fitur pengukuran suhu dengan menggunakan termokopel bertipe K sebagai termokopel referensi. Pengujian dilakukan dengan cara mendekatkan kedua termokopel dengan sumber panas yang berupa api, kemudian hasil pembacaan termokopel referensi dilihat pada multimeter sanwa CD772, hasil pembacaan modul termokopel yang diuji dilihat pada multimeter Sanwa YX360TRF. Pengujian dilakukan selama 1 menit, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan hasil pengujian maka dapat dihitung nilai kesalahan yang dihasilkan pada modul temperatur saat pengujian, yaitu sebesar:

$$\text{Kesalahan pengujian saat waktu 5 detik} = \frac{|24.50 - 28.1|}{28.1} \times 100\% = 12.81 \%$$

Melalui cara perhitungan yang sama, nilai kesalahan pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Modul Sensor Gas CO

Pengujian modul sensor CO bertujuan untuk mengetahui apakah modul ini dapat mengukur kadar (ppm) CO dan mengeluarkan tegangan yang sesuai dengan kadar CO yang dikeluarkan dari pembakaran. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat bantu berupa alat ukur sensor gas GTC-10K yang memiliki fitur pengukuran kadar gas CO mencapai 10.000ppm. Pengujian dilakukan dengan cara masukkan kedua sensor ke dalam sebuah kotak *styrofoam* kemudian nyalakan dupa sebagai penghasil CO. Hasil pembacaan kadar CO dapat dilihat pada sensor gas GTC-10K dan hasil pembacaan modul termokopel yang diuji dilihat pada multimeter Sanwa CD772. Pengujian dilakukan selama 1 menit, hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3. Perhitungan

kesalahan pengujian saat waktu 10 detik = $\frac{|32-32.1|}{32.1} \times 100\% = 0.311\%$, melalui cara yang sama persen kesalahan untuk setiap waktu pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

■ **Tabel 2.** Hasil Pengujian Modul Temperatur dan Nilai Kesalahan Pengujian

Waktu (detik)	Modul yang diuji (mV)	Output Data Sheet AD595	Multimeter CD772	Nilai Kesalahan (%)
		Temperatur (°C)	Temperatur (°C)	
5	245	24.50	28.1	12,81
10	523	52.22	57.4	9,02
15	769	76.14	79.0	3,62
20	994	98.86	102.4	3,45
25	1249	123.68	128.6	3,82
30	1490	147.77	151.2	2,26
35	1787	177.01	184.4	4,00
40	2024	200.91	212.7	5.54
45	2191	219.16	230.9	5.08
50	2534	253.42	260.5	2,82
55	2745	273.11	278.5	1.93
60	3012	299.11	300	0.29

Modul Mikrokontroler

Pengujian mikrokontroler dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah masing-masing *port* dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Pengujian dilakukan dengan dua cara yaitu dengan menggunakan multimeter dan menggunakan program sederhana untuk menyalakan LED.

- Pengujian menggunakan multimeter

Pengujian menggunakan multimeter bertujuan untuk mengetahui apakah tegangan yang dikeluarkan oleh mikrokontroler sesuai dengan *datasheet* atau tidak. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tegangan setiap *port* pada masing-masing mikrokontroler. Data hasil pengujian mikrokontroler AT89S51 dan AT89C2051 dapat dilihat pada Tabel 4. dan Tabel 5.

- Pengujian menggunakan LED

Pengujian dengan menggunakan program bertujuan untuk mengetahui apakah mikrokontroler dapat bekerja sesuai dengan program yang diperintahkan atau tidak. Pengujian mikrokontroler dilakukan dengan *download* program sederhana ke mikrokontroler yang berfungsi untuk menyalakan dan mematikan LED setiap detiknya. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Modul Peringatan

Pengujian modul peringatan bertujuan untuk mengetahui apakah modul ini akan menyalakan *buzzer* apabila diterima *input* yang menandakan temperatur maupun kadar gas CO yang diterima melebihi ambang batas. Input modul ini berupa *high* atau *low* yang berhubungan dengan mikrokontroler. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *power supply* 5 V_{DC}. Pengujian dilakukan dengan mengatur *switch* dan mengetahui apakah *buzzer* berbunyi atau tidak.

■ **Tabel 3.** Hasil Pengujian Modul Sensor Gas CO dan Nilai Kesalahan Pengujian

Waktu (Detik)	Sensor CO		GTC-10K	Nilai kesalahan (%)
	Tegangan (V)	Kadar (ppm)	(ppm)	
10	0,014	32	32,1	0,311
20	0,052	112,1	130,1	13,83
30	0,251	541,7	560,4	3,33
40	0,499	1076	1180,4	8,84
50	0,525	1408,1	1484,1	5,12
60	0,653	1742,2	1782,1	2,24
70	0,934	2014,3	2084,6	3,37
80	1,239	2670,6	2689,4	0,70
90	1,428	3078,6	3145,8	2,13
100	1,642	3540,1	3571,2	0,87
110	2,225	4796,2	4850,4	1,12
120	2,766	5962,3	6042,2	1,32
130	3,17	6832,3	7004,1	2,46
140	3,603	7765,1	7840,1	0.95
150	3,832	8260,4	8390,4	1,55
160	4,47	9654,1	9845,1	1,94
170	4,63	9984,1	10000	0,12

■ **Tabel 4.** Hasil Pengujian Mikrokontroler AT89S51.

Port	Tegangan (V)	Port	Tegangan (V)
P 0.0	4,99	P 2.0	4,99
P 0.1	4,99	P 2.1	4,99
P 0.2	4,99	P 2.2	4,99
P 0.3	4,99	P 2.3	4,99
P 0.4	4,99	P 2.4	4,99
P 0.5	4,99	P 2.5	4,99
P 0.6	4,99	P 2.6	4,99
P 0.7	4,99	P 2.7	4,99
P 1.0	4,98	P 3.0	4,98
P 1.1	4,98	P 3.1	4,98
P 1.2	4,98	P 3.2	4,98
P 1.3	4,98	P 3.3	4,98
P 1.4	4,98	P 3.4	4,98
P 1.5	4,98	P 3.5	4,98
P 1.6	4,98	P 3.6	4,98
P 1.7	4,98	P 3.7	4,98

■ **Tabel 5.** Hasil Pengujian Mikrokontroler AT89C2051

Port	Tegangan (V)	Port	Tegangan (V)
P 1.0	4,99	P 3.0	4,99
P 1.1	4,99	P 3.1	4,99
P 1.2	4,99	P 3.2	4,99
P 1.3	4,99	P 3.3	4,99
P 1.4	4,99	P 3.4	4,99
P 1.5	4,99	P 3.5	4,99
P 1.6	4,99	P 3.7	4,99
P 1.7	4,99		

■ **Tabel 6.** Hasil Pengujian Mikrokontroler AT89S51

Pengujian	Status	Tampilan LED			
		Port 0	Port 1	Port 2	Port 3
1	ON	1111 1111	1111 1111	1111 1111	1111 1111
2	OFF	0000 0000	0000 0000	0000 0000	0000 0000
3	ON	1111 1111	1111 1111	1111 1111	1111 1111
4	OFF	0000 0000	0000 0000	0000 0000	0000 0000

■ **Tabel 7.** Hasil Pengujian Mikrokontroler AT89S51

Pengujian	Status	Tampilan LED	
		Port 1	Port 3
1	OFF	0000 0000	0000 00-0
2	ON	1111 1111	1111 11-1
3	OFF	0000 0000	0000 00-0
4	ON	1111 1111	1111 11-1

Modul Analog to Digital Converter (ADC)

Pengujian ADC bertujuan untuk mengetahui apakah ADC yang digunakan dapat mengubah data analog menjadi data digital. Pengujian ADC dilakukan dengan menggunakan 1 buah ADC, mikrokontroler AT89S51 dan menggunakan 10 LED yang berfungsi sebagai indikator kerja dari ADC. Pengujian modul ADC dilakukan dengan cara mengisi program sederhana ke dalam mikrokontroler AT89S51 yang berfungsi memproses data yang dikeluarkan oleh ADC. Mikrokontroler lalu mengeluarkan data dari ADC dengan menggunakan LED sebagai indikator. Modul ADC diberikan *input* analog sebesar 0,1,2,3,4,5 V yang berasal dari *power supply*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 8.

■ Tabel 8. Hasil Pengujian Modul ADC

Input ADC (V_{DC})		LED Mikrokontroler										Data desimal
CH6	CH7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	205
2	2	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	410
3	3	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	614
4	4	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	819
5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1023

Modul Interface

Modul *interface* ini berfungsi mengubah level tegangan TTL pada mikrokontroler menjadi level tegangan RS 232 pada komputer dan sebaliknya. Pengujian modul *interface* ini dilakukan dengan menghubungkan modul ini dengan komputer dan mikrokontroler. Cara pengujian modul *interface* terbagi atas dua tahap yaitu dengan menggunakan multimeter untuk melihat besar tegangan pin *input* dan *output* IC MAX 232 dan dengan menggunakan *hyper terminal* di PC untuk melihat apakah modul *interface* ini dapat bekerja dengan baik di PC atau tidak.

- Pengujian menggunakan multimeter

Pengujian menggunakan multimeter dilakukan dengan cara mengukur tegangan yang dikeluarkan pada pin *interface* MAX 232. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah modul ini dapat menyesuaikan besar level tegangan antara mikrokontroler dan PC. Tegangan mikrokontroler sebesar $0 V_{DC}$ untuk logika *low* dan level tegangan $5 V_{DC}$ untuk logika *high*. Tegangan PC yaitu $-3 V_{DC}$ sampai $-15 V_{DC}$ untuk logika *high* dan level tegangan $+3 V_{DC}$ sampai $+15 V_{DC}$ untuk logika *low*.

Pengujian dilakukan dengan mengukur pin-pin pada IC MAX 232. Pin-pin yang diukur yaitu pin 11, pin 12, pin 13 dan pin 14. Pin 11 berfungsi menerima tegangan masuk dari mikrokontroler, pin 14 berfungsi mengeluarkan tegangan dari MAX 232 menuju komputer. Pin 13 berfungsi menerima tegangan dari komputer, dan pin 12 berfungsi mengeluarkan tegangan ke mikrokontroler. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 9.

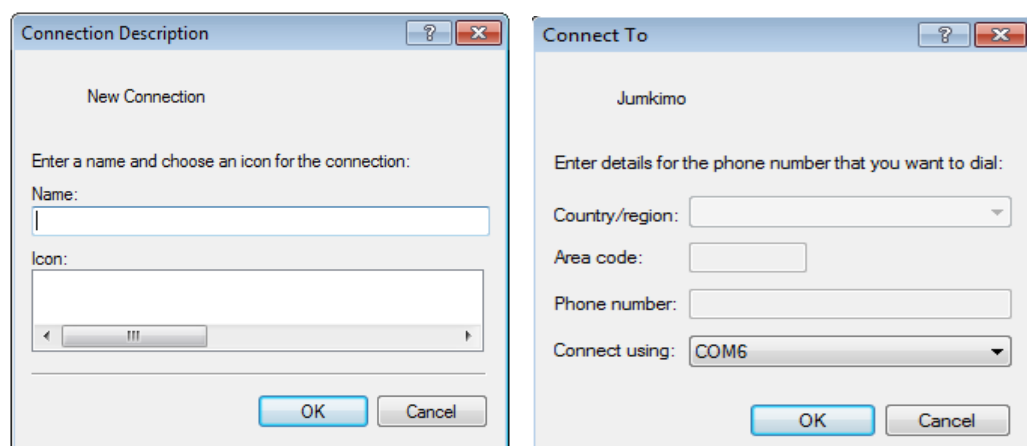
■ Tabel 9. Hasil Pengujian Modul Interface

Tegangan Awal	Tegangan Keluaran
Pin 11 = 0	Pin 14 = +9.75
Pin 11 = +4.98	Pin 14 = -9.81
Pin 13 = -10.08	Pin 12 = +4.90
Pin 13 = +10.05	Pin 12 = +0.17

- Pengujian Menggunakan Hyper Terminal

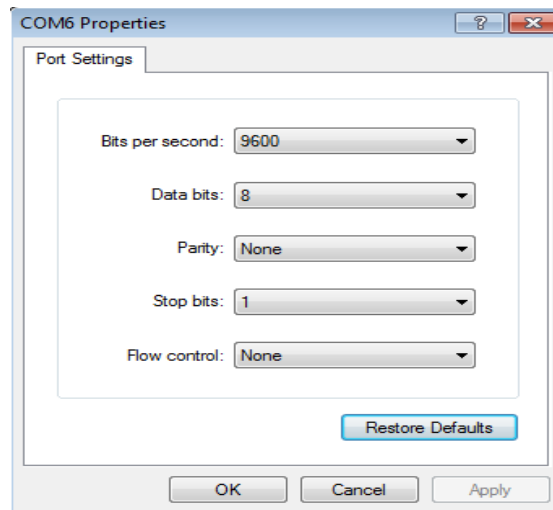
Pengujian modul *interface* dengan menggunakan *hyper terminal* bertujuan untuk mengetahui apakah modul *interface* dapat bekerja di PC atau tidak. Mikrokontroler diisi dengan program sederhana agar dapat berkomunikasi dengan komputer. Langkah pengujian dilakukan sebagai berikut :

1. Buka *hyper terminal*, ketik nama koneksi pada kolom name dan pilih pada *connect using* pilih COM 6 seperti terlihat pada Gambar 14.



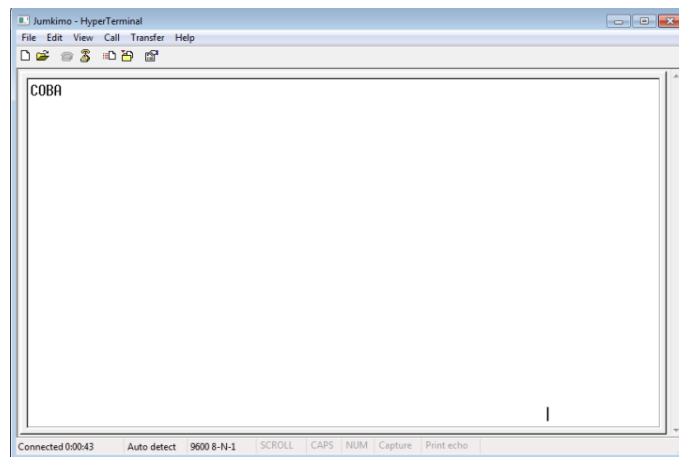
■ Gambar 14. Masukkan Nama dan Pemilihan Koneksi

2. Klik tombol *restore defaults*, seperti yang terlihat pada Gambar 15.



■ Gambar 15. COM6 Properties

3. Ketik “COBA” dan tulisan tersebut tampil di komputer membuktikan bahwa modul *interface* dapat bekerja dengan baik, seperti yang terlihat pada Gambar 16.



■ Gambar 16. Hasil Pengujian Modul *Serial Interface*

Modul Wireless

Pengujian modul *wireless* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah pengiriman data dapat dilakukan pada jarak 7,5 km. Pengujian dilakukan di dua tempat yaitu di Dadap untuk modul pengirim, dan di Pantai Mutiara untuk modul penerima. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *power supply* dua buah multimeter. *Power supply* berfungsi untuk memberikan *input* kepada modul pengirim dan multimeter berfungsi untuk mengukur tegangan yang dikeluarkan oleh *power supply* dan modul penerima.

Modul Power supply 5 V_{DC} dan 12V_{DC}

Pengujian *power supply* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah modul *power supply* yang digunakan sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan dengan toleransi kesalahan 5 %. Pengujian modul *power supply* dilakukan dengan dua cara yaitu dilakukan tanpa beban dan dengan beban. Masing-masing pengujian dilakukan dengan multimeter. Pengukuran tegangan dan arus rangkaian keseluruhan dilakukan terlebih dahulu untuk mengetahui beban rangkaian. Pengujian modul *power supply* pada rancangan terbagi atas dua bagian diantaranya pengujian *power supply* 5 V_{DC} dari aki 12 V_{DC} yang berada pada modul bagian pengirim dan pengujian *power supply* 5 V_{DC} dari aki 6 V_{DC} yang beradap pada modul penerima.

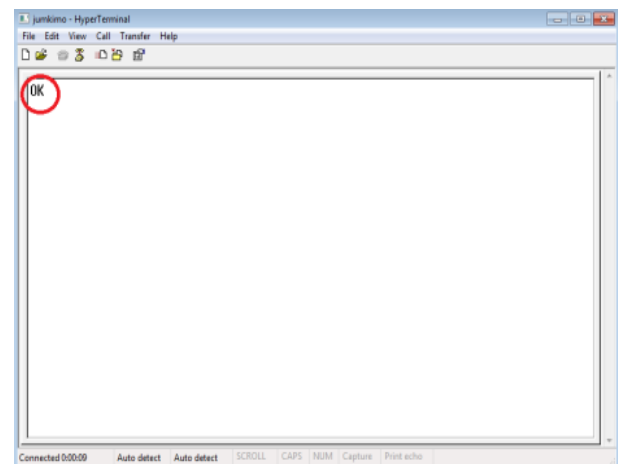
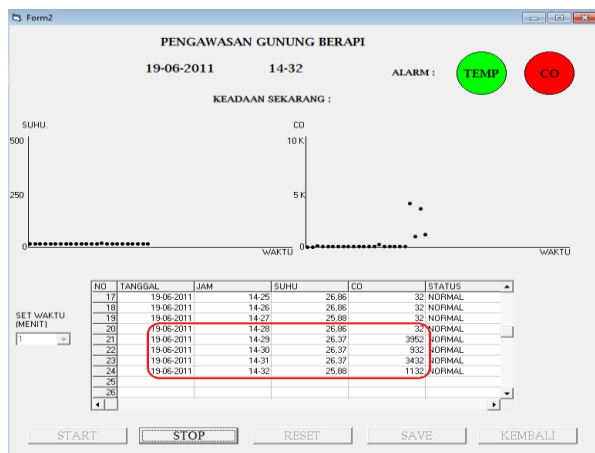
Hasil pengukuran tegangan didapat tegangan sebesar 5,01V_{DC} (modul bagian pengirim) dan 4,99 V_{DC} (modul bagian penerima), pengukuran arus didapat arus sebesar 150 mA (modul bagian pengirim) dan 100 mA (modul bagian penerima). Beban rangkaian keseluruhan yaitu $V/A = 33,33 \Omega$ (modul bagian pengirim) dan 49,9 Ω (modul bagian penerima). Pengujian *power supply* dengan beban dilakukan dengan beban 10 Ω , 20 Ω , 30 Ω , 40 Ω , 50 Ω , 70 Ω dan 100 Ω (sekitar beban rangkaian). Hasil pengujian tanpa beban 12 V_{DC} menjadi 5 V_{DC} diperoleh 4,99 V_{DC} dan dengan beban diperoleh antara 4,986 V_{DC} sd 4,990 V_{DC}. Hasil pengujian tanpa beban 6 V_{DC} menjadi 5 V_{DC} diperoleh 4.98 V_{DC} dan dengan beban diperoleh antara 4.976 V_{DC} - 4,980 V_{DC}.

Pengujian dan Analisis Software

Pengujian *software* bertujuan untuk mengetahui apakah *software* yang dirancang dapat berjalan sesuai rencana atau tidak. Pengujian *software* dilakukan dengan cara mengukur tegangan yang dikeluarkan oleh masing-masing sensor dengan menggunakan multimeter, kemudian lihat pada tampilan diprogram yang telah dibuat apakah data dari sensor dapat ditampilkan sesuai dengan data yang dikirim dari sensor apabila sama maka pengujian dikatakan berhasil. Hasil dan tampilan pengujian analisis *software* dapat dilihat pada Gambar 17. dan Tabel 10.

■ Tabel 10. Hasil Pengujian dengan Multimeter

No.	CO		Temperatur	
	Tegangan	ppm	Tegangan	celcius
1	0,014	32	26,86mV	26,86
2	1,833	3952	26,37mV	26,37
3	0,432	932	26,37mV	26,37
4	1,592	3432	26,37mV	26,37
5	0,525	1132	25,88mV	26,37

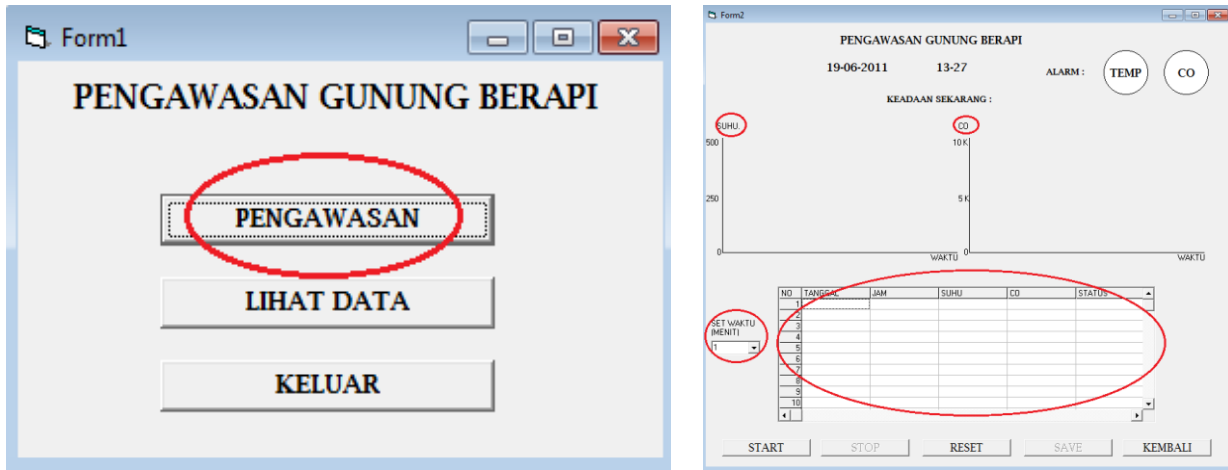


■ Gambar 17. Tampilan pada *Software* dan Tampilan OK pada Hyperterminal

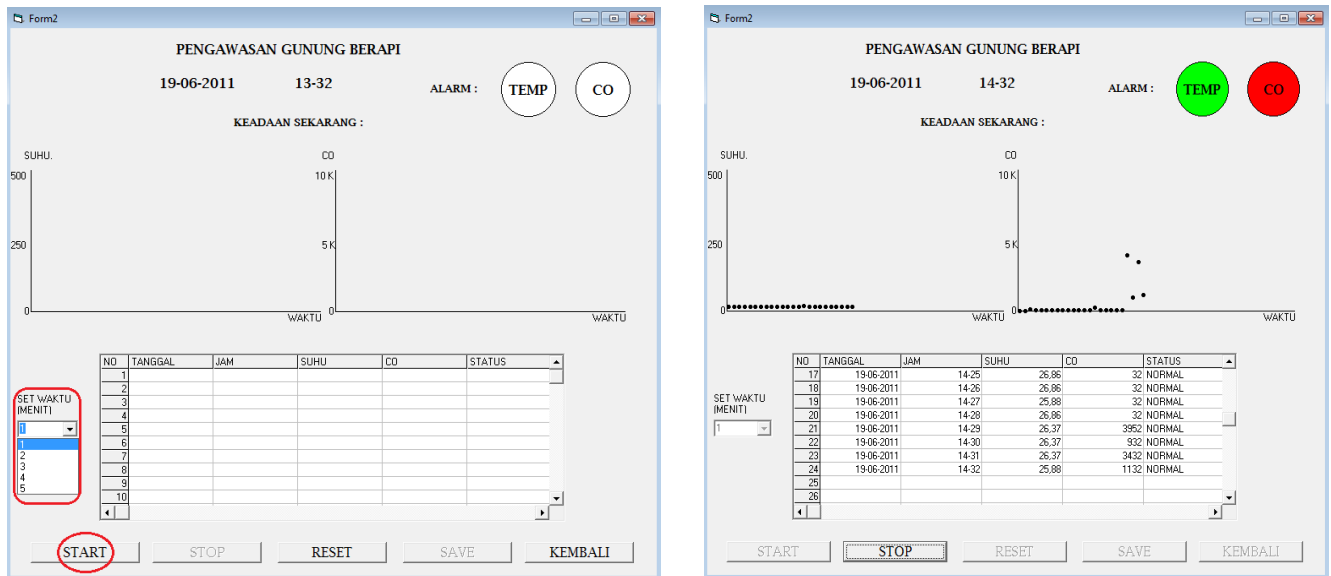
Pengujian dan Analisis Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem bertujuan untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan dengan baik atau tidak. Pengujian dilakukan di Laboratorium Komputer Jurusan Teknik Elektro Universitas Tarumanagara. Pengujian dikatakan berhasil apabila komputer dapat menyimpan dan menampilkan data temperatur dan gas dari sensor dalam bentuk grafik dan tabel. Pengujian dilakukan dengan 3 tahap. Pengujian tahap pertama bertujuan untuk mengecek apakah data yang dikirim dari bagian pengirim dapat terbaca oleh PC melalui HT. Pengujian dikatakan berhasil bila *hyperterminal* pada PC menampilkan data “OK”. Pengujian tahap pertama dilakukan dengan menghubungkan bagian penerima dengan PC lalu membuka tampilan *hyperterminal*. Bagian pengirim dan penerima lalu diaktifkan dan terlihat tampilan *hyperterminal* di PC seperti pada Gambar 17. Pengujian tahap pertama dikatakan berhasil karena tampilan pada *hyperterminal* tertulis “OK” (ditunjukkan lingkaran berwarna merah). Pengujian tahap kedua bertujuan untuk mengetahui apakah data yang telah diterima PC dapat ditampilkan dalam bentuk tabel atau grafik. Pengujian dilakukan dengan membuka tampilan utama seperti terlihat pada Gambar 18. Kemudian “pengawasan” dipilih dan terlihat tampilan. Tampilan grafik dan tabel ditunjukkan oleh lingkaran berwarna merah. Waktu pengiriman mula-mula diatur pada tampilan “set waktu” apakah 1,2,3,4 dan 5 menit (ditunjukkan pada Gambar 19), saat ini waktu diset pada 1 menit. Tombol start” ditekan sebagai tanda dimulainya penerimaan data. 1 menit kemudian terlihat tampilan seperti pada Gambar 18. Gambar 20 menunjukkan data temperatur dan gas dapat ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik sesuai dengan waktu pengukuran. Pengujian tahap kedua dikatakan berhasil.

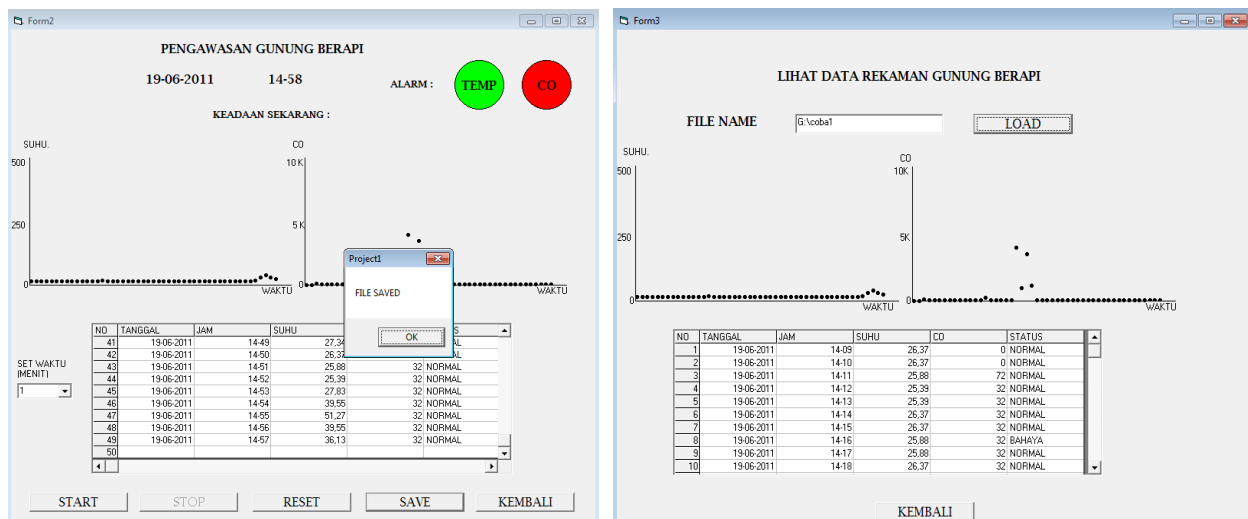
Pengujian tahap ketiga bertujuan untuk mengetahui apakah data dapat tersimpan atau tidak. Pengujian dilakukan dengan menekan tombol “save” (ditunjukkan pada Gambar 20) untuk menyimpan data temperatur dan gas. Tombol “kembali” lalu ditekan agar kembali ke tampilan menu utama, lalu tombol “Lihat Data” ditekan. Tombol “LOAD” ditekan untuk memilih data yang akan ditampilkan. Data yang telah ditampilkan sama dengan data temperatur dan gas yang disimpan sebelumnya. Pengujian tahap ketiga dikatakan berhasil karena data hasil pemantauan dapat disimpan dan ditampilkan kembali dalam bentuk tabel dan grafik.



■ Gambar 18. Tampilan Utama dan Tampilan Pengawasan Gunung Berapi



■ Gambar 19. Tampilan Set Waktu dan start dan Tampilan Data pada Grafik dan Suhu



■ Gambar 17. Tampilan Menyimpan Data dan Tampilan Data Load

KESIMPULAN

Alat ini mampu mengukur temperatur sampai 500°C dan mampu mengukur kadar gas CO sampai 10.000 ppm serta dapat memantau data temperatur dan gas sejauh 7,5 km, dengan menggunakan *Handy Talky*. Data temperatur dan gas dapat ditampilkan dalam bentuk grafik dan data dapat disimpan di *database*. Alat yang dirancang juga dapat memberikan indikator berupa suara pada *buzzer* apabila dideteksi temperatur dan gas melebihi ambang batas normal dan tampilan warna pada *personal computer*. Kecepatan pengiriman datanya dapat diatur dari setiap satu menit sampai setiap lima menit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. Pengenalan Gunung Api. Bandung : *Vulkanology Survey of Indonesia*, 2010.
- [2] Pusat Penanggulangan Krisis Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Pedoman Penyusunan Peta Jalur Evakuasi Bidang Kesehatan pada Bencana Gunung Api. Jakarta: Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2008.
- [3] “gunung merapi”, 10 Maret 2011 pukul 15.32, <http://merapi.bgl.esdm.go.id>
- [4] “termokopel”, 10 Maret 2011 pukul 18.24, <http://indra.blog.mercubuana.ac.id>
- [5] R.J.Tocci, N.S.Widmer and G.L.Moss, *Digital Systems*, 10rd ed. New Jersey:Pearson, 2007, ch 11.
- [6] W. Bolton. *Mechatronics Electronic control systems in mechanical and electrical engineering*, third edition. England: Pearson Prentice Hall, 2003, ch 2, hal 49, 356
- [7] A.V.Deshmukh, *Microcontrollers: Theory and Application*. New Delhi : Tata McGraw-Hill, 2005, ch 1, hal 9-10.
- [8] L.W.Couch, *Digital and Analog communication system*, 7th ed, New Jersey : Pearson, 2007.
- [9] W.L.Schweber, *Data Communications*.
- [10] R.L.Boylestad and L.Nashelsky, *Electronic Devices and Circuit Theory*, 10rd ed. New Jersey:Pearson, 2009.