

ALAT PEMESANAN NOMOR BANGKU BIS TERINTEGRASI SECARA WIRELESS

Tjandra Susila¹⁾, Tony Winata¹⁾ dan Trimamangsyah R.²⁾

Abstract

Ticket order officer send information about seat number ordering from bus station to bus agency or the other hand. In one unit, the officer push a keypad and then the LED in the unit will "ON". Beside that, he also transmitt the message to the other unit. When the other unit receive the message, the LED in the unit will "ON". So, with this seat number order instrument the passenger can get their seat number faster and efficiently.

Keywords : *wireless, modulation ASK, transmitter and receiver, keypad, LED*

PENDAHULUAN

Teknologi elektronika pada saat ini semakin berkembang pesat pada berbagai bidang, salah satunya adalah pada bidang telekomunikasi. Perkembangan teknologi komunikasi tersebut memudahkan manusia untuk dapat berhubungan dengan manusia lainnya. Salah satu perkembangan teknologi tersebut adalah teknologi telekomunikasi *wireless* (tanpa kabel). Teknologi telekomunikasi *wireless* tersebut dapat mengirim informasi dari pengirim menuju ke penerima tanpa melalui media kabel, namun melalui media udara bebas tanpa dipengaruhi jarak yang ada. Perangkat dari teknologi telekomunikasi *wireless* lebih efisien, efektif, dan mudah dipergunakan, sehingga aplikasinya dapat diterapkan pada lingkungan masyarakat luas. Aplikasi teknologi komunikasi *wireless* yang dapat diterapkan adalah untuk pemesanan nomor bangku bis baik pada terminal bis maupun melalui agen – agen bis.

Saat ini sudah banyak terdapat berbagai merek bis antarkota antarpropinsi yang dapat kita temui. Persaingan antar agen bis pun terjadi. Demi menjaga reputasi, para pemilik agen bis berlomba-lomba meningkatkan mutu mulai dari segi armada bis yang tersedia,

harga yang bersaing, hingga pelayanan terhadap para penumpang. Agen bis yang baik harus memiliki pelayanan yang bagus pada saat pemesanan tiket maupun pelayanan pada saat di dalam bis, serta dapat mengantar para penumpang dengan cepat namun tetap memberikan rasa aman dan kenyamanan sesuai dengan yang diinginkan oleh para penumpang.

Calon penumpang yang ingin melakukan pemesanan tiket dapat melakukannya dengan langsung membeli di terminal bis. Namun, bagi para calon penumpang yang rumahnya berjauhan dengan terminal bis tetapi cukup dekat dengan agen bis yang akan ditumpangnya, mereka dapat membeli tiket bis di agen bis tersebut. Dituntut agar bekerja dengan baik dan benar, agen bis tersebut harus menyesuaikan nomor tempat duduk calon penumpang dengan terminal bis dan agen-agen bis lainnya. Untuk menyesuaikannya, agen bis tersebut menghubungi terminal bis untuk menanyakan nomor bangku yang masih kosong dengan menggunakan radio kontak. Untuk mendapat kepastian nomor tempat duduk, terkadang petugas di agen bis harus menunggu beberapa saat karena jalur komunikasi yang dipakai mungkin sedang digunakan oleh agen-agen

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara

²⁾ Alumni Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara

bis lain.

Atas dasar pemikiran di atas, maka dibuat perangkat pemesanan nomor bangku bis pada terminal bis maupun di agen bis secara wireless dengan menggunakan gelombang *Radio Frequency (RF)*. Sistem perangkat ini secara garis besar terdiri dari unit pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) yang berada pada terminal bis dan agen bis. Perangkat yang terdapat pada terminal bis dan agen bis menggunakan modul *keypad* yang digabungkan dengan *Light Emitting Diode (LED)* yang menggambarkan nomor bangku dalam bis, sehingga petugas pemesanan tiket dapat menentukan nomor bangku calon penumpang melalui daftar nomor bangku yang telah disediakan. Perangkat pada terminal bis dan agen bis, selain dapat mengirim juga dapat menerima data. Oleh karena itu, pada saat salah satu perangkat baik yang ada pada terminal bis ataupun agen bis memesan nomor bangku, maka datanya akan terkirim ke semua perangkat yang saling berhubungan.

Tujuan Rancangan

Perancangan dan pembuatan alat pemesanan nomor bangku bis terintegrasi secara *wireless* ini bertujuan untuk menghasilkan sistem pemesanan nomor bangku yang dapat mempersingkat waktu pemberian nomor bangku bis kepada calon penumpang.

Modul-modul yang akan dirancang pada perancangan ini adalah sebagai berikut:

- Modul *power supply* (catu daya)
- Modul mikrokontroler
- Modul demultiplexer
- Modul relay
- Modul *keypad*
- Modul LED

Modul-modul yang tidak dirancang dalam perancangan ini adalah:

- Modul pemancar ASK
- Modul penerima ASK

Spesifikasi Rancangan

Spesifikasi rancangan alat pemesanan nomor bangku bis terintegrasi secara *wireless* ini memiliki beberapa spesifikasi antara lain :

- Komunikasi yang dilakukan antara agen bis dan terminal bis secara dua arah.
- Menggunakan mikrokontroler sebagai pemroses utama.
- Menggunakan pemancar dan penerima *ASK Ultra High Frequency (UHF)* dengan frekuensi 300 MHz – 3000 MHz.
- Menggunakan *keypad* sebagai control.
- Menggunakan LED sebagai tampilan nomor bangku pada perangkat yang terdapat di agen bis dan terminal bis.

Tabel berikut adalah perbandingan hasil survei dengan alat yang dirancang.

Tabel 1. Perbedaan hasil survei dengan alat yang dirancang

No	Hasil Survei	Alat yang akan dirancang
1.	Petugas di agen menunggu sampai jalur komunikasi yang digunakan sepi agar dapat menghubungi terminal	Petugas tidak perlu menunggu hingga jalur komunikasi sepi, nomor bangku dikirim secara <i>wireless</i>
2.	Dapat terjadi kesalahan komunikasi yang menyebabkan adanya nomor bangku untuk lebih dari satu calon penumpang	Komunikasi lebih jelas karena menggunakan perangkat yang sudah terprogram
3.	Tidak ada tampilan nomor bangku	Ada tampilan nomor bangku yang menggambarkan keadaan nomor bangku di dalam bis

Deskripsi Konsep

Perancangan perangkat pemesanan nomor bangku bis pada agen dan terminal bis berguna untuk mempermudah proses

pemesanan nomor bangku bis oleh petugas pemesanan tiket. Selain itu, petugas pemesanan tiket tidak perlu menunggu giliran dengan agen-agen bis lainnya untuk menggunakan jalur komunikasi agar dapat melakukan penyesuaian nomor bangku dengan terminal bis. Dengan kata lain, pemasangan dan penerapan alat ini akan meningkatkan kualitas pelayanan pemesanan nomor bangku bis dan menguntungkan semua pihak yang bersangkutan.

Alat ini terdiri dari dua bagian, di mana kedua bagian tersebut berkomunikasi secara *wireless*. Bagian pertama merupakan unit pemancar yang terdiri dari modul *keypad* yang digabung dengan *Light Emitting Diode (LED)*, modul mikrokontroler, pemancar *Amplitude Shift Keying (ASK)*. Unit pemancar ini menggunakan modul *keypad* yang digunakan oleh petugas pada pemesanan tiket untuk memasukkan kode nomor bangku bis yang ingin dipesan. Kode nomor bangku yang dimasukkan kemudian diolah oleh mikrokontroler lalu ditampilkan dengan menggunakan LED sesuai dengan nomor bangku yang dipesan.

Mikrokontroler pada bagian pemancar juga berfungsi sebagai pengendali, dimana mikrokontroler tersebut akan selalu menerima *input* data dari keypad yang terdapat pada modul kontrol, kemudian mikrokontroler tersebut akan mengatur pengiriman data tersebut ke *transmitter* (pemancar). Selain itu mikrokontroler yang ada di bagian pemancar juga mempunyai tugas untuk melakukan pengalamatan data. Mikrokontroler yang ada

dibagian *receiver* (penerima) mempunyai tugas untuk menerjemahkan data yang masuk. Selain itu mikrokontroler tersebut juga bertugas untuk melakukan pengecekan setiap alamat yang dikirim dari pemancar.

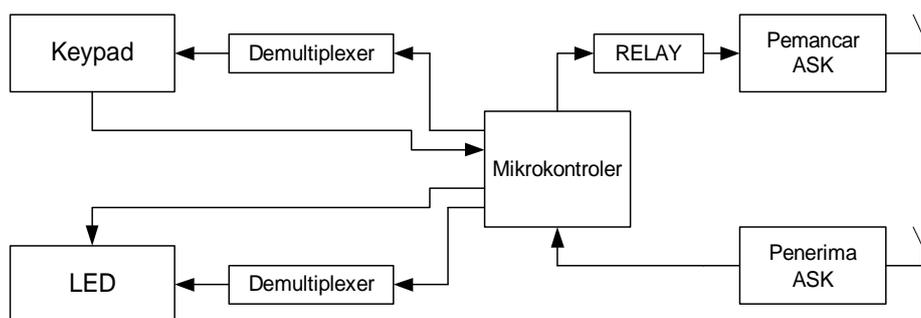
Bagian kedua merupakan unit penerima yang terdiri dari modul penerima, modul mikrokontroler, serta modul *keypad* dan LED. Sinyal modulasi yang diterima oleh unit penerima didemodulasi sehingga didapatkan sinyal informasinya. Sinyal informasi yang berupa data biner tersebut dikirim ke mikrokontroler. Data biner tersebut diolah dan ditampilkan pada modul LED yang menunjukkan nomor bangku yang ingin dipesan oleh calon penumpang.

- **Diagram blok**

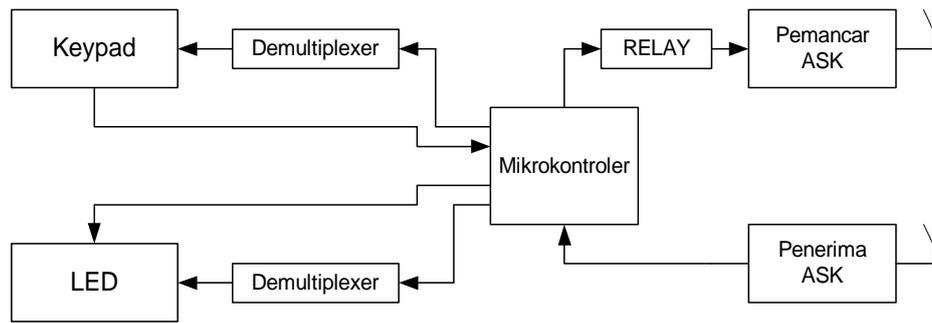
Diagram blok perancangan dan implementasi alat pemesanan nomor bangku bis secara *wireless* terdiri dari dua bagian utama, yaitu bagian pengirim dan penerima yang terdapat pada agen bis dan terminal bis. Gambar 1 dan 2 adalah diagram blok dari alat yang dirancang.

- **Modul LED**

Bagian pada terminal bis dan agen bis menggunakan 43 buah LED indikator, di mana 41 LED di antaranya mewakili lampu untuk tiap nomor bangku di dalam bis. Dipilihnya LED ini sebagai indikator pada bagian pemancar maupun penerima adalah karena LED ini memiliki karakteristik arus yang kecil yaitu 10 mA, sehingga tidak memboroskan pemakaian daya pada rancangan alat ini.



Gambar 1. Diagram blok pada agen bis.



Gambar 2. Diagram blok pada terminal bis.

- **Modul keypad**

Keypad sebagai alat untuk memilih mode tampilan yang akan ditampilkan pada layar. *Keypad* yang digunakan tersusun atas 12 baris dan 4 kolom yang terdiri dari tombol 1, tombol 2,...,tombol 41 yang menggambarkan keadaan nomor bangku yang terdapat di dalam bis.

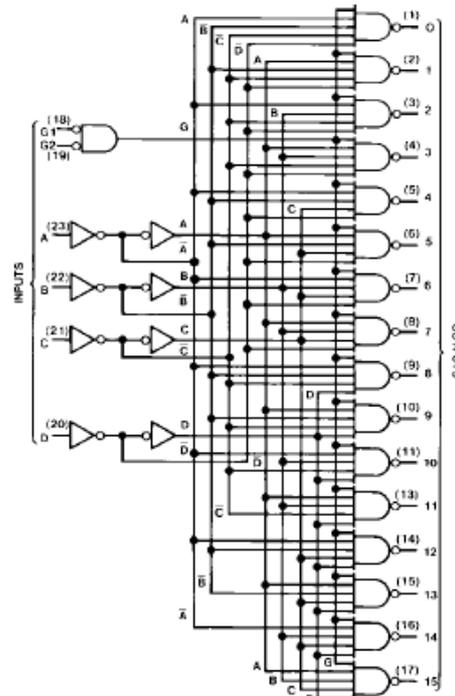
- **Modul mikrokontroler**

Mikrokontroler pada alat ini merupakan keluaran ATMEL, yakni AT89S51. Pemilihan AT89S51 karena dapat ditemukan dengan mudah dipasaran serta memiliki kemampuan dan kemudahan dalam menulis dan menghapus. Walaupun mikrokontroler ini memiliki RAM yang tidak terlalu besar namun masih cukup untuk menyimpan program. AT89S51 memiliki keistimewaan yaitu ketika waktu *men-download* program, dimana program dapat di-*download* secara langsung di dalam modul *project*-nya sehingga AT89S51 tidak perlu dipindahkan ke modul *downloader*, disebabkan adanya *In-system Serial Programming (ISP)* pada AT89S51. Ukuran kristal yang digunakan untuk *clock* berupa kristal dengan ukuran 11,059MHz.

- **Modul demultiplexer**

Demultiplexer menerapkan rangkaian TTL untuk mengenali 4 kode biner input ke dalam salah satu dari 16 output yang tidak saling berkaitan, ketika kedua *strobe input* G1 dan G2 dalam keadaan *low*. Fungsi demultiplexing ini dilakukan dengan

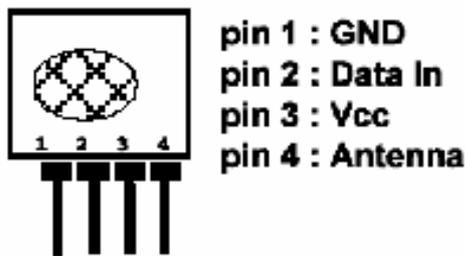
menggunakan 4 saluran input untuk mengalamatkan saluran output, melewati data dari salah satu *strobe input*, sementara *strobe input* yang lain *low*. Ketika salah satu di antara *strobe input* dalam keadaan *high*, maka semua output adalah *high*. Inti dari demultiplexer ini adalah untuk menambah atau memperbanyak output dari input yang masuk, yaitu dari 4 input menjadi 16 output.



- **Modul pemancar ASK**

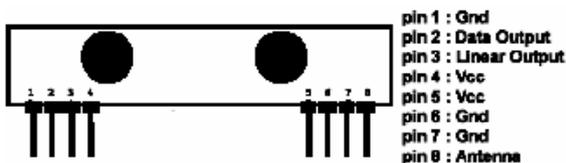
Modul pemancar ASK yang digunakan adalah TLP434A. Dipilihnya pemancar ini adalah karena telah tersedia dipasaran dan mudah diperoleh serta praktis dalam

penerapannya. Frekuensi yang digunakan oleh pemancar ini sudah dikunci, sehingga kita tidak perlu menyetel frekuensi lagi. Keuntungan dari dikuncinya frekuensi ini adalah *tuning* frekuensinya tidak akan bergeser yang dapat menyebabkan berubahnya frekuensi. Pemancar ini bekerja pada frekuensi 433,92 MHz dengan jangkauan tegangan operasi dari 2-12 Volt.



- **Modul penerima ASK**

Modul penerima ASK yang digunakan adalah RLP434A. Dipilihnya penerima ini adalah karena telah tersedia dipasaran dan mudah diperoleh serta praktis dalam penerapannya. Kelebihan dari penerima ASK ini adalah *tuning* frekuensinya sudah dikunci pada frekuensi yang sama dengan yang digunakan oleh pemancar, sehingga kita tidak perlu lagi mencocokkan frekuensinya dengan frekuensi pemancar. Penerima ASK ini bekerja pada frekuensi 433,92 MHz dengan jangkauan tegangan operasi dari 4,5-5,5 Volt.



- **Modul relay**

Relay yang digunakan pada perancangan sistem alat ini yaitu *relay* dengan tegangan +12VDC yang memiliki 5 kaki yang terdiri dari 2 kaki untuk catu daya, satu kaki *common*, satu kaki *normally close* dan satu kaki *normally open*. Rangkaian *relay* digunakan untuk mengaktifkan pemancar sehingga bila mendapatkan

trigger yang dikendalikan oleh mikrokontroler maka *relay* tersebut baru akan aktif.

Realisasi Rancangan

Perancangan alat pemesanan nomor bangku bis terintegrasi secara *wireless* ini terdiri dari 2 bagian yaitu bagian *hardware* dan bagian *software*. Perancangan *hardware* terdiri dari beberapa bagian antara lain yaitu : Perancangan modul *power supply* (catu daya), Perancangan modul mikrokontroler, Perancangan modul demultiplexer, Perancangan modul keypad dan LED, Perancangan modul *relay*, dan Perancangan modul pemancar dan penerima ASK. Perancangan *software* dilakukan dengan menggunakan program *Assembler* ASM51 yang kemudian program tersebut akan di-*download* ke dalam mikrokontroler.

- **Perancangan modul catu daya**

Perancangan modul catu daya ini menggunakan transformator, dioda *bridge*, kapasitor, transistor, dan IC regulator. Transformator ini digunakan untuk menurunkan tegangan *input* AC 220V menjadi tegangan AC 12V, kemudian tegangan akan disearahkan dengan satu buah dioda *bridge* untuk mengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Kapasitor sebesar 4700uF/50V berfungsi untuk membantu menghilangkan *ripple* yang dihasilkan oleh dioda, kemudian transistor tipe TIP2955 berfungsi untuk menguatkan arus sehingga pada akhirnya akan menghasilkan arus yang lebih kuat. Agar mencapai keluaran tegangan yang dibutuhkan dan stabil dengan baik maka digunakan IC *Regulator* LM7805 (+5 Vdc) dan LM7812 (+12 Vdc).

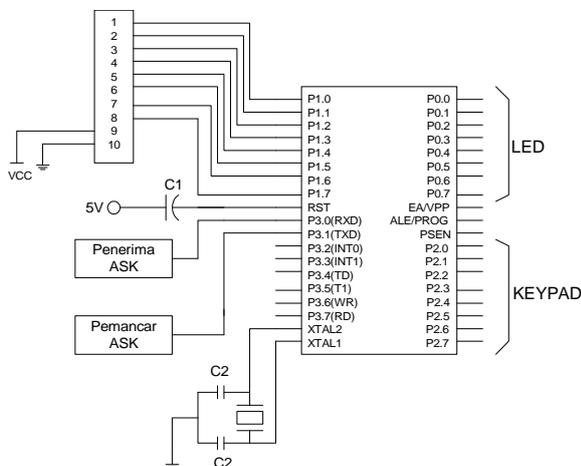
- **Perancangan modul mikrokontroler**

Rangkaian mikrokontroler terhubung dengan modul keypad dan LED, pemancar ASK, dan penerima ASK. Modul mikrokontroler ini melakukan

pengendalian semua modul tersebut. Pada port 2 (2.0...2.7) mikrokontroler terdapat modul *keypad* sebagai *input* masukan nomor bangku bis yang dipesan. Modul LED yang fungsinya menampilkan nomor bangku, terhubung pada port 0 (0.0...0.7) serta register pengaturan RS, E, R/W (P1.2, P1.3, P1.4). *Input* data yang berupa nomor bangku oleh mikrokontroler akan diproses, selanjutnya *outputnya* berupa deretan data biner yang isinya ID nomor bangku yang dipesan.

Deretan biner tersebut dikirim ke pemancar ASK melalui port serial TXD P3.1 yang akan menghidupkan ("ON") pemancar. Namun sebelum deretan biner tersebut dikirim, modul mikrokontroler terlebih dahulu mengaktifkan modul *relay* pada port P3.4. Modul *relay* yang aktif tersebut akan menghidupkan ("ON") pemancar ASK untuk ditransmisikan ke udara melalui pemancar FM.

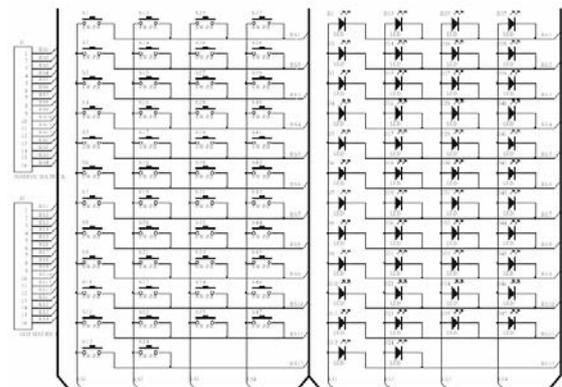
Rangkaian mikrokontroler pada alat ini juga digunakan sebagai pengolahan data yang masuk melalui port serial RXD P3.0. Pada port P3.0 terhubung oleh modul penerima ASK, yang fungsinya untuk mendemodulasi sinyal ASK yang diterima. Deretan data biner hasil demodulasi akan diproses oleh mikrokontroler dan menampilkan data tersebut pada LED yang isinya ID nomor bangku bis.



- Perancangan modul keypad dan LED**
 Rangkaian keypad dan LED ini menggunakan push button dan LED yang sama banyaknya yaitu 43 buah. 41 buah untuk jumlah banku di dalam bis, 1 buah sebagai tombol start, dan 1 buah untuk tombol reset. Rangkaian ini digunakan untuk memberitahukan pemesanan nomor bangku bis dari terminal bis ke agen-agen bis dan sebaliknya.

Saat *keypad* tidak ditekan, maka kaki pada *keypad* tersebut tidak terhubung, yang berarti tidak memberikan tegangan. Dalam keadaan demikian berarti *keypad* dalam keadaan *low*. Ketika kita menekan *keypad*, maka kaki pada *keypad* akan terhubung yang berarti *keypad* tersebut memberikan tegangan. Dalam keadaan demikian *keypad* dalam keadaan *high* dan diumpankan ke mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut.

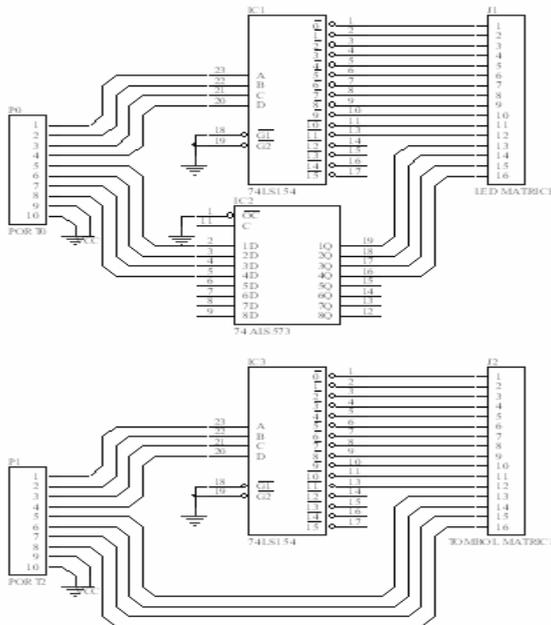
Rangkaian LED pada modul ini digabungkan dengan rangkaian *keypad*. Saat Keypad dalam kondisi *low*, maka LED juga dalam kondisi *low*. Ketika *keypad* pada nomor tertentu ditekan, maka LED yang terhubung dengan *keypad* tersebut dalam keadaan *high* yang akan menyebabkan LED akan menyala. Begitu juga ketika mikrokontroler menerima data yang berasal dari transmitter. Data yang telah diproses oleh mikrokontroler kemudian dialirkan ke modul LED untuk ditampilkan sesuai dengan data yang telah diterima. Gambar rangkaian keypad dan LED dapat dilihat pada gambar berikut.



- **Perancangan modul *demultiplexer***

Modul *keypad* dan LED yang digunakan pada alat ini memiliki output sebanyak 32. Jumlah ini tidak dapat ditampung oleh mikrokontroler karena terlalu banyak. Untuk mengatasinya, maka digunakan modul *demultiplexer* yang berfungsi untuk menambah atau output dari input yang masuk, yaitu dari 4 input menjadi 16 output.

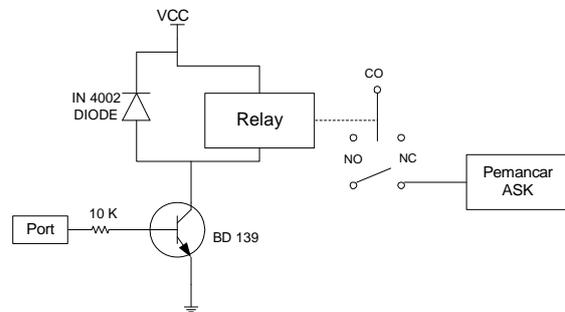
Modul *demultiplexer* ini juga menggunakan IC 74ALS573 yang dihubungkan dengan kolom rangkaian LED. IC ini berfungsi sebagai buffer arus dari mikrokontroler ke tampilan LED. Hal ini dilakukan agar tingkat arus untuk tampilan LED lebih baik.



- **Perancangan Modul *Relay***

Modul *relay* digunakan untuk “ON-OFF” pemancar dan penerima. Modul *relay* terdiri dari transistor BD 139, dioda IN 4002, *resistor* 10 K, dan *Relay*. Rangkaian *relay* ini digunakan untuk mengaktifkan pemancar sehingga bila mendapatkan *trigger* yang dikendalikan oleh mikrokontroler, maka *relay* tersebut baru akan aktif. Logika bernilai *high* dari *output* port pin mikrokontroler yang terhubung dengan basis transistor NPN BD 139 mengakibatkan kolektor dan

emiter *short* ke *ground*, sehingga *relay* mendapat tegangan. Kutub *common* yang awalnya terhubung kutub NC berpindah ke kutub NO, sehingga pemancar “ON” mendapat tegangan.



- **Perancangan modul pemancar ASK**

Modul pemancar ASK ini digunakan untuk mengirim data digital yang keluar dari rangkaian mikrokontroler agar dapat ditransmisikan melalui gelombang elektromagnetik ke bagian penerima.

Modul pemancar ASK ini adalah sebuah modulator *Amplitudo Shift Keying* (modulator ASK) yang bekerja pada frekuensi 433,92 MHz. Modul ini dapat bekerja pada tegangan catu daya 2 Volt hingga 12 Volt. Modul ini memiliki penguat RF untuk memancarkan sinyal termodulasi ASK dalam bentuk gelombang elektromagnetik ke udara. Penguat RF yang terdapat dalam modul ini berkekuatan 8 mW. Pemancar ini sangat praktis dan mudah dalam penggunaannya, karena pemancar ini hanya menyerap arus sekitar 5 mA saja. Kecepatan pemancar ASK ini dalam mengirimkan data adalah sebesar 2,4 kbps.

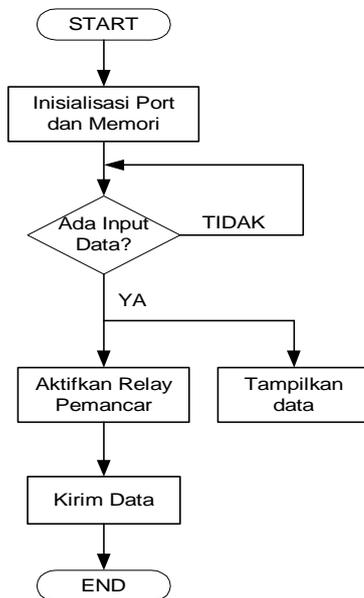
- **Perancangan modul penerima ASK**

Modul penerima ASK ini berfungsi untuk mendeteksi dan mendemodulasikan kembali sinyal informasi yang diterima dari bagian pemancar ASK, agar dapat diolah dan informasi tersebut dapat ditampilkan pada modul LED. Penerima ASK ini merupakan sebuah *demodulator Amplitudo Shift Keying* (*Demodulator*

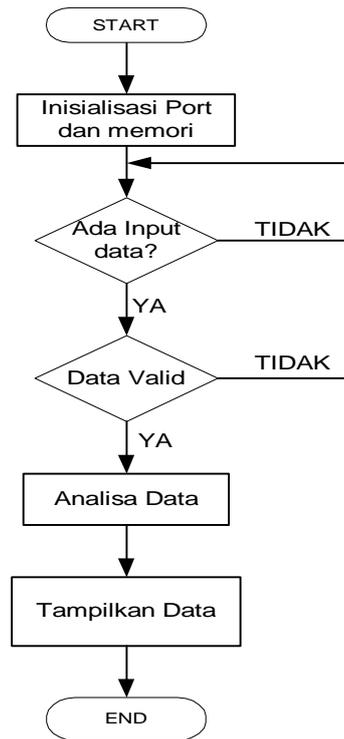
ASK) yang juga bekerja pada frekuensi 433,92 MHz. Penerima ASK ini dapat bekerja pada tegangan catu 4,5 Volt hingga 5,5 Volt.

- **Realisasi rancangan perangkat lunak**

Rancangan perangkat lunak dimulai dari inisialisasi tiap port mikrokontroler dan memori yang kemudian diteruskan pada proses pembacaan *input* data yang masuk. Jika ada *input* data yang masuk, maka program akan mengaktifkan pemancar dan mikrokontroler akan mengirimkan data secara serial ke pemancar ASK.



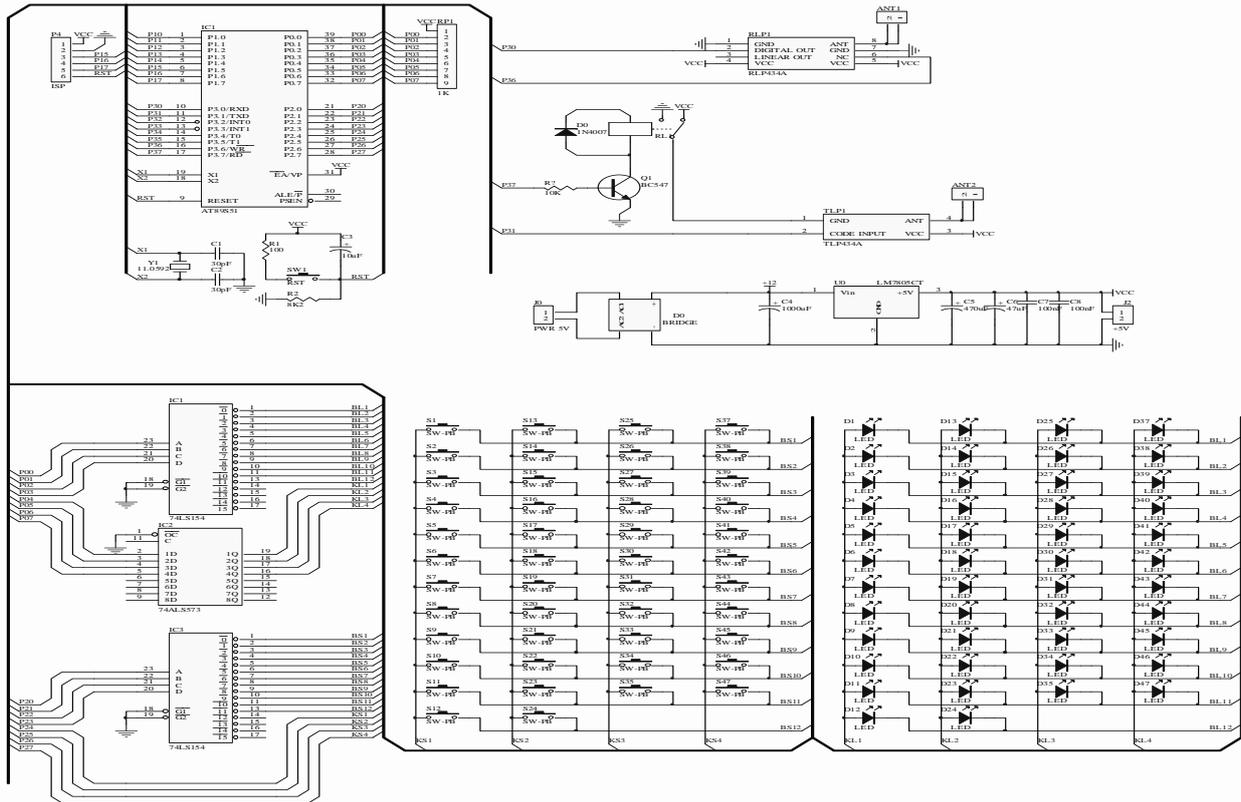
Rancangan perangkat lunak pada saat menerima data dimulai dari inisialisasi memori dan tiap portnya. Kemudian dilanjutkan pada proses penerimaan data, apabila ada data yang diterima dan data *valid*, maka program akan menganalisa data yang masuk untuk ditampilkan pada LED.



- **Realisasi rancangan sistem alat pemesanan nomor bangku bis secara *wireless***

Langkah selanjutnya setelah merealisasikan rancangan subsistem menjadi satu-kesatuan sistem. Realisasi sistem tersebut merupakan penggabungan dari seluruh modul yang sudah dibuat. Modul-modul tersebut dihubungkan menjadi satu sistem yang utuh dan sistem ini akan diatur oleh program yang telah dimasukkan ke dalam memori mikrokontroler.

Berikut ini adalah gambar skematik rangkaian keseluruhan



KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan realisasi dan hasil pengujian yang dilakukan terhadap rancangan ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan alat sistem pemesanan nomor bangku bis terintegrasi secara *wireless* ini dapat bekerja dengan baik seperti yang direncanakan, dimana *transmitter* dapat mengirimkan data dan *receiver* dapat menerima data yang dikirimkan dan ditampilkan pada LED.
2. Pemancar harus diatur agar hanya aktif ketika diberikan data untuk ditransmisikan, sedangkan penerima tetap selalu aktif. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi interferensi yang disebabkan oleh pemancar lain.
3. Rangkaian demultiplexer dapat mengatasi terbatasnya port pada mikrokontroler agar dapat menampung banyaknya jumlah pin pada modul *keypad* dan LED.

4. Waktu yang diperlukan untuk pengiriman data nomor bangku dari transmitter menuju receiver adalah kurang lebih 4 detik. Hal ini disebabkan karena proses sinkronisasi atau pencocokan data nomor bangku yang diterima untuk ditampilkan pada LED.

Saran

Bagi yang ingin melakukan pengembangan rancangan alat ini, saran yang dapat diberikan untuk mendukung pengembangan tersebut adalah :

1. Transceiver pengiriman data pada rancangan ini dapat diganti dengan *transceiver* yang lain yang memiliki daya pancar lebih baik agar dapat meningkatkan jarak dan kecepatan pengiriman data antara unit pada terminal bis dan agen.
2. Unit yang ada pada terminal bis dan agen dihubungkan dengan komputer, sehingga dapat diterapkan sistem *database* dan aplikasi-aplikasi perangkat lunak yang lebih handal.

3. Pada pengembangan selanjutnya agar dibuat pemesanan nomor bangku tidak dapat dilakukan secara bersamaan antara terminal bis dan agen bis yaitu dengan menambah waktu pengiriman data dari transmitter ke *receiver*.

Referensi

- A. P. Malvino and D.P. Leach, *Digital Principles and Applications*, 4th edition. Mc Graw-Hill, Inc.,1986, chap: 3, pp : 85, chap : 11, pp : 338.
- P. A. Nalwan, *Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*, Jakarta : PT Elex Media Komputindo,2003, chap: 1, pp: 1-29.
- R. Boylestad and L. Nashelsky, *Electronic Devices & Circuit Theory*, sixth edition, Prentice Hall, 1996, chap :1, pp: 38-42, chap : 19, pp : 805-821.
- R. J. Tocci, *Digital Systems Principal and Applications*, Prentice Hall International, Inc.1980, chap:9, pp:324-329.
- T. L. Floyd, *Electronic Fundamentals: Circuits, Devices, and Applications*, New York: Macmillan Publishing Company, 2nd ed, 1991, chap : 3, pp : 110 - 115, Chap : 11, pp : 530 - 531.

[Http://alds.stts.edu/datasheet/ index.htm](http://alds.stts.edu/datasheet/index.htm)