ISSN 1410 - 9735
IEE-J

JURNAL TEKNIK ELEKTRO

TESLA

VOL. 14 NO. 1 - MARET 2012

Jurnal TESLA	Vol. 14	No. 1	Hlm. 1 - 100	Jakarta Maret 2012	ISSN 1410 - 9735

 ISSN 1410-9735

JURNAL TESLA

REDAKSI TESLA

Pemimpin Umum : Dr. Ir. Danang Priatmojo, M.Arch.
Dekan Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara

Ketua Dewan Penyunting : Ir. Endah Setyaningsih, MT. (Untar)

Dewan Penyunting Ahli : Prof. Dr. Ir. Dali Santun Naga, MMSI. (Untar)
Prof. Dr. Ir. Djoko Hartanto, M.Sc. (UI)
Dr. Ir. Purnomo Sidi Priambodo, M.Sc. (UI)
Dr. Ing. Ihan Martoyo, ST., M.Sc. (UPH)
Ir. Hadian Satria Utama, MSEE. (Untar)
Dr. Ir. Eko Syamsuddin, M.Eng. (BPPT)

Penyunting Pelaksana : Fany Indriaty, ST., MT. (Untar)
Joni Fat, ST., ME. (Untar)
Yohanes Calvinus, ST., MT. (Untar)

Pelaksana Teknis : Siswadi Joko Santoso (Untar)

Penerbit : Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Tarumanagara

Alamat Penerbit : Jln. Letjen. S. Parman No. 1
Jakarta – 11440
Telp : 021-5638359 , 5672548
Fax : 021-5663277
Email : teslauntar@gmail.com
Web : http://teslauntar.blogspot.com

Nama "TESLA" diambil dari nama tokoh seorang ilmuwan listrik yang diabadikan menjadi satuan medan magnetik yaitu NIKOLA TESLA yang lahir di Kroasia.
Jurnal TESLA yang merupakan Jurnal Ilmiah Teknik Elektro yang diterbitkan 2 kali dalam setahun pada Bulan Maret dan Oktober. Sejak Bulan Oktober 2009, Jurnal TESLA telah menjalin kerjasama dengan *Indonesian Experts Electronics* – Jakarta (IEE-I) yang mempunyai visi dan misi dalam meningkatkan Jurnal

JURNAL TESLA

DAFTAR ISI

Daftar Isi …….. i

Editorial ……... ii

1. Perancangan Unit Perkalian Metode *Shift & Add* dan Logaritmik dengan *Very High Integrated Circuit Description Language* (VHDL) 1-17
Fany Indriaty

2. Robot Pemilah Barang Berdasarkan Warna pada Proses Produksi ……... 18-28
Lingga Tanu, Harlianto Tanudjaja, dan Pono Budi Mardjoko

3. Sistem Pemotong Kayu Sederhana Menggunakan Mikrokontroler ……..... 29-40
Dudi, Harlianto Tanudjaja dan Endah Setyaningsih

4. Perancangan Model Alat Pengidentifikasian Barang Pada Saat Baggage Claim di Bandara …….. 41-56
Hansen Marsali, Tony Winata dan Nurwijayanti K.

5. Kaca Mata Ultrasonik untuk Penyandang Tuna Netra ……... 57-72
Agustian, Hang Suharto dan Yohanes Calvinus

6. Sistem Pembayaran Tiket Kereta Api Menggunakan *Contactless Smart Card* dengan Mikrokontroler 73-85
Ivan A. Lambean, Sani M. Isa dan Pono B. Mardjoko

7. Sistem Pengendali Jumlah Penumpang Masuk Bis Transjakarta Berdasarkan Kapasitas Maksimum Penumpang …… 86-98
Midian Petra H.S. dan Indra Surjati

Sistem Pemotong Kayu Sederhana Menggunakan Mikrokontroler

Dudi[2], Harlianto Tanudjaja[1] dan Endah Setyaningsih[2]

ABSTRACT: *A rod-wood is often used as a construction material. The wood needs to be cut into a smaller piece. In order to cut this wood, we could use many machines such as band saw, chainsaw, or a friction. Then we could use the wood as sills, tile battens, rafters, doors, etc. In this design, we want to make a wood cutting tool that could run automatically. We used a microncontroller as the center of the process. We had a keypad as an input. A user could input any size that the user needed. The user didn't need to measure it manuallly. We had a sensor to check it, and the result would be display in an LCD. This design could cut a wood into some size of 1.5 cm and 2 cm. Our test suggested that this device produced an inacurate result but still tolerable. The problem was in the sensor that we used in this system.*
Keywords: rod-wood, cutting tool.

ABSTRAK: Kayu gergajian digunakan sebagai bahan dalam pembangunan, kayu tersebut dipotong dengan berbagai ukuran yang berbeda–beda sesuai dengan kebutuhan. Pemotongan kayu dapat menggunakan berbagai macam mesin potong seperti mesin gergaji pita, mesin gergaji rantai, mesin gesek, dan sejenisnya. Kayu yang telah dipotong dapat digunakan kusen, reng, kaso, daun pintu dan sebagainya. Perancangan alat pemotong kayu berbasis mikrokontroler dapat digunakan untuk memotong kayu gergajian yang bekerja secara otomatis. Pada alat tersebut terdapat sebuah keypad untuk mengatur ukuran kayu yang akan dipotong sehingga tidak perlu dilakukan proses pengukuran kayu secara manual dengan menggunakan meteran dan terdapat sensor ukuran yang berfungsi sebagai feedback untuk mengecek hasil potongan yang ditampilkan melalui LCD serta terdapat tempat untuk meletakkan hasil potongan kayu tersebut. Alat ini dapat melakukan pemotongan kayu dengan ukuran 1,5 cm dan 2 cm. Hasil pengujian sistem, pada pemotongan kayu berukuran 1,5 cm dan 2 cm masih terdapat ketidak akuratan, namun masih dalam batas toleransi ukuran kayu. Hasil pengujian alat tersebut menunjukkan bahwa sensor ukuran telah berfungsi sebagai feedback yang digunakan untuk mengecek hasil potongan kayu, walau masih kurang tingkat ketelitiannya sehingga menjadi salah satu kelemahan dari alat ini.
Kata kunci: kayu gergajian, desain, keypad, ukuran

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan sebuah negara yang kaya akan sumber daya alamnya, terutama dalam hasil kehutanannya. Hutan Indonesia sangat luas sehingga banyak masyarakat yang memanfaatkan hutan tersebut menjadi sebuah ladang usaha. Banyak investor menanamkan modalnya didalam pengelolahan kayu gergajian. Kayu gergajian tersebut digunakan untuk membangun perumahan, gedung-gedung dan bangunan-bangunan di negeri sendiri namun banyak juga kayu gergajian dijadikan bahan ekspor ke luar negeri yang kemudian diimpor kembali dalam bentuk barang jadi. Kayu gergajian juga dapat dijadikan sebagai salah satu solusi untuk pertumbuhan ekonomi dengan memanfaatkan sumber daya domestik untuk mendapatkan devisa dari sumber luar negeri, yang berarti lebih baik bagi ekonomi nasional. Kayu gergajian dipotong dengan berbagai ukuran yang berbeda–beda sesuai dengan kebutuhan bangunannya. Kayu gergajian dapat digunakan sebagai reng, kusen, kaso maupun kuda-kuda dan sebagainya. Cara pemotongan kayu tersebut dapat menggunakan berbagai macam mesin potong yaitu menggunakan mesin gergaji pita, mesin gergaji rantai, mesin gesek, dan sejenisnya.

Alat pemotong yang sederhana seperti ini mudah digunakan dan sangat bermanfaat bagi para pekerja untuk memotong kayu di dalam hutan maupun di gudang kayu. Penulis berkeinginan untuk merancang sebuah alat pemotong kayu yang menggunakan mikrokontroler dan memiliki sebuah *keypad* untuk mengatur ukuran kayu yang akan dipotong sehingga tidak perlu dilakukan proses pengukuran lebar kayu secara manual dengan meteran. Jika melakukan pengukuran secara manual maka sering terjadi ukuran yang tidak cocok, seperti banyak ditemui ukuran yang terlalu kecil atau terlalu besar sehingga konsumen sering komplain akan ukuran kayu tersebut.

Departemen kehutanan menetapkan ukuran kayu olahan dengan tebal (t), lebar (l), dan panjang (p) dengan toleransi ukuran seperti terlihat pada Tabel 1.1. Penulis merancang alat tersebut agar mendapatkan hasil yang lebih efisien untuk ukuran kayu yang sudah ditetapkan. Ukuran kayu yang dijual pada umumnya berukuran seperti 2x3x400 cm, 3x4x400 cm, 4x6x400 cm, 5x7x400 cm, 5x10x400 cm, dan masih banyak lagi.

■ Tabel 1. Toleransi ukuran kayu [1]

Dimensi	Ukuran Baku	Toleransi Ukuran
Tebal (t)	≤ 3 cm > 3 cm	≤ 3 mm ≤ 6 mm
Lebar (l)	≤ 8 cm > 8 cm	≤ 3 mm ≤ 6 mm

Survei pada tanggal 22 April 2009 di U.D Cahaya Terang di Cipondoh, Tangerang. Toko tersebut menjual segala jenis kayu dan terdapat alat pemotong kayu yang sederhana. Alat pemotong kayu tersebut menggunakan mesin diesel berbahan bakar solar. Alat pemotong kayu yang menggunakan mesin diesel berbahan bakar solar hanya dapat memotong kayu yang berukuran sampai dengan ketebalan 8 cm saja, jika dengan ketebalan mencapai atau lebih dari 10 cm maka mesin tersebut akan mengalami kesulitan dalam pemotongannya. Kayu dengan ketebalan 10 cm sangat banyak yang tidak dapat dipotong karena terlalu keras terutama kayu kamper. Kayu yang keras akan mengakibatkan mesin pisau gergaji berhenti dan mengeluarkan asap, kecuali kayu yang tidak keras seperti kayu randu, meranti yang seratnya kasar, dan kayu yang mempunyai serat yang empuk.

1. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Atmajaya
2. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tarumanagara

■ **Gambar** 1. Mesin Gergaji Bulat

Sistem kerja alat tersebut mesin dihidupkan dengan cara memutarkan *dumpling* pada dieselnya sampai menyala dan juga mengatur ukuran kayu yang akan dipotong, kemudian mesin siap digunakan untuk memotong kayu. Pada gambar 1, kayu yang akan dipotong diletakkan di meja potong, kemudian satu per satu diambil untuk melakukan pembelahan sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

Survei kedua dilakukan di Intenet pada tanggal 5 Juni 2009 (sudah lama sekali ya ??) jam 21:15 wib. Mesin gergaji pita merupakan sebuah alat pemotong kayu yang dapat memotong kayu dengan *log* yang sangat besar. Mesin gergaji pita biasanya digunakan untuk membelah kayu *log* oleh beberapa pabrik *furniture*. Mesin gergaji pita dapat digunakan dengan 2 (dua) *tipe* dengan posisi pembelahan yang berbeda yaitu horisontal dan vertikal. Tipe pembelahan vertikal lebih banyak digunakan karena lebih mudah dalam hal operasionalnya. Mesin gergaji pita dapat dilihat pada gambar 2, gergaji pita ini bertipe vertikal.

■ **Gambar** 2. Mesin Gergaji Pita [2]

Penggunaan mikrokontroler pada perancangan alat ini adalah sebagai otak terpenting untuk menjalankan semua kerja sistem pada alat tersebut. Ketika memberi *input* melalui *keypad* langsung perintah diteruskan kepada mikrokontroler untuk mengatur pisau pemotong tersebut ke ukuran yang telah dimasukkan dan kemudian mikrokontroler tersebut juga mengatur motor untuk siap melakukan pemotongan ketika mendapatkan *input* atau sinyal dari sensor yang terpasang pada meja potong tersebut, karena itu mesin harus tetap *standby*.

Kayu yang sudah dipotong dengan sendirinya akan jatuh ke samping meja potong karena di meja pemotongan tersebut terdapat tempat untuk menjatuhkan kayu yang sudah dipotong. Pada meja potong yang terletak antara bilah gergaji terdapat meteran agar mengetahui apakah hasil potongan tersebut sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

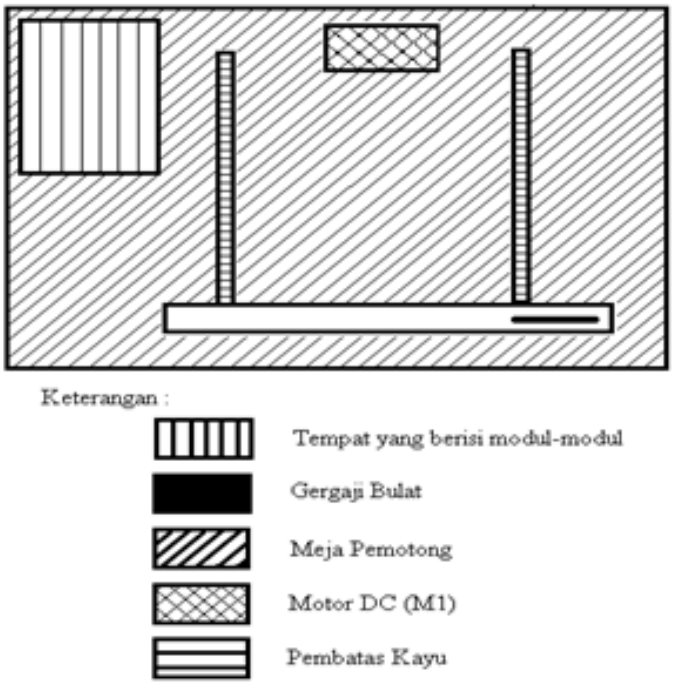
Deskripsi Konsep

Model alat pemotong kayu sederhana ini berguna sebagai alat pemotongan kayu yang hanya memasukkan ukuran kayu yang akan dipotong sesuai ukuran yang datanya dimasukan melalui *keypad*, data keluaran dari *keypad* akan diproses oleh program yang ada di mikrokontroler, hasil pengolahan data ini akan memberi perintah pada motor ukuran untuk pindah ke ukuran sesuai *input* melalui *keypad*, kemudian dengan menekan tombol *start* maka mesin

tersebut akan secara otomatis melakukan pembelahan kayu. Motor DC tersebut digerakkan oleh mikrokontroler dengan *limit switch* sebagai sensor untuk mengetahui posisi pergerakan.

Pertama – tama mikrokontroler mengaktifkan motor *pusher* bergerak mendorong kayu tersebut mendekati *limit switch press* maka motor tersebut akan berhenti bekerja ketika kayu yang didorong mengenai *limit switch press* yang ada di meja potong tersebut, kemudian juga mengaktifkan motor AC untuk menggerakkan gergaji. Kayu yang akan dipotong dimasukkan ke meja pemotong untuk melakukan pemotongan. Kayu yang sudah didorong mendekati *limit swich press* akan dilakukan pemotongan kemudian motor potong akan menggeser gergaji yang siap melakukan pemotongan menuju ke arah kayu yang telah siap melakukan pemotongan dan hasil potongannya akan langsung jatuh ke tempat hasil pemotongan yang terletak di bawah meja pemotongan. Tempat hasil potongan dipasang sebuah sensor ukuran untuk mendeteksi ukuran kayu yang telah dipotong sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Jika kayu yang telah dipotong kemudian diperiksa melalui sensor ukuran tersebut sesuai dengan yang diinginkan lalu alat tersebut akan terus melakukan pemotongan, apabila hasil pemeriksaan tidak sesuai dengan yang diinginkan maka alat tersebut akan berhenti bekerja. Konsep dasar rancangan alat pemotong kayu sederhana tampak atas dapat pada Gambar 3.

lihapada Gambar 2.1.

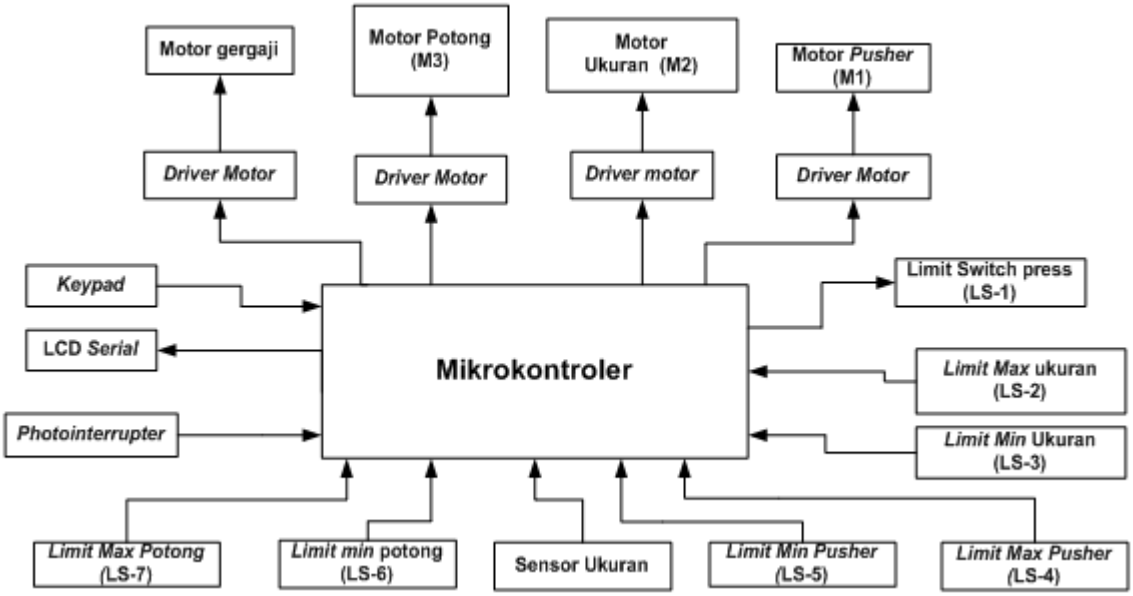


■ Gambar 3. Konsep Dasar Alat Pemotong Kayu Sederhana (Tampak Atas)

Di atas meja pemotong kayu terdapat sebuah kotak yang berisi modul-modul yang dirancang yaitu modul catu daya, modul mikrokontroler, modul *driver motor*, modul relay, modul sensor ukuran, sedangkan di atas kotak tersebut terdapat modul LCD dan *keypad*. Motor DC (M1) yang berguna untuk mendorong kayu, pisau gergaji yang digerakan oleh motor AC untuk memotong kayu, serta pembatas kayu yang digunakan untuk meletakkan kayu yang akan dipotong. Motor AC diletakkan pada bagian bawah meja beserta motor ukuran (M2) dan motor potong (M3). Motor potong (M3) berfungsi untuk menjalankan motor AC untuk bergerak memotong kayu.

Diagram Blok Rancangan

Diagram blok perancangan dan realisasi alat pemotong kayu sederhana dapat dilihat pada Gambar 4.



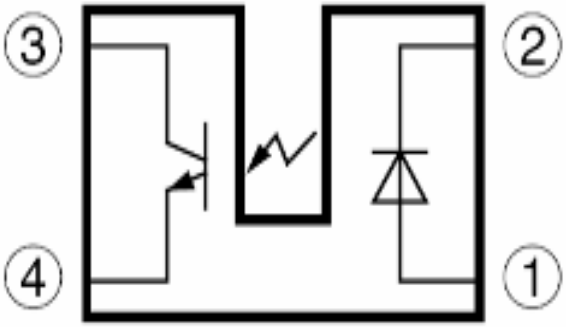
■ **Gambar** 4. Diagram Blok Alat Pemotong Kayu

Mikrokontroler digunakan sebagai otak atau pusat yang menjalankan alat pemotong kayu, mikrokontroler mendapat *input* dari *keypad* kemudian *input* tersebut ditampilkan melalui LCD. Mikrokontroler memberi perintah kepada setiap *driver motor* untuk mengerakkan motor potong, motor ukuran, motor *pusher* serta motor gergaji. Setiap gerakan motor dibatasi oleh *limit* minimum dengan *limit* maksimum serta terdapat juga sensor *photointerrupter* yang digunakan untuk membatasi gerakan motor ukuran dan *limit switch press* digunakan untuk membatasi gerakan motor *pusher* untuk berhenti mendorong.

Mikrokontroler AT89S51 digunakan sebagai modul mikrokontroler pada rancangan alat ini, karena pada AT89S51 menggunakan sistem *In-System Programming* (ISP) untuk men-*download* program yang sudah berbentuk *.hex* ke dalam *chip* mikrokontrolernya. Mikrokontroler AT89S51 merupakan salah satu jenis mikrokontroler CMOS 8 bit yang memiliki performa yang tinggi dengan disipasi daya yang rendah, cocok dengan produk MCS-51. Kemudian memiliki sistem pemograman kembali *Flash Memory* 4 kByte dengan daya tahan 1000 kali *write/erase*. Disamping itu terdapat RAM Internal dengan kapasitas 128 x 8 bit. Frekuensi pengoperasian hingga 24 MHz. Mikrokontroler ini juga memiliki 32 *port* I/O yang terbagi menjadi 4 buah *port* dengan 8 jalur I/O, kemudian terdapat pula sebuah *port serial* dengan kontrol *serial full duplex* UART, dua *timer/counter* 16 bit dan sebuah osilator *internal* dan rangkaian pewaktu [3].

Perancangan alat ini menggunakan sebuah IC regulator tipe LM7805 untuk mendapatkan tegangan sebesar 5 volt. IC regulator tipe LM7805 dipilih karena dapat tetap menjaga tegangan tetap stabil di 5 volt. IC regulator ini memiliki tiga pin yaitu pin *output*, *ground* dan *input*. Pin *output* berfungsi sebagai pin keluaran tegangan yang diinginkan, sedangkan pin *input* berfungsi sebagai pin masukan dari tegangan yang lebih besar. Sedangkan IC LM7812 untuk tegangan 12 volt.

Photointerrupter digunakan untuk mengatur motor untuk melakukan fungsinya masing-masing. *Photointerupter* adalah komponen elektronika yang mengubah sinyal listrik menjadi cahaya kemudian diubah lagi menjadi sinyal listrik. Pada sensor *photointerrupter* terdapat LED infra merah dan *photo transistor*. Celah yang terdapat pada *photointerrupter* disediakan untuk pensaklaran, diantara celah tersebut memisahkan LED infra merah dengan *photo transistor* NPN.



■ **Gambar** 7. Diagram **Sensor *Photointerrupter*** Koneksi Internal

Sensor *photointerrupter* GP1S53VJ000F dipilih karena merupakan sebuah sensor *photointerrupter* yang standar, dan dapat bertransmisi dengan *phototransistor* sebagai output. GP1S53VJ000F terbentuk dari rangkaian infra merah dan phototransistor.

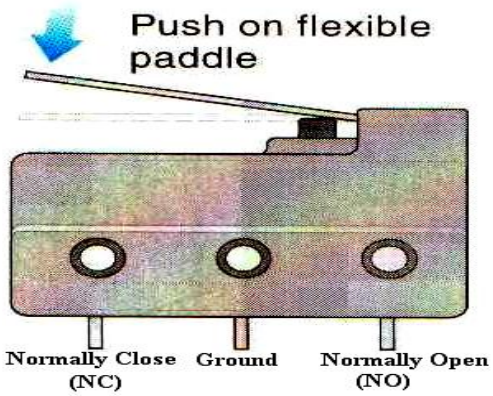
Driver motor berfungsi untuk menggerakkan motor, karena motor yang digunakan memiliki tegangan yang berbeda dengan mikrokontroler. Mikrokontroler hanya memiliki tegangan keluaran sebesar 5 volt, sehingga motor membutuhkan *driver motor* untuk menutupi kekurangan daya tersebut. *Driver* motor dapat digunakan untuk menjembatani perbedaan arus dan tegangan antara motor dengan mikrokontroler.

Driver motor IC L293D dipilih karena memiliki keluaran arus yang sesuai dengan kebutuhan motor DC yaitu sebesar 600 mA dan tegangan yang dapat digunakan sebesar 4,5 volt sampai 36 volt. Pada IC L293D sudah terdapat dioda sehingga dalam rangkaian tidak membutuhkan dioda.

Motor DC *gearbox* dipilih karena berguna untuk membagi kecepatan motor DC sehingga didapatkan torsi dan daya yang dihasilkan sudah cukup untuk melakukan fungsi motor dari alat dan harga yang lebih terjangkau. Motor ini membutuhkan tegangan 20 volt, mengingat motor ini digunakan untuk mendorong kayu dan menggeser gergaji.

LCD ADT-1620/C/S/L berukuran 2x16 karakter, dipilih karena sudah cukup untuk menampilkan karakter status yang diinginkan dan mudah didapatkan dipasaran. LCD 2 x 16 mempunyai dua cara *interfacing* yaitu *interface* 8 bit dan *interface* 4 bit. Gambar 3.2 menunjukkan bentuk fisik dari LCD ADT-1620/C/S/L.

Limit switch ini digunakan sebagai sensor untuk deteksi seluruh kerja motor DC. Gambar 9 merupakan konfigurasi pin *limit switch. Normally Open* (NO) adalah pin pada saat keadaan normal (tidak ditekan) menyebabkan rangkaian dalam keadaan terbuka, sedangkan bila *switch* ditekan akan menyebabkan rangkaian menjadi tertutup. Pin *Normally Close* (NC) adalah kebalikan dari pin NO, yang akan menyebabkan rangkaian menjadi tertutup bila *switch* tidak ditekan dan terbuka apabila *switch* ditekan. Pin *Ground* (GND) adalah pin yang dihubungkan ke *negatif* rangkaian.



■ **Gambar** 9. Konfigurasi Pin *Limit Switch*.

Relay merupakan *switch* yang dioperasikan secara elektronik. Prinsip dasar kerja *relay* menggunakan magnet elektrik yang dibangkitkan dari lilitan dengan inti besi. Magnet yang dibangkitkan tersebut menggerakan sistem mekanikal *switch*, sehingga bila lilitan diberi arus, maka inti besi akan berubah menjadi magnet dan menggerakan *switch*. Saat arus tidak diberikan lagi, mekanikal *switch* kembali lagi ke posisi semula karena ada pegas yang menariknya.

Biasanya kontak *relay* terdiri dari *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC). *Normally Open* merupakan kontak yang tidak terhubung dalam keadaan normal sehingga lilitan *relay* tidak dialiri arus. *Normally Close* merupakan kontak yang terhubung dalam keadaan normal sehingga lilitan *relay* tidak dialiri arus.

Fungsi penggunaan *relay* untuk menjalankan motor AC. *Relay* yang digunakan berjenis DPDT dengan tegangan sebesar 5 volt DC, *relay* ini dipilih karena mudah digabungkan dengan soket IC. *Relay* berfungsi untuk mengontrol hubungan antara catu daya dan motor. *Relay* tersebut digunakan sebagai *switch* dan dioperasikan dengan menggunakan listrik.

REALISASI RANCANGAN

Modul Mikrokontroler

Modul mikrokontroler membutuhkan beberapa komponen elektronika yang dapat mendukung kerja dari mikrokontroler. Beberapa komponen elektronika yang digunakan adalah :

- 2 (Dua) buah kapasitor 33 pikofarad
- 1 (Satu) buah kapasitor 10 mikrofarad
- 1 (Satu) buah resistor 10k ohm
- 1 (Satu) buah kristal dengan frekuensi 12 MHz

Komponen-komponen ini dengan pin-pin *input/output* serta tegangan yang diperlukan mikrokontroler yaitu sebesar 5 volt. Rangkaian 10 µF, 10 kΩ, sumber tegangan 5 volt dan *switch push button* digunakan sebagai

rangkaian *power on reset* dan berfungsi untuk me-*reset* mikrokontroler dalam keadaan aktif serta memberi *delay* untuk menunggu kestabilan pada sistem. Rangkaian kapasitor 33 pikofarad dengan sebuah kristal merupakan rangkaian untuk membangkitkan osilator yang berfungsi sebagai *clock*.

Port 0 pada mikrokontroler digunakan sebagai *output* pada modul *driver motor*. *Port* 0.0 dan *port* 0.1 digunakan untuk motor *pusher*, *port* 0.2 dan *port* 0.3 dihubungkan pada motor ukuran untuk menggeser pada ukuran kayu yang akan dipotong, *port* 0.4 dan *port* 0.5 digunakan untuk menggerakkan motor potong untuk melakukan pemotongan kayu, *port* 0.6 digunakan sebagai *limit* maksimum *pusher*, sedangkan *port* 0.7 digunakan sebagai *limit* minimum *pusher*.

Port 1.0 sampai *port* 1.7 digunakan sebagai *output* data pada LCD, *port* 2.0 digunakan *relay* untuk mengaktifkan motor AC, *port* 2.1 sampai *port* 2.7 digunakan untuk *keypad*, *port* 3.0 digunakan sebagai *limit* minimum potong pada titik awal, *port* 3.1 digunakan sebagai *limit* maksimum potong, *port* 3.2 digunakan sebagai *limit* 1,5 cm (*limit* maksimum ukuran) untuk pemotongan, *port* 3.3 digunakan *photointerrupter* sebagai *limit* 2 cm untuk pemotongan, *port* 3.4 digunakan sebagai *limit* 2.5 cm (*limit* minimum ukuran) untuk pemotongan, *port* 3.5 digunakan untuk *limit switch press*, *port* 3.6 digunakan untuk kaki RS pada LCD, kaki R/W pada LCD dihubungkan pada GND dan *port* 3.7 digunakan untuk kaki E pada LCD.

Modul LCD

Modul LCD digunakan untuk menampilkan berapa data yang akan dipotong. Rangkaian yang digunakan pada alat ini adalah rangkaian *interface* 8 bit. Jumlah pin yang harus dikontrol pada *interface* ini adalah sebanyak 11 pin yang terdiri dari 8 pin data LCD dan 3 pin kontrol LCD (LCD RS, LCD RW dan LCD EN).

Kaki LED+ atau kaki *blacklight* LCD tidak boleh langsung terhubung ke sumber tegangan 5 volt dikarenakan dapat mnyebabkan kerusakan pada LCD tersebut, oleh karena itu kaki LED+ atau *blacklight* LCD tersebut dihubungkan terlebih dulu dengan sebuah hambatan, sedangkan untuk dapat mengatur *contrast* pada LCD tersebut dilakukan dengan menghubungkan pin Vo dengan sebuah hambatan variabel.

Modul *Photointerrupter*

Modul *Photointerrupter* dibutuhkan dua buah resistor dengan besar 330 Ω dan 5,6 kΩ. Kedua resistor ini dihubungkan ke-modul *photointerrupter* dengan sumber tegangan sebesar 5 volt. Ketika tidak ada halangan yang melewati pemancar (LED) dan penerima (transistor) mikrokontroler mendapat *input* logika 0 sedangkan ketika terhalang, mikrokontroler akan menerima *input* logika 1, maka *output* dari rangkaian modul tersebut dihubungkan pada *port* mikrokontroler yaitu *port* 3.3.

Modul *Relay* Motor Gergaji

Modul *relay* berguna untuk menerima data melalui mikrokontroler, data tersebut melewati resistor 1K terlebih dahulu sebelum masuk ke transistor PNP BC558 melalui kaki *base* dari transistor tersebut. Gambar 3.8 terdapat suatu lilitan yang dihubungkan dengan dioda dan kaki *emitter* transistor PNP. Jika mikrokontroler diberi logika "1" transistor akan aktif (on) dan *relay* menjadi aktif sehingga kontak *relay* terhubung menyebabkan motor AC mendapatkan tegangan jala-jala 220 volt sehingga motor AC aktif (on), sedangkan diberi logika "0" transistor off dan *relay* tidak aktif sehingga kontak *relay* terbuka menyebabkan motor tidak bekerja. Saat transistor off ada tegangan GGL balik pada lilitan primer *relay* tegangan balik akandilewatkan melalui diode, dengan tujuan agar transistor tidak mendapatkan tegangan balik, jadi fungsi diode sebagai pengaman transistor.

Modul *Driver Motor* DC

Modul *driver motor* menggunakan tiga buah *driver motor* untuk mengendalikan motor *pusher*, motor potong dan motor ukuran. *Driver motor* untuk motor *pusher* digunakan untuk mendorong kayu ke posisi meja potong yang akan dilewati oleh gergaji untuk melakukan pemotongan, motor potong digunakan untuk menggerakkan motor untuk menuju kea rah kayu yang akan dipotong sedangkan motor ukuran digunakan untuk menggeser posisi gergaji keukuran yang akan dipotong. Masing-masing *driver motor* diberi tegangan sebesar 20 volt DC agar motor gearbox DC dapat bergerak lebih cepat. Modul *driver motor* untuk motor *pusher* dan motor potong untuk melakukan pemotongan.

Modul Catu Daya 5V DC dan 20V DC

Catu daya yang digunakan sebesar 5 volt DC untuk sumber tegangan mikrokontroler dan rangkaian lain, selain itu tegangan 20 volt DC digunakan untuk memberi tegangan ke motor DC yang terpasang sesuai dengan fungsinya masing-masing. Realisasi rancangan modul catu daya 5 volt menggunakan IC *regulator* LM7805. Untuk tegangan 20 volt DC diambil dari tegangan *input* yang akan masuk ke regulator [4].

Modul *Limit Switch Press*

Modul sensor menggunakan *limit switch press* sebagai sensor dari motor pendorong kayu. *Limit switch press* dihubungkan dengan modul mikrokontroler agar mikrokontroler dapat pemberian catu daya sehingga motor dapat

bekerja (on/off) secara otomatis. Cara kerja dari *limit switch press* adalah jika kayu yang didorong menyentuh *limit switch press*, maka secara otomatis motor akan terhenti mendorong selama kayu tersebut sedang dilakukan pemotongan, setelah selesai memotong maka motor pendorong akan berputar kembali sampai kayu tersebut selesai dipotong.

Modul Sensor Ukuran

Modul sensor ukuran ini digunakan untuk mendeteksi berapa ukuran yang dipotong, apakah sesuai dengan yang diinginkan.

Modul Perangkat Lunak

Modul perangkat lunak untuk mikrokontroler dibuah dengan menggunakan bahasa pemrograman *assembly*. Pembahasan mengenai pemrograman mikrokontroler ini, penulis akan membahasnya dengan menggambarkan dalam sebuah *flowchart* dari program yang telah dibuat sehingga dapat dilihat algoritma yang digunakan dalam pemrograman. *Flowchart* dari pemrograman mikrokontroler dapat dilihat pada lampiran 2.

Realisasi Sistem Secara Keseluruhan

Realisasi sistem secara keseluruhan telah dilakukan dengan menggabungkan masing-masing modul yang ada dengan modul mikrokontroler. Penggabungan modul dengan menggabungkan modul *driver motor* dengan modul mikrokontroler untuk melakukan fungsi motor *pusher* dan motor potong. Modul *driver motor* pada motor *pusher* dihubungkan pada *port* 0.0 dan *port* 0.1, *driver motor* pada motor ukuran dihubungkan pada *port* 0.2 dan *port* 0.3, sedangkan *driver motor* potong dihubungkan pada *port* 0.4 dan *port* 0.5 didalam modul mikrokontroler, untuk membatasi pergerakan motor potong dilakukan penggabungan modul mikrokontroler dengan modul *photointerrupter* dihubungkan pada *port* 3.3 dan modul *relay* terhubung pada modul mikrokontroler pada *port* 2.0.

Penggabungan modul LCD dengan modul mikrokontroler pada jalur data LCD terhubung pada *port* 1.0, *port* 1.1, *port* 1.2, *port* 1.3, *port* 1.4, *port* 1.5, *port* 1.6, *port* 1.7, RS pada *port* 3.6, R/W pada *ground* dan E pada *port* 3.7. *Keypad* dihubungkan pada modul mikrokontroler pada *port* 2.1, *port* 2.2, *port* 2.3, *port* 2.4, *port* 2.5, *port* 2.6, dan *port* 2.7. *Limit switch* dihubungkan pada *port* 3.5. Pada *port* 1.0 juga dihubungkan dengan sensor ukuran. Setelah semua modul sudah terhubung, dilakukan pemasangan modul catu daya sesuai dengan keperluan masing – masing modul. Foto alat secara keseluruhan

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

Modul Mikrokontroler

Pengujian mikrokontroler dilakukan untuk mengetahui apakah modul mikrokontroler dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan program pada mikrokontroler. Hal ini dimaksudkan untuk melihat apakah mikrokontroler dapat menjalankan program yang telah diisikan pada *memory* mikrokontroler tersebut. Pengujian dilakukan dengan mengisikan program pada mikrokontroler dengan kabel *In system Programming* (ISP*). Listing* program dapat dilihat pada lampiran 3. Program yang digunakan adalah program menyalakan 8 (delapan) buah LED dan *port* yang digunakan untuk pengujian yakni *port* 2 pada mikrokontroler yang akan dihubungkan dengan delapan buah LED pada *project board*.

■ Tabel 2. Hasil pengujian modul mikrokontroler dengan program pada LED

Periode detik ke-	Kondisi LED pada pin ke-							
	Pin 2.0	Pin 2.1	Pin 2.2	Pin 2.3	Pin 2.4	Pin 2.5	Pin 2.6	Pin 2.7
1	√	-	-	-	-	-	-	-
2	√	√	-	-	-	-	-	-
3	√	√	√	-	-	-	-	-
4	√	√	√	√	-	-	-	-
5	√	√	√	√	√	-	-	-
6	√	√	√	√	√	√	-	-
7	√	√	√	√	√	√	√	-
8	√	√	√	√	√	√	√	√
9	√	-	-	-	-	-	-	-

Program yang diisi ke mikrokontroler akan dijalankan maka delapan (8) buah LED tersebut akan menyala secara berurutan sampai semua lampu LED menyala, mulai dari LED pada *port* 2.0 akan berjalan menuju LED pada *port* 2.7 dengan selang waktu satu detik sesuai dengan program yang dirancang. Hasil pengujian modul mikrokontroler dengan program menyalakan delapan (8) buah LED dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, maka dapat disimpulkan bahwa pengujian modul mikrokontroler yang dibuat dapat bekerja dengan baik dengan LED menyala (ditandai dengan √) secara bergiliran dari pin 2.0 sampai pin 2.7 sesuai dengan *input* program yang diberikan.

Modul *Driver Motor* dan Motor DC *Gearbox*

Pengujian modul *driver motor* terlebih dahulu dirangkai menjadi satu rangkaian yang telah digabungkan dengan motor DC *gearbox.* Pengujian dilakukan dengan cara menguji perputaran yang dihasilkan oleh motor DC ketika *driver motor* diberi *input* tertentu. *Output* yang diinginkan dari pengujian ini adalah motor DC akan berhenti, berputar searah jarum jam dan berputar berlawanan arah jarum jam [5].

Perputaran motor DC dapat diatur menjadi tiga jenis yaitu diperlukan *input* yang akan dimasukkan melalui titik X dan titik Y pada *driver motor*, untuk menguji bahwa motor DC dapat berputar sesuai dengan yang diinginkan dilakukan dengan cara memasukkan kode biner pada titik X, dan titik Y untuk mengetahui arah perputaran ini. Hasil dari pengujian dapat dilihat dari Tabel 3.

■ Tabel 3. Hasil Pengujian Modul *Driver Motor*

Input X	Input Y	Kondisi putaran motor
0	0	Berhenti
0	1	Searah jarum jam
1	0	Berlawanan jarum jam
1	1	Berhenti

Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa motor DC berputar sesuai dengan rancangan yang dibuat berdasarkan *input* yang diberikan yaitu jika diberi *input* yang sama (0-0 dan 1-1) maka motor akan berhenti sedangkan jika diberi *input* yang berbeda (1-0 dan 0-1) maka motor akan berputar. Berdasarkan hasil ini maka dapat disimpulkan bahwa motor DC dapat bekerja dengan baik untuk dapat digunakan dalam mengatur pergerakan mekanikal.

Modul *Keypad*

Pengujian dilakukan dengan mengukur setiap pin dengan menggunakan *multimeter* untuk mengukur hambatan, *keypad* membran tersebut terdapat 7 pin yang dapat diujikan. Cara pengujian dengan cara mengukur kaki pin yang terhubung saat tombol ditekan, yaitu pin 1 dengan pin 5 dihubungkan dengan menekan angka 1 jika terlihat ada hambatan dari multimeter maka pin tersebut menunjukkan angka 1 (satu), pin 1 dengan pin 6 dihubungkan dengan menekan angka 2 jika terlihat ada hambatan dari multimeter maka pin tersebut menunjukkan angka 2 (dua), pin 1 dengan pin 7 dihubungkan dengan menekan angka 3 jika terlihat ada hambatan dari multimeter maka pin tersebut menunjukkan angka 3 (tiga).

Pin 2 dengan pin 5 dihubungkan dengan menekan angka 2 jika terlihat ada hambatan dari multimeter maka pin tersebut menunjukkan angka 4 (empat), pin 2 dengan pin 6 dihubungkan dengan menekan angka 5 jika terlihat ada hambatan dari multimeter maka pin tersebut menunjukkan angka 5 (lima), pin 2 dengan pin 7 dihubungkan dengan menekan angka 6 jika terlihat ada hambatan dari multimeter maka pin tersebut menunjukkan angka 6 (enam).

Pin 3 dengan pin 5 dihubungkan dengan menekan angka 7 jika terlihat ada hambatan dari multimeter maka pin tersebut menunjukkan angka 7 (tujuh), pin 3 dengan pin 6 dihubungkan dengan menekan angka 8 jika terlihat ada hambatan dari multimeter maka pin tersebut menunjukkan angka 8 (delapan), pin 3 dengan pin 7 dihubungkan dengan menekan angka 9 jika terlihat ada hambatan dari multimeter maka pin tersebut menunjukkan angka 9 (sembilan).

Pin 4 dengan pin 5 dihubungkan dengan menekan tanda bintang '*' jika terlihat ada hambatan dari multimeter maka pin tersebut menunjukkan tanda bintang '*', pin 4 dengan pin 6 dihubungkan dengan menekan angka 0 jika terlihat ada hambatan dari multimeter maka pin tersebut menunjukkan angka 0 (nol), pin 4 dengan pin 7 dihubungkan dengan menekan angka tanda pagar '#' jika terlihat ada hambatan dari multimeter maka pin tersebut menunjukkan tanda pagar '#'.

■ Tabel 4. Pengujian *Keypad* dengan Menghubungkan Setiap Pin

Tombol yang ditekan	Pin yang terhubung
1	Pin 1 dengan Pin 5
2	Pin 1 dengan Pin 6
3	Pin 1 dengan Pin 7
4	Pin 2 dengan Pin 5
5	Pin 2 dengan Pin 6
6	Pin 2 dengan Pin 7
7	Pin 3 dengan Pin 5
8	Pin 3 dengan Pin 6

9	Pin 3 dengan Pin 7
0	Pin 4 dengan Pin 5
*	Pin 4 dengan Pin 6
#	Pin 4 dengan Pin 7

Modul LCD

Pengujian dilakukan dengan cara membuat sebuah program singkat yang akan menampilkan angka yang di *input* dari *keypad* pada LCD 2x16. Apabila angka yang terlihat pada LCD 2x16 sama dengan angka yang ditekan sesuai dengan apa yang dibuat pada *software* mikrokontroler, maka LCD 2x16 yang telah diuji tersebut dalam keadaan baik.

Modul *Photointerrupter*

Pengujian sensor *photointerrupter* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bahwa sensor ini dapat membangkitkan pulsa yang kompatibel dengan mikrokontroler. Pada pengujian sensor *photointerrupter* ini terdapat dua macam keadaan pengukuran yaitu pada saat keadaan ketika sensor tidak terhalangi dan saat keadaan sensor terhalangi. Hasil pengukuran tegangan keluaran sensor *photointerrupter* dalam keadaan tidak terhalangi dan terhalangi dapat dilihat pada Tabel 5.

■ Tabel 5. Hasil pengukuran sensor *photointerrupter*

Pengujian ke-	Tegangan keluaran sensor saat dihalangi	Tegangan keluaran sensor saat tidak dihalangi
1	4,87 volt	0,21 volt
2	4,87 volt	0,19 volt
3	4,88 volt	0,21 volt

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sensor menghasilkan pulsa yang kompatibel dengan mikrokontroler yang memiliki tegangan TTL dengan *high* > 3,5 volt dan *low* < 1,5 volt. Tegangan keluaran sensor saat dihalangi merupakan nilai *high* sedangkan tegangan keluaran sensor saat tidak dihalangi merupakan nilai *low*.

Modul Catu Daya

Pengujian modul catu daya dilakukan dengan dua cara yaitu pengujian catu daya dengan tanpa beban dan pengujian dengan menggunakan beban. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah catu daya yang dipakai dapat menghasilkan tegangan sesuai dengan yang diinginkan secara stabil atau tidak. Pengujian catu daya tanpa menggunakan beban dilakukan dengan cara menghubungkan multimeter digital ke bagian *output* modul catu daya. Gambar rangkaian catu daya tanpa beban dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5

Pengukuran catu daya tanpa beban, dilakukan pengukuran setelah dipasang *IC regulator* LM7805 didapat tegangan *output* sebesar 4,98 Volt dan pengukuran dilakukan sebelum dipasang *IC regulator* didapat tegangan *output* sebesar 19.8 Volt.

Pengujian catu daya dengan menggunakan beban, pertama–tama dilakukan pengukuran tegangan untuk *input* rancangan alat. Pengukuran ini dilakukan ketika rancangan alat dijalankan. Dari pengukuran yang dilakukan dua kali, didapat tegangan sebesar 5,01 volt dan arus sebesar 118,0 mA untuk pengukuran pertama, serta tegangan 5,03 volt dan arus sebesar 118,1 mA untuk pengukuran kedua pada catu daya 5 volt. Pengukuran tegangan sebelum *IC regulator* didapat tegangan sebesar 19,8 volt dan arus sebesar 6,3 mA serta tegangan sebesar 19,73 volt dan arus sebesar 6,3 mA pada catu daya 20 volt.

Hasil pengujian didapat tegangan sebesar 5,03 volt dan arus sebesar 190,0 mA pada catu daya 5 volt sedangkan tegangan sebesar 17,8 volt dan arus sebesar 87,0 mA pada catu daya 20 volt. Dari data tersebut dapat dihitung besarnya tahanan (R) dengan menggunakan rumus R=V/I, yaitu sebesar 26,5 ohm pada catu daya 5 volt dan 204,6 ohm pada catu daya 20 volt.

Berdasarkan pengukuran ini dilakukan pengukuran dengan menggunakan tahanan sebesar 20 ohm, 25 ohm, 30 ohm pada catu daya 5 volt sedangkan tahanan sebesar 150 ohm, 200 ohm, dan 250 ohm . Tabel 6 memperlihatkan hasil pengujian tegangan 5 volt dan Tabel 4.5 memperlihatkan hasil pengujian tegangan 20 volt.

■ Tabel 6. Hasil Pengujian Modul Catu Daya Tegangan 5 volt dengan Beban

Beban ohm	5 volt	Arus
20	5,01 volt	0,24 A
25	5,01 volt	198,8 mA

30	5,02 volt	168,73 mA

■ Tabel 7. Hasil Pengujian Modul Catu Daya Tegangan 20 volt dengan Beban

Beban ohm	20 volt	Arus
150	17,37 volt	116,17 mA
200	17,61 volt	87, 98 mA
250	17,94 volt	71,48 mA

Berdasarkan hasil pengujian dapat terlihat bahwa pada pengujian modul catu daya 5 volt dengan penambahan tahanan/ *resistor* maka nilai tegangan *output* DC konstan, sedangkan pada catu daya 20 volt nilai tegangan DC semakin menurun, sehingga modul catu daya dapat bekerja dengan baik.

Modul *Relay* Motor Gergaji

Pengujian modul *relay* motor gergaji dilakukan menggunakan catu daya dengan nilai tegangan 5 volt DC. Pengujian akan dilakukan untuk memberikan logika *high* dan *low* pada *input*. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa saat *relay* diberi nilai low maka motor AC akan aktif (on) sedangkan diberi nilai high maka motor AC tidak aktif (off).

Modul Sensor Ukuran

Pengujian modul sensor ukuran dilakukan dengan menghubungkan *output* dari modul sensor ke *multimeter digital*. Rangkaian pengujian modul sensor ukuran. Pengujian dilakukan dengan memberi penghalang untuk mengurangi cahaya pada LDR, lalu dilihat tegangan keluarannya pada multimeter. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 8.

■ Tabel 8. Hasil Pengujian Modul Sensor Ukuran

Pengukuran ke-	Ada/tidak ada penghalang	Tegangan keluaran (V)
1	Tidak ada penghalang	4,90
2	Tidak ada penghalang	4,90
3	Ada penghalang	0,26
4	Ada penghalang	0,25
5	Ada penghalang	0,26

Berdasarkan hasil pengujian, rangkaian modul sensor kendaraan dapat bekerja dengan baik sesuai dengan kondisi cahaya yang diterima sensor. Penghalang yang digunakan berupa buku yang digunakan untuk menghalangi cahaya yang dipancarkan dari LED.

Pengujian keseluruhan dan Analisis Sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja dengan baik. Pengujian ini dilakukan dengan mengaktifkan sistem secara keseluruhan. Pada saat catu daya di suplai oleh tegangan PLN, maka layar LCD akan muncul tampilan yang berupa perintah untuk menekan start.

Setelah tulisan tersebut muncul kemudian menekan tombol bintang '*' sebagai start untuk mulai menjalankan alat tersebut namun jika posisi alat masih menempati posisi awal atau belum *ready* maka mikrokontroler akan mengembalikan ke posisi awal.

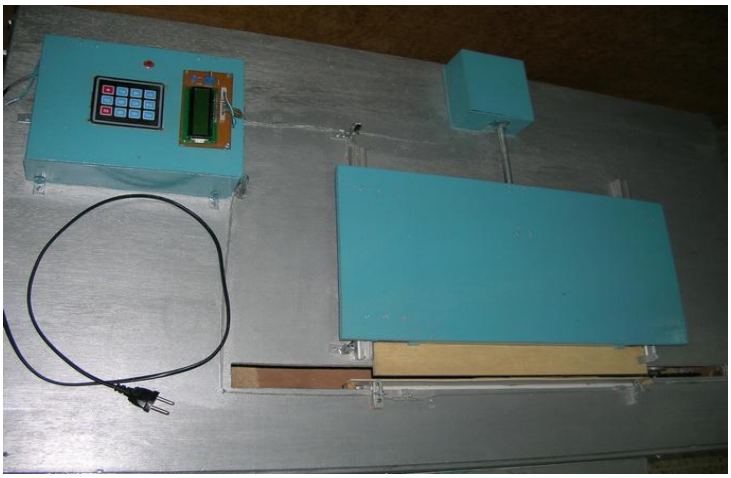
Jika menekan tombol bintang '*' maka akan muncul tampilan menu ukuran yang akan dipotong. Jika menekan angka 1 untuk pemotongan ukuran 1,5 cm kemudian menekan tombol bintang '*' maka motor *pusher* akan mendorong kayu yang siap dipotong sampai menyentuh *limit switch press*, maka motor gergaji akan hidup dan motor potong akan berjalan memotong kayu tersebut hingga menyentuh *limit* maksimum potong. Setelah menyentuh *limit* maksimum potong maka motor potong akan kembali ke posisi awal hingga menyentuh *limit* minimum potong, kemudian kayu yang dipotong jatuh melewati sensor ukuran akan mendeteksi kayu tersebut yang ditampilkan melalui LCD.

Mikrokontroler akan berhenti bekerja sampai menerima *input* untuk melanjutkan pemotongan. Motor *pusher* akan mulai mendorong kayu yang masih sisa sampai kayu yang akan dipotong habis hingga menyentuh *limit* maksimum *pusher*, motor gergaji akan berhenti kemudian motor *pusher* akan kembali keposisi awal hingga menyentuh *limit* minimum *pusher*. Pengujian untuk kayu yang berukuran 2 cm dilakukan sama dengan pengujian pemotongan ukuran 1,5 cm. Hasil pengujian dapat diperlihatkan pada Tabel 9.

■ Tabel 9. Hasil pengujian sistem potongan 1,5 cm dan 2 cm

Potongan ke-	Ketebalan (cm)	Hasil Potongan sesuai *Feedback* (cm)	Hasil Potong sesuai Penggaris (cm)	Toleransi sesuai *feedback* (mm)	Toleransi sesuai Penggaris (mm)
1	1,5	1,5	1,5	0	0
2	1,5	1,6	1,55	1	0,05
3	1,5	1,6	1,6	1	1
4	2	2,1	2,0	1	0
5	2	1,9	2,1	1	1
6	2	2,0	2,05	0	0,05

Berdasarkan hasil pengujian sistem untuk kayu berukuran 1,5 cm dan 2 cm yang didapat dari hasil *feedback* dan diukur dengan menggunakan penggaris masih terdapat kesalahan namun masih sesuai dengan toleransi ukuran. Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa sensor ukuran berfungsi sebagai *feedback* yang digunakan untuk mengecek hasil potongan kayu masih tidak sesuai dengan toleransi ukuran yang menggunakan penggaris sehingga menjadi salah satu kelemahan dari alat ini.



■ **Gambar** 10. Foto alat keseluruhan (tampak atas)

■ **Gambar** 10. Foto alat keseluruhan (tampak samping)

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian sistem ini didapat bahwa dengan melakukan pemotongan kayu yang berukuran 1,5 cm dan 2 cm menunjukkan dapat berjalan dengan baik dan memenuhi toleransi ukuran kayu dan hasil pengujian tersebut

menunjukkan bahwa sensor ukuran berfungsi sebagai *feedback* yang digunakan untuk mengecek hasil potongan kayu masih kurang teliti sehingga menjadi salah satu kelemahan dari sistem ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Penetapan Isi Kayu Olahan, 11 Mei 2009, 20 :56, http://www.dephut.go.id/Halaman/STANDARDISASI_&_LINGKUNGAN_KEHUTANAN/INFO_VI02/III_VI02.htm

[2] Mesin Penggergajian Kayu, 4 Juni 2009, http://www.tentangkayu.com/2008/03/MesinPenggergajianKayu.html.

[3] A.V. Deshmukh, *Microcontrollers Theory and Applications*, New Delhi: McGraw-Hill, Ch: 1, pp.1-13

[4] R. Boylestad and L. Nashelsky, *Electronic Devices and Circuit Theory*, New Jersey: Prentice Hall International, Inc, 1992, Ch:19 pp. 773-797

[5] C.T Kilian, *Modern Control technology*, third ed, United States of America: Thomson Delmar learning, 2006,Ch: 4, pp. 110-111, Ch: 6 pp. 242, Ch: 7 pp. 299