

# PROTOTYPE SISTEM KEAMANAN DAN KENYAMANAN GEDUNG OLAHRAGA BERBASIS MIKROKONTROLLER

**Suryadiputra Liawatimena**

Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Bina Nusantara  
Jln. K.H. Syahdan No. 9, Palmerah, Jakarta Barat 11480  
suryadi@binus.edu

## ABSTRACT

*This study is intended as a source of learning and research will design and comfort safety System gymnasium-based microcontrollers. Existing gym until now still has a weakness for several factors such as weather changes rapidly, visitors are crowded, and the level of public awareness of the order is still lacking, so will implications for the safety and comfort for users of building itself. The method is a method of research literature and methods of laboratory studies. Literature study was done by studying and looking for articles on matters relating to the development of world sports stadiums that are considered to have the required criteria. For laboratory study done by making the design of hardware and software is also used in this study. This system used sensors to detect the rainy weather conditions, detect the light intensity to keep the lighting inside the building, limiting the number of visitors in accordance with the capacity building capacity, temperature rise resulting from a user density of buildings and also a fire hazard that could have been either intentional or unintentional. Entirety of the sensor arrangement is controlled by a microcontroller. It is expected that by using this system, users are building (football stadium) will feel more secure and convenient to activities inside the building.*

**Keywords:** *football stadium, sensor, microcontroller*

## ABSTRAK

*Penelitian ini ditujukan sebagai sumber pembelajaran dan penelitian akan perancangan Sistem keamanan dan kenyamanan gedung olahraga berbasis mikrokontroler. Gedung olahraga yang ada sampai dengan saat ini masih memiliki kelemahan terhadap beberapa faktor diantaranya adalah cuaca yang berganti secara cepat, pengunjung yang berdesakan, dan tingkat kesadaran masyarakat akan ketertiban yang masih kurang, sehingga akan berimplikasi terhadap faktor keamanan dan kenyamanan bagi pengguna gedung itu sendiri. Metode penelitian yang dilakukan adalah metode studi pustaka dan metode studi laboratorium. Studi pustaka dilakukan dengan cara mempelajari dan mencari artikel tentang hal yang berhubungan terhadap perkembangan stadion olahraga di dunia yang dianggap memiliki kriteria yang dibutuhkan. Untuk studi laboratorium dilakukan dengan membuat perancangan perangkat keras dan juga peranti lunak yang digunakan didalam penelitian ini. Pada sistem ini digunakan sensor untuk mendeteksi keadaan cuaca hujan, mendeteksi intensitas cahaya untuk menjaga pencahayaan di dalam gedung, pembatasan jumlah pengunjung sesuai dengan kemampuan kapasitas gedung, suhu yang meningkat akibat dari padatnya pengguna gedung dan juga bahaya kebakaran yang bisa saja terjadi baik yang disengaja ataupun yang tidak disengaja. Keseluruhan dari pengaturan sensor ini dikendalikan oleh sebuah mikrokontroller. Dengan demikian, diharapkan dengan menggunakan sistem ini, para pengguna gedung (stadion sepakbola) akan lebih merasa aman dan nyaman untuk beraktifitas didalam gedung.*

**Kata kunci:** *stadion sepakbola, sensor, mikrokontroller*

## PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, saat ini masyarakat membutuhkan sarana olahraga yang *representatif* khususnya lapangan sepakbola. Lapangan sepakbola di Indonesia yang ada pada saat ini masih memiliki kelemahan terhadap keamanan dan kenyamanan. Lapangan sepakbola Istora Senayan masih rentan terhadap beberapa fenomena alam contohnya suhu, cuaca, kebakaran dan huru-hara.

Jika penonton yang hadir melebihi kapasitas gedung ditambah dengan sirkulasi udara yang tidak lancar menyebabkan suasana yang tidak kondusif. Hal ini mengakibatkan ketidaknyamanan insan olahraga dan khalayak ramai pengguna stadion, yang akan berimplikasi pada faktor keamanan.

Untuk menjawab permasalahan-permasalahan tersebut maka dirancang suatu sistem stadion sepakbola yang nyaman dan aman. Keseluruhan pengontrolan dari sistem ini akan memanfaatkan kemampuan mikrokontroler yang dapat diaplikasikan secara luas dalam bidang pengontrolan sebuah sistem.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah studi pustaka untuk mendapatkan landasan teori dan cara kerja komponen-komponen pendukungnya. Dilanjutkan dengan studi laboratorium di mana dilakukan percobaan atas rangkaian yang telah dibuat, pemrograman agar sesuai dengan fungsi yang direncanakan.

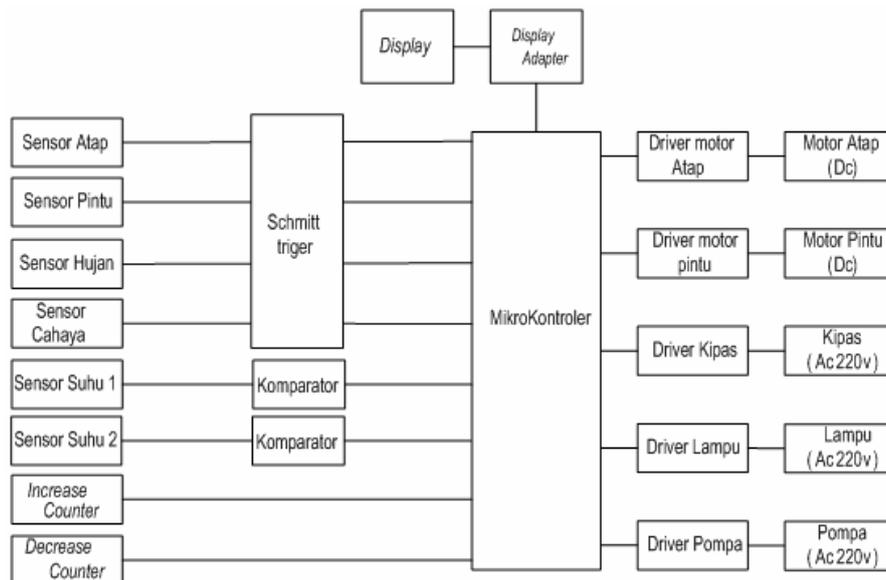
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan *hardware* pada sistem ini, akan dibagi menjadi beberapa modul seperti: modul *Display* yang berfungsi sebagai penunjuk kapasitas gedung. Apabila kapasitas gedung telah terisi penuh maka modul solenoid yang terletak pada pintu utama akan secara otomatis terkunci sehingga penambahan jumlah pengunjung tidak terjadi.

Modul lainnya adalah modul sensor hujan yang akan mendeteksi apakah terjadi hujan atau tidak. Apabila hujan maka data berupa logika akan diteruskan ke pengendali utama yang akan mengaktifkan driver atap sehingga atap akan menutup. Pada saat atap tertutup, maka dengan sendirinya akan timbul suatu kejadian beruntun yang lebih dikenal sebagai efek domino dimana ruangan akan menjadi gelap dan suhu ruangan secara lambat laun akan meningkat.

Solusi dari pengurangan efek domino ini dikurangi dengan penggunaan sensor cahaya, yang akan berfungsi sebagai peraba bagi mikrokontroler untuk menyalakan lampu. Setelah lampu dinyalakan, termasuk lampu tembak, lampu pada podium penonton, dan lampu lainnya, maka lambat laun suhu didalam gedung akan meningkat akibat dari panas yang ditimbulkan oleh penyalaan lampu-lampu tersebut. Maka digunakan sensor suhu yang akan memberikan batasan kenaikan suhu. Apabila suhu didalam gedung meningkat dan mencapai suhu 31 derajat celsius maka mikrokontroler akan mengaktifkan driver kipas. Sensor suhu sendiri dibagi kedalam dua bagian yang berbeda yaitu, sensor suhu 1 untuk batasan suhu di bawah 31 derajat celsius dan sensor suhu 2 yang akan memberikan batasan terhadap kenaikan suhu sebesar 36 derajat celsius.

Apabila kenaikan suhu didalam gedung olahraga mencapai suhu lebih dari 36 derajat celsius maka secara otomatis mikrokontroller akan mengganggap telah terjadi kebakaran didalam gedung. Karena dengan mempertimbangkan kondisi fisik serta stuktur penataan interior stadion maka pompa akan dihidupkan.



Gambar 1 Blok Diagram Sistem

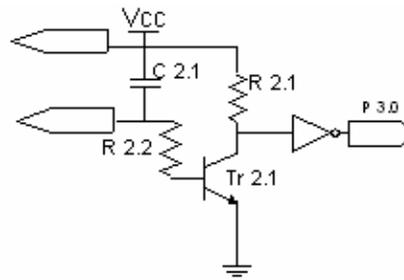
Untuk mencegah terjadinya faktor-faktor yang tidak diinginkan diluar dari jangkauan kemampuan sensor maka pada sistem ini juga dilengkapi dengan sebuah tombol darurat yang akan membuka pintu darurat. Hal ini di peruntukkan akses keluar gedung apabila kebakaran terjadi. Besarnya pintu darurat ini mampu untuk dilalui sebuah kendaraan anti huru hara secara leluasa termasuk didalamnya adalah water cannon, pemadam kebakaran, penjinak bom dan lain lain. Hal ini dimaksudkan untuk menaggulangi kerichuan yang ditimbulkan dari kurangnya kesadaran akan sportifitas dan rasa tidak puas penonton yang sering kali terjadi.

Untuk menghubungkan modul sensor dengan modul pengendali, digunakan kabel *twisted pair* yang umumnya digukana untuk kabel telepon. Penggunaan kabel *twisted pair* ini, dikarenakan kabel tersebut memiliki kemampuan untuk menolak sinyal gangguan atau *noise* lebih baik bila dibandingkan dengan media lainnya.

## Sensor Hujan

Sensor hujan ini (Gambar 2) akan menggunakan 2 buah lempengan elektroda yang akan diletakkan pada atap gedung dan kemudian akan dihubungkan ke rangkaian tambahan dengan menggunakan 1 buah transistor, 2 buah resistor dan sebuah komparator. memanfaatkan kaki emiter dan kolektornya jika pada basis mendapatkan tegangan yang melebihi tegangan *barier* (0,7v). Transistor akan maka akan mencapai titik jenuh seolah-olah kaki emiter terhubung dengan kaki kolektor.

Sensor hujan menggunakan elektroda dari kaki kaki dioda NPN dimana kaki kolektor yang terhubung dengan sumber tegangan akan memberikan tegangan ke kaki basis apabila kedua ujung elektroda terhubung dengan titik air hujan. Dan ketika basis mendapatkan tegangan, maka AT89S52 akan mendapatkan tegangan sebesar 0 Volt (*LOW*).



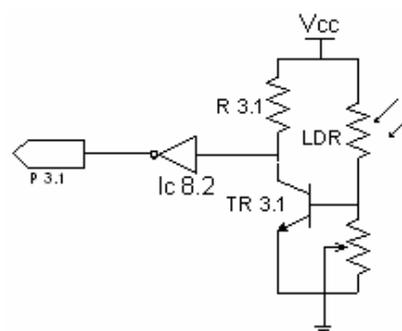
Gambar 2 Sensor Hujan

Pada saat awal (dimana belum ada air yang terhubung singkat ke dua elektroda) jalur yang menuju mikrokontroller mendekati  $V_{cc}$ . Karena transistor disini diibaratkan dengan saklar yang terbuka. Sedangkan pada saat rangkaian ini *ON*, (adanya titik air yang menghubungkan kedua elektroda) maka basis mendapat tegangan lebih dari tegangan *barrier* (0,7V) dan dapat diibaratkan transistor ini sebagai saklar yang sedang tertutup maka adanya arus yang mengalir dari kaki kolektor menuju emiter atau *ground*. Sehingga, jalur yang menuju ke mikrokontroller, jadi *LOW*. Dapat dikatakan rangkaian ini adalah rangkaian aktif *LOW*.

## Sensor Cahaya

Sensor cahaya berfungsi untuk menghidupkan atau mematikan lampu yang terdapat pada ruangan baik atap dalam keadaan terbuka maupun dalam keadaan tertutup. Dalam sensor ini (Gambar 3) digunakan LDR yang merupakan sebuah resistor yang mempunyai resistansi (tahanan) yang besar apabila tidak terkena cahaya, akan menurun resistansinya jika tidak terkena cahaya. Jadi pada saat LDR terkena cahaya (*Default*), maka arus dan tegangan dari catu daya yang melewati sebuah tahanan sebesar 330 ohm akan diteruskan ke kaki mikrokontroller (*HIGH*).

Karena basis pada transistor tidak mendapatkan tegangan sehingga tidak adanya arus yang mengalir menuju *ground*.



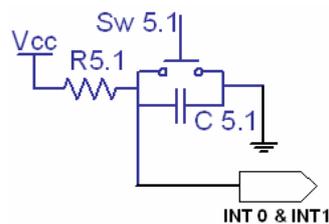
Gambar 3 Sensor Cahaya

Tegangan yang diterima oleh kaki AT89S52 sama dengan tegangan yang ada diresistor ini didapat dari perhitungan rumus pembagi tegangan ( $V = I \cdot R$ ) dan sebaliknya apabila LDR terkena cahaya, sehingga basis mendapatkan tegangan yang lebih besar dari tegangan *barrier* (0,7v) dan akan menyebabkan transistor aktif, maka arus yang berasal dari catu daya mengalir seluruhnya dari kaki kolektor menuju emiter hal ini yang membuat kaki AT89S52 tidak mendapatkan tegangan (0V) atau *LOW*. Pada rangkaian ini akan dilengkapi dengan VR1 yang berfungsi sebagai pengatur intensitas cahaya LDR.

## Counter (Sensor Penghitung)

Rangkaian *counter* ini memanfaatkan *limit switch* yang berfungsi sebagai penghitung yang akan membatasi jumlah kapasitas pengunjung, agar tidak terjadi kelebihan dari kapasitas gedung itu sendiri.

Sensor penghitung ini bekerja apabila tombol ditekan maka arus dari catu daya akan terus mengalir ke ground melewati tahanan sebesar 1 k. sehingga dapat dikatakan sensor ini aktif *LOW*.

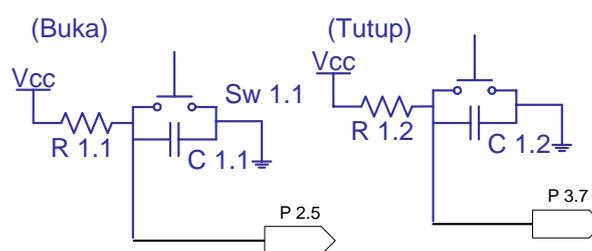


Gambar 4 Sensor Penghitung

Karena pada saat tombol tidak ditekan, maka ada arus dan tegangan yang masuk ke pin mikrokontroller sebesar kurang lebih mendekati  $V_{CC}$  (*HIGH*).

## Sensor Atap Gedung

Sensor Atap Gedung berfungsi untuk mengetahui bahwa Atap telah terbuka atau masih tertutup, sensor yang dipergunakan yaitu 1 buah *Mikro Switch* dan 1 buah Resistor 1 K. Cara kerjanya jika switch ini tertekan maka kondisi logikanya 0 begitu juga sebaliknya jika switch ini tidak tertekan maka kondisi logikanya akan 1, karena jika *switch*-nya tidak tertekan maka tegangan masuk dari sensor ke port mikrokontroller menjadi besar atau *HIGH*.



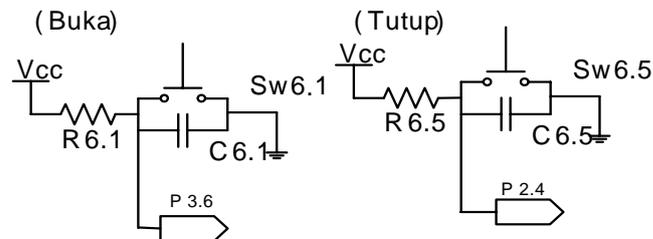
Gambar 5 Sensor Atap Gedung

Cara kerja dari sensor ini pada saat tombol tidak ditekan (atap terbuka) maka  $V_{CC}$  akan mengalir menuju AT89S52 akan tetapi kalau atap tertutup (kalau tombol ditekan) maka jalur yang menuju AT89S52 akan berlogika *LOW*.

## Sensor Pintu Darurat

Sensor pintu darurat ini digunakan pada saat terjadi kebakaran yang berfungsi untuk jalur keluarnya pengunjung dan jalur evakuasi pemadam kebakaran, pasukan huru – hara serta tim medis. Untuk mengetahui bahwa atap telah terbuka atau masih tertutup, sensor ini menggunakan 1 buah

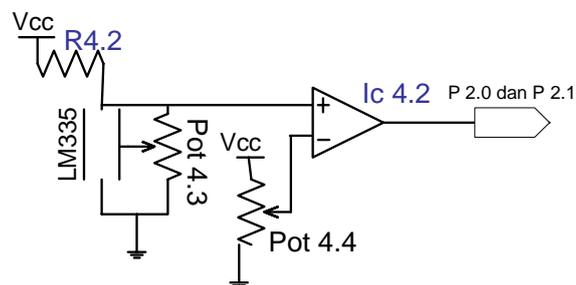
*mikro switch* dan 1 buah resistor 1 K. Cara kerjanya jika switch ini tertekan maka kondisi logikanya 0 begitu juga sebaliknya jika switch ini tidak tertekan maka kondisi logikanya akan 1, karena jika *switch*-nya tidak tertekan maka tegangan masuk dari sensor ke port mikrokontroler menjadi besar atau *HIGH*.



Gambar 6 Sensor Pintu Darurat

Cara kerja dari sensor ini pada saat tombol tidak ditekan (atap terbuka) maka Vcc akan mengalir menuju AT89S52 akan tetapi kalau atap tertutup (kalau tombol ditekan) maka jalur yang menuju AT89S52 akan berlogika *LOW*.

## Modul Sensor Suhu

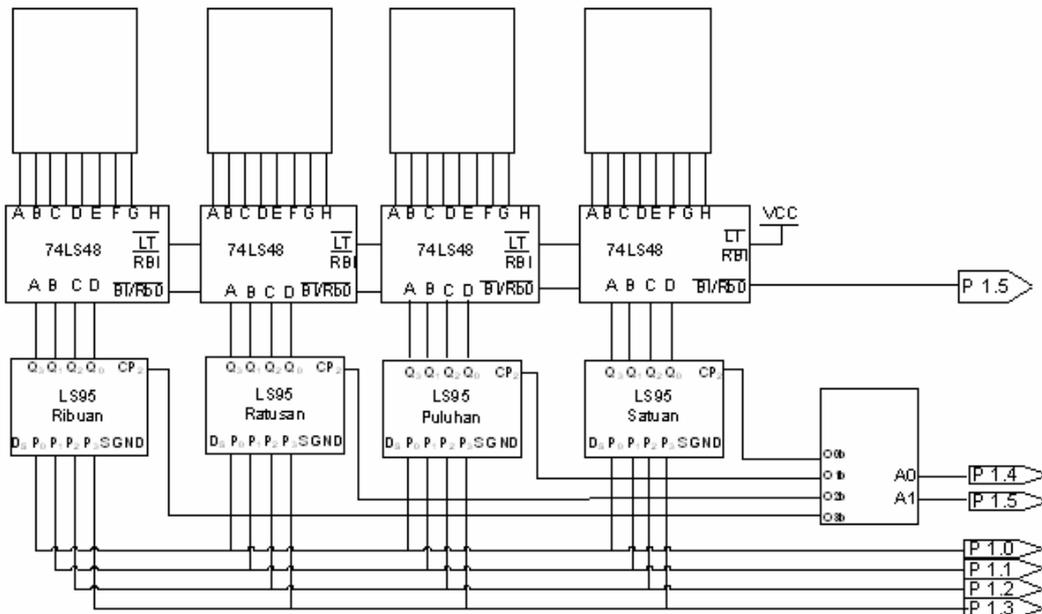


Gambar 7 Sensor Suhu

Sensor suhu yang terdiri dari *IC* sensor suhu tipe LM 335 yang akan melakukan pembacaan suhu dan merubahnya ke dalam bentuk analog. Dimana setiap kenaikan suhu sebesar  $1^{\circ}\text{C}$  diikuti dengan kenaikan tegangan sebesar 10mV. Kemudian keluaran dari *IC* LM 335, akan di teruskan ke *IC* comparator LM339 yang akan membandingkan masukan input positif dengan tegangan reverensi ( $V_{in-}$ ) jika tegangan yang dihasilkan oleh LM 335 lebih besar dari tegangan reverensi maka komparator akan memberikan masukan berlogika *HIGH* yang mendekati Vcc ke pada mikrokontroler.

## Pengintegrasian *Display Seven Segment*

Untuk tetap menjaga kapasitas gedung tidak berlebih, dan juga untuk informasi berapa jumlah pengunjung, maka digunakan sebuah papan *display* yang terdiri dari 4 buah *seven segment*. 1 buah *IC Decoder 2 to 4 (74LS139)*, 4 buah *IC 74LS95* dan 4 buah *IC 74LS48* dimana *IC* ini memiliki spesifikasi 2 buah Input dan 8 buah output.



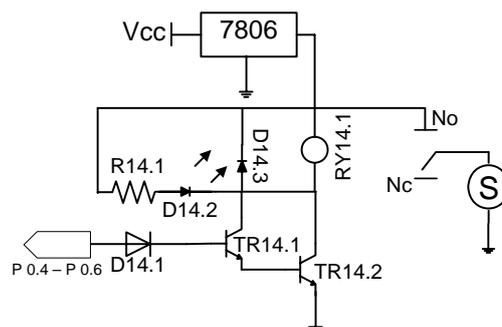
Gambar 8 Rangkaian Seven Segment

IC decoder 74 LS139 (2 to 4) yang pertama digunakan untuk memilih seven segment mana yang aktif. Dan sebuah lagi IC decoder yang digunakan kedua output-nya untuk mengirimkan data dari mikrokontroller dan membentuk tampilan berupa angka.

Fungsi dari IC 74LS48 rangkaian ini adalah sebagai pengkonversian dari bentuk BCD ke bentuk seven segment sehingga data bit ini menjadi 7 bit yang digunakan untuk menampilkan LED Seven Segment. Rangkaian ini yang akan mengubah kode BCD sehingga outputnya akan membuat display seven segment menampilkan bilangan desimal yang sesuai kode BCD-nya.

Tampilan seven segment ini pada dasarnya terdiri dari 7 buah LED yang dirangkai menjadi satu sehingga membentuk angka 8. Pada prinsipnya LED ini dianggap sebuah p-n dioda. Cahaya yang dipancarkan bekerja bila arus dilewatkan melaluinya dalam kondisi bias maju. Fungsi tampilan seven segment dalam maket gedung olah raga ini adalah sebagai penunjuk kapasitas daya tampung kursi penonton yang akan membatasi jumlah penonton sesuai dengan jumlah kursi yang tersedia. Jadi apabila kapasitas kursi telah terisi penuh, maka penonton tidak dapat masuk lagi.

## Rangkaian Driver Kipas, Lampu dan Pompa Air

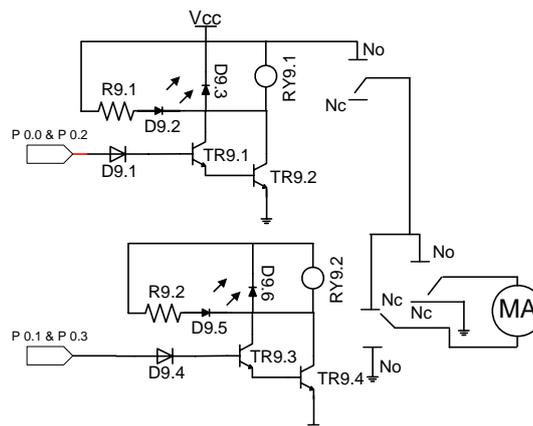


Gambar 9 Driver Kipas, Lampu dan Pompa

Rangkaian *driver* ini terdiri atas beberapa komponen elektronik seperti resistor, transistor dan *relay*. Pada saat mikrokontroler memberikan input logika *HIGH* maka basis pada transistor 14.1 akan melebihi tegangan *barrier* sehingga, ada arus yang mengalir dari kaki kolektor menuju emiter dan kemudian diteruskan ke kaki basis transistor 14.2 sehingga adanya arus yang mengalir melalui *relay* dan menghidupkannya. *Relay* disini berfungsi sebagai saklar yang menghubungkan *device* dengan sumber tegangan.

## Rangkaian Driver Motor DC

Motor DC yang digunakan untuk menggerakkan atap membutuhkan tegangan sebesar 12V dan arus yang sebesar 5A. hal ini dikarenakan untuk menggerakkan atap dibutuhkan *torque* yang besar. Oleh karena itu digunakan sebuah motor yang harus disupply dengan arus yang besar pula. Hal ini tidaklah memungkinkan untuk menghubungkan langsung motor dengan mikrokontroler. Tentunya hal tersebut dapat dihindari dengan menambahkan sebuah rangkaian yang disebut dengan driver motor DC. Driver yang digunakan untuk mengoperasikan motor tersebut memanfaatkan dua buah *relay* yang mana fungsi dari pada *relay* pertama adalah sebagai saklar motor, sedangkan *relay* kedua digunakan untuk mengatur pergerakan arah motor ke kiri atau kekanan. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 10 berikut ini.



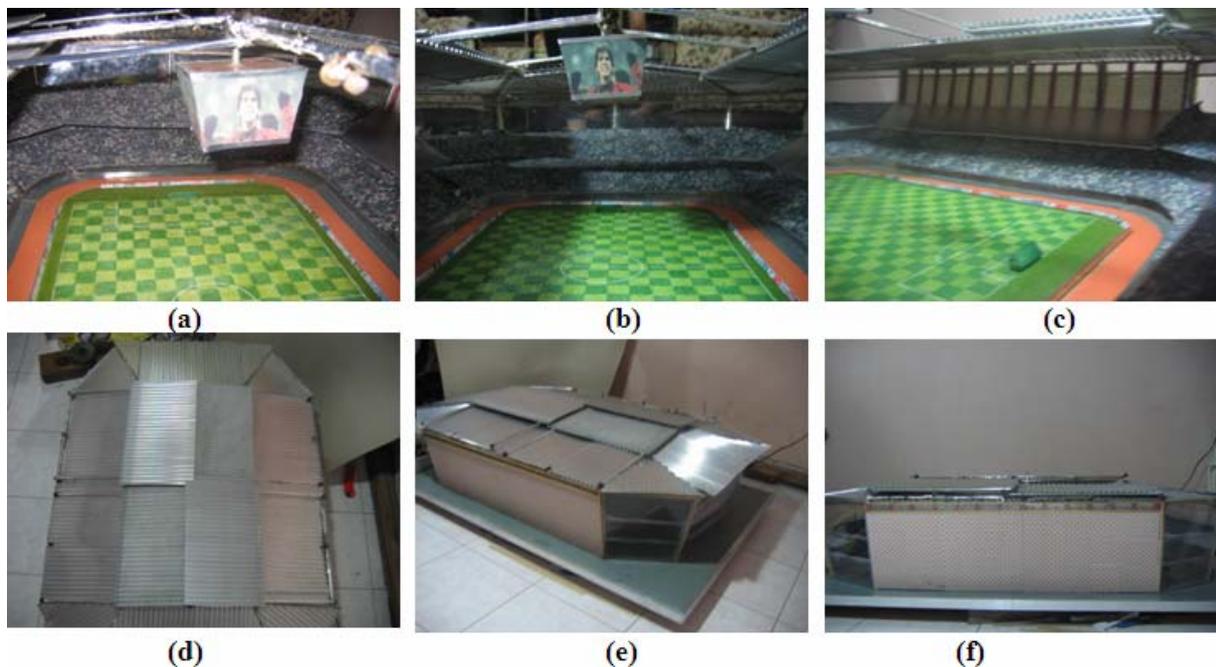
Gambar 10 Rangkaian *Driver* Motor DC

## Rancang Bangun

Dibuat sebuah maket stadion sepakbola dengan menggunakan skala 1 : 200 untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 11 ini.



Gambar 11 Pandangan Muka dan Atas Stadion

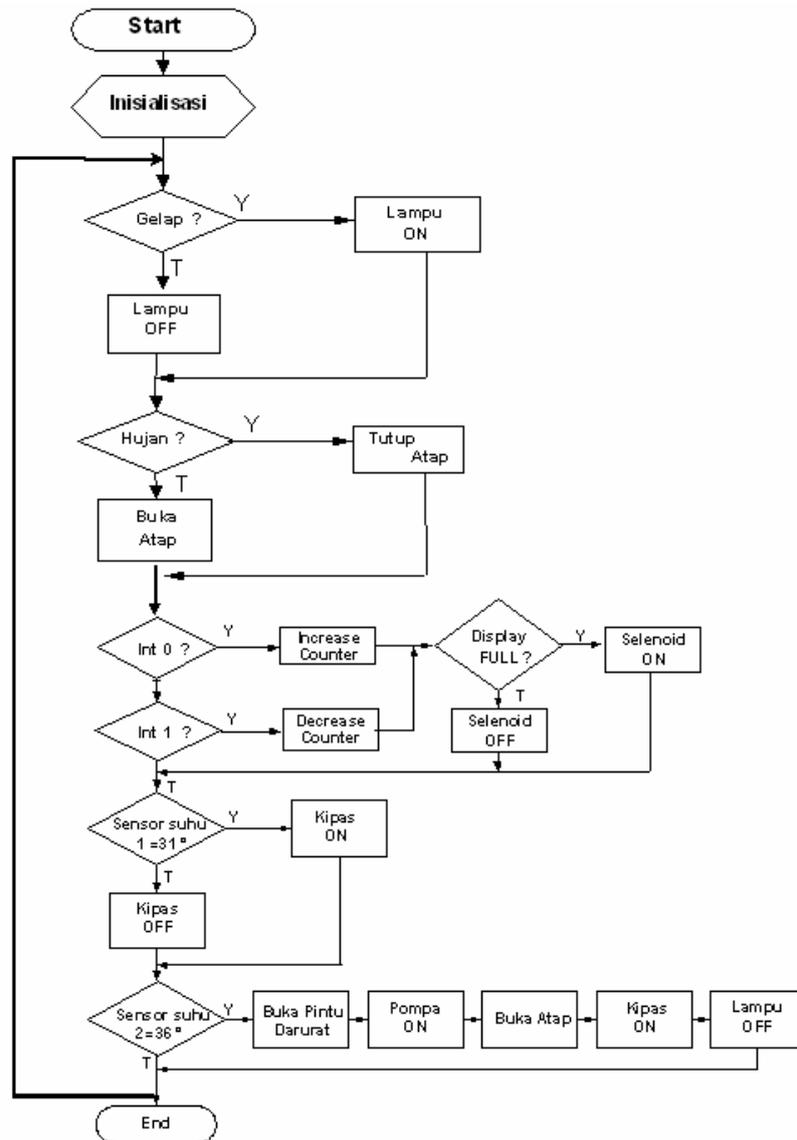


Gambar 12 Foto Maket

- a. Pada saat lampu dihidupkan, b. Pada saat lampu tidak dihidupkan,
- c. Proses awal penutupan atap, d. Tampak atas, e. Tampak perspektif, dan f. Tampak samping

## Perancangan Piranti Lunak

Rancangan piranti lunak dibuat untuk *interface* antara sensor dengan mikrokontroller. Agar hasil keluaran dari mikrokontroller sesuai seperti yang diharapkan, maka pada mikrokontroller diinputkan program menggunakan bahasa pemrograman bahasa C. Perancangan piranti lunak dapat digambarkan dengan diagram alir seperti di bawah ini:



Gambar 13 Diagram Alir

## Pengujian Sistem

Pengujian sistem meliputi pengujian secara Hardware dan Software dan sistem yang dirancang, diuji secara per modul agar dapat dilihat tingkat keberhasilan kerja dari tiap modulnya. Kemudian sistem juga akan diuji secara keseluruhan termasuk pengujian yang dilakukan dengan mengaplikasikan system kedalam maket. Berikut ini adalah beberapa contoh pengujian yang telah dilakukan:

Tabel 1 Hasil Pengukuran Sensor Hujan

Logika sensor	V R 2.1	V R 2.2	Kondisi
Low	0 V/(Gnd)	Vcc	Hujan
High	Vcc	0 V/(Gnd)	Cerah

Tabel 2 Hubungan logika keluaran sensor hujan dengan sensor atap

Kondisi	Teg. Sensor Atap	Teg. Sensor Hujan	Keterangan
Hujan	High	Low	Tutup Atap
Tidak hujan	Low	High	Buka Atap

Tabel 3 Hasil Pengukuran LDR

Kondisi	Tegangan	Keterangan	Jarak
Gelap	0 V	Low	50cm
Terang	Vcc	High	50cm

Diukur dengan penggaris dan VR = 10 K Ohm

Tabel 4 Hasil Pengukuran *Breaking Switch*

Kondisi tombol	Tegangan	Keterangan
Ditekan	0 V	Low
Tidak ditekan	Vcc	High

Tabel 5 Hasil Percobaan *Motor Dc*

Arus yang diberikan	Tegangan	Keterangan
500 mA	6 V	Atap tidak bergerak
500 mA	9 V	Atap tidak bergerak
500 mA	12 V	Atap tidak bergerak
1 A	6 V	Atap tidak bergerak
1 A	9 V	Atap tidak bergerak
1 A	12 V	Atap tidak bergerak
2 A	6 V	Atap bergerak
2 A	9 V	Atap bergerak
2 A	12 V	Atap bergerak

## Evaluasi

Sensor suhu dengan menggunakan LM 335 yang kemudian digabungkan dengan komparator mampu mengeluarkan output ke mikrokontroler, kenaikan suhu dari LM 335 sangat cepat responnya tetapi sangat lambat dan butuh pendingin tambahan pada sensor ini. LM 335 sendiri kurang presisi akibat dari kehandalan sensor tersebut berkurang yang diuji dengan cara dibakar dengan korek api.

Sensor hujan dengan menggunakan dua elektroda bekerja dengan baik dan mikrokontroler cepat merespon untuk menutup atap gedung. Counter pengungjung increase dan decrease bekerja dengan baik, selenoid juga bekerja pada saat nilai increase counter mencapai nilai penuh.

Sensor cahaya dengan menggunakan LDR bekerja dengan baik dan mampu menghidupkan lampu jika intensitas cahaya berkurang (gelap). Variabel resistansinya mempengaruhi respon lampu pada LDR, karena semakin besar VR-nya maka respon yang dihasilkan semakin baik.

*Breaking switch* tidak mampu bekerja dengan baik karena terdapat konflik pada pintu darurat dan ini merupakan kesalahan dari software bukan hardware. Karena keterbatasan alat pengukuran dan data yang tidak tersedia maka pengukuran untuk motor dc tidak dapat dilakukan secara teori yang dibahas pada bab 2. Pengukuran dilakukan hanya berdasarkan pengukuran kebutuhan dari maket ini.

## SIMPULAN

Dari hasil analisis dan evaluasi dapat disimpulkan sebagai berikut. Pertama, sistem dapat bekerja dengan baik tanpa *breaking switch*. Kedua, sistem dapat mengontrol kapasitas pengungjung melalui *increase counter* dan *decrease counter* serta selenoid bekerja pada saat *increase counter* mencapai nilai penuh. Ketiga, sensor cahaya dengan menggunakan *LDR* berfungsi baik, perlu diperhatikan besar kecil VR yang dapat mempengaruhi sensitivitas *LDR* tersebut. Lampu merespon baik pada saat perubahan intensitas cahaya terpengaruh oleh *Variabel Resistans*. Keempat, sensor suhu jika diterapkan kepada bentuk sebenarnya tidak bisa menggunakan LM 335, karena sensor ini kurang sensitif terhadap respon temperatur ruang besar. Dan bila saat terjadi kebakaran pompa bekerja baik tetapi untuk diterapkan ke skala sebenarnya perlu pompa air dengan tekanan tinggi melihat bentuk gedung asli sangat besar. Kelima, sensor hujan bekerja dengan baik tetapi kekurangan kokohan puli pada maket gedung mengakibatkan gerakan atap tidak stabil. Keenam, kesalahan pada *software* mengakibatkan konflik pada sensor suhu 2 (kebakaran). Ketujuh, untuk simulasi suhu panas dan kebakaran dapat digantikan dengan potensiometer untuk menset suhu ruang guna efisiensi dalam penggunaan LM 335.

## DAFTAR PUSTAKA

- Brown, S., and Vranesic, Z. (2003). *Fundamental of Digital Logic with Verilog Design*. Mc Graw Hill.
- Fairchild. (1977). *CMOS DATABOOK*.
- Kuo B. C. (1982). *Automatic Control System*, 4<sup>th</sup> ed., Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc.
- Malvino. (1994). *Aproksinasi Rangkaian Semikonduktor*, diterjemahkan oleh Barnawi, M., Tjia, M. O., edisi keempat, Jakarta: Erlangga.
- Morris, M., and Kime.C. R. (2001). *Logic and Computer Design Fundamental*, New Jersey: Prentice Hall.
- Nalwan, P. A. *Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*, Jakarta: Gramedia.
- Tech Publications. *Tower International Transistor Selector*.

Tirtamiharja, S. (1996). *Elektronika Analog dan Digital*, edisi pertama, Yogyakarta: Percetakan Andi.

Wasito, S. (1995). *Vademekum Elektronika*, edisi kedua, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

Zuhal. (1995). *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*, edisi ketiga, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

[Http://www.atmel.com/atmel](http://www.atmel.com/atmel)

[Http://www.Elektronikindonesia.com/elektro.html](http://www.Elektronikindonesia.com/elektro.html)

[Http://www.datasheet.com](http://www.datasheet.com)

[Http://www.national.com/pf/LM/LM35](http://www.national.com/pf/LM/LM35)