

Sistem Penimbangan Berat Barang Berbasis Komputer PC

Alex Candra¹, Ferrianto Gozali² dan Johan Kunto Wibowo¹

Abstrak: *At the present time the weighing and recording the weight of goods made in factories or in the stores still done using conventional measuring devices. Conventional scales used are no longer effective in doing the weighing scale due at the time of the weighing scale could have made a mistake in doing the weighing caused by human factors. Therefore, with the rapid growth of technology, the conventional scales have switched to the use of a PC. Computers here are used for the processing of data relating to the results of the weighing e.g. payment process, updating the data stock of goods in the warehouse. This tool is used to weigh the goods and recording the results of the weighing. This device consists of a pressure sensor, amplifier, ADC and the microcontroller AT89C51 as a regulator of the system works as a whole. The result of the weighing will be displayed in a 2x16 LCD character and will also be displayed on a computer screen. Computer also serves as the processing of data related to the results of the weighing.*

Keywords: *conventional measuring devices, PCs, pressure sensors, ADC and the microcontroller.*

Abstrak: *Pada masa sekarang ini penimbangan dan pencatatan berat barang yang dilakukan di pabrik-pabrik maupun di toko-toko masih dilakukan dengan menggunakan alat ukur konvensional. Timbangan konvensional sudah tidak efektif lagi digunakan dalam melakukan penimbangan besaran karena pada saat melakukan penimbangan besaran bisa saja melakukan kesalahan dalam melakukan penimbangan yang disebabkan oleh faktor manusia. Oleh karena itu dengan berkembang pesatnya teknologi maka timbangan konvensional sudah beralih dengan pemakaian komputer PC. Komputer disini digunakan untuk pengolahan data-data yang berhubungan dengan hasil penimbangan misalnya proses pembayaran, updating data stock barang di gudang. Alat ini digunakan untuk menimbang berat barang dan pencatatan hasil penimbangan. Alat ini terdiri dari Sensor Tekanan, penguat, ADC dan mikrokontroler AT89C51 sebagai pengatur kerja sistem secara keseluruhan. Hasil dari penimbangan akan ditampilkan di sebuah LCD 2x16 karakter dan juga akan ditampilkan di layar komputer. Komputer juga berfungsi sebagai pengolah data yang berhubungan dengan hasil penimbangan.*

Kata kunci: *alat ukur konvensional, PC, sensor tekanan, ADC dan mikrokontroler.*

PENDAHULUAN

Sejalan dengan makin berkembangnya dunia teknologi di Indonesia yang semakin pesat dan maju, dapat dilihat banyak sekali kemudahan yang ditawarkan kepada manusia untuk mempermudah aktivitas dan memperlancar kegiatan yang dilaksanakan pada saat bekerja.

Pada saat berkembangnya dunia teknologi di Indonesia yang sangat pesat maka berkembanglah pula teknologi komputer di Indonesia. Perkembangan teknologi komputer di Indonesia telah berkembang dan maju baik pada perangkat keras maupun perangkat lunak. Dengan adanya teknologi komputer yang telah maju banyak pekerjaan yang sebelumnya dilakukan oleh manusia menjadi lebih mudah.

Dewasa ini perkembangan teknologi digital demikian pesatnya baik dalam bidang telekomunikasi maupun di bidang komputer, termasuk didalamnya perkembangan di bidang yang berhubungan dengan penimbangan suatu besaran. Penimbangan besaran pada masa sekarang ini tidak hanya memanfaatkan alat ukur konvensional atau alat ukur biasa akan tetapi sudah beralih ke pemakaian pendukung alternatif yaitu komputer personal untuk memudahkan pemakaiannya dalam melakukan penimbangan besaran.

Timbangan konvensional sudah tidak efektif lagi digunakan dalam melakukan penimbangan besaran karena pada saat melakukan penimbangan besaran bisa saja melakukan kesalahan dalam melakukan penimbangan yang disebabkan oleh faktor manusia. Oleh karena itu dengan memanfaatkan sensor tekanan dan teknologi komputer yang sudah berkembang sangat pesat di Indonesia, maka timbangan konvensional dapat diganti dengan menggunakan timbangan yang telah dilengkapi dengan sensor tekanan, dan timbangan tersebut dapat dihubungkan ke komputer PC melalui jaringan komputer. Jaringan yang digunakan dalam sistem ini adalah jaringan komputer *server/client*. Tujuan timbangan yang telah dilengkapi dengan sensor tekanan dan dihubungkan ke suatu jaringan komputer agar pengamatan dari penimbangan besaran tersebut akan didapatkan hasil yang lebih tepat dan data-data yang berhubungan dengan penimbangan besaran dapat disimpan di dalam sebuah basis data. Data-data tersebut dapat digunakan untuk pengolahan data lainnya yang berhubungan dengan hasil penimbangan misalnya proses pembayaran, pemutakhiran data stok barang di gudang.

Sebelum dilakukan perancangan sistem penimbangan barang telah dilakukan survei tentang beberapa jenis timbangan yaitu timbangan analog dan digital. Survei juga dilakukan untuk mengetahui cara kerja dari timbangan analog maupun yang digital. Survei juga dilakukan di toko-toko untuk mengetahui penggunaan dari timbangan tersebut.

KAJIAN PUSTAKA

Sistem penimbangan berat barang berguna untuk memudahkan dalam penimbangan barang dan dalam pengolahan data yang berhubungan dengan hasil penimbangan tersebut misalnya dalam proses pembayaran, pemutakhiran stok barang di gudang. Input berat barang yang diinginkan dapat dimasukkan melalui penimbangan menggunakan timbangan. Kemudian timbangan tersebut dihubungkan dengan mikrokontroler.

¹ Jurusan Teknik Elektro Universitas Tarumanagara Jakarta

² Jurusan Teknik Elektro Universitas Trisakti Jakarta

Alat ini terdiri dari 4 (empat) blok utama yaitu blok *server/client*, blok *input*, blok mikrokontroler dan blok *output*. Blok *server/client* diperlukan karena perancangan tugas akhir ini menggunakan jaringan komputer. Blok *server/client* ini hanya terdiri dari dua subblok yaitu subblok *server* dan subblok *client*.

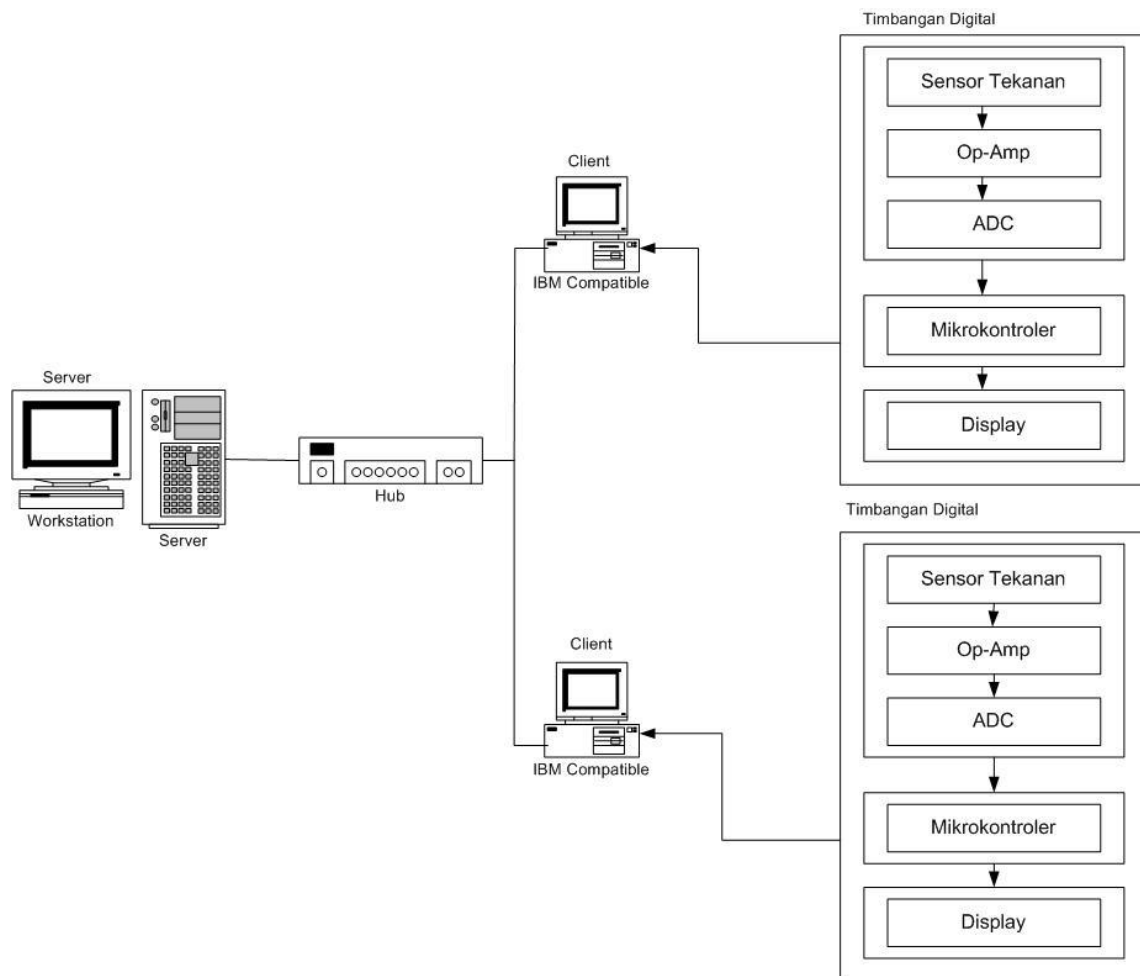
Blok yang kedua adalah blok *input*. Blok *input* berfungsi sebagai penerima masukan dari luar yang kemudian akan dihubungkan dengan mikrokontroler yang di dalam blok *input*-nya terdapat *analog to digital converter* (ADC), sensor tekanan dan Op-Amp. ADC digunakan untuk mengubah tegangan analog menjadi digital dengan ADC disini menggunakan IC 0804. Sensor tekanan atau yang disebut *transducer* tekanan di sini digunakan pada timbangan yang akan dibuat. Dengan adanya sensor tekanan maka akan didapatkan berat dari hasil penimbangan besaran tersebut dan Op-Amp digunakan sebagai penguat hasil keluaran dari sensor tekanan.

Blok yang ketiga adalah blok mikrokontroler, yang juga merupakan otak dari seluruh sistem ini. Fungsi dari mikrokontroler ini adalah mengambil masukan dari sensor tekanan kemudian memprosesnya untuk mengeluarkannya ke *output* yang berupa *liquid crystal display* (LCD).

Blok terakhir adalah blok *output*, dimana blok ini berguna untuk mengeluarkan hasil dari proses yang dihasilkan oleh mikrokontroler. *Output* di sini terdiri dari *Liquid Crystal Display* (LCD) yang berfungsi untuk menampilkan hasil dari penimbangan berat barang tersebut yang berasal dari ADC

Diagram blok

Diagram blok sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini :



■ Gambar 1. Diagram blok sistem

Jaringan Komputer

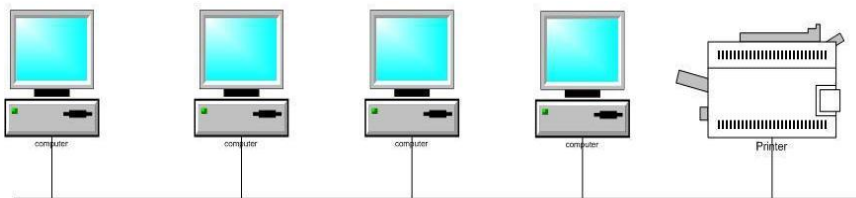
Teknologi jaringan komputer saat ini telah berkembang sangat pesat. Hal ini dapat terlihat dengan semakin dikenal dan diterapkannya teknologi ini di setiap bidang kehidupan manusia. Penerapan teknologi ini memberikan suatu kemudahan bagi manusia karena semakin mudahnya pertukaran informasi dan pemrosesan data yang dibutuhkan.

Jaringan komputer menghubungkan dua atau lebih komputer yang saling terpisah untuk melakukan suatu tugas tertentu. Konsep jaringan komputer telah menggeser model komputer tunggal sebagai pusat pengolah informasi. Hal ini seiring dengan meningkatnya kebutuhan manusia akan informasi tanpa harus terhambat jarak dan waktu.

Konsep jaringan komputer melibatkan lebih dari satu buah komputer sehingga dibutuhkan suatu manajemen khusus agar segala sesuatu berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Semua hal tersebut meliputi tipe jaringan komputer yang akan digunakan, protokol yang akan digunakan, dan sebagainya.

Jaringan komputer menawarkan kemampuan untuk saling bertukar informasi antar komputer dengan mudah. Hal ini kemudian harus dibatasi dengan menentukan apakah dibutuhkan suatu kontrol terpusat atau tidak dalam mengatur pertukaran informasi ini. Berdasarkan kontrol terhadap suatu jaringan komputer, jaringan komputer dapat dibagi menjadi dua tipe, yaitu tipe jaringan *peer-to-peer* dan tipe jaringan *client/server*.

Pada tipe jaringan *peer-to-peer* tidak terdapat sebuah komputer yang secara khusus berperan sebagai pengontrol. Hal ini berarti bahwa semua komputer yang berada di dalam jaringan tersebut memiliki kedudukan yang sama. Dengan demikian komunikasi dan pertukaran informasi dapat dilakukan secara langsung antara dua komputer tanpa harus melewati sebuah komputer pengontrol. Meskipun demikian, seorang *user* dapat memberikan kontrol terhadap penggunaan sumber daya komputernya dengan memberikan proteksi *password* kepada *file* atau *folder* tertentu untuk melindungi dari akses tanpa izin oleh *user* lain. Hubungan antar komputer pada tipe jaringan *peer-to-peer* dapat dilihat pada Gambar 2.

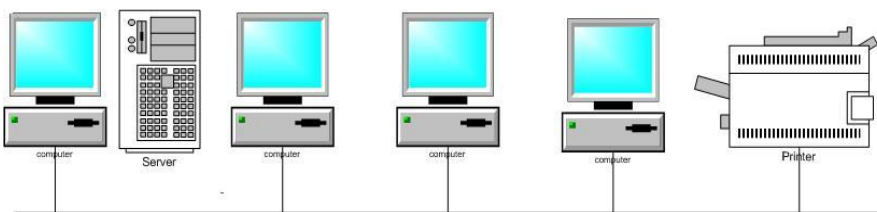


■ Gambar 2. Tipe jaringan *Peer-to-Peer*. [2]

Salah satu kelebihan dari tipe jaringan *peer-to-peer* adalah dalam hal *men-setup*, menjalankan, dan merawatnya. Kelebihan yang lain adalah ketika terdapat sebuah atau lebih komputer tidak dihidupkan, maka komunikasi tetap dapat dilakukan di antara komputer-komputer yang aktif.

Tipe jaringan yang kedua adalah *client/server*. Tipe ini memberikan kontrol yang lebih ketat terhadap penggunaan sumber daya di dalam jaringan. Pada tipe ini, faktor keamanan dalam penggunaan jaringan lebih ditekankan.

Server adalah sebuah komputer yang khusus dialokasikan sebagai pengawas dan pengontrol terhadap penggunaan jaringan. Sedangkan *client* adalah *workstation* atau komputer yang terhubung ke *server*. Dengan tipe jaringan *client/server*, maka komunikasi yang terjadi antar *client* harus melewati *server* terlebih dahulu. Pada *server* terdapat *database* dari semua *user* yang terhubung ke jaringan. *Server* akan melakukan otentikasi terhadap *user* yang ingin menggunakan sumber daya jaringan. Gambar tipe jaringan *client/server* dapat dilihat pada Gambar 3.



■ Gambar 3. Tipe jaringan *client/server*. [2]

Pada tipe jaringan *client/server*, keberadaan *server* sangat penting. Hal ini dikarenakan apabila *server* tidak dihidupkan maka komunikasi di dalam jaringan tidak dapat dilakukan dan komputer *client* tidak dapat mengakses sumber daya siapapun di dalam jaringan tersebut.

Komunikasi antara *client* dan *server* menggunakan sistem *request-response*. Hal ini berarti setiap kali *client* ingin meminta pelayanan dari *server*, *client* akan mengirimkan *request* ke *server* dan kemudian *server* akan memberikan *response* atas *request* tersebut.

Protokol

Dalam melakukan komunikasi antara dua komputer diperlukan suatu *protocol*, yaitu aturan-aturan di dalam jaringan untuk melakukan komunikasi di antara komputer-komputer yang berada di dalam sebuah jaringan. Ada dua jenis *protocol* yaitu:

1. OSI Protocol

Protocol Open Systems Interconnection (OSI) merupakan sebuah *protocol* yang dibuat oleh *International Organization for Standardization* (ISO) pada tahun 1977. *Protocol* ini dibagi menjadi 7 *layer* yaitu :

- *Physical Layer*
Physical layer mencakup *interface* (antar muka) secara fisik antara *devices* dan aturan bit-bit data yang mana yang dikirim dari satu *workstation* ke *workstation* yang lain.
- *Data Link Layer*
Layer ini berfungsi untuk membuat *physical layer* dapat diandalkan (*reliable*) dan mengaktifkan, mempertahankan dan memutuskan hubungan yang terjadi antar komputer.
- *Network Layer*
Network Layer menyediakan pertukaran informasi antara *end systems* dari berbagai jaringan (*network*). Pada *layer* ini, sistem komputer berada dalam komunikasi dengan *network* untuk menentukan alamat tujuan dan meminta fasilitas jaringan tertentu seperti prioritas.
- *Transport Layer*
Transport layer menyediakan mekanisme pertukaran data diantara *end system*. Layer ini bertugas untuk memastikan pengiriman data yang terjadi bebas dari *error*.
- *Session Layer*
Layer ini menyediakan pertukaran data yang dapat diandalkan dan menyediakan berbagai jenis servis. Layer ini juga menyediakan mekanisme dalam mengendalikan komunikasi antara aplikasi dari *end system*.
- *Presentation Layer*
Layer ini menentukan format dari data yang akan dipertukarkan di antara aplikasi dan menyediakan layanan transformasi data pada program aplikasi.
- *Application Layer*
Layer ini merupakan *layer* yang menyediakan akses antara program aplikasi dan *OSI environment*.

2. TCP/IP Protocol

Protocol ini dibagi menjadi 5 layer yaitu *physical layer*, *network access layer*, *internet layer*, *transport layer*, dan *application layer*.

- *Physical Layer*
Layer ini mencakup *physical interface* antara komputer dengan jaringan. Karakteristik dari media transmisi, sinyal, *data rate* dan sebagainya ada diatur dalam *layer* ini.
- *Network Access Layer*
Layer ini berfungsi mengatur pertukaran data yang terjadi antara *end system* atau komputer dengan jaringan yang terhubung. Komputer yang akan mengirimkan data harus mencantumkan alamat dari komputer tujuan sehingga jaringan dapat mengatur jalan data ke tujuan yang diinginkan.
- *Internet Layer*
Layer ini berfungsi dalam pengiriman paket yang terjadi antara sumber dan tujuan.
- *Transport Layer*
Layer ini berfungsi mengatur komunikasi yang terjadi antara komputer sumber dan tujuan. Layer ini bertugas untuk memastikan data yang dikirim sampai ke alamat tujuan sama seperti apa yang dikirimkan.
- *Application Layer*
Layer ini berisi kombinasi *session*, *presentation* dan *application layer* pada OSI yang menyediakan komunikasi di antara proses atau aplikasi-aplikasi pada host yang berbeda: telnet, ftp, http, dan lain-lainnya.

Protokol yang digunakan adalah protokol TCP/IP. Hal ini dikarenakan protokol ini sudah cukup memadai dalam hal pengiriman data di dalam jaringan. Sedangkan protokol OSI lebih cenderung sebagai protokol secara teoritis karena untuk pengiriman data cukup melalui lima *layer* saja.

Transducer

Secara umum, *transducer* berarti suatu alat yang mengubah energi dari satu bentuk ke bentuk lainnya. Pada aplikasinya, *transducer* umumnya digunakan untuk mengubah suatu besaran listrik ke besaran mekanik yang sebanding atau sebaliknya.

Jika ditinjau dari segi aplikasinya, *transducer* dapat dibagi menjadi:

1. *Temperature sensors*, contohnya: *termistor*, *resistance temperature detector*, *thermocouple*.
2. *Electrooptical devices*, contohnya: *photomultipliers*, *optical isolator*, *photoconductive cell*.
3. *Displacement transducer*, contohnya: *capacitivetransducer*, *piezoelectric transducer*, *strain gage*
4. *Pressure and fluid measurement gages*, contohnya: *vacuum gage*, *flow meter*, *pressure gage*.
5. *Chemical and biological electrodes*, contohnya: *microelectrodes*, *reference electrodes*, *specific ion electrodes*.

Transducer pada umumnya digunakan pada bidang industri, sistem kontrol, dan pengukuran. Jenis-jenis *transducer* yang ada pada saat ini sangat beragam, tergantung dari bidang aplikasinya. Untuk memilih jenis *transducer* yang akan digunakan, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, antara lain:

1. Parameter dasar dari *transducer*, meliputi: tipe dan jarak pengukuran, sensitivitas, dan faktor penguatan.
2. Keadaan fisik *transducer*, meliputi: hubungan elektrik dan mekanik, kondisi penempatan, dan bentuk *transducer*.
3. Kondisi *ambient* dari *transducer*, meliputi: pengaruh ion linieritas, pengaruh histerisis, dan respons frekuensi.
4. Kondisi lingkungan dari *transducer*, meliputi: suhu, getaran, dan percepatan.
5. Kompatibilitas dengan alat lainnya, meliputi: kecocokan impedansi, tahanan isolasi, dan toleransi kepekaan.

Efek Piezoelectric

Efek *piezoelectric* pertama kali ditemukan dalam *quartz* umum (natural) dan dilaporkan oleh Curies pada tahun 1880. *Transducer* modern umumnya menggunakan kristal *quartz*, bahan keramik *piezoelectric* buatan manusia dan pizokeramik. Seperti juga perubahan bentuk mengganggu muatan, penerapan medan listrik pada bahan *piezoelectric* akan membelokkan atau meluruskan kembali struktur-struktur kristalnya. Ini mengakibatkan perubahan pada bentuk bagian (*part*) dan gerakan mekanik.

Tranduser *piezoelectric* terutama *quartz*, sangatlah kokoh. Ini memungkinkan pengukuran gaya dengan bengkokan hanya beberapa μm , yang memperkecil gangguan-gangguan pada system yang diukur. Kekokohan (rigiditas), juga mengakibatkan frekuensi resonansi mekanik yang sangat tinggi, yang memungkinkan pengukuran akurat frekuensi tinggi atau waktu naik (*rise time*) yang cepat. *Piezoelectric* menawarkan tanggapan yang paling cepat, bengkokan terendah dan kepekaan tertinggi pada *transducer* tekanan atau gaya.

Bahan-bahan kristal menghasilkan suatu GGL (gaya gerak listrik) bila diregang. Sifat ini diterapkan dalam tranduser *piezoelectric*, dimana sebuah kristal ditempatkan diantara sebuah alas dan penjumlahan gaya seperti yang diperlihatkan pada gambar. Sebuah gaya yang dimasukkan dari luar memasuki *tranducer* melalui titik singgahnya, menimbulkan tekanan terhadap bagian atas kristal. Ini menghasilkan sebuah GGL pada kristal yang sebanding dengan besarnya tekanan yang diberikan (dimasukkan). Perubahan bentuk secara mekanis yang menghasilkan suatu polarisasi listrik atau sebaliknya disebut efek *piezoelectric*, dimana bahan *piezoelectric* ini dapat terjadi perbedaan pada pengaruh kekuatan dari *piezoelectric*, tekanan maksimum, bentuk yang tidak linier dan bagian dalam (internal) dielektrik.

Interface RS-232

Fungsi utama dari RS232 adalah sebagai *interface* antara *data terminal equipment* (DTE) yang merupakan komputer atau terminal lainnya dengan *data communications equipment* (DCE) yaitu modem atau alat komunikasi lainnya, memanfaatkan pertukaran data biner serial. Interface ini dibutuhkan karena peralatan digital memiliki beberapa kendala sehingga tidak bisa secara langsung dihubungkan dengan media transmisinya. Interface memiliki 4 karakteristik penting, yaitu :

1. Mekanik (fisik)

Karakteristik mengenai koneksi fisik yang sebenarnya antara DTE–DCE. Sejumlah pin sinyal dan control digabungkan kedalam suatu kabel dan suatu terminator *male* atau *female* pada ujung-ujungnya.

2. Elektrik (peralatan)

Karakteristik ini berkaitan dengan level tegangan dan timing dari perubahan tegangan. DTE dan DCE harus menggunakan karakteristik yang sama. Karakteristik ini menentukan kecepatan transmisi data dan jarak yang dapat ditambahkan.

Feature	RS232
<i>Mode</i>	<i>Single ended</i>
<i>Numbers of Drivers and Receivers</i>	1 driver 1 receiver
<i>Mmax distances</i>	50 ft.
<i>Max data rate</i>	20 Kbps
<i>Signal levels</i>	3 to 25 V & -3 to -25 V
<i>Receiver</i>	3 V
<i>Decision point</i>	-3 V

3. Fungsi

Karakteristik ini menspesifikasikan fungsi-fungsi yang dibentuk dengan memberikan arti tertentu pada setiap rangkaian interchange, dan dapat diklasifikasikan kedalam kategori data, kontrol, *timing*, dan *ground*.

4. Prosedur

Menspesifikasikan urutan kejadian untuk mengirimkan data berdasarkan pada karakteristik fungsi dari *interface*.

Integrated circuit (IC) konverter MAX 232 yang digunakan dalam perancangan alat ini berfungsi sebagai media transmisi data antara mikrokontroler dengan *personal computer* (PC). Level tegangan RS-232 ini mampu menyampaikan informasi melaluui kabel serabut dengan diameter $\pm 1\text{mm}$ yang panjangnya ± 15 meter.

Antarmuka serial memiliki kelebihan dan kekurangan dibandingkan dengan antarmuka paralel, Penulis pada rancangan ini menggunakan antarmuka serial karena beberapa kelebihanannya, antara lain:

- Kabel untuk komunikasi serial bisa lebih panjang dibandingkan dengan paralel.
- Jumlah kabel serial lebih sedikit dibandingkan dengan kabel komunikasi paralel.

Mikrokontroler

Mikrokontroler yang paling sering digunakan yaitu keluaran ATMEL, dibandingkan dengan keluaran dari Motorola. Mikrokontroler memiliki bermacam-macam tipe, ada mikrokontroler yang memiliki 4 Kbyte *Flash PEROM (Programmable and Erasable Read Only Memory)*, dan ada pula yang memiliki 8 Kbyte *Flash PEROM*.

Selain perbedaan dari kapasitas memori, mikrokontroler juga memiliki perbedaan dalam jumlah pin, di mana terdapat mikrokontroler yang memiliki kaki 20 pin dan 40 pin.

Keseluruhan operasi pada mikrokontroler dikendalikan oleh *Central Processing Unit* atau disebut CPU. CPU memiliki 2 bagian yaitu *control unit (CU)* dan *arithmetic 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. *Arithmetic and 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 program pada mikrokontroler hanya dapat dibaca.

Memori data pada mikrokontroler memiliki dua bagian, yakni:

- *Random Access Memory (RAM)*, biasanya digunakan untuk menyimpan variabel atau 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.

Memori eksternal dapat diakses langsung hingga 64 Kbyte dalam ruang memori data eksternal. CPU akan memberikan sinyal baca dan tulis (RD dan WR) selama mengakses memori data eksternal. Memori data eksternal dan memori program eksternal dapat dikombinasikan dengan cara menggabungkan sinyal RD dan PSEN melalui gerbang AND dan keluarannya sebagai tanda baca ke memori data atau program eksternal.

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.

Modul mikrokontroler pada alat ini menggunakan mikrokontroler buatan ATMEL, yaitu AT89C51. Pemilihan AT89C51 karena IC buatan ATMEL ini dapat ditemukan dengan mudah dipasaran selain itu pun IC jenis ini tergolong cukup murah serta kemampuan dan kemudahan dalam menulis dan menghapus serta mengisi program pada mikrokontroler. Mikrokontroler ini memiliki empat input / output dengan kapasitas memori program sebesar 4 Kbyte (*flash memory*) dan kapasitas memori data 128 Byte (*random access memory*).

ADC (Analog to Digital Converter)

ADC berfungsi sebagai pengubah sinyal listrik analog menjadi sinyal listrik digital. Input ADC berupa arus atau tegangan listrik analog (kontinyu), sedangkan outputnya berupa data digital biner atau n bits. ADC digunakan untuk *interfacing* dari peralatan analog ke peralatan digital atau komputer.

Misalnya sinyal listrik analog yang dihasilkan oleh sensor pada mesin CNC, perlu diubah menjadi sinyal listrik digital oleh ADC sebelum diolah lebih lanjut. Contoh lainnya, pengukuran gaya potong utama pada *spinder* sebagai *detector* dari kerusakan pahat (*tool breakage*), menggunakan dinamometer (suatu rangkaian *strain gases*) yang menghasilkan sinyal analog. Sinyal analog tersebut melalui proses pencuplikan (*sampling*) diubah menjadi sinyal digital, dan dibandingkan dengan harga-harga pada tabel dalam memori dari *programmable machine controller (PMC)*-nya, untuk menentukan apakah telah terjadi kerusakan pada pahat atau tidak.

Pada sistem akuisisi data yang berbasis mikroprosesor, output dari transduser (sensor) besaran fisis yang diukur berupa sinyal listrik analog. Sinyal analog ini sebelum diubah menjadi sinyal digital, dimasukkan dulu ke rangkaian filter yang akan mengubahnya menjadi sinyal digital.

Secara umum *Analog to Digital Controller (ADC)* merupakan sebuah *interface* yang dapat mengubah tegangan analog menjadi digital. ADC ini banyak dipakai dalam kegiatan pemrograman mikrokontroler. Hal ini dikarenakan mikrokontroler hanya dapat membaca data digital, maka untuk dapat membaca data analog seperti hasil keluaran dari sensor inilah dibutuhkan *interface* yang disebut ADC. Jenis dari ADC ini bermacam-macam

dimana masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Jenis dari ADC ini antara lain ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804, ADC0805 dan lainnya. Yang akan dipakai pada perancangan sistem adalah ADC0804.

ADC0804 memiliki lebar data 8 bit, sehingga format data maksimalnya adalah 256 karakter (FF H). ADC0804 memiliki tegangan referensi pada pin 9, dimana nantinya tegangan tersebut akan menjadi tegangan acuan dalam konversi bit/volt. Jadi apabila tegangan referensi diberikan 5 volt, maka setiap tegangan masukannya diwakilkan oleh perhitungan tegangan ke data sebagai berikut:

Bila diketahui V_{in} masukan ADC sebesar 100 mV dan V_{ref} ADC sebesar 5 volt dengan lebar data 256 bit, konfersi bit/volt dapat dihitung dengan :

$$\begin{aligned} \text{bit/volt} &= V_{in} / V_{ref} * 256 \\ &= 100 \text{ mV} / 5000 \text{ mV} * 256 = 5.12 \text{ bit/volt} \end{aligned}$$

Maka keluaran data dari ADC0804 adalah sebesar 5.12 bit/volt (desimal) dan bila dikonversi ke dalam Hexa akan menjadi 34H (00110100B) pada pin 11-18. Karakteristik umum dari ADC adalah:

- Mudah untuk melakukan *interface* ke seluruh jenis mikrokontroler atau pun untuk dipakai langsung tanpa *interface* dengan alat lain.
- Input tegangannya secara diferensial analog.
- Logika *input* dan *outputnya* sesuai untuk level tegangan dari MOS ataupun TTL.
- Dapat bekerja pada referensi tegangan 2.5 volt.
- Dalam IC ADC telah dilengkapi dengan kemampuan menghasilkan pulsa (*clock generator*).
- Tegangan *input* analognya dapat berkisar antara 0 - 5 volt pada masukan tegangan 5 volt dari sumber.
- Tidak diperlukan penyesuaian nol sebagai batas bawah.
- Bentuknya standar sesuai dengan IC yang memiliki 20-pin DIP.

Spesifikasi khusus dari ADC0804 adalah :

- Resolusinya sampai dengan 8 bit.
- Total *error* sampai pada ± 1 LSB
- Waktu konversi datanya 0.1 ms

Liquid crystal display (LCD)

Liquid crystal displays (LCD) Adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD merupakan pengganti dari tampilan *seven segment* dimana LCD mempunyai beberapa kelebihan misalnya bentuk tampilan lebih bagus, hemat energi dan dari segi bentuk lebih kecil. Namun dari segi harga LCD saat ini lebih mahal dari pada *seven segment*.

Di pasaran tampilan LCD sudah tersedia dalam bentuk modul yaitu tampilan LCD beserta rangkaian pendukungnya termasuk ROM dan sebagainya. Dengan modul maka, pengguna akan lebih praktis dalam menggunakan LCD. Sistem yang digunakan dalam komunikasi antara LCD dengan peripheral lain adalah dengan sistem transmisi data dalam format ASCII. Di pasaran tersedia modul LCD dalam berbagai tipe yaitu: 16 x 1; 16 x 2 dan lain-lainnya. Huruf 16 menunjukkan kapasitas maksimal karakter yang dapat ditampilkan sementara huruf 2 menunjukkan jumlah baris yang ada. Modul LCD mempunyai pin untuk data, kontrol catu dan pengatur kontras tampilan lihat Tabel 1.

■ Tabel 1. Deskripsi Pin LCD

No	Nama Pin	Keterangan
1	GND	0 Volt
2	VCC	5 Volt
3	VEE	0 Volt (Full Contrast)
4	RS	Register Select
5	RW	Read/Write
6	E	E Clock
7-14	D0-D7	Data port

Pin data dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit atau 4 bit sementara pin kontrol terdiri dari RS,R/W dan E.

Pin RS (*register select*) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika *low* menunjukkan yang masuk adalah perintah sementara logika *high* menunjukkan data. Misalnya jika modul LCD dihubungkan dengan sebuah mikrokontroler dan ingin mengirim

suatu karakter atau kata "ELECTRO" pada baris ke 1, maka mikrokontroler akan mengirim kata tersebut dalam kode ASCII pada input data 8 bit modul LCD serta mengirim sinyal atau logika high pada pin RS ini, langkah kedua mikrokontroler akan mengirim perintah penulisan pada baris ke 1 masih melalui *input* data 8 bit namun pada pin RS dikirim logika *high*.

Pin R/W berfungsi sebagai intruksi pada modul apakah Read atau Write dimana logika *low* berarti penulisan data (*write*) sedangkan logika *high* berarti pembacaan data (*read*). Pin E (*enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar dari modul LCD. Pin VLCD adalah pin untuk mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan sebuah trimpot 5K ohm atau jika tidak akan digunakan dapat dihubungkan pada *ground*. Tegangan catu daya yang dibutuhkan oleh rangkaian LCD adalah sekitar 5 VDC. PIN BCK adalah untuk kontrol *back light* yaitu menyalakan *lampu background* yang berguna saat membaca tampilan LCD pada tempat yang gelap. Namun tidak semua modul LCD mempunyai fasilitas ini.

Peraga LCD yang digunakan pada alat ini adalah LCD ADT 1620/C/S/L 2 baris, 16 karakter perbaris. Pada modul LCD terdapat dua bagian, yang pertama merupakan panel LCD sebagai media penampil informasi dalam bentuk huruf/angka dua baris, masing-masing baris bisa menampung 16 huruf/angka. Bagian kedua merupakan sebuah sistem yang dibentuk dengan mikrokontroler yang ditempelkan dibalik pada panel LCD, berfungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi LCD dengan modul mikrokontroler.

Penguat Operasional

Penguat operasional atau lebih dikenal dengan nama *Operational Amplifier* (Op-Amp) adalah rangkaian penguat dengan tingkat penguatan yang tinggi dan biasanya menggunakan umpan balik (*feedback*) untuk memperbaiki stabilitas penguatan tegangan.

Op-Amp ini banyak digunakan untuk berbagai tujuan dalam elektronika, misalnya sebagai penguat tegangan, komputer analog, pengubah arus ke tegangan, penguatan tegangan ke arus, penapis dan sebagainya.

Op-Amp mempunyai masukan diferensial dengan 2 terminal, yaitu :

- Terminal masukan yang bertanda positif (+) yang disebut terminal tak membalik (*non-inverting*).
- Terminal masukan yang bertanda negatif (-) yang disebut terminal membalik (*inverting*).

Penguat *Inverting* (Penguat Membalik)

Op-Amp dengan resistansi umpan balik dan terminal *non-inverting* ditanahkan. Ini merupakan rangkaian umpan balik yang merupakan satu dari banyak rangkaian yang menggunakan Op-Amp, penguatan rangkaian dapat diatur dengan mengatur besar nilai R_f dan R_i dan penguat ini dapat menguatkan sinyal bolak-balik maupun searah. Tegangan masukan positif (V_i) melalui R_f diberikan pada masukan *inverting* Op-Amp, dan umpan balik negatif diberikan oleh resistor umpan balik R_f .

Penguat *Non-Inverting* (Penguat Tak Membalik)

Perbedaan dengan penguat *inverting* dimana sinyal masukan V_i dihubungkan langsung ke masukan *non-inverting* dan resistansi R_i ditanahkan.

Hubungan tanah pada Op-Amp menyebabkan tegangan pada masukan sama dengan tegangan pada masukan *non-inverting* sehingga arus ini seluruhnya mengalir melalui R_i karena Op-Amp dianggap ideal sehingga arus pada R_f sama besarnya dengan arus pada R_i .

Sensor Tekanan dan Penguat

Sensor tekanan yang dipakai adalah sensor tekanan dengan jenis Gauge (pengukuran), yang bekerja berdasarkan kontruksi jembatan elemen aktif piezoresistiv. Sensor jenis Gauge ini menggunakan tekanan atmosfer sebagai referensinya. Proses perubahan resistansi terhadap regangan yang terjadi pada tahanan piezoresistiv akan dirubah ke dalam bentuk tegangan melalui rangkaian wheatstone yang mampu merubah besaran resistansi menjadi besaran tegangan yang berubah-ubah sesuai dengan adanya perubahan tekanan yang terjadi.

Sensor tekanan ini, mempunyai sifat membangkitkan tegangan yang melintasinya ketika mendapat tekanan, dimana tegangan dan tekanan berbanding langsung yaitu semakin besar tekanannya (P_{sensor}) maka semakin besar tegangannya (V_{sensor}). Sensor tekanan yang dipakai mempunyai rentang pengukuran antara 0 - 30 psi dengan tegangan maksimal sampai 100 mV.

PENGUJIAN DAN ANALISIS

ADC (*analog to digital converter*)

Rangkaian ADC0804 ini dijalankan pada mode *free running*, dengan ADC0804 ini setiap saat akan melakukan konversi tegangan yang didapat dari sensor tekanan.. Pengujian rangkaian ADC ini menggunakan multimeter digital, agar pembacaan tegangan dapat lebih tepat. Multimeter digital ini dibutuhkan untuk

mengukur tegangan yang dikeluarkan oleh ADC. Rangkaian ADC dihubungkan dengan beban variabel dan 8 buah LED sebagai indikator. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian ADC.

■ **Tabel 2.** Hasil Pengujian Rangkaian ADC

Pembacaan Multimeter (V)	Bit Output ADC
1	1 1 1 1 1 0 0 0
2	0 1 0 1 1 1 0 0
3	0 0 0 1 1 0 1 0
4	1 0 1 0 1 1 1 0
5	0 1 1 1 1 1 1 0

Interface RS-232

Pengujian ini dilakukan menggunakan komputer dan mikrokontroler AT89C51. Mikrokontroler AT89C51 diisi dengan program pengaktif komunikasi serial untuk *transmit* TXD dan *receive* RXD, di mana kedua kaki TXD maupun RXD terhubung dengan RS-232. Dari sisi komputer digunakan program aplikasi Hyper Terminal, salah satu aplikasi komunikasi dari Ms.Windows. *Baud rate* komunikasi yang digunakan adalah 9600 bps dengan 8 data bit, *no parity*, 1 *stop bit*, dan *no flow control*. Pada Hyper Terminal, *input* dari *keyboard* tidak langsung ditampilkan ke layar aplikasi Hyper Terminal, melainkan akan dikirim melalui port serial COM1. Tampilan pada Hyper Terminal merupakan data yang diterima dari mikrokontroler melalui port serial. Pengujian yang dilakukan adalah komunikasi data serial dua arah antara mikrokontroler AT89C51 dengan komputer dimana pengiriman data dari komputer berupa karakter huruf "a" sampai dengan "z" yang diketik di dalam aplikasi Hyper Terminal. Setiap karakter huruf yang diketik, akan dikirim ke mikrokontroler dan mikrokontroler akan mengirim balik karakter huruf tersebut ke Hyper Terminal ditambah dengan kata "Menjadi" dan karakter huruf besar dari huruf tersebut. Berikut adalah *listing* program yang digunakan:

```

$mod51
start:  acall  init_serial
mulai:  acall  IN
        acall  OUT
        mov   b,a
        push  b
        acall  menjadi
        pop   b
        mov   a,b
        subb  a,#20h
        acall  OUT
        acall  enter
        jmp   mulai
menjadi:
        mov   dptr,#tambah
        mov   r2,#9
kirim:  clr   a
        movc  a,@a+dptr
acall  OUT
        inc   dptr
        djnz  r2,kirim
        ret
enter:  mov   dptr,#tambah1
        mov   r2,#2
kirim2: clr   a
movc   a,@a+dptr
acall  OUT
        inc   dptr
        djnz  r2,kirim2
        ret
Init_serial:
        mov   TMOD,#21h
        mov   TH1,#0FDh
        mov   SCON,#50h
        setb  TR1
        mov   IE,#81h
        ret

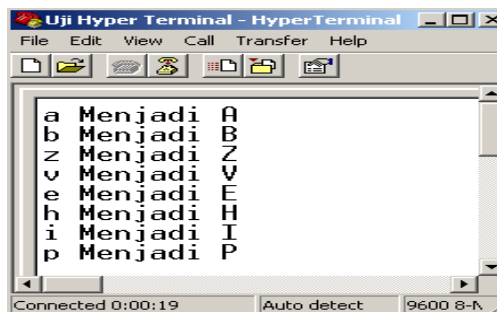
```

```

OUT:  clr    TI
      mov    SBUF,a
      jnb   TI,$
      ret
IN:   clr    RI
      jnb   RI,$
      mov    a,SBUF
      ret
Tambah:
      db    ' Menjadi '
Tambah1:
      db    13,10
end

```

Setelah program selesai dikerjakan, kemudian dilakukan proses *assembling* dan dilakukan proses *downloading* ke IC mikrokontroler dengan menggunakan *flashprogrammer*. Kemudian modul mikrokontroler dihubungkan kepada komputer dengan menggunakan kabel serial. Gambar 4 memperlihatkan hasil pengujian komunikasi serial antara komputer dengan mikrokontroler AT89C51.



■ Gambar 4. Hasil Uji Komunikasi Serial antara PC dengan Mikrokontroler

Mikrokontroler

Pengujian modul mikrokontroler ditujukan untuk melihat apakah modul mikrokontroler yang terpasang dapat bekerja dengan baik. Pekerjaan tersebut dapat dilakukan dengan dua cara yaitu tanpa menggunakan program dan dengan menggunakan program. Pengujian tanpa program dimaksudkan untuk melihat *output* mikrokontroler pada masing-masing *port*, sedangkan pengujian dengan program dimaksudkan untuk melihat apakah mikrokontroler dapat menjalankan program yang diisikan pada memori mikrokontroler. Secara teori jika modul catu daya diberikan tegangan $+5V_{DC}$ maka modul mikrokontroler akan berada dalam keadaan *default*, di mana setiap *port* pada mikrokontroler akan ada dalam kondisi *high* (logika 1) kecuali *port* nol karena *port* nol tidak memiliki internal *pull-up* atau dalam kondisi *floating* oleh karena itu *port* nol secara hardware harus di *pull-up* atau di *pull-down*. Untuk rancangan ini digunakan *pull-down* sehingga pada keadaan *default* port nol berlogika nol. Adapun hasil pengujiannya adalah seperti Tabel 3.

■ Tabel 3. Hasil Pengujian Modul Mikrokontroler tanpa program

Port	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	P0
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1

Akan dibuat program sederhana untuk menguji modul mikrokontroler dengan perangkat lunak (*software*), di bawah ini adalah *listing* program untuk menguji:

```

$mod51      ; Penanda compiler untuk keluarga mikrokontroler 8051
Org 0h      ; Alamat awal penulisan program
Begin:  Mov  P0,#0ffh ; kirim bit high ke port 0 dari mikrokontroler
        Acall Delay
        Mov  P1,#0ffh ; kirim bit high ke port 1 dari mikrokontroler
        Acall Delay
        Mov  P2,#0ffh ; kirim bit high ke port 2 dari mikrokontroler
        Acall Delay
        Mov  P3,#0ffh ; kirim bit high ke port 3 dari mikrokontroler

```

```

Acall Delay
Mov P0,#0h ; kirim bit low ke port 0 dari mikrokontroler
Acall Delay
Mov P1,#0h ; kirim bit low ke port 1 dari mikrokontroler
Acall Delay
Mov P2,#0h ; kirim bit low ke port 2 dari mikrokontroler
Acall Delay
Mov P3,#0h ; kirim bit low ke port 3 dari mikrokontroler
Sjmp Begin
    
```

```

Delay: Mov R0,#5
Delay1: Mov R1,#0FFh
Delay2: Mov R2,#0
        DJNZ R2,$
        DJNZ R1,Delay2
        DJNZ R2,Delay1
        Ret
    
```

End

Listing program di atas berguna untuk melakukan *setting* terhadap keseluruhan *port* 0, *port* 1, *port* 2 dan *port* 3. Pertama-tama mulai dari *port* 0 diberi *input* seluruhnya HIGH, diteruskan ke *port* 1, *port* 2 dan *port* 3. Ketika seluruh *port* bernilai HIGH yang ditandai dengan nyalanya LED dari *project board*, maka seluruh *port* diberi nilai LOW dimulai dari *port* 0 sampai *port* 3 yang ditandai dengan matinya lampu LED dari *project board*. Tabel 4 menunjukkan hasil dari program yang dijalankan:

■ **Tabel 4.** Tabel Hasil Keluaran *Port* pada Mikrokontroler AT89C51

Periode ke	Port 0	Port 1	Port 2	Port 3
1	1111 1111	0000 0000	0000 0000	0000 0000
2	1111 1111	1111 1111	0000 0000	0000 0000
3	1111 1111	1111 1111	1111 1111	0000 0000
4	1111 1111	1111 1111	1111 1111	1111 1111
5	0000 0000	1111 1111	1111 1111	1111 1111
6	0000 0000	0000 0000	1111 1111	1111 1111
7	0000 0000	0000 0000	0000 0000	1111 1111
8	0000 0000	0000 0000	0000 0000	0000 0000

Modul Penguat

Pengujian modul penguat dilakukan dengan menggunakan multimeter digital. Pengujian modul penguat dilakukan di penguatan diferensial dan penguatan secara keseluruhan. Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian penguatan diferensial dan Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian penguatan secara keseluruhan. Dari Tabel 5 dan Tabel 6 dapat dilihat bahwa modul penguat telah berjalan dengan baik.

■ **Tabel 5.** Hasil Pengujian penguatan diferensial

Berat (Kg)	Tegangan Output (mV)
1	0.2
2	0.4
3	0.9
4	1.5
5	2.3

Sensor Tekanan

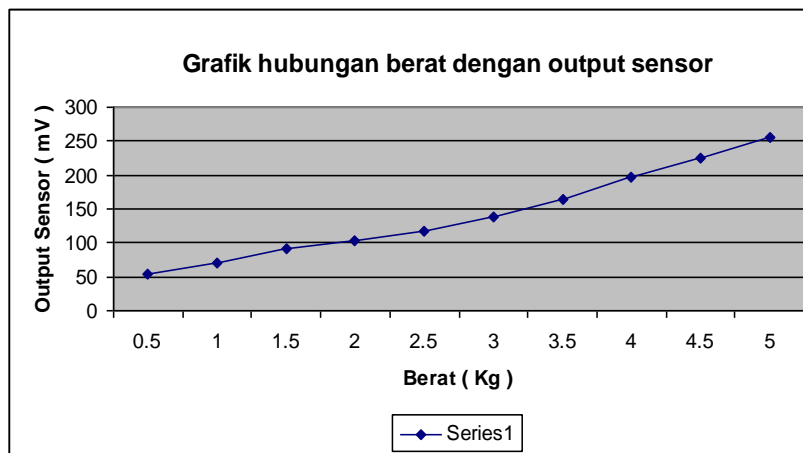
Pengujian modul sensor tekanan dilakukan dengan dua cara. Pertama membandingkan sensor tekanan dengan *output* dari sensor tersebut dengan menggunakan multimeter digital. Kedua membandingkan timbangan digital dengan menggunakan timbangan yang dirancang. Tabel 7 menunjukkan hasil pengujian sensor tekanan dengan *output* dari sensor tersebut. Dari hasil pengujian berat barang dengan *output* dari sensor maka didapatkan grafik yang linear. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5. Sedangkan Tabel 8 menunjukkan hasil pengujian timbangan digital dengan alat yang dirancang. Dari Tabel 8 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran menggunakan timbangan digital dengan alat yang dirancang tidak berbeda jauh maka alat yang dirancang sudah berfungsi dengan baik.

■ **Tabel 6.** Hasil Pengujian penguatan secara keseluruhan

Berat (Kg)	Tegangan Output (V)
1	0.04
2	0.10
3	0.18
4	0.28
5	0.39

■ **Tabel 7.** Hasil pengujian sensor tekanan

Berat (Kg)	Output Sensor (mV)
0.5	55
1	71
1.5	92
2	104
2.5	118
3	138
3.5	165
4	198
4.5	224
5	255



■ **Gambar 5.** Grafik Hubungan Berat dengan Output Sensor

■ **Tabel 8.** Hasil Pengujian Timbangan digital dengan alat yang dirancang

No	Pengukuran dengan timbangan digital (kg)	Pengukuran dengan menggunakan alat yang dirancang (kg) (Pengujian ke-)					Rata-rata	Faktor kesalahan (%)
		1	2	3	4	5		
1	2	1.8	1.7	1.8	1.9	1.8	1.8	10
2	4	3.6	3.5	3.7	3.9	3.8	3.7	7.5
3	6	5.5	5.7	5.6	5.9	5.6	5.6	6.6
4	8	7.7	7.6	7.7	7.8	7.9	7.7	3.75
5	10	9.7	9.9	9.8	9.7	9.6	9.7	3

LCD

Pengujian modul LCD dilakukan dengan menghubungkan modul LCD dengan modul mikrokontroler. Mikrokontroler diprogram terlebih dahulu untuk menginisialisasi LCD dan mengirim beberapa karakter ke LCD. Hasil pengujian modul LCD dapat terlihat pada Tabel 9.

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

Pengujian No.	Isi Register A	Tampilan di LCD
1	B	B
2	E	E

3	R	R
4	A	A
5	T	T

Dari Tabel 9 dapat dilihat bahwa hasil yang didapat pada setiap kolom sama, maka rangkaian LCD dapat dikatakan berjalan dengan baik

Catu Daya

Pengujian modul catu daya (*power supply*) dilakukan dengan dua cara. Pertama catu daya diuji dengan tanpa beban yaitu dengan langsung mengukur pada keluaran dari catu daya dengan multimeter digital. Sedangkan pengukuran yang kedua dilakukan dengan cara memberi beban penuh pada keluaran catu daya. Pengukuran tegangan dilakukan pada keluaran IC regulator setelah melewati kapasitor non polar. Pengujian modul catu daya ini perlu dilakukan untuk melihat tegangan yang diberikan apakah sesuai dengan yang dibutuhkan.

Untuk pengukuran tegangan keluaran akan dilakukan sebanyak lima kali pengukuran dengan tujuan untuk memastikan apakah tegangan selalu dalam keadaan stabil atau tidak. Seluruh pengukuran modul catu daya dapat dilihat pada Tabel 10 dan Tabel 11. Untuk menghasilkan tegangan $+5 V_{DC}$ maka akan digunakan tegangan $+6V_{AC}$. Hasil keluaran dari transformator yang digunakan sebagai *input* blok selanjutnya pada modul catu daya.

■ **Tabel 10.** Hasil Pengujian Catu Daya $+5V$ Dengan $I = 1$ Ampere

Pengujian	$V_{input} (V_{AC})$	$V_{output} (V_{DC})$ Tanpa Beban	$V_{output} (V_{DC})$ Dengan Beban
1	6.3	4.77	4.39
2	6.2	4.77	4.40
3	6.2	4.76	4.40
4	6.2	4.77	4.40
5	6.3	4.76	4.40

Untuk menghasilkan tegangan $-5 V_{DC}$ maka akan digunakan tegangan $+6V_{AC}$ hasil keluaran dari transformator yang digunakan sebagai *input* blok selanjutnya pada modul catu daya.

■ **Tabel 11.** Hasil Pengujian Catu Daya $-5V$ Dengan $I = 1$ Ampere

Pengujian	$V_{input} (V_{AC})$	$V_{output} (V_{DC})$ Tanpa Beban	$V_{output} (V_{DC})$ Dengan Beban
1	6.3	-4.67	-4.97
2	6.2	-4.66	-4.97
3	6.2	-4.67	-4.97
4	6.2	-4.67	-4.97
5	6.3	-4.67	-4.97

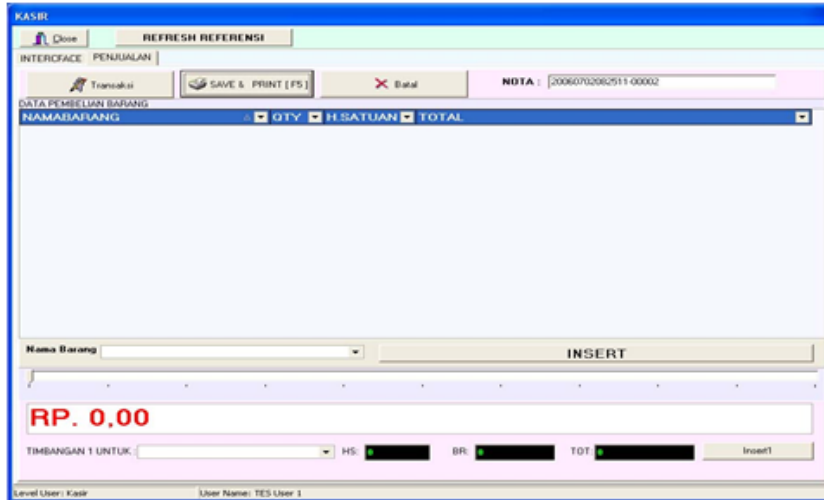
Secara Keseluruhan

Pengujian keseluruhan sistem ini berupa pengujian terhadap perangkat lunak yang dirancang dan konektivitas antara perangkat lunak dengan perangkat keras yang dirancang. Pengujian keseluruhan sistem ini dilakukan secara bertahap yaitu:

- Keadaan awal dari tampilan LCD yaitu berat barang = 0 Kg dan Form awal kasir dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.
- Ketika ada barang yang ditimbang maka sistem secara otomatis menampilkan hasil tersebut di LCD dan harga barang tersebut di Form kasir yang dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.



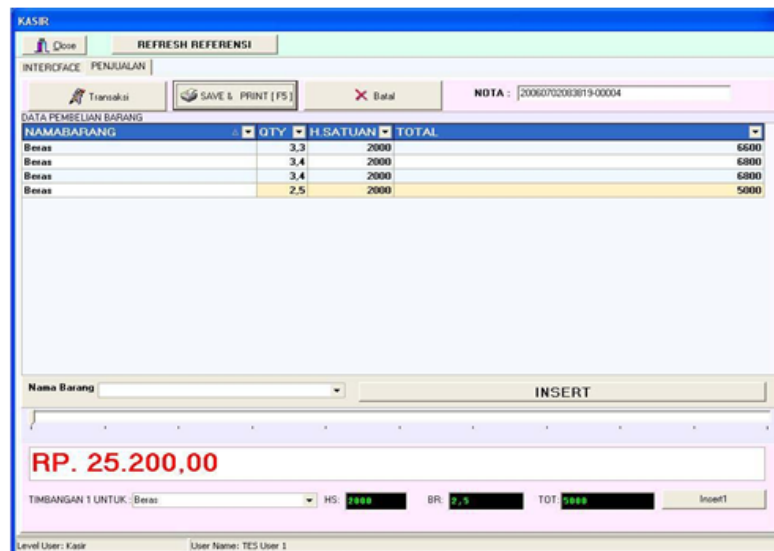
■ **Gambar 6.** Tampilan awal LCD sebelum ada barang yang ditimbang



■ Gambar 7. Tampilan form awal di *client* sebelum ada barang yang ditimbang



■ Gambar 8. Hasil Tampilan di LCD setelah ada barang yang ditimbang



■ Gambar 10. Tampilan form di *client* setelah ada barang yang ditimbang

KESIMPULAN

Alat yang dibuat telah berfungsi dengan baik karena telah dapat menimbang berat barang dan hasilnya dapat ditampilkan di layar komputer dan didapatkan harga dari barang tersebut. Dari hasil pengujian sensor tekanan makin besar berat barang tersebut maka faktor kesalahan yang akan didapat akan semakin kecil. Dari hasil pengujian timbangan digital dengan alat yang dirancang dengan 5 berat yang berbeda mempunyai faktor kesalahan yang paling besar adalah 10 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. E. Putra, *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasi*, edisi kedua, Yogyakarta: Gava Media, 2004. Chapter 1 Page 2-40, Chapter 2 Page 43-80, Chapter 5 Page 163-188
- [2] K. Andri, *Jaringan Komputer*, Yogyakarta, Graha Ilmu, 2003. Chapter 2 Page 21-42, Chapter 10 Page 229-256
- [4] A. Sugiharto, *Penerapan Dasar Transducer dan sensor*, Yogyakarta: Kanisius, 2002, Chapter 2 dan 3, Page 27-41
- [5] W. Herman, *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*, edisi kedua, Yogyakarta: Erlangga, 1985. Chapter 3 Page 33-50, Chapter 4 Page 54-74, Chapter 8 Page 161-168.