

Alat Pengisian Pulsa Elektronik Berbasis Mikrokontroler dengan *Contactless Smart Card*

Calvin Oktavianus¹, Eko Syamsuddin H.² dan Hugeng³

ABSTRACT: *Microcontroller-based electronic credit refilling device using contactless smart card is used to facilitate potential buyers of electronic credit. The realization of this device consists of two parts which are credit balancer and credit refilling device. On credit balancer, there are three main menus namely sign new card, deposit and credit balance checking. Sign new card is used for registering contactless smart card so it can be used on the credit recharging device. Deposit is used for adding deposit balance into the contactless smart card that has been registered. At the pulse refilling device, the deposit balance filled in the contactless smart card will be reduced in accordance to the selected nominal of electronic credit. There are thirteen GSM and CDMA providers in total and four options of electronic credit with minimum purchase of ten thousand rupiahs. The transaction process is as described, the balance in the contactless smart card will be reduced, microcontroller will then send a message via mobile phone to electronic credit dealer. The buyer's electronic credit will then automatically be refilled a few moments later.*

KEYWORDS: *Electronic credit, contactless smart card, GSM, CDMA, microcontroller*

ABSTRAK: Alat pengisian pulsa elektronik berbasis mikrokontroler dengan contactless smart card ini digunakan untuk mempermudah pembelian pulsa bagi calon pembeli pulsa elektronik. Realisasi alat ini terdiri dari dua alat yaitu alat pengisian saldo dan alat pengisian pulsa. Pada alat pengisian saldo, terdapat tiga menu utama yaitu daftar baru, deposit dan cek pulsa. Daftar baru digunakan untuk mendaftarkan contactless smart card agar dapat digunakan pada alat pengisian pulsa. Deposit digunakan untuk menambahkan saldo pada contactless smart card yang telah terdaftar. Pada alat pengisian pulsa, saldo yang telah terisi pada contactless smart card akan dikurangi sesuai dengan nominal pulsa elektronik yang dipilih. Tersedia tiga belas provider GSM dan CDMA dan empat pilihan nominal pulsa dengan minimal sepuluh ribu rupiah. Proses transaksinya adalah saldo contactless smart card akan dikurangi, mikrokontroler akan mengirimkan pesan melalui ponsel yang berada di dalam alat yang dirancang ke dealer pulsa elektronik. Ponsel pembeli pulsa akan terisi pulsa secara otomatis beberapa saat kemudian.

KATA KUNCI: Pulsa elektronik, contactless smart card, GSM, CDMA, mikrokontroler

PENDAHULUAN

Saat ini komunikasi merupakan kebutuhan dasar, dikarenakan masyarakat lebih memilih telepon selular (ponsel) untuk berkomunikasi dengan orang-orang disekitarnya. Penggunaan ponsel tidak hanya untuk berkomunikasi tetapi juga bisa digunakan untuk mencari informasi melalui fitur internet yang tersedia di ponsel. Penggunaan ponsel untuk berkomunikasi dan mencari informasi memerlukan biaya yang diperoleh dari pulsa ponsel, sehingga pulsa sudah menjadi salah satu kebutuhan bagi pengguna ponsel [4].

Di Indonesia terdapat dua bentuk pengisian pulsa, yaitu *voucher* fisik dan *voucher* non-fisik. *Voucher* fisik berbentuk kartu, di mana *voucher* isi ulang ini berisikan nomor sandi yang harus diketikkan ke ponsel. Kedua, *voucher* non-fisik disebut juga *voucher* elektronik. Salah satu bentuknya bisa dilihat pada mesin anjungan tunai mandiri milik sejumlah bank. Bentuk lain *voucher* non-fisik ini adalah *voucher electronic payment (e-pay)* yang umumnya bisa dipasarkan dengan menggunakan ponsel. Di antara berbagai jenis *voucher* itu, *voucher* elektronik jenis *e-pay*-lah yang lebih menguntungkan [1]. *Voucher* non-fisik juga lebih diminati, karena pembeli pulsa hanya perlu menulis nomor ponsel dan memilih nominal yang dikehendaki. Pembayarannya sesuai harga yang berlaku di masing-masing agen penjual pulsa, tidak seperti mengisi pulsa fisik yang memakan waktu cukup lama, di mana pemilik ponsel harus mengetikkan sendiri kode yang tertera pada kartu *voucher* pulsa yang dibelinya.

Pengisian pulsa dengan metode elektronik dapat dilakukan dengan melakukan pengiriman pesan singkat menggunakan teknologi *Short Message Service (SMS)* atau menggunakan teknologi *Unstructured Supplementary Service Data (USSD)*. USSD adalah suatu cara mengirim data atau instruksi melalui jaringan *Global System for Mobile Communications (GSMs)*. USSD memiliki kemiripan dengan SMS karena keduanya menggunakan jaringan GSM. Tidak seperti SMS, USSD bukan merupakan layanan *store-and-forward* dan *session-oriented* sehingga ketika *user* mengakses layanan USSD, sebuah sesi dibangun dan sambungan radio tetap terbuka sampai *user*, aplikasi, atau *time-out* menghentikannya. Teks pesan USSD dapat mencapai panjang 182 karakter [3].

Sistem pengisian pulsa seperti yang dijelaskan di atas selain memiliki kelebihan juga memiliki kelemahan. Apabila mengisi pulsa elektronik dengan menggunakan SMS, pesan akan dikirim dengan format tertentu ke nomor ponsel dealer melalui SMS center. Format pesan ditentukan oleh masing-masing dealer. Cara ini biasanya digunakan oleh counter-counter pulsa dalam melakukan transaksi [3]. Cara demikian tidak dapat melayani pembeli pulsa dari segi keamanan, karena pembeli pulsa harus memberitahu nomor ponselnya ke penjual pulsa yang dapat menyebabkan hal-hal yang tidak diinginkan. Kenyamanan pembeli pulsa juga menjadi masalah yang dihadapi, karena toko penjual pulsa tidak selalu memiliki jarak yang dekat dengan pembeli pulsa. Anjungan tunai mandiri menjadi salah satu pilihan pembeli pulsa dalam segi keamanan dan kenyamanan (karena tidak ada yang mengetahui nomor ponsel pembeli), tetapi di anjungan tunai mandiri tidak dijual pulsa Rp. 10.000,00

¹ Jurusan Teknik Elektro Universitas Tarumanagara

² BPP Teknologi

³ Jurusan Teknik Elektro Universitas Trisakti

melainkan minimal Rp. 25.000,00. Berdasarkan hal tersebut, maka dibutuhkan suatu alat yang dapat difungsikan untuk menjual pulsa elektronik dengan pilihan pulsa yang nilai nominalnya lebih beragam. Alat tersebut juga mampu memberikan keamanan dan kenyamanan pembeli.

Sebelum merancang alat, survei dilakukan terlebih dahulu, sehingga dapat melakukan perbandingan pada sistem yang sudah ada. *Voucher* fisik menjadi survei pertama yang dilakukan. Pengisian pulsa dengan *voucher* fisik harus membeli sebuah kartu yang sudah dilengkapi nomor sandi di belakang, lalu nomor sandi tersebut diketikkan pada ponsel yang diawali oleh kode sebanyak 3 digit angka (contoh pada *voucher* fisik kartu *smart* : *999*) lalu diikuti dengan 12 nomor sandi dan menekan tombol telepon atau *ok* atau *yes*. Kartu ini tidak dapat disimpan terlalu lama karena *voucher* memiliki waktu kadaluarsa. fisik dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Voucher Fisik

Penjualan pulsa elektronik menjadi survei kedua. Pada pulsa elektronik pembeli pulsa harus berhadapan langsung dengan penjual. Penjual pulsa akan mencatat jenis *provider*, nomor ponsel dan nominal pulsa yang diinginkan pembeli. Pulsa elektronik sendiri juga mempunyai kelemahan, yaitu dari segi keamanan. Proses pengisiannya mengharuskan pembeli pulsa memberitahukan nomor ponsel miliknya ke penjual pulsa, sehingga penjual pulsa bisa memakai nomor ponsel si pembeli secara tidak bertanggung jawab. Cara pengisian *voucher* elektronik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Cara Pengisian Voucher Elektronik

Survei ketiga pada anjungan tunai mandiri yang menjadi tempat untuk meningkatkan keamanan. Tetap dengan metode pengisian pulsa elektronik, namun tidak lagi dilayani oleh penjual pulsa. Kekurangan dari anjungan tunai mandiri adalah pilihan nominal pulsa dengan minimal Rp. 25.000,00. Pengisian pulsa dengan menggunakan anjungan tunai mandiri dapat dilihat pada Gambar 3.

Survei keempat adalah penjualan pulsa elektronik di *Supermarket* yang dapat dilihat pada Gambar 4. Pembeli yang ingin mengisi pulsa harus mengambil kartu di dekat kasir dan membayar sesuai dengan nominal yang dipilihnya. Pembeli yang sudah membayar kemudian pergi ke tempat informasi dan menunjukkan bukti pembelian serta nomor ponsel pembeli agar pengisian pulsa dapat diproses.

Alat yang dirancang memungkinkan calon pembeli akan melakukan pengisian pulsa secara *self-service*. *Self-service* akan memberikan kesan bebas pada calon pembeli untuk memilih jenis *provider* apa yang akan dipilih, serta nominal pulsanya. Sistem pembayaran pulsa ini akan menggunakan *Contactless smart card*, yaitu sebuah kartu yang dapat diisi ulang dengan sejumlah saldo yang dapat ditambah ataupun dikurangi.



Gambar 3 Proses Pembelian Pulsa Elektronik di Anjungan Tunai Mandiri



Gambar 4 Pengisian Pulsa di Supermarket

KAJIAN PUSTAKA

Alat yang dirancang adalah pengisian pulsa elektronik berbasis mikrokontroler dengan *contactless smart card*. Alat tersebut bertujuan untuk pengisian pulsa non-fisik secara *self-service* dengan nilai nominal pengisian pulsa yang beragam. Alat ini dilengkapi dengan tampilan LCD untuk menampilkan panduan pengisian pulsa, *keypad* sebagai masukan dari *user* dan *contactless smart card* sebagai alat pembayaran. Pada perancangan ini digunakan dua buah mikrokontroler yang digunakan sebagai pemroses. Mikrokontroler pertama digunakan untuk mengatur sistem pengisian pulsa, sedangkan mikrokontroler kedua digunakan untuk mengatur sistem pengisian saldo pada *contactless smart card*.

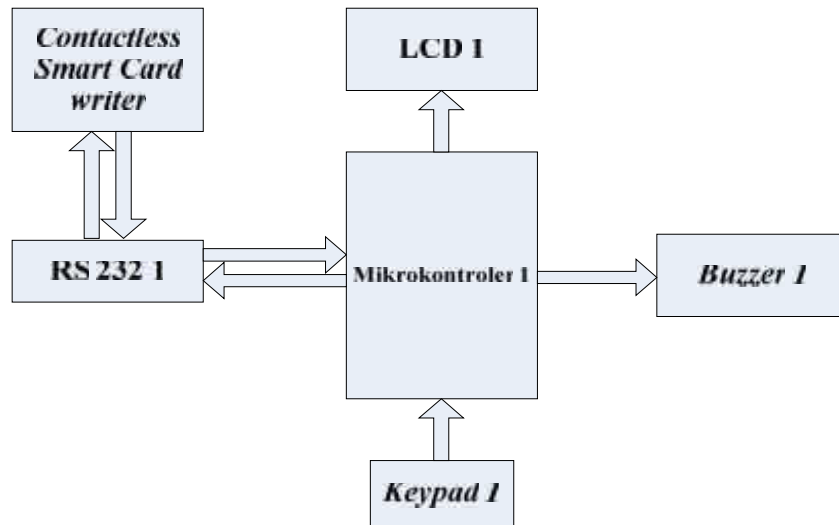
Pada sistem pengisian saldo *contactless smart card*, pembeli pulsa membayar sejumlah uang yang dikehendaki ke kasir disertakan *contactless smart card* yang dimiliki. Ilustrasi ini dilihat dari tampak luar yang terdiri dari *contactless smart card writer*, *keypad*, dan LCD, sedangkan didalamnya terdapat mikrokontroler, *buzzer*, dan komunikasi serial. Kasir akan meletakkan *contactless smart card* di atas *contactless smart card writer*. Komunikasi serial akan menghubungkan *contactless smart card writer* dengan mikrokontroler, lalu *buzzer* akan berbunyi sekali untuk menandakan mikrokontroler telah mendeteksi *contactless smart card*. Kasir menggunakan *keypad* untuk memasukkan jumlah saldo yang akan diisi ulang. Mikrokontroler akan menerima *input* dari *keypad*, dan jumlah saldo yang telah diisi akan dikirim oleh mikrokontroler ke LCD untuk ditampilkan. Mikrokontroler selanjutnya mengisikan jumlah saldo ke *contactless smart card* sesuai dengan *input* yang telah diberikan. Apabila proses transaksi telah selesai, maka kasir akan mengembalikan *contactless smart card* yang telah terisi sejumlah saldo ke pembeli.

Pada sistem pengisian pulsa, *contactless smart card* diletakkan di atas *contactless smart card reader*. Ilustrasi ini dilihat dari tampak luar yang terdiri dari *contactless smart card reader*, *keypad*, dan LCD, sedangkan didalamnya terdapat mikrokontroler, *buzzer*, ponsel GSM, komunikasi serial, dan relay. Mikrokontroler akan mendeteksi *contactless smart card* yang dihubungkan dengan komunikasi serial. *Buzzer* akan berbunyi sekali setelah mikrokontroler mendeteksi *contactless smart card*. Bunyi ini menandakan bahwa kartu yang diletakkan di atas *reader* adalah *contactless smart card*. Mikrokontroler selanjutnya akan memberi *output* berupa panduan mengisi pulsa melalui LCD dan menerima *input* dari *keypad* berupa pilihan dari pembeli pulsa. Mikrokontroler akan mengirimkan perintah ke *switching* untuk memindahkan hubungan mikrokontroler dengan *contactless smart card reader* melalui komunikasi serial ke ponsel GSM. Ponsel GSM berfungsi untuk mengirimkan SMS ke *dealer*. SMS tersebut berisikan format untuk meminta agar *dealer* mengirimkan pulsa sesuai dengan nominal

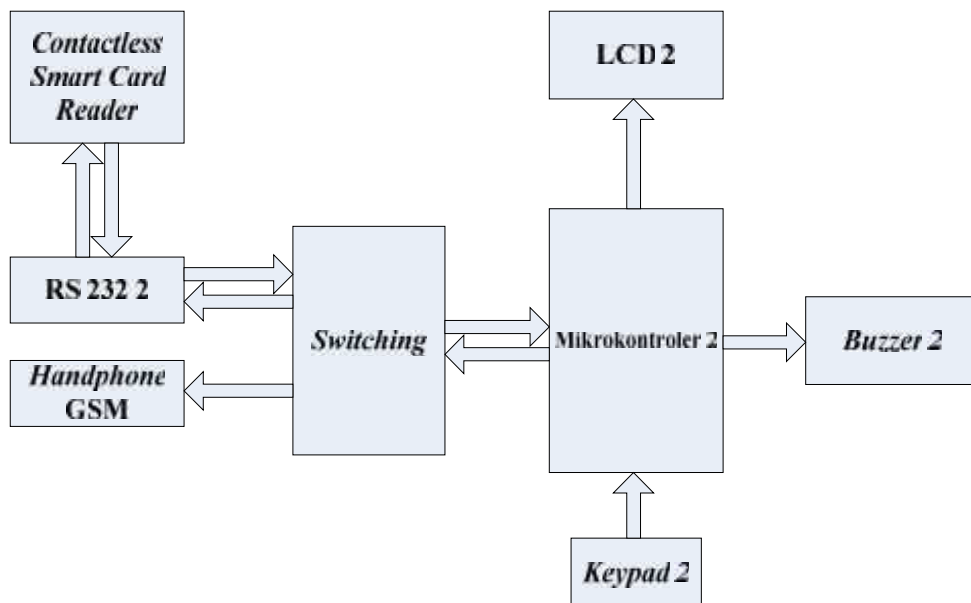
yang tertera pada SMS. Dealer akan menerima SMS dan selanjutnya dealer akan mengisi pulsa ke ponsel yang dituju secara otomatis.

Diagram Blok Rancangan

Diagram blok sistem secara keseluruhan dari perancangan dan realisasi alat pengisian pulsa elektronik berbasis mikrokontroler dengan *contactless smart card* dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Diagram Blok Sistem Pengisian Saldo *Contactless Smart Card* Berbasis Mikrokontroler



Gambar 6. Diagram Blok Sistem Pengisian Pulsa Elektronik Berbasis Mikrokontroler

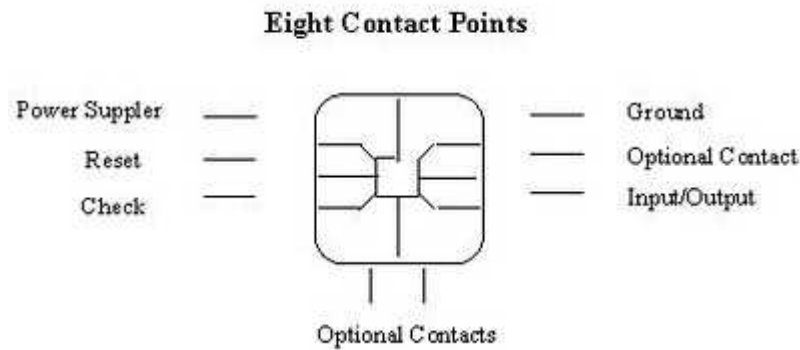
Smart Card

Smart card merupakan sebuah kartu yang terbuat dari bahan plastik dan memiliki *chip* kecil yang dapat diprogram untuk memproses juga menyimpan data. Berdasarkan tipe *chip* yang digunakan terdapat tiga tipe *smart card*, yaitu:

1. *Memory Card* : *Smart card* tipe ini merupakan *smart card* yang tidak dapat digunakan untuk mengolah data, tetapi hanya dapat menyimpan data atau informasi saja. *Smart card* tipe ini banyak digunakan sebagai kartu absensi kehadiran.
2. *Microprocessor Card* : *Smart card* tipe ini dapat mengolah dan menyimpan informasi atau data. *Smart card* tipe ini digunakan sebagai kartu telepon, kartu kredit, kartu televisi pra-bayar yang biasanya dimasukkan dalam *decoder*.
3. *Optical Memory Card* : *Smart card* tipe ini merupakan *smart card* yang data atau informasinya hanya dapat dimasukkan satu kali saja, sehingga data atau informasi yang sudah dimasukkan ke *smart card* tidak dapat diubah atau dihapus. *Smart card* ini banyak digunakan pada catatan kesehatan di rumah sakit, catatan pelanggaran pengendara kendaraan bermotor, dan sebagainya.

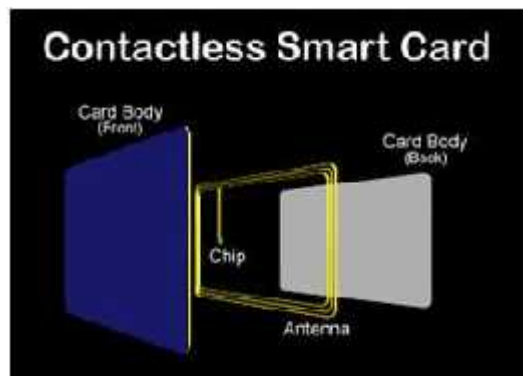
Berdasarkan cara untuk mentransfer data atau informasi, *smart card* dapat dibagi atas tiga jenis, yaitu:

1. *Contact Smart Card* : Jenis *smart card* ini dioperasikan dengan cara memasukan kartu ke dalam *slot smart card reader/writer* sehingga terjadi kontak fisik yang menghubungkan kartu dengan *smart card reader/writer*. *Smart card* jenis ini mempunyai sebuah *chip* tembaga pada permukaan kartu yang terdiri dari delapan titik kontak elektrik (*contact point*) yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Titik Kontak Elektrik dari *Contact Smart Card*.

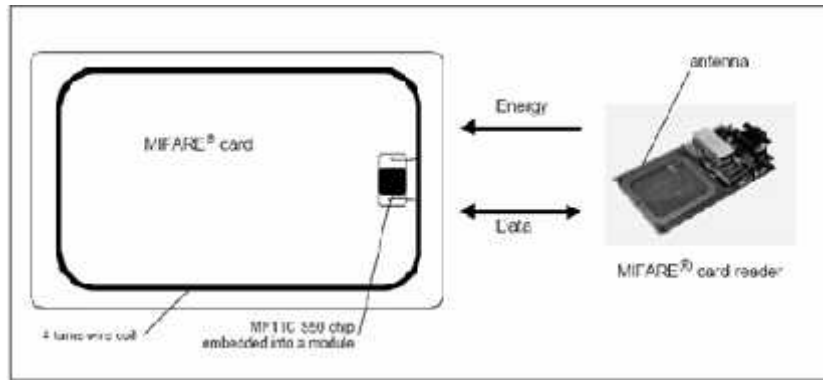
2. *Contactless Smart Card* : Jenis *smart card* ini memiliki *chip* dan antena yang terintegrasi di dalam kartu, sehingga memungkinkan berkomunikasi dengan *Smart Card Reader/Writer* tanpa perlu terjadinya kontak fisik. Jangkauan operasi dari *contactless smart card* dan *contactless smart card reader/writer* memiliki jarak sampai 10 cm. Komunikasi data atau informasi pada *contactless smart card* dilakukan melalui *Radio Frequency Identity* (RFID) dengan frekuensi 13,56 MHz yang dibangkitkan oleh *contactless smart card reader/writer*. Komunikasi data ini termasuk ke dalam pembacaan maupun dalam penulisan data ke dalam *smart card*. Gambar 8. memperlihatkan bentuk dari *contactless smart card*.



Gambar 8. Bentuk dari *Contactless Smart Card*.

3. *Dual Interface Smart Card (Combo Smart Card)* : Transfer datanya merupakan gabungan dari *Contact* dan *Contactless Smart Card*, sehingga memungkinkan berkomunikasi dengan *Smart Card Reader/Writer* baik dengan adanya kontak fisik maupun tanpa terjadinya kontak fisik. *Smart card* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan *magnetic card*, seperti kemampuan dalam memproteksi keamanan data yang disimpan. Keamanan data atau informasi yang terdapat pada *smart card* dilengkapi dengan adanya mekanisme enkripsi *key* sehingga tidak mudah dibaca oleh pihak lain. Kelebihan lain *smart card* dibandingkan dengan *magnetic card* yaitu kapasitas memori penyimpanan *smart card* lebih besar dari memori penyimpanan *magnetic card*. Kapasitas memori penyimpanan pada *magnetic card* sendiri hanya sebesar 125 byte, sedangkan memori penyimpanan pada *smart card* terdiri dari 1KB sampai 16KB dan 6KB sampai 24KB [5]. Ilustrasi komunikasi data antara *Contactless Smart Card* dengan *Contactless Smart Card Reader/Writer* dapat dilihat pada Gambar 9.

Alat ini menggunakan *Contactless smart card* untuk menyimpan informasi saldo yang disimpan oleh pelanggan pulsa elektronik, serta digunakan untuk membeli pulsa elektronik. Pada perancangan ini penulis menggunakan *MIFARE contactless card* dengan kapasitas penyimpanan sebesar 1 Kbyte. Alasan penggunaan *MIFARE contactless card* 1 K byte karena kapasitas memori yang dimiliki *contactless smart card* ini cukup menampung seluruh data dari pelanggan pulsa elektronik. *MIFARE contactless card* memiliki antena yang terintegrasi didalamnya yang memiliki jangkauan operasi 4 cm. Komunikasi data antara *MIFARE contactless card* dengan *contactless smart card reader writer* dilakukan melalui *Radio Frequency Identity* (RFID) dengan frekwensi 13.56 MHz.



Gambar 9. Komunikasi Data pada *Contactless Smart Card*

Contactless smart card reader/writer digunakan dalam perancangan untuk membaca informasi yang terdapat pada *contactless smart card*. *Contactless smart card reader/writer* yang digunakan adalah ACR 120S *contactless smart card reader/writer* untuk membaca informasi pada *contactless smart card*. Pemilihan ACR 120S *contactless smart card reader/writer* pada perancangan ini disebabkan ACR 120S dapat melakukan komunikasi data dengan MIFARE *contactless smart card* serta dapat bekerja dengan level tegangan + 5 V_{DC}, memiliki arus maksimum sebesar 100 mA, dan dapat melakukan komunikasi dengan mikrokontroler modul *interface*. ACR 120S memiliki LED yang berfungsi untuk menandakan bahwa *contactless smart card reader/writer* ini siap digunakan serta menandakan dilakukannya proses pembacaan maupun penyimpanan data ke *contactless smart card*. Antena yang terintegrasi di dalam ACR 120S berfungsi untuk memancarkan energi yang akan mengaktifkan *contactless smart card* sehingga dapat dilakukannya proses komunikasi data.

Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah *chip* atau suatu IC. Sebuah mikrokontroler dapat bekerja bila dalam mikrokontroler tersebut terdapat sebuah program yang berisi instruksi-instruksi yang akan digunakan untuk menjalankan sistem mikrokontroler tersebut. Komponen dasarnya terdiri dari:

1. *Central Processing Unit (CPU)* : CPU terdiri dari dua bagian, yaitu unit pengendali (*control unit*) serta unit aritmatika dan logika (ALU). Fungsi utama unit pengendali adalah mengambil, mengkodekan dan melaksanakan urutan instruksi sebuah program yang tersimpan dalam memori. Unit pengendali menghasilkan dan mengatur sinyal pengendali yang diperlukan untuk menyerempakkan operasi, aliran dan instruksi program. Unit aritmatika dan logika berfungsi untuk melakukan proses perhitungan yang diperlukan selama program dijalankan serta mempertimbangkan suatu kondisi dan mengambil keputusan yang diperlukan untuk instruksi-instruksi berikutnya.
2. *Random Access Memory (RAM)* : RAM merupakan memori yang dapat dibaca dan ditulis. RAM biasanya digunakan untuk menyimpan data sementara atau sering disebut dengan memori data saat program bekerja.
3. *EEPROM/EPROM/PROM/ROM*
ROM merupakan memori yang hanya dapat dibaca. Data yang disimpan di ROM tidak akan hilang meskipun tegangan catu daya dimatikan. Dari sifatnya itu maka ROM sering dipakai untuk menyimpan program. Ada beberapa jenis ROM mempunyai beberapa jenis diantaranya ROM, PROM, EPROM dan EEPROM. ROM merupakan memori yang sudah diprogram oleh pabrik. PROM dapat diprogram oleh pemakai tapi hanya dapat digunakan sekali saja. UV-EPROM merupakan PROM yang dapat diprogram atau ditulis beberapa kali. *Flash PEROM* adalah PROM yang dapat ditulis ulang beberapa kali dan dapat dihapus secara elektrik atau dengan tegangan listrik.
4. *Timer*
Digunakan untuk mengatur atau menghitung waktu.
5. *I/O, Serial & Parallel*
Tempat Mikrokontroler terhubung dengan perangkat lainnya.

Alat ini menggunakan mikrokontroler keluaran ATMEL dengan tipe AT89S51. Mikrokontroler ini merupakan mikrokontroler 8 bit yang memiliki 4K *byte Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM)*. Penggunaan AT89S51 dalam perancangan ini didasari oleh jumlah *port* yang dimiliki AT89S51 mendukung kebutuhan I/O perancangan alat ini. Ketersediaan mikrokontroler jenis AT89S51 yang banyak ditemui di pasaran juga mendukung pemilihan mikrokontroler jenis ini.

Interface

Interface berfungsi untuk menghubungkan antara mikrokontroler dengan *contactless smart card reader/writer*. Mikrokontroler memiliki level tegangan yang berbeda dengan *contactless smart card reader/writer*, yaitu mikrokontroler menggunakan level tegangan *Transistor-Transistor Logic* (TTL) yaitu 0 volt untuk logika '0' dan +5 volt untuk logika '1' sedangkan *contactless smart card reader/writer* menggunakan level tegangan RS-232 yaitu +3 volt sampai dengan +25 volt untuk logika '0' dan tegangan -3 volt sampai dengan -25 volt untuk logika '1'. Komunikasi antara mikrokontroler dengan *contactless smart card reader/writer* dilakukan dengan menggunakan *Integrated Circuit* (IC). IC *converter* ini berfungsi untuk mengubah level tegangan timbal balik antara TTL dengan RS-232. Serial RS-232 memiliki dua macam ukuran yaitu DB-25 (25 pin) dan DB-9 (9pin).

Penghubung komunikasi antara mikrokontroler dengan *contactless smart card reader writer* pada perancangan ini dibutuhkan serial *interface* IC MAX-232. Pemilihan serial *interface* pada perancangan ini karena sedikitnya penggunaan jumlah kabel untuk melakukan komunikasi dibandingkan dengan paralel *interface*, dan juga jarak pengiriman data serial *interface* lebih jauh dibanding paralel *interface*. IC MAX-232 berfungsi sebagai pengubah level tegangan antara TTL yang digunakan oleh mikrokontroler dan level tegangan RS-232 yang digunakan oleh *contactless smart card reader writer*.

Relay

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 menggerakkan sistem mekanikal *switch*. Apabila lilitan diberi arus, maka inti besi akan berubah menjadi magnet dan menggerakkan *switch*. Saat arus tidak diberikan, mekanikal *switch* kembali lagi ke posisi semula karena ada pegas yang menariknya. Kontak *relay* umumnya terdiri dari *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC). *Normally Open* merupakan kontak yang tidak terhubung dalam keadaan normalnya dimana lilitan *relay* tidak dialiri arus. *Normally Close* merupakan kondisi awal di mana *relay* belum diberi tegangan.

Relay pada rancangan ini dipergunakan sebagai pemisah antar hubungan mikrokontroler dengan *contactless smart card*, dan mikrokontroler dengan ponsel. Tujuan dipergunakan *relay* agar pelanggan pulsa elektronik dapat membatalkan pembelian pulsa apabila pelanggan tersebut salah memilih jenis pulsa ataupun jenis *provider* yang disediakan. Pelanggan pulsa elektronik yang sudah yakin memilih jenis *provider* dan nominal pulsa, maka akan dipotong saldo *contactless smart card*-nya lebih dulu sebelum rancangan ini mengirimkan pesan yang telah disimpan pada mikrokontroler melalui ponsel untuk mengisi pulsa elektronik. *Relay* yang dipakai adalah HRS2H-5-DC5V, *relay* ini bersifat *double pole double throw* (DPDT).

Keypad

Keypad merupakan sekumpulan tombol yang tersusun rapi dalam satu blok yang terdiri dari angka dan simbol. *Keypad* banyak diaplikasikan pada kalkulator, telepon, dan kunci kombinasi. *Keypad* biasanya dipakai sebagai tombol-tombol *input* di semua aplikasi. Contoh dari *keypad* dengan ukuran 3x4 dan 4x4 dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Contoh Keypad dengan Ukuran 3x4 dan 4x4 [7]

Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid crystal display (LCD) merupakan komponen elektronika untuk menampilkan karakter-karakter ASCII sederhana. LCD terdiri dari kristal cair *Twisted Nematic* (TN), dua buah kaca, sebuah elemen elektroda

untuk menentukan *pixel*, dan *Integrated Circuit* (IC) untuk mengatur baris dan kolom. Menentukan posisi *pixel* dari LCD dilakukan dengan cara pembentukan jala-jala dan arus akan diberikan pada posisi *pixel* tertentu untuk mengubah *pixel* dari *white pixel* menjadi *black pixel*.

LCD pada perancangan ini menggunakan LCD matriks dikarenakan pada LCD matriks menggunakan dot matriks (titik-titik yang membentuk matriks) untuk menampilkan karakter yang dikerjakan oleh sistem. LCD yang digunakan pada perancangan ini berukuran matriks 2x16 yang terdiri dari 2 baris dan 16 kolom serta memiliki maksimal karakter sebanyak 32. Pada perancangan ini penulis menggunakan LCD dengan ukuran 2x16 karena mudah diaplikasikan dengan mikrokontroler serta bekerja dengan level tegangan + 5 V_{DC}. LCD pada perancangan ini menampilkan karakter berupa informasi saldo dari *contactless smart card* serta menampilkan panduan untuk mengisi pulsa elektronik.

Buzzer

Buzzer merupakan komponen elektronika berupa speaker kecil yang menghasilkan frekuensi yang tetap. *Buzzer* banyak digunakan sebagai penanda peringatan atau tanda pemberitahuan. Pemberitahuan yang dihasilkan *buzzer* menunjukkan berhasil atau gagal suatu proses maupun berupa tanda alarm berbahaya. Komponen *buzzer* ini dioperasikan dengan cara diberi tegangan *Direct Current* (DC). Jenis-jenis *buzzer* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Jenis-Jenis *Buzzer*

Buzzer pada rancangan ini dipergunakan sebagai pembangkit bunyi bila *contactless smart card* yang dimiliki oleh pelanggan pulsa elektronik terdaftar pada alat pengisian pulsa elektronik yang dirancang. Alasan digunakannya *buzzer* dikarenakan bekerja sesuai dengan tegangan yang dirancang yaitu + 5 V_{DC}. Ukuran *buzzer* yang kecil serta harga yang terjangkau merupakan nilai lebih dalam pemilihan komponen.

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian terhadap modul catu daya dilakukan dengan dua cara, yaitu tanpa menggunakan beban dan dengan menggunakan beban. Pengujian modul catu daya dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian modul catu daya ini dapat menghasilkan tegangan *ouput* yang stabil atau tidak. Alat ukur tegangan yang dilakukan pada pengujian ini yaitu multimeter digital. Pengujian pertama catu daya dengan sumber tegangan 220 V_{AC} dilakukan tanpa menggunakan beban. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan multimeter ke *output* dari catu daya. hasil pengujian tanpa beban dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil pengujian modul catu daya tanpa beban

Pengukuran ke-	Tegangan catu daya 5V	Tegangan keluaran
1	5	4,94
2	5	4,95
3	5	4,95
4	5	4,94
5	5	4,94

Pengujian kedua catu daya dilakukan dengan menghubungkan beban yang dipasang pada *output* dari modul catu daya dan kemudian dihubungkan dengan multimeter. Beban yang digunakan menggunakan resistor yang nilainya sudah ditentukan terlebih dahulu. Terakhir beban resistor diganti dengan beban dari alat yang dirancang. Alat yang dirancang mempunyai beban 500 ohm. Hasil pengujian dengan beban dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian modul catu daya dengan beban

Nilai beban (ohm)	Tegangan catu daya 5 V	Tegangan <i>Output</i> (Volt)
100	5	4,92
200	5	4,93
300	5	4,93
400	5	4,94
500	5	4,94

Berdasarkan pengujian modul catu daya yang dilakukan, perhitungan untuk mendapatkan tegangan rata-rata dan toleransi dari output catu daya 5 V menggunakan rumus:

$$V \text{ rata-rata} = \frac{\text{Jumlah nilai tegangan hasil pengujian (Volt)}}{\text{Jumlah pengujian yang dilakukan}}$$

Jumlah pengujian yang dilakukan

$$\% \text{ Toleransi Tegangan} = \frac{V \text{ referensi} - V_{\text{rata-rata}}}{V \text{ referensi}} \times 100\%$$

Nilai perhitungan tegangan rata-rata dan toleransi dari pengujian catu daya 5 V dengan beban adalah

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{4,92 + 4,93 + 4,93 + 4,94 + 4,94}{5} = 4,932 \text{ Volt}$$

$$\% \text{ Toleransi Tegangan} = \frac{5 - 4,932}{5} \times 100 \% = 1,36 \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa tegangan keluaran catu daya mendekati hasil yang diinginkan, sehingga dapat dikatakan bahwa modul catu daya bekerja dengan baik.

Pengujian mikrokontroler untuk memastikan bahwa mikrokontroler dan *port* I/O berfungsi dengan baik. Pengujian dilakukan dengan cara memasukan program untuk menyalakan LED secara bolak balik ke dalam mikrokontroler, dimana program yang dirancang dapat dilihat pada Lampiran 3. Program yang dirancang membuat LED yang terhubung ke *port* 2.0 menyala pertama kali dan kemudian LED bergantian menyala ke *port* 2.1 sampai *port* 2.7. LED yang telah menyala sampai *port* 2.7 akan berbalik menyalakan LED sampai ke *port* 2.0. Tabel 3 merupakan hasil pengujian dari modul mikrokontroler.

Tabel 3. Hasil pengujian modul mikrokontroler

LED Waktu ke-	1	2	3	4	5	6	7	8
1	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
2	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
3	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
4	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF
5	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF
6	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF
7	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON
8	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON
9	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF
10	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF
11	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF
12	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
13	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
14	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF

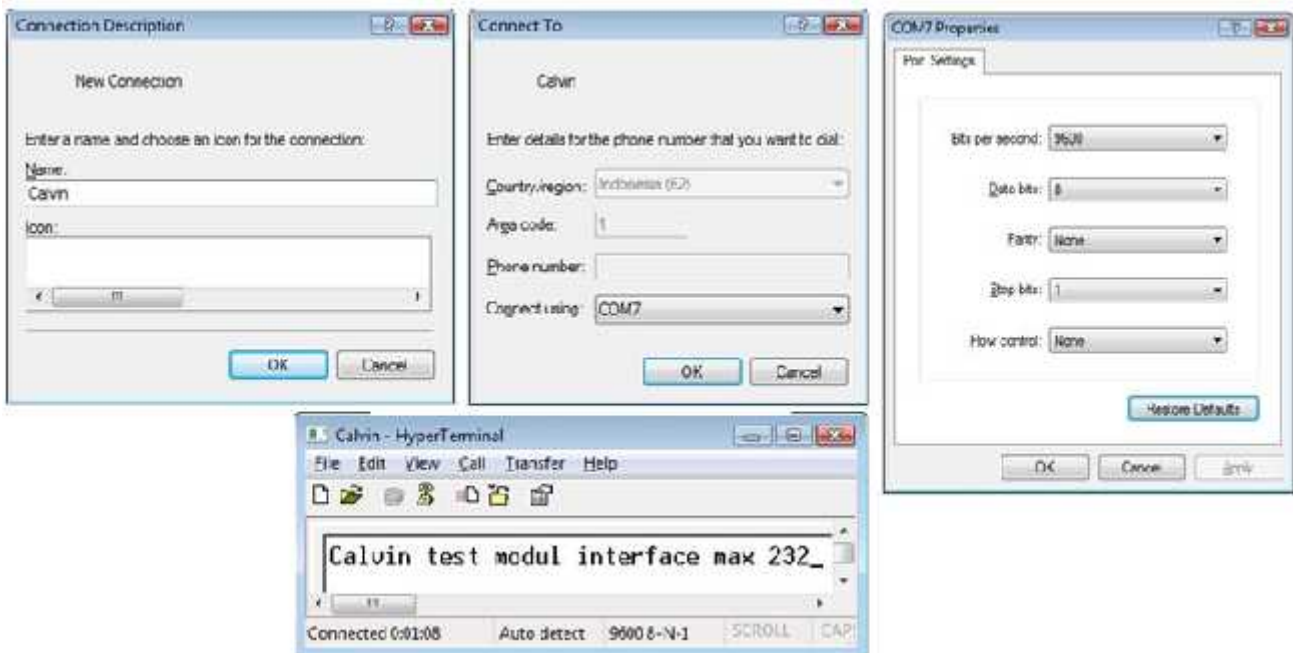
Berdasarkan pengujian yang dilakukan modul mikrokontroler dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler bekerja dengan baik. LED yang dipasang pada *output* menyala sesuai dengan program yang dimasukkan ke dalam mikrokontroler.

Pengujian modul *interface* dilakukan untuk mengetahui apakah modul ini dapat meneruskan data yang dikirim dengan baik. Pengujian terhadap IC MAX-232 dilakukan dengan dua cara, yaitu mengukur tegangan pada pin RS-232 dengan menggunakan multimeter digital, serta mengirimkan data dari mikrokontroler ke komputer dan sebaliknya. Pengujian pertama dilakukan dengan menggunakan multimeter untuk mengukur tegangan pada *pin* 11 ($T1_{in}$) dan *pin* 14 ($T1_{out}$). *Pin* 11 merupakan tegangan masukan dari mikrokontroler dan *pin* 14 merupakan tegangan keluaran menuju ke komputer. Pengujian pertama dilanjutkan dengan mengukur *pin* 13 ($R1_{in}$) yang merupakan tegangan masukan dari komputer dan *pin* 12 ($R1_{out}$) yang merupakan tegangan keluaran menuju mikrokontroler. Tabel 4 memperlihatkan hasil pengujian modul RS-232 dengan mengukur tegangan *pin*.

Tabel 4. Hasil pengujian IC MAX-232 dengan mengukur tegangan *pin*

Nilai Tegangan Masukan	Nilai Tegangan Keluaran
<i>Pin</i> 11 = 0	<i>Pin</i> 14 = +9.12
<i>Pin</i> 11 = +4.94	<i>Pin</i> 14 = -9.06
<i>Pin</i> 13 = +9.15	<i>Pin</i> 12 = 0.12
<i>Pin</i> 13 = -9.08	<i>Pin</i> 12 = +4.95

Pengujian kedua dilakukan dengan menggunakan program *Hyper Terminal*. Modul RS-232 akan dihubungkan ke komputer dan *pin* 11 ($T1_{in}$) dan *pin* 12 ($R1_{out}$) agar input yang diberikan oleh komputer dapat ditampilkan kembali pada aplikasi *Hyper Terminal*. Gambar 12. memperlihatkan hasil pengujian dengan menggunakan *Hyper Terminal*.



Gambar 12. Proses dan Hasil Pengujian Max-232 Menggunakan *Hyper Terminal*

Pengujian modul LCD dilakukan dengan memasukkan program untuk menampilkan Nama dan NIM dari penulis. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, pada LCD terdapat tampilan " CALVIN 525060021 " yang sesuai dengan program yang dijalankan. Pengujian dilakukan dengan memasukkan program untuk menampilkan Nama dan NIM.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, pada LCD terdapat tampilan " CALVIN 525060021 " yang sesuai dengan program yang dijalankan. Gambar hasil pengujian modul LCD dapat dilihat pada Gambar 13. Pengujian ini memastikan bahwa modul LCD dapat bekerja dengan baik.

Pengujian modul *buzzer* dilakukan dengan memberikan dua jenis *input*, yaitu *input high* dengan tegangan masukan 5 V dan *input low* dengan tegangan masukan 0 V. Dua jenis *input* ini akan dihubungkan ke kaki *base* dari transistor secara bergantian. Hasil pengujian modul *buzzer* dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 13. Hasil Pengujian Modul LCD

Tabel 5. Hasil pengujian modul *buzzer*

Pengujian ke-	<i>Input</i> tegangan	Kondisi <i>Buzzer</i>
1	<i>High</i>	Tidak Aktif
2	<i>Low</i>	Aktif
3	<i>High</i>	Tidak Aktif
4	<i>Low</i>	Aktif

Pengujian modul *keypad* perlu dilakukan untuk mengetahui apakah tombol *keypad* bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan menggunakan alat ukur multimeter dengan menghubungkan *pin-pin* yang terdapat pada *keypad*. Tabel 5 memperlihatkan hasil pengujian modul *keypad*.

Tabel 6. Hasil pengujian modul *keypad*

Tombol yang Ditekan	<i>Pin</i> yang Terhubung
1	<i>Pin</i> 0 dan <i>Pin</i> 4
2	<i>Pin</i> 0 dan <i>Pin</i> 5
3	<i>Pin</i> 0 dan <i>Pin</i> 6
4	<i>Pin</i> 1 dan <i>Pin</i> 4
5	<i>Pin</i> 1 dan <i>Pin</i> 5
6	<i>Pin</i> 1 dan <i>Pin</i> 6
7	<i>Pin</i> 2 dan <i>Pin</i> 4
8	<i>Pin</i> 2 dan <i>Pin</i> 5
9	<i>Pin</i> 2 dan <i>Pin</i> 6
*	<i>Pin</i> 3 dan <i>Pin</i> 4
0	<i>Pin</i> 3 dan <i>Pin</i> 5
#	<i>Pin</i> 3 dan <i>Pin</i> 6
A	<i>Pin</i> 0 dan <i>Pin</i> 7
B	<i>Pin</i> 1 dan <i>Pin</i> 7
C	<i>Pin</i> 2 dan <i>Pin</i> 7
D	<i>Pin</i> 3 dan <i>Pin</i> 7

Pengujian modul *relay* bertujuan untuk mengetahui apakah dapat berjalan atau tidak. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *digital multimeter* dengan memberikan tegangan pemicu berupa logika *high* sebesar 5 V dan logika *low* sebesar 0 V pada *relay* HRS2H-5-DC5V kaki P1 dan P2. Pemberi tegangan pemicu ini untuk mengaktifkan lilitan magnetik sehingga kaki *common* dan kaki *normally close* menjadi terhubung. Berdasarkan dari hasil pengujian pada Tabel 6. dapat disimpulkan bahwa ketika *relay* diberi *input High*, maka pada multimeter A terdapat tegangan sebesar 5 V, dan tegangan pada multimeter B sebesar 0 Volt. Apabila *relay* diberi *input Low*, maka pada multimeter A terdapat tegangan sebesar 0 Volt, dan tegangan pada multimeter B sebesar 5 Volt. Berdasarkan kesimpulan tersebut, maka modul *relay* dapat menyalurkan data dari mikrokontroler ke ponsel dan *contactless smart card* sesuai kriteria yang dibutuhkan.

Tabel 7. Hasil pengujian modul *relay*

<i>Input</i>	Multimeter A	Multimeter B
<i>High</i>	5V	0V
<i>Low</i>	0V	5V

Pengujian keseluruhan, dilakukan memilih pilihan pulsa yang tersedia yaitu : Rp.10.000,00 , Rp.25.000,00 , Rp.50.000,00 , Rp100.000,00. Terdapat 13 *provider* yang dapat dipilih oleh pembeli pulsa elektronik, yaitu : xl, mentari, im3, 3, simpati, axis, kartu as, esia, flexi, smart, smart one, fren, hepi. Proses transaksinya adalah saldo *contactless smart card* akan dikurangi, mikrokontroler akan mengirimkan pesan melalui ponsel yang berada di dalam alat yang dirancang ke dealer pulsa elektronik. Ponsel pembeli pulsa akan terisi pulsa secara otomatis beberapa saat kemudian. Dari hasil pengujian system yang dilakukan untuk ke 13 *priveder* dengan kartu *smart card* yang berbeda serta untuk nilai nominal-nominal yang tersedia . Dari pengujian tersebut system dapat bekerja sesuai dengan pilihan yang tersedia dan kartu *smart card* dapat diakses dengan baik.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari pengujian dan analisis keseluruhan terhadap perancangan dan realisasi alat pengisian pulsa berbasis mikrokontroler dengan *contactless smart card* pada perancangan ini, adalah:

1. Berdasarkan pengujian keseluruhan sistem, alat yang dirancang dapat mengisi saldo *contactless smart card* dan mengisi pulsa elektronik dengan baik, dan sesuai dengan provider dan nominal yang dikehendaki, sehingga dapat mempermudah pengisian pulsa elektronik di mana saja bagi pembeli.
2. Pada saat melakukan pengisian pulsa elektronik, alat yang dirancang akan membuat pembeli pulsa dapat membeli pulsa dengan cara *self-service*.
3. Pada alat yang dirancang terdapat empat pilihan nominal pulsa, yaitu : Rp.10.000,00 , Rp.25.000,00 , Rp.50.000,00 , Rp100.000,00. Terdapat 13 *provider* yang dapat dipilih oleh pembeli pulsa elektronik, yaitu : xl, mentari, im3, 3, simpati, axis, kartu as, esia, flexi, smart, smart one, fren, hepi.
4. Kelemahan dari alat ini adalah penggunaan *handphone* sebagai pengirim pesan ke *dealer* penjualan pulsa elektronik, dimana *handphone* memiliki catu daya yang terpisah, sehingga perlu dilakukan perawatan yang lebih sering untuk mengecek baterai *handphone* tersebut. Pengecekan baterai *handphone* dilakukan manual dengan membuka bagian belakang dari alat yang dirancang 2 hari sekali.

DAFTAR REFERENSI

- [1] A. Yo, *25 Peluang Usaha Pendulang Uang*, Yogyakarta: Indonesia Cerdas, 2007, pp. 172.
- [2] S.J. Joseph, *E-Commerce An Indian Perspective*, 2nd ed. New Delhi: Prentice-Hall of India Private Limited, 2006, pp. 405.
- [3] Shvoong, "Membangun APLIKASI PENGISIAN PULSA ELEKTRONIK BERBASIS SMS DENGAN JAVA" 23 April 2010, Pukul 22.47 WIB., <http://id.shvoong.com/internet-and-technologies/universities-research-institutions/1989981-membangun-aplikasi-pengisian-pulsa-elektronik/>
- [4] T. Rahman, "Mahalnya Biaya Komunikasi" 10 Januari 2008., <http://www.csrintonesia.com/data/articles/20080320231857-a.pdf>
- [5] W. C. Hu, C. W. Lee, and W. Kou, *Advances in security and payment methods for mobile commerce*, China: Idea Group Inc, 2005, pp. 351.