

## Alat Pemantau Pengendali dan Penyampaian Informasi Status Operasi Mesin Secara Otomatis

Edwin<sup>1</sup> dan Handiyanta Kristiadjie<sup>1</sup>

**Abstract:** Industries growth in Indonesia had been increased along with the consument demand of goods. So there is competition in fulfilling products with low price. The action that had been taken by producers to fulfill the market demand is to increase machine's work time. However that action have a weakness that could damage the machine. Of course this matter will inflict a financial loss to the producer, so as a result we need a system that could monitor and control temperature, pressure and voltage appropriate with the given measures. If there are conditions that could damage a machine, the system will immediately shut down the machine operation and at the same time send an error report to the fixed cell phone number that had been chosen.

**Keywords:** design, monitor, controller, machine

**Abstrak:** Perkembangan industri di Indonesia semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kebutuhan konsumen akan barang-barang produksi. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya persaingan dalam pemenuhan hasil produksi dengan harga yang menarik. Tindakan yang dilakukan produsen dalam usaha untuk pemenuhan kebutuhan pasar pun beragam, salah satunya adalah dengan cara penambahan waktu kerja dari mesin. Namun cara tersebut memiliki kelemahan yang berakibat pada keausan atau bahkan kerusakan mesin. Hal ini tentu sangat merugikan pihak produsen, sehingga dibutuhkan perancangan suatu sistem pemantauan dan pengendali yang dapat mencegah terjadinya kerusakan mesin. Alat ini akan memantau dan mengendalikan suhu dan tegangan kontrol sesuai dengan batasan yang ditentukan. Apabila kondisi yang dinilai dapat merusak mesin, maka alat ini akan segera mematikan mesin dan bersamaan dengan tindakan tersebut juga dikirimkan pesan error ke nomor handphone yang telah ditentukan.

**Kata kunci:** perancangan, pemantauan, pengendali, mesin

### PENDAHULUAN

Produk industri yang dipasarkan dewasa ini terlihat semakin beragam, baik dalam jenis, kualitas dan mereknya. Hal ini sesuai dengan perkembangan kebutuhan atau tuntutan konsumen yang makin beragam dan meningkat. Industri produk plastik di Indonesia, khususnya produk barang plastik, elektronika dan peralatan listrik telah berkembang dengan pesat pada kurun waktu lima tahun terakhir. Sebagai akibatnya, persaingan dalam pemenuhan jumlah produk dengan harga yang menarik menjadi kian meningkat. Untuk menanggapi tantangan tersebut, pihak pabrikan harus melakukan investasi untuk mengejar skala produksi lebih besar dengan pengoperasian mesin lebih banyak dan lebih lama dengan tetap menjaga mutu produksinya. Ini berarti pengoperasian mesin selama 24 jam tanpa jeda akan menjadi rutinitas harian pabrik.

Pengoperasian mesin secara “non-stop” dapat berakibat pada keausan bahkan kerusakan mesin pabrik. Hal ini sangat merugikan pengusaha pabrik dari segi biaya maupun waktu yang terbuang. Oleh karena itu, pengoperasian mesin-mesin dan kinerjanya perlu dipantau/diawasi secara ketat dan dilakukan tindakan perawatan bahkan sampai tindakan reparasi bilamana diperlukan.

Memperkerjakan operator manusia adalah salah satu solusi dalam mengatasi masalah pengawasan tersebut. Namun ketahanan fisik manusia pada umumnya terbatas, faktor kejenuhan dan kelelahan yang dialami petugas dalam pekerjaan yang bersifat rutin akan menyebabkan terjadinya kelalaian bahkan kecelakaan. Hal ini terbukti dengan kasus meledaknya pabrik penyulingan cengkeh di Kp. Panyindangan RT 02/RW 02, Ds. Sukamaju, Kec. Cikakak, Kab. Sukabumi. Kejadian itu murni akibat kelalaian pemilik penyulingan yang menggunakan mesin dan peralatannya yang dinilai tidak layak pakai. Masalah kelalaian manusia (*human error*) ini dapat berakibat fatal pada kinerja/produksi pabrik yang bersangkutan. Untuk mengatasi faktor kelemahan itu dibutuhkan suatu sistem peralatan yang dapat bekerja dengan konsistensi kinerja lebih handal. Selain untuk mengatasi masalah kejenuhan dan kelelahan, operator mesin dapat melakukan pengawasan operasi mesin-mesin secara serempak dan terus-menerus dengan konsistensi tinggi. Alat yang dirancang selanjutnya juga akan mampu menghentikan operasi mesin secara otomatis berdasarkan pedoman yang telah ditentukan dan dilakukan pengiriman informasi *error* berupa sms ke bagian teknik. Survei diperlukan dalam pembuatan rancangan ini. Kegiatan survei dilakukan oleh penulis di bulan Juni 2008, bertempat di pabrik milik CV. Sentral Buana Plastik yang berada dalam kompleks pergudangan Sentra Kosambi, Jakarta Barat. Survei dilakukan dengan cara mengamati kinerja dari operator manusia saat mengawasi mesin-mesin yang sedang bekerja.

Hasil survei menunjukkan bahwa pemantauan atau pengawasan mesin yang dilakukan masih bersifat manual lebih-lebih dalam hal pengaturan suhu *heater* dan pengaturan tekanan tiup. Dalam pabrik yang disurvei, rata-rata 1 mesin diawasi oleh 2 orang operator. Untuk setiap *shift* kerja, masing-masing operator bekerja selama 12 jam. Penulis juga sempat menanyakan pemilik pabrik mengenai lamanya pengoperasian mesin-mesinnya. Mesin-mesin dioperasikan selama 24 jam tanpa jeda, hal ini dilakukan untuk mencapai target pesanan.

Dari hasil survei didapatkan informasi bahwa suhu optimal *heater* adalah antara 210°C–220°C. Saat terjadi penurunan suhu pada mesin pelebur bijih, operator menaikkan kembali suhu dengan menekan tombol pada panel kontrol. Jika suhu *heater* melampaui batas yang ditentukan, maka operator harus kembali

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Elektro Universitas Tarumanagara Jakarta

menurunkan suhu dengan menekan tombol yang bersesuaian. Hal seperti ini dilakukan juga untuk pengaturan tekanan kompresor yang berfungsi menghasilkan tekanan tiup untuk mendorong cairan plastik dari cetakannya.

Pada mesin pelebur bijih plastik terdapat indikator suhu *heater*. Indikator inilah yang selalu diawasi oleh operator selama mesin bekerja. Keadaan suhu yang tidak sesuai dengan ketentuan operasi mesin berakibat pada produk plastik yang dihasilkan buram/tidak bening dan juga mudah putus saat didorong keluar dari cetakannya.

Saluran dari kompresor yang digunakan mengalirkan angin. Dari mesin ini juga terlihat piston yang mendorong cairan plastik untuk mengisi cetakan, yang selanjutnya akan didorong keluar dari cetakan oleh tekanan angin yang berasal dari kompresor.

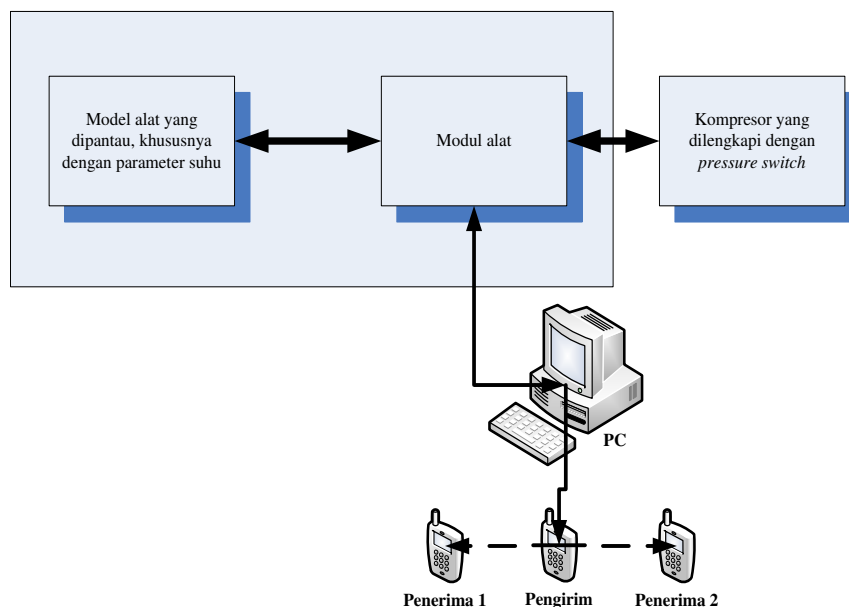
Rancangan ini dapat memantau mesin-mesin selama 24 jam sehari yang dapat menggantikan fungsi operator manusia. Bila terjadi ketidakstabilan pada mesin, alat ini akan melakukan tindakan untuk menstabilkan kembali kondisi mesin. Namun apabila terjadi kondisi yang lebih serius seperti misalnya suhu yang diinginkan tidak dapat dicapai, maka alat ini akan secara otomatis mematikan mesin dan melakukan pengiriman informasi status *error* berupa sms ke bagian teknik.

Untuk melaksanakan fungsi tersebut diatas akan digunakan sensor-sensor yang dipasang pada bagian mesin yang akan dipantau. Karena keterbatasan waktu penulis dalam melakukan pengamatan survei, maka alat yang dirancang ini dibatasi pada 2 parameter yaitu pemantauan dan pengendalian untuk bagian suhu mesin peleburan bijih plastik dan tekanan angin kompresor, alat yang dirancang ini juga disertai stabilisator tegangan untuk pengendalian mesin. Penulis memilih bagian peleburan bijih plastik berdasarkan hasil survei di lapangan bahwa untuk menghasilkan plastik dengan kualitas baik, bahan baku berupa bijih plastik harus dilebur dengan suhu yang tepat. Untuk pemilihan parameter tekanan dilandasi dengan hasil survei yaitu bijih plastik yang telah menjadi cairan plastik harus disalurkan menuju cetakan untuk segera dicetak dengan cara ditiup, proses penyaluran maupun pencetakan menggunakan tekanan berupa angin yang didapat dari kompresor. Sementara untuk pengendalian tegangan kontrol mesin adalah merupakan penambahan dari penulis dengan alasan bahwa suatu mesin terdiri dari banyak rangkaian kontrol misalnya seperti mikrokontroller maupun *Programmable Logic Control (PLC)*. Dibutuhkan penghasil tegangan yang stabil untuk rangkaian kontrol tersebut untuk menghindari kerusakan.

Selanjutnya, sistem yang dirancang akan dilengkapi dengan sebuah komputer atau *Personal Computer (PC)* sebagai pengolah, penyimpanan data dan tampilan visual. Mikrokontroller dalam sistem ini berfungsi untuk mengumpulkan data dari sensor-sensor, juga sebagai *interface* pengiriman data sensor ke PC untuk dapat selanjutnya dikirim informasi status *error* ke bagian teknik yang bersangkutan. Mikrokontroller juga berfungsi melaksanakan perintah-perintah yang dikirimkan PC untuk menjalankan alat pendukung tertentu, sebagai tindakan untuk mengembalikan kondisi operasi mesin kembali normal.

### KAJIAN PUSTAKA

Alat Pemantau Pengendali dan Penyampai Informasi Status Operasi Mesin secara otomatis yang dirancang ini akan menggantikan fungsi operator manusia yang bertugas mengawasi dan mengatur operasi mesin, agar mesin selalu bekerja dalam kondisi stabil dan optimal. Kondisi operasi dalam hal ini diukur dengan sejumlah parameter yang meliputi suhu *heater* pelebur biji plastik, tekanan kompresor dan *stabilizer* tegangan output untuk kontrol elektronik.



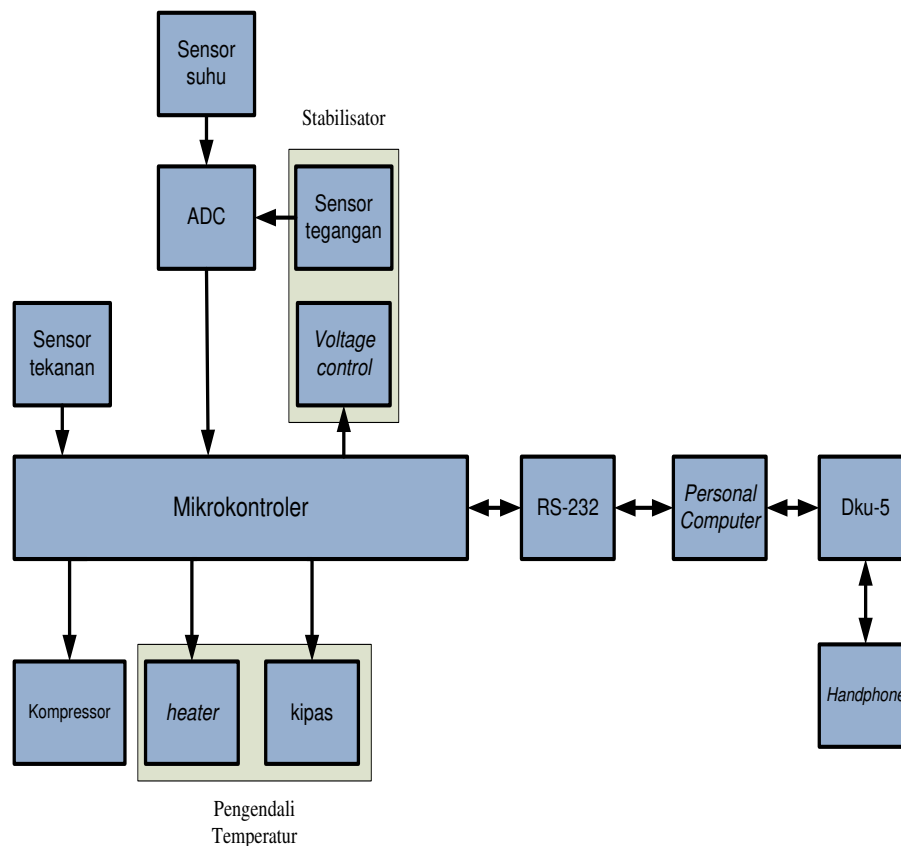
■ Gambar 1. Konsep Rancangan

Dengan demikian, kondisi operasi optimal yang sudah ditentukan sebelumnya dengan parameter operasi tertentu akan dipantau dan dijaga secara terus menerus. Apabila terjadi perubahan kondisi operasi mesin yang tidak diinginkan, maka sistem yang dirancang ini akan segera mendeteksinya dari perubahan parameter operasi yang bersangkutan, dan dikirimkan kepada PC yang tersedia untuk dianalisa dan menentukan tindakan yang sesuai. Misalnya suhu *heater* operasi terdeteksi terlalu tinggi, maka PC akan mengirim instruksi kepada mikrokontroler untuk menjalankan modul kipas angin dan mematikan *heater* untuk mengembalikan suhu optimal pelebur bijih besi. Apabila perubahannya melampaui batas yang telah ditentukan, maka komputer (PC) akan mengirimkan instruksi kepada mikrokontroler untuk segera menghentikan operasi mesin agar dapat menghindari kerusakan mesin yang fatal. Bersamaan dengan tindakan koreksi tersebut, alat, yang dirancang ini juga dapat mengirimkan informasi status *error* berupa SMS kepada bagian teknik agar dapat dinilai dan diwaspadai lebih lanjut.

Pada perancangan ini selain modul alat yang dirancang, penulis juga akan merancang model dari alat yang akan dipantau. Pada model alat yang dipantau, penulis akan menggunakan sensor suhu yang mampu mengukur sampai 150 °C, untuk bagian *heater* akan digunakan solder dengan catu daya 220 Vac 40 W dan untuk sensor tekanan yang digunakan adalah sensor dengan batas maksimal pengukuran tekanan sebesar 10 bar. Penulis juga telah menentukan, bahwa alat yang dirancang dapat mengirimkan *error report* untuk 2 nomor *handphone*. Konsep Alat yang dirancang dapat dilihat dalam Gambar 1.

### Diagram Blok

Diagram blok keseluruhan Perancangan Dan Realisasi Alat Pemantau Pengendali dan Penyampaian Informasi Status Operasi Mesin Secara Otomatis dapat dilihat dalam Gambar 2.



■ Gambar 2. Diagram Blok Sistem

### Sensor

Sensor adalah jenis *transducer* yang digunakan untuk mengubah besaran mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor biasa digunakan untuk pendeteksian pada saat melakukan pengukuran dan pengendalian. Beberapa jenis sensor yang banyak digunakan dalam rangkaian elektronik antara lain adalah sensor cahaya, sensor suhu dan sensor tekanan. Pada Perancangan Dan Realisasi Alat Pemantau Pengendali dan Penyampaian Informasi Status Operasi Mesin Secara Otomatis ini menggunakan sensor suhu, sensor tegangan dan sensor tekanan.

## Sensor Suhu

Sensor suhu yang umum digunakan adalah *thermistor*, *Resistance Thermal Detector* (RTD), *thermocouple* dan IC sensor. *Thermistor* adalah resistor yang peka terhadap panas yang biasanya mempunyai koefisien suhu negatif, karena suhu meningkat maka tahanan menurun dan sebaliknya. *Thermistor* sangat peka terhadap perubahan tahanan sebesar 5% per °C, oleh karena itu mampu mendeteksi perubahan kecil di dalam suhu. *Thermistor* ini umumnya bersifat turun terhadap temperatur (eksponensial).

Konsep utama yang mendasari pengukuran suhu dengan *Resistance Thermal Detector* (RTD) adalah tahanan listrik dari logam yang bervariasi sebanding dengan suhu. Kesebandingan variasi ini adalah presisi dan dapat diulang lagi sehingga memungkinkan pengukuran suhu yang konsisten melalui pendeteksian tahanan. Bahan yang sering digunakan RTD adalah platina karena kelinearan, stabilitas dan reproduksibilitas. RTD ini cocok digunakan untuk jangkauan temperatur yang lebih lebar dan RTD ini bersifat lebih linier tetapi koefisien lebih rendah dibandingkan *thermistor*.

*Thermocouple* terdiri dari sepasang penghantar yang berbeda disambung las dilebur bersama satu sisi membentuk “*hot*” atau sambungan pengukuran yang ada ujung-ujung bebasnya untuk hubungan dengan sambungan referensi. Perbedaan suhu antara sambungan pengukuran dengan sambungan referensi harus muncul untuk alat ini sehingga berfungsi sebagai *thermocouple*.

Sensor suhu dengan IC ini menggunakan *chip silicon* untuk elemen yang merasakan (sensor). Memiliki konfigurasi output tegangan dan arus. Meskipun terbatas dalam rentang suhu (dibawah 200 °C), tetapi menghasilkan output yang sangat linear di atas rentang kerja. Pada alat ini sensor suhu yang digunakan adalah IC sensor LM 35. Alasan digunakan sensor ini karena sensor ini cocok dengan spesifikasi rancangan yaitu sensor ini dapat mengukur -55°C sampai 150°C, range ini cukup untuk simulasi pada pembuatan alat ini.

## Sensor Tekanan

Sensor tekanan yang umum digunakan adalah *pressure switch*. Cara kerja dari sensor ini yaitu seiring dengan meningkatnya tekanan udara dalam kompresor maka udara akan menekan bagian penampang bawah dari sensor sehingga menempel pada penampang atas dari sensor. Menempelnya kedua penampang tersebut membuat *switch* menjadi *short*. Sensor ini dapat diatur untuk tekanan tertentu dengan cara mengencangkan skrup atau sebaliknya. Sensor ini menghasilkan data yang berupa data digital.

Fungsi sensor tekanan dalam perancangan ini adalah sebagai *switch* otomatis yang mendeteksi besaran tekanan yang masuk kedalam kompresor. Perancangan tugas akhir ini akan menggunakan 1 buah sensor tekanan angin yang mempunyai sistem diferensiasi. Sensor tekanan yang dipakai bertipe Saginomiya yang memiliki batas maksimal pengukuran sampai dengan 10 bar dan batas maksimal diferensiasi 3 bar. *Switch* ini memiliki 3 kaki (1, 3, 5) dengan kaki 1 dan 5 adalah “*normally closed*”. Alasan penulis memilih sensor ini adalah mengacu pada spesifikasi rancangan yang telah ditentukan. Penulis telah men-*setting* sensor ini pada 4 bar dengan diferensiasi 2 bar. Mikrokontroler akan bertindak untuk menyalakan maupun mematikan kompresor berdasarkan input dari kedua *switch* tersebut.

## Heater

Berdasar sumber energi primer-nya, *heater* dapat digolongkan dalam tiga jenis, yakni *heater* listrik, gas, dan minyak tanah. *Heater* listrik masih dapat kita bagi dalam sistem langsung (*direct*) dan sistem tak langsung (*indirect*). Sistem langsung diartikan bahwa terjadi konversi energi dari listrik menjadi panas tanpa moda perantara, ini bisa dijumpai pada *heater* jenis konveksi (*ELECTRIC FAN HEATER*) dan radiasi (*LAMP HEATER*). Sedangkan sistem tak langsung bisa dijumpai pada *HEAT PUMP* (kebalikan dari fungsi AC). *Heater* gas (*GAS HEATER*) dan minyak tanah (*OIL HEATER*), sebagian besar menggunakan sistem langsung; yakni membakar bahan bakar dengan udara dan meniupkan produk pembakaran bertemperatur tinggi tersebut ke sekitarnya. kadangkala pada *heater* minyak tanah juga dijumpai *reflective mirror* untuk menyebarkan energi panas dengan moda radiasi. Selain ke-tiga jenis *heater* tersebut, ada juga jenis *heater* yang menggunakan perantara fluida uap/air panas. Uap/air panas tersebut dilewatkan ke “*air handling unit*” untuk memanaskan ruangan. Karakteristik *Heater* terbagi atas:

### ➤ Heater Listrik

Seperti disebutkan di atas, ada tiga jenis aplikasi *heater* listrik, yakni konveksi *electric fan heater*), radiasi (*heater* lampu), dan *heat pump* (kebalikan dari fungsi AC). Dari segi produk udara panas, *heater* listrik tidak mengubah komposisi kimia udara (dikarenakan tidak terjadi proses pembakaran pada *heater* listrik). Keluhan pada penggunaan *heater* ini biasanya adalah masalah biaya listrik yang membengkak. mungkin ini disebabkan karena harga energi listrik masih lebih besar daripada gas ataupun minyak tanah. Namun hitungannya berbeda, bila kita menyertakan komponen kesehatan dalam perhitungan biaya tersebut. Untuk *heater* listrik dibagi menjadi 3 macam, yaitu:

#### • Heater Listrik Jenis Konveksi

Pada tipe ini, arus listrik dilewatkan pada material dengan hambatan tertentu (besar), sehingga menghasilkan panas yang sebanding dengan kuadrat arus dikalikan hambatan tersebut. Panas yang

terbentuk pada material tersebut dipindahkan ke lingkungan dengan cara konveksi menggunakan dorongan udara dari kipas (*fan*). Udara panas menyebar dan menciptakan kesetimbangan thermal ke seluruh ruangan.

- **Heater Listrik Jenis Lampu**

Tipe ini menggunakan prinsip radiasi, yakni perpindahan energi melalui gelombang elektromagnetik. Bila sebuah permukaan terkena radiasi panas tersebut, maka temperaturnya akan naik. Dengan demikian, *heater* ini akan memanaskan benda-benda yang dikenai sinar dari lampu *heater*. Karena partikel udara memiliki kerapatan yang relatif rendah, maka hanya sebagian radiasi panas yang berhasil ditangkap oleh partikel udara. Maka tidak mengherankan, bahwa pada penggunaan *heater* jenis ini, udara tidaklah sehangat permukaan benda yang dikenai radiasi sinar lampu.

- **Heat Pump**

*Heater* ini bekerja pada mesin yang sama dengan AC, dengan prinsip yang berkebalikan. Bila pada AC, sisi evaporator (pendingin) ada di dalam ruangan, maka pada saat difungsikan sebagai heat pump, sisi kondensor (pemanas) akan berada di dalam ruangan. Dari segi aliran energi, panas yang disebarkan oleh kondensor bukan hanya panas yang didapatkan dari energi listrik, namun juga dari energi yang diserap di luar ruangan. Oleh karena itu, “efisiensi” (atau *performance* faktor) untuk *heat pump* adalah lebih dari satu.

- **Heater Gas**

*Heater* ini membakar gas alam (natural gas) yang komposisi utamanya adalah metana ( $\text{CH}_4$ ) - senyawa teringan pada hidrokarbon. Karena mudah terbakar, dan memiliki rantai yang terpendek, maka pembakaran gas ini relatif sempurna (tidak menyisakan reaktan). Produk utama pembakaran *heater* gas adalah  $\text{CO}_2$  dan uap air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Karena menghasilkan  $\text{CO}_2$ , maka penggunaan *heater* ini mensyaratkan sistem ventilasi udara yang baik. Perlu diketahui bahwa pada temperatur yang sama,  $\text{CO}_2$  memiliki densitas 1,5 kali udara. Maka,  $\text{CO}_2$  akan berada di bagian bawah udara. *Heater* ini merupakan solusi pertengahan antara mahalnnya penggunaan *heater* listrik dan relatif lebih polutifnya *heater* minyak tanah.

- **Heater Minyak Tanah**

Minyak tanah memiliki rantai carbon jauh lebih panjang dibandingkan natural gas, yakni dari C10 hingga C15. Panjangnya rantai hidrokarbon ini juga mempengaruhi besarnya energi yang diperlukan untuk mematahkan seluruh rantai tersebut. Maka pembakaran pada *heater* minyak tanah biasanya tidak sesempurna pembakaran pada *heater* gas. Dalam arti, masih terdapat *unburn hydrocarbon*. terlebih bila disadari bahwa dalam minyak tanah biasanya juga masih terdapat unsur pengotor. maka ada anggapan umum yang bisa diterima bahwa kualitas udara dari *heater* minyak tanah adalah yang terbawah dibandingkan dengan listrik dan gas. Kelebihan utama *heater* jenis ini mungkin terletak pada relatif murahhnya harga minyak tanah. bila efek kesehatan serta usaha angkut minyak tanah dari pom-bensin juga turut diperhitungkan, mungkin hitungannya akan menjadi lain. namun dengan ventilasi udara yang baik *heater* ini bisa aman digunakan.

Fungsi *heater* ini adalah sebagai model sumber panas dalam tungku pelebur bijih plastik. Oleh karena perancangan alat ini berupa model maka penulis memilih solder sebagai *heater*. Solder yang dipakai menggunakan catu daya 220 V<sub>ac</sub> 40 W.

Pada modul *heater*, kipas dan kompresor membutuhkan *relay*. *Relay* ini berfungsi untuk menyalakan dan mematikan modul-modul tersebut. *Relay* yang digunakan pada perancangan ini yaitu *relay* 5 Volt. Penulis memilih menggunakan *relay* ini karena *relay* ini mampu menyalakan peralatan listrik dengan beban sampai dengan 440 W,

## Kipas

Kipas merupakan alat pendingin sederhana yang berupa baling-baling digerakkan oleh motor listrik. Kipas memiliki banyak jenis dan ukuran, jenis kipas yang digunakan tergantung volume udara dan tekanan yang diinginkan. Kipas dapat digunakan untuk menyedot udara keluar (*exhaust fan*) maupun untuk mengalirkan udara ke dalam.

Fungsi kipas dalam perancangan ini adalah untuk membantu menurunkan suhu yang dihasilkan oleh *heater*. Kipas yang digunakan adalah kipas yang biasa dipakai untuk memberikan sirkulasi udara pada CPU komputer (PC). Penulis akan menggunakan 2 kipas masing-masing dengan catu daya 12 V<sub>dc</sub> dan arus 0,08 A, pemasangan kedua kipas ini diatur sedemikian rupa sehingga dapat memberikan sirkulasi udara. Tujuan sirkulasi udara ini untuk menstabilkan suhu *heater*.

## Stabilizer Tegangan

*Stabilizer* adalah alat untuk menstabilkan tegangan listrik (ac/dc) supaya beban yang memakai *stabilizer* akan lebih terjamin daya tahannya. Ada beberapa macam jenis *stabilizer*, yaitu :

- Menggunakan servo motor  
Jenis penstabilan yang memakai motor servo didalam alat *stabilizer* ini, dimana motor akan berputar untuk mendapatkan tegangan yang stabil. Akibatnya, diperlukan waktu 2 sampai 5 detik sehingga mencapai kestabilan, dan tidak ada penyangkal/filter terhadap gangguan listrik contohnya petir.
- Menggunakan *Relay*  
Penstabilan listrik yang menggunakan beberapa *relay* bekerja bila tegangan listrik naik atau turun. Akibatnya reaksinya amat cepat, tapi range kestabilan yang kurang baik sekitar 5%. Jenis ini umumnya tidak dilengkapi dengan *filter*.
- Sistem *Relay* dan triac  
Sistem ini menggabungkan penggunaan *relay* dan triac (sejenis transistor) untuk menstabilkan listrik. Sistem ini lebih canggih dibandingkan dengan sistem *relay*, dan juga dilengkapi dengan *filter*.
- Sistem *Ferro-Resonant/line conditioner*  
Sistem ini adalah yang paling handal. Untuk memberikan kestabilan pada beban, reaksi/responsenya sangat cepat, hanya perlu 0,04 detik saja. Lebih stabil dibanding jenis lainnya, dapat juga menyaring listrik lebih bagus dari model *Digital control*, menggunakan trafo isolasi dan kapasitor. Oleh karena itu sering disebut juga sebagai *Line Conditioner* atau *Power Conditioner*. Kekurangannya adalah berat, dan bunyi kipas yang bising.

*Stabilizer* yang dirancang terdiri dari sensor tegangan dan *voltage control*. Untuk sensor tegangan digunakan ADC 0809 yang dihubungkan langsung dengan sumber catu daya yang ingin di kontrol tegangannya. Pemilihan ADC ini dikarenakan ADC ini mempunyai 8 input dan kemampuan konversi data yang cukup cepat yaitu sebesar 100 $\mu$ s. Sedangkan untuk *voltage control* digunakan IC *Adjustable Regulator* dengan tipe LM 317. Alasan penulis memilih IC jenis ini karena IC ini mempunyai kemampuan *Regulator* yang dapat diatur dari 1,2 V sampai 25 V[4].

### Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah pengembangan dari mikroprosesor. Mikrokontroler memiliki bermacam-macam tipe yaitu mikrokontroler yang memiliki 4 Kbyte *Flash PEROM (Programmable and Erasable Read Only Memory)* maupun mikrokontroler dengan 8 Kbyte *Flash PEROM*. Selain perbedaan dari kapasitas memori, mikrokontroler juga memiliki perbedaan dalam jumlah pin yaitu mikrokontroler dengan 20 pin atau 40 pin.

Sistem operasi pada mikrokontroler seluruhnya dikendalikan oleh *Central Processing Unit (CPU)*. CPU memiliki 2 bagian yaitu *Control Unit (CU)* dan *Aritmetic Logic Unit (ALU)*. *Control Unit* berfungsi untuk mengambil instruksi dari memori kemudian menerjemahkan susunan instruksi tersebut menjadi suatu kumpulan proses kerja sederhana lalu melaksanakan urutan instruksi sesuai dengan langkah-langkah yang telah ditentukan program. *Aritmetic Logic Unit* berhubungan dengan operasi aritmatika serta memanipulasi data secara logika.

Semua mikrokontroler memiliki ruang alamat memori data dan program yang terpisah. Pemisahan memori data dan program tersebut membolehkan data diakses dengan alamat 8 bit, sehingga dapat dengan cepat dan dimanipulasi oleh CPU. Namun alamat memori data 16 bit juga bisa dihasilkan melalui register *DPTR (Data Pointer Register)*.

Memori data pada mikrokontroler terdiri dari dua bagian, yaitu:

- *Random Access Memory (RAM)*, biasanya digunakan untuk menyimpan data yang bersifat sementara.
- *Read Only Memory (ROM)*, bersifat *nonvolatile*, dimana memori tidak akan hilang walaupun tidak diberi tegangan sumber. Oleh karena itu, ROM digunakan untuk menyimpan program.

Di dalam mikrokontroler dikenal istilah interupsi, dimana interupsi merupakan suatu kejadian atau peristiwa yang menyebabkan mikrokontroler berhenti sejenak untuk melayani interupsi tersebut. Setiap interupsi memiliki lokasi tetap dalam memori program. Interupsi menyebabkan CPU melompat ke lokasi tempat terdapatnya sub-rutin yang harus dilaksanakan.

Mikrokontroler yang digunakan dalam alat ini adalah mikrokontroler AT89S51. Mikrokontroler keluaran atmel dengan tipe AT89S51 ini digunakan karena memiliki kemampuan *in-system programming* dimana mikrokontroler ini dapat diprogram tanpa harus memindahkan IC tersebut ke modul *downloader*.

Penjelasan pin-pin pada IC AT89S51 adalah sebagai berikut:

- VCC  
VCC merupakan pin input catu daya yang mempunyai tegangan input 5 Volt.
- GND  
GND sebagai pin *Ground*.
- Port 0 (P0.0 – P0.7)  
Merupakan saluran I/O 8 bit dua arah yang dapat memberikan output *sink* ke delapan buah TTL input. Dapat dikonfigurasi menjadi *Low Order Address* pada saat mengakses memori eksternal dan memori data.
- Port 1 (P1.0 – P1.7)

Merupakan saluran I/O 8 bit dua arah (*bidirectional*) yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan (*general purpose*) dengan *pull-up* internal. *Port* 1.0 dan *Port* 1.1 dapat dikonfigurasi untuk keperluan *timer/counter* sedangkan *Port* 1.5, *Port* 1.6, dan *Port* 1.7 dapat digunakan untuk *In-System Programming*.

- **Port 2 (P2.0 – P2.7)**  
Merupakan saluran I/O 8 bit dua arah dengan *pull-up* internal. Dapat memberikan *output sink* ke empat buah *input* TTL. Menerima *High Order Address* dan beberapa sinyal kontrol pada saat pemrograman dan verifikasi *Flash*.
- **Port 3 (P3.0 – P3.7)**  
Merupakan saluran I/O 8 bit dua arah dengan *pull-up* internal. Dapat memberikan *output sink* ke empat buah *input* TTL. *Port* 3 sebagai fungsi alternatif port-port ini mempunyai keterangan sebagai berikut :
  - P3.0 (RXD), untuk menerima data port serial
  - P3.1 (TXD), untuk mengirim data port serial
  - P3.2 (INT0), interupsi eksternal 0
  - P3.3 (INT1), interupsi eksternal 1
  - P3.4 (T0), *input* eksternal waktu/pencacah 0
  - P3.4 (T1), *input* eksternal waktu/pencacah 1
  - P3.6 (WR), jalur menulis memori data eksternal
  - P3.7 (RD), jalur membaca memori data eksternal
- **RST**  
*Reset* akan terjadi apabila ada pergantian pulsa dari rendah ke tinggi (aktif *high*).
- **ALE/PROG**  
*Address Latch Enable* (ALE) merupakan pulsa *output* untuk me-*latch* byte rendah alamat pada saat mengakses memori eksternal.
- **PSEN**  
*Program Store Enable* (PSEN) adalah jalur untuk membaca program memori eksternal
- **EA**  
Pada kondisi *low*, pin ini akan berfungsi sebagai EA yaitu mikrokontroler akan menjalankan program yang ada pada memori external setelah sistem di-*reset*.
- **XTAL 1**  
Merupakan *Input Oscillator*.
- **XTAL 2**  
Merupakan *Output Oscillator*.

## RS-232

RS-232 merupakan standar komunikasi serial yang telah ditetapkan oleh *Electronic Industries Association* (EIA) dengan tujuan sebagai standarisasi antar muka (*interface*) antara *Data Terminal Equipment* (DTE) dan *Data Communication Equipment* (DCE), dan juga telah dikembangkan pengirim dan penerima untuk digunakan dalam aplikasi antarmuka RS-232[5]. Adapun parameter yang digunakan untuk *interface* RS-232 ini adalah sebagai berikut, logika *high* (1) akan dihasilkan dari tegangan negatif dari -3 V sampai -25 V. Sedangkan untuk logika *low* (0) dihasilkan dari tegangan positif dari +3 V sampai +25 V. Daerah terlarang terdapat diantara -3V dengan +3V [1].

EIA menentukan spesifikasi pin-pin sinyal untuk RS-232, serta konektor jantan (*male*) untuk DTE dan konektor betina (*female*) untuk DCE. Konektor yang umum digunakan adalah konektor DB-25, tetapi pada sistem yang hanya menggunakan sedikit saja dari pin-pin yang telah disediakan di DB-25 maka dapat menggunakan konektor 9 (sembilan) pin yaitu DB-9.

Cara kerja dari konektor ini adalah ketika ada data yang masuk melalui serial *port*, maka akan dibangkitkan sinyal *interrupt*. Setelah sinyal *interrupt* diterima mikroprosesor, baru data akan diterima dan dapat dibaca pada alamat yang telah ditetapkan. Masing-masing pin dari DB-9 mempunyai definisi sebagai berikut:

- Pin 1 adalah *Data Carrier Detect* (DCD).
- Pin 2 adalah untuk *Receive Data* (RD).
- Pin 3 adalah *Transmit Data* (TD).
- Pin 4 adalah *Data Terminal Ready* (DTR).
- Pin 5 adalah *Signal Ground* (SG).
- Pin 6 adalah *Data Set Ready* (DSR).
- Pin 7 adalah *Request To Send* (RTS).
- Pin 8 adalah *Clear To Send* (CTS).
- Pin 9 adalah *Ring Indicator* (RI).

Deskripsi dan penjelasan dari masing-masing pin IC MAX232 dapat dilihat pada Tabel 1:

■ Tabel 1. Penjelasan Masing-Masing Pin IC MAX232

Pin	Nama	Fungsi
1, 3	C1+, C1-	Terminal untuk Kapasitor <i>Charge-Pump</i> Positif
2	V+	Tegangan $+2 \times V_{CC}$ yang dibangkitkan oleh <i>Charge-Pump</i>
4, 5	C2+, C2-	Terminal untuk Kapasitor <i>Charge-Pump</i> Negatif
6	V-	Tegangan $-2 \times V_{CC}$ yang dibangkitkan oleh <i>Charge-Pump</i>
7, 14	T_OUT	<i>Output Driver</i> RS-232
8, 13	R_IN	<i>Input Receiver</i> RS-232
9, 12	R_OUT	<i>Output Receiver</i> RS-232
10, 11	T_IN	<i>Input Driver</i> RS-232
15	GND	<i>Ground</i>
16	VCC	<i>Supply tegangan 5 Volt</i>

Sistem serial *interface* RS-232 yang digunakan sebagai sarana komunikasi antara PC dan mikrokontroler. Namun sistem serial ini tidak dapat langsung digunakan untuk komunikasi antara PC dan mikrokontroler. Diperlukan IC yang dirancang khusus untuk sistem antarmuka serial RS-232 yaitu IC MAX 232. Catu daya pada *interface* RS-232 yang digunakan adalah sebesar 5 Vdc. Untuk menghubungkan PC dengan mikrokontroler digunakan komunikasi serial dengan *datarate* sebesar 9600 bps.

### Catu Daya

Catu daya berfungsi sebagai sumber tegangan yang dibutuhkan oleh semua komponen dalam perancangan alat ini. Catu daya pada umumnya terdiri dari empat komponen utama yaitu transformator, penyearah (*rectifier*), penyaring (*filter*), dan *regulator*[2].

Pada alat sistem ini digunakan *transformer* dengan tipe *step down* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan AC (*alternating-current*) dari PLN menjadi tegangan AC yang lebih rendah. Yang kemudian akan disearahkan oleh dioda menjadi tegangan DC (*direct-current*) yang diperlukan oleh rangkaian.

*Output* DC yang dihasilkan oleh dioda ini pada umumnya masih belum stabil untuk digunakan langsung oleh rangkaian. Oleh karena itu, maka *output* dari dioda ini masih perlu distabilkan oleh kapasitor sehingga dapat meredam adanya ripple (denyut) yang masih tersisa.

Namun untuk menjamin kestabilan output dari kapasitor ini perlu digunakan lagi, *voltage regulator* yang berguna untuk memantapkan tegangan listrik yang dihasilkan. *Voltage regulator* ini menjaga agar tegangan yang dihasilkan tidak mudah jatuh sewaktu dipasang beban, salah satu contoh *voltage regulator* adalah IC LM-7805 untuk tegangan 5 volt. Alat ini memerlukan 2 supply tegangan masing-masing sebesar 5 Volt dan 12 Volt. Karena alasan itu, maka memilih IC LM 7805 untuk menghasilkan tegangan 5 V, sedangkan IC LM 7812 untuk menghasilkan tegangan 12 V.

### Analog Digital Converter (ADC)

Pada perancangan Alat Pemantau Pengendali dan Penyampai Informasi Status Operasi Mesin secara otomatis ini, digunakan sensor suhu dan sensor tegangan yang menghasilkan output sinyal analog. Agar output dari kedua sensor ini dapat diolah oleh mikrokontroler, output sensor ini harus diubah menjadi sinyal digital terlebih dahulu. Oleh karena itu diperlukan ADC untuk mengubah sinyal keluaran sensor yang berupa bentuk analog menjadi bentuk digital. Sesuai dengan namanya, *A/D converter* berfungsi untuk merepresentasikan tegangan analog suatu sinyal ke dalam bit-bit yang membentuk suatu kode biner. Banyaknya representasi biner dari suatu *A/D converter* (ADC) bergantung pada banyaknya bit keluaran ADC tersebut, sebuah ADC dengan resolusi 8-bit dapat menghasilkan 256 buah kode biner. Semakin besar resolusi suatu ADC, semakin akurat pula representasi biner yang dihasilkannya.

Parameter lain yang menentukan kinerja suatu ADC adalah *conversion time*, yaitu waktu yang dibutuhkan bagi suatu ADC untuk menghasilkan kode biner yang valid dari suatu tegangan *input*. *Conversion time* suatu ADC biasanya berhubungan erat dengan jenis ADC tersebut. Pada umumnya, ADC terbagi menjadi tiga jenis, yaitu *parallel comparator (flash)* ADC, *dual-slope* ADC dan *successive-approximation* ADC. Sebagian besar ADC dengan *conversion time* yang cepat menggunakan metode *successive-approximation*. Berikut adalah penjelasan mengenai ketiga ADC diatas:

- *Flash* ADC

Terdiri dari banyak komparator. Komparator memberikan input ke *logic circuit* yang kemudian menghasilkan code untuk setiap tegangan. Waktu yang dibutuhkan untuk konversi sangat cepat, namun



hanya mempunyai resolusi 8 bit. ADC jenis ini berukuran sangat besar, kapasitas input yang besar. ADC jenis ini biasa digunakan untuk *video*, komunikasi *wideband* atau yang membutuhkan *delay* kecil.

- **Dual-slope ADC**

ADC jenis ini menghasilkan *output* berupa *signal sawtooth* yaitu sinyal yang menaik kemudian jatuh ke posisi *zero*. ADC ini bekerja dengan mengukur periode waktu, ketika sinyal *sawtooth* berjalan maka *timer* mulai menghitung. Saat tegangan sinyal *sawtooth* sama dengan tegangan *input*, maka komparator bekerja dan lama waktu yang terhitung direkam.

- **Successive-approximation ADC**

ADC ini menggunakan sebuah komparator. ADC jenis ini bekerja secara konstan membandingkan tegangan *input* dengan *output* dari sebuah rangkaian *internal Digital Analog Converter* (DAC) sampai didapat nilai yang terbaik.

Pada umumnya, ADC memiliki suatu jangkauan tegangan *input* yang berbeda-beda, oleh karena itu penggunaan *voltage limiter* diperlukan untuk membatasi tegangan *input* ke dalam range yang sesuai dengan range tegangan *input* ADC tersebut. ADC yang digunakan adalah ADC0809. ADC ini dipakai karena ADC0809 memiliki 8 kanal multiplexer dengan input antara 0 V sampai 5 V dan waktu konversi data sebesar 100 $\mu$ s.

### Handphone

*Handphone* bekerja dengan memanfaatkan sinyal frekuensi yang dipancarkan dari sebuah pemancar frekuensi. *Handphone* hanya dapat menerima/melakukan panggilan maupun serta menerima dan melakukan pengiriman SMS apabila berada dalam daerah di mana terdapat jaringan seluler, hal ini dikenal dengan *handphone* memperoleh sinyal. Sebaliknya apabila *handphone* tidak mendapat sinyal maka *handphone* tersebut tidak akan dapat menerima panggilan/melakukan panggilan keluar serta menerima dan melakukan pengiriman SMS.

Pada alat ini dibutuhkan sebuah *handphone* yaitu sebagai pengirim *error report* yang berasal dari komputer (PC) ke nomor tujuan yang telah dimasukkan sebelumnya. Jenis *handphone* yang digunakan adalah *handphone* dengan frekuensi 900/1800 Mhz. Karena *handphone* ini memiliki interface berupa kabel data yang dapat langsung dihubungkan ke komputer, selain itu *handphone* juga harus mendukung format *protocol data unit* (PDU) dan format *text*. Untuk menghubungkan PC dengan *handphone* digunakan kabel data DKU-5. DKU-5 merupakan kabel serial to *Universal Serial Bus* (USB) yang digunakan untuk menghubungkan *handphone* ke konektor USB pada PC.

### Kompresor

Kompresor adalah mesin yang berfungsi untuk memampatkan/menaikkan tekanan udara/fluida gas atau memindahkan fluida gas dari suatu tekanan statis rendah ke suatu keadaan tekanan statis yang lebih tinggi. Udara atau fluida gas yang dihisap kompresor biasanya adalah udara/fluida gas dari atmosfer walaupun banyak pula yang menghisap udara/fluida gas spesifik dan bertekanan lebih tinggi dari atmosfer (kompresor berfungsi sebagai penguat atau booster). Kompresor ada pula yang mengisap udara/fluida gas yang bertekanan lebih rendah daripada tekanan atmosfer yang biasa disebut pompa vakum.

Alat ini juga membutuhkan sebuah kompresor sebagai sumber tekanan yang akan dipakai oleh *pressure switch*. Kompresor yang dipakai mempunyai spesifikasi yaitu 220 V<sub>ac</sub>, ½ Pk, kapasitas tabung 8 bar. Kompresor yang dipilih dalam perancangan alat ini cocok dengan spesifikasi sensor tekanan yang digunakan karena sensor tekanan di-*setting* dengan tekanan 4 bar.

## HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

### Modul Sensor Suhu

Pengujian modul sensor suhu dilakukan dengan menggunakan alat bantu berupa modul *heater*, *thermometer*, *stopwatch* dan multimeter. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui output yang dihasilkan oleh sensor suhu sesuai dengan datasheet yaitu 10mV/°C.

Pengujian dimulai dengan menempelkan sensor suhu dan *thermometer* pada penampang dari *heater*. Sensor suhu diberikan input catu daya dan output dari sensor dihubungkan dengan multimeter. Setelah output sensor dan multimeter terhubung, langkah selanjutnya adalah menyalakan modul *heater*. Hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 2.

■ **Tabel 2.** Hasil Pengujian Modul Sensor Suhu

Pengujian Ke-	Thermometer (°C)	Output sensor (mV)	Data
1	30	298	0000 1111
2	38	379	0001 0011
3	46	458	0001 0111

4	50	498	0001 1001
5	54	538	0001 1011

### Modul Sensor Tekanan

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat bantu berupa kompresor dan multimeter. Sebelum dilakukan pengujian, modul sensor tekanan ini dihubungkan terlebih dahulu dengan saluran angin kompresor. Modul sensor tekanan yang digunakan dalam perancangan tugas akhir ini telah di-setting dengan tekanan maksimal 4 bar dengan diferensiasi tekanan 2 bar. Sensor tekanan ini berupa switch yang bekerja berdasarkan tekanan angin yang ditampung dalam tabung kompresor. Switch ini memiliki 3 kaki (1, 3, 5) dengan kaki 1 dan 5 adalah "normally closed". Hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 3.

■ Tabel 3. Hasil Pengujian Modul Sensor Tekanan

Tekanan (bar)	Kaki 1 dan 5	Kaki 1 dan 3
0	Terhubung	Tidak Terhubung
1	Terhubung	Tidak Terhubung
2	Terhubung	Tidak Terhubung
3	Terhubung	Tidak Terhubung
4	Tidak Terhubung	Terhubung
3	Tidak Terhubung	Terhubung
2	Terhubung	Tidak Terhubung
3	Terhubung	Tidak Terhubung
4	Tidak Terhubung	Terhubung

### Modul Heater

Pengujian modul *heater* ini bertujuan untuk mengetahui keadaan modul *heater* ini menyala/mati dengan benar. Pengujian ini menggunakan alat bantu berupa *thermometer*. Pengujian modul heater ini dilakukan dengan cara memberikan *input high/low* pada rangkaian modul *heater*. Hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 4.

■ Tabel 4. Hasil Pengujian Modul Heater

Input	Relay	Heater	Thermometer (°C)
H	Non-aktif	Off	30
L	Aktif	On	31

### Modul Kipas

Pengujian modul kipas ini bertujuan untuk mengetahui status modul kipas ini menyala/mati dengan benar. Pengujian modul kipas ini dilakukan dengan cara memberikan *input high/low* pada rangkaian modul kipas. Hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 5.

■ Tabel 5. Hasil Pengujian Modul Kipas

Input	Relay	Kipas
H	Non-aktif	Off
L	Aktif	On

### Modul Catu Daya

Pengujian catu daya ini dilakukan dengan dua cara yaitu tanpa beban dan dengan beban. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui rangkaian modul catu daya yang dirancang ini dapat menghasilkan tegangan sesuai dengan yang diinginkan atau tidak. Pengujian ini menggunakan alat bantu berupa multimeter digital. Pengujian catu daya dengan tanpa beban, dilakukan dengan menghubungkan multimeter dengan output dari rangkaian catu daya. Hasil dari pengujian tanpa beban terdapat pada Tabel 6.

■ Tabel 6. Hasil Pengujian Modul Catu Daya Tanpa Beban

Pengukuran Ke-	Tegangan catu daya 5Vdc	Tegangan Keluaran (Vdc)	Tegangan catu daya 12Vdc	Tegangan keluaran (Vdc)
1	5	4,98	12	11,98

Pengujian catu daya dengan beban dibagi menjadi dua yaitu mula-mula dilakukan dengan beban kemudian dengan beban sesungguhnya ketika alat dijalankan (*actual load*). Hasil pengujian dengan beban dapat dilihat dalam Tabel 6 dan Tabel 7.

■ **Tabel 6.** Hasil Pengujian Modul Catu Daya dengan Beban Sesungguhnya

Pengukuran Ke-	Nilai beban (ohm)	Tegangan catu daya 5 V	Tegangan Keluaran (Vdc)	Tegangan catu daya 12V	Tegangan Keluaran (Vdc)
1	42	5	4,96	12	11,24

■ **Tabel 7.** Hasil Pengujian Modul Catu Daya dengan Beban

Nilai beban (ohm)	Tegangan catu daya 5 V	Tegangan Keluaran (Vdc)	Tegangan catu daya 12V	Tegangan Keluaran (Vdc)
20	5	4,52	12	10,54
30	5	4,74	12	10,95
40	5	4,96	12	11,24
50	5	4,97	12	11,52
60	5	4,98	12	11,95

### Modul Interface

Pengujian modul *Interface* RS-232 dilakukan untuk menguji modul ini dapat mengirimkan data dan menerima data dengan benar. Mula-mula hubungkan modul *interface* dengan PC, kemudian hubungkan pin 11 (transmit) ke pin 12 (*receive*) dari IC MAX-232. Pada PC dijalankan program aplikasi hyperterminal, lalu ketikkan huruf atau kalimat maka huruf atau kalimat yang diketik akan muncul pada monitor. Hasil Pengujian Rangkaian Modul Interface dapat dilihat dalam Gambar 3.



■ **Gambar 3.** Hasil Pengujian Rangkaian Modul Interface

### Modul Mikrokontroler

Pengujian mikrokontroler ini bertujuan untuk mengetahui status *ports* pada mikrokontroler dapat bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan cara men-download program ke dalam mikrokontroler. Program yang dimasukkan adalah program *shift register* untuk menyalakan 2 buah LED secara bergeser. Pada mikrokontroler semua port *input* dan *output* yang ada dihubungkan dengan LED. Hasil Pengujian dapat dilihat dalam Tabel 8.

■ **Tabel 8.** Hasil Pengujian Mikrokontroler

LED	Awal	Ke-1	Ke-2	Ke-3	Ke-4	Ke-5	Ke-6	Ke-7
1	off	ON	off	off	off	off	off	off
2	off	ON	ON	off	off	off	off	off
3	off	off	ON	ON	off	off	off	off
4	off	off	off	ON	ON	off	off	off
5	off	off	off	off	ON	ON	off	off
6	off	off	off	off	off	ON	ON	off
7	off	off	off	off	off	off	ON	ON
8	off	off	off	off	off	off	off	ON

### Modul ADC

Pengujian ADC ini bertujuan untuk mengetahui apakah *output* pada ADC yang berupa bilangan biner sesuai dengan *input* yang diberikan. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan tegangan pada *input* ADC dan

pemasangan LED pada semua *output* dari ADC. Besarnya tegangan yang diberikan diatur menggunakan potensiometer. Hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 9.

■ **Tabel 9.** Hasil Pengujian Modul ADC

Pengukuran ke-	Tegangan (V)	Data	Desimal
1	0	0000 0000	0
2	1	0011 0011	51
3	2	0110 0110	102
4	3	1001 1001	153
5	4	1100 1100	204
6	5	1111 1111	255

### Pengujian dan Analisis *Stabilizer* Tegangan Kontrol

Modul *stabilizer* terbagi atas 2, seperti yang telah dipaparkan dalam bab terdahulu yaitu sensor tegangan dan *voltage control*. Dalam pengujian ini yang akan diuji adalah bagian *voltage control* saja. *Voltage control* ini menggunakan LM 317. Prinsip kerja dari *stabilizer* ini adalah dengan sistem *switching*. Pengujian dilakukan dengan memberikan *input high/low* pada *switching unit* yang berupa transistor yang terdapat dalam rangkaian stabilisator ini. Namun karena keterbatasan ADC yang mempunyai maksimal *input* sebesar 5 V<sub>dc</sub> untuk data analog maka tegangan untuk *input* ADC harus dibagi menjadi 2 dengan menggunakan potensiometer. Hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 10.

■ **Tabel 10.** Hasil Pengujian *Stabilizer* Tegangan Kontrol

T1	T2	T3	Output (V)	Input ADC (V)	Data
0	1	1	5,25	2.6	1000 0101
1	0	1	5	2.5	0111 1111
1	1	0	4,75	2.4	0111 1001

### Modul Kontrol Kompresor

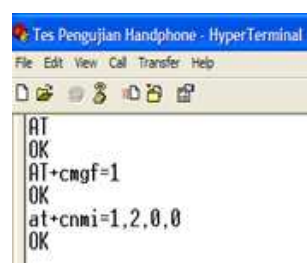
Pengujian modul kompresor ini bertujuan untuk mengetahui status modul kompresor ini menyala/mati dengan benar. Pengujian modul kompresor ini dilakukan dengan cara memberikan *input high/low* pada rangkaian modul kompresor. Hasil pengujian dapat dilihat dalam Tabel 11.

■ **Tabel 11.** Hasil Pengujian Modul Kontrol Kompresor

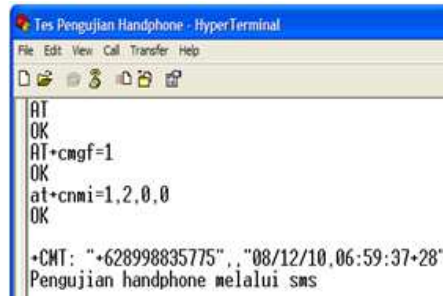
Input	Relay	Kompresor
H	Non-aktif	Off
L	Aktif	On

### Pengujian dan Analisis SMS pada *Handphone*

Pengujian SMS pada *handphone* (HP) dilakukan dengan cara menghubungkan HP dengan PC menggunakan kabel DKU-5. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui status *handphone* yang digunakan dapat terkoneksi dengan PC. Langkah-langkah pengujian dimulai dengan menjalankan program *hyperterminal* pada PC. Pada *hyperterminal* ketikkan "AT" maka akan tampil "OK", hal ini menandakan bahwa HP terkoneksi dengan PC. Langkah selanjutnya adalah dengan mengetik "AT+CMGF=1", yang berfungsi untuk mengubah format *Protocol Data Unit* (PDU) menjadi *text* pada PC. Setelah muncul "OK" maka dilanjutkan dengan mengetik "AT+CNMI=1,2,0,0,0", berfungsi untuk mengubah pengaturan *Short Message Service* (SMS) secara langsung pada PC. Langkah terakhir dilakukan dengan mengirimkan SMS kepada nomor HP yang terkoneksi dengan PC, maka isi dari SMS yang dikirimkan akan muncul pada layar PC. Gambar pengujian dapat dilihat dalam Gambar 4 dan Gambar 5.



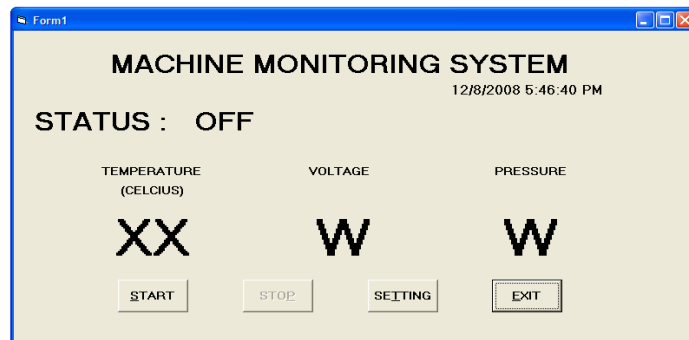
■ **Gambar 4.** Pengujian Sebelum Dikirimkan SMS



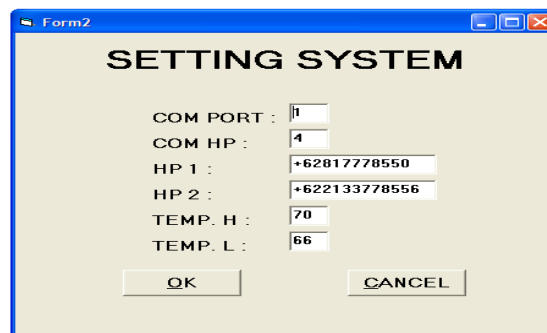
■ Gambar 5. Pengujian Setelah Dikirimkan SMS

### Hasil Pengujian dan Analisis Software

Pengujian *software* yang berupa program dari *Visual Basic 6.0* dilakukan dengan cara menghubungkan semua modul-modul dengan mikrokontroler, kemudian mikrokontroler dikoneksikan dengan PC menggunakan kabel serial RS 232. Setelah semua telah terhubung, dijalankan program Visual Basic yang sudah dibuat, maka tampil *form* seperti dalam Gambar 6.



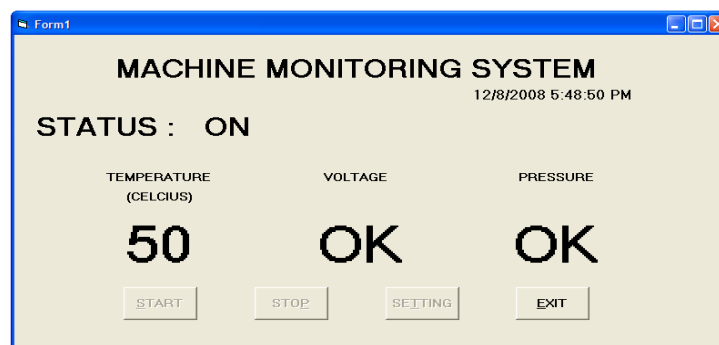
■ Gambar 6. Form Tampilan Awal



■ Gambar 7. Form Setting

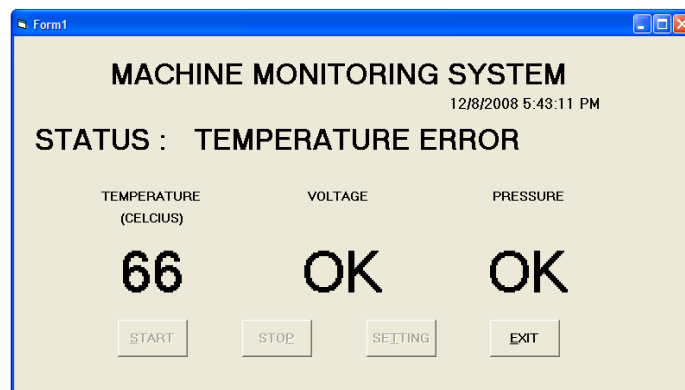
Sebelum menjalankan program, dilakukan *setting* terlebih dahulu dengan cara menekan tombol *setting*. Pada *form setting* ini kita harus memasukkan data untuk *com port*, *com handphone* (HP), nomor HP 1 dan 2, batas-batas untuk temperatur maksimal dan minimal. Gambar *form setting* dapat dilihat dalam Gambar 7. Setelah semua data dimasukkan, tekan tombol OK untuk kembali ke *form* tampilan awal.

Tekan tombol *START* pada *form* tampilan awal, maka program akan berjalan. Gambar tampilan program setelah ditekan tombol *START* dapat dilihat dalam Gambar 8.

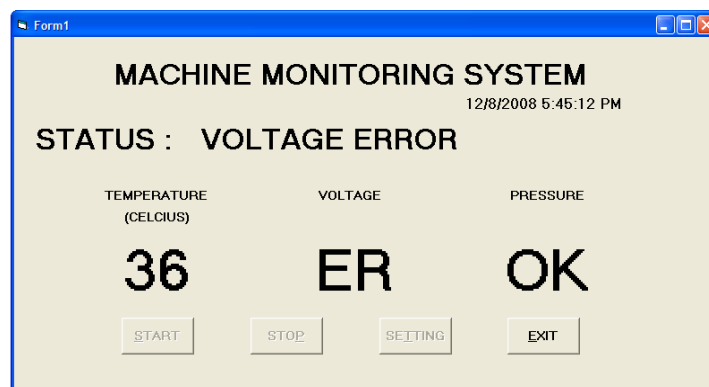


■ Gambar 8. Tampilan Form setelah dijalankan

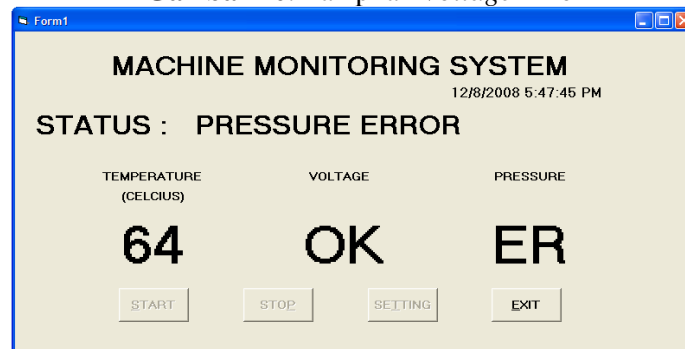
Dalam pengujian modul perangkat lunak ini juga dilakukan pengujian terhadap temperatur, tegangan dan tekanan apabila terdeteksi kondisi dimana tidak tercapai parameter yang telah ditentukan sebelumnya. Masing-masing gambar dari *temperature error*, *voltage error*, *pressure error* dapat dilihat dalam Gambar 9, 10 dan 11.



■ Gambar 9. Tampilan *Temperature Error*



■ Gambar 10. Tampilan *Voltage Error*



■ Gambar 11. Tampilan *Pressure Error*

### KESIMPULAN

Perancangan ini dapat memantau dan mengendalikan operasi mesin selama 24 jam sehari. Menjaga operasi mesin dalam jangkauan variasi suhu, tekanan, tegangan kontrol yang telah ditentukan. Tegangan yang dihasilkan stabilisator selalu stabil. Dapat menghentikan operasi mesin apabila kondisi optimal tidak tercapai dalam toleransi waktu yang diberikan dan bersamaan dengan itu dikirimkan pesan *error* berupa *Short Message Service* (SMS).

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. V. Hall, *Microprocessors and Interfacing [Programming and Hardware]*, second edition. Singapore: Glencoe/McGraw-Hill, 1992, ch.14, pp. 494.
- [2] R. Boylestad and L. Nashelsky, *Electronic Devices and Circuit Theory*, fifth edition. New Jersey : Prentice-Hall International, Inc, 1991, ch. 19, pp. 773-791.
- [3] A. V. Deshmukh, *Microcontrollers [Theory and Applications]*, third edition. New Delhi: The McGraw-Hill comp, 2005, ch. 7.
- [4] D. P. Leach and A.P. Malvino, *Digital Principles and Applications*, fifth edition. Westerville: Glencoe/McGraw-Hill, 1995.
- [5] W.L. Schweber, *Data Communications*, Singapore: McGraw-Hill, 1988.