

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilakukan pada Sistem Berbasis Mikrokontroler Untuk Modernisasi Akses Terhadap Buku Fisik, didapatkan kesimpulan yaitu:

1. Sistem mampu mengidentifikasi pengguna berdasarkan barcode identitas masing-masing untuk mengakses lemari pintar menggunakan GM66 Barcode Scanner. Proses pemindaian berjalan optimal pada jarak ideal sekitar 10 cm antara perangkat mobile dan scanner, dengan tingkat kecerahan layar sebesar 50% serta sudut kemiringan barcode tidak melebihi 15°. Sistem ditempatkan pada lingkungan dengan kondisi pencahayaan redup hingga normal, yaitu pada rentang intensitas cahaya sekitar 50–500 lux, sehingga proses pembacaan barcode dapat berlangsung dengan baik. Sistem dapat membedakan transaksi peminjaman dan pengembalian melalui aksi pengguna terhadap lemari pintar. RFID Reader akan langsung mendeteksi buku yang diambil sebagai peminjaman dan buku yang diletakkan kembali sebagai pengembalian yang dieksekusi tepat setelah pintu lemari pintar tertutup. Batasan jumlah buku yang mampu dideteksi dengan baik oleh reader hingga tahap akhir implementasi sistem adalah sebanyak 6 buah buku.
2. Sistem mampu membedakan transaksi peminjaman dan pengembalian buku berdasarkan interaksi pengguna dengan lemari pintar. RFID Reader secara otomatis mendeteksi buku yang diambil sebagai transaksi peminjaman dan buku yang dikembalikan sebagai transaksi pengembalian, yang dieksekusi setelah pintu lemari pintar ditutup. Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian sistem, jumlah maksimum buku yang dapat dideteksi secara akurat oleh RFID Reader hingga tahap akhir pengembangan adalah sebanyak enam buku.
3. Sistem mampu mengintegrasikan proses peminjaman dan pengembalian buku dengan database secara otomatis melalui pemanfaatan mikrokontroler ESP32

yang terhubung ke Firebase Firestore menggunakan REST API. Integrasi dilakukan dengan membandingkan data baseline RFID sebelum dan sesudah pintu rak buku ditutup, sehingga perubahan status keberadaan buku dapat diidentifikasi sebagai transaksi peminjaman atau pengembalian. Setiap perubahan tersebut secara langsung memperbarui data pada koleksi *books* dan *users*, meliputi status ketersediaan buku, UID peminjam, waktu peminjaman, serta batas waktu pengembalian. Dengan mekanisme ini, sistem menjaga kesesuaian antara kondisi fisik buku pada rak dan data transaksi yang tersimpan di database secara *real time*.

4. Sistem mampu menutup pintu rak buku secara otomatis apabila pengguna meninggalkan rak dalam kondisi terbuka melalui mekanisme pengendalian waktu dan sinkronisasi status pintu pada database. Setelah pintu dibuka, aplikasi mobile menjalankan timer transaksi selama dua menit yang ditampilkan dalam bentuk hitung mundur. Jika pengguna tidak menutup pintu secara manual hingga waktu tersebut berakhir, sistem menampilkan notifikasi peringatan dan memberikan waktu toleransi tambahan selama satu menit. Apabila tidak terdapat respons dari pengguna, aplikasi akan memperbarui status pintu menjadi *close* pada koleksi *Door* di database Firebase. Perubahan status ini dipantau secara *real time* oleh mikrokontroler, sehingga pintu rak buku dapat tertutup secara otomatis tanpa intervensi pengguna. Mekanisme ini memastikan rak buku tidak dibiarkan terbuka dalam jangka waktu yang lama.
5. Sistem mampu menyediakan informasi terkait peminjaman dan pengembalian buku yang dilakukan oleh pengguna melalui integrasi antara mikrokontroler ESP32, database Firebase, dan aplikasi mobile. Setiap transaksi yang terdeteksi oleh sistem RFID diproses oleh ESP32 dan disimpan ke dalam database, mencakup data judul buku, waktu peminjaman, serta batas waktu pengembalian. Aplikasi mobile kemudian mengambil data tersebut secara *real time* dan menampilkannya kepada pengguna dalam bentuk riwayat peminjaman, status buku yang sedang dipinjam, serta batas waktu pengembalian. Dengan demikian, pengguna dapat memperoleh informasi transaksi secara akurat dan terkini tanpa perlu melakukan input data secara manual.

5.2 Saran

Berdasarkan implementasi dan pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini, terdapat beberapa saran dan pengembangan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja dari sistem yaitu :

1. Menggunakan RFID reader yang lebih sesuai untuk aplikasi perpustakaan, khususnya yang memiliki kemampuan *anti-collision* yang lebih baik dibandingkan CT-i808 serta mendukung penggunaan multi antena, sehingga proses deteksi dapat dilakukan secara lebih akurat pada jumlah buku dan rak yang lebih banyak.
2. Optimasi Perangkat Keras: Menggunakan material rak yang memiliki sifat pelindung elektromagnetik (*Electromagnetic Shielding*) atau pelapisan logam untuk membatasi jangkauan sinyal RFID agar tidak terjadi interferensi pembacaan pada buku yang berada di luar rak, serta meningkatkan akurasi sensor untuk meminimalisir kesalahan deteksi fisik.
3. Menambahkan mekanisme deteksi keberadaan pengguna di depan lemari, misalnya melalui sensor tambahan atau pendekatan berbasis *machine learning*, sehingga sistem penutupan pintu otomatis dapat bekerja lebih presisi ketika lemari ditinggalkan dalam kondisi terbuka.
4. Mengembangkan kemampuan sistem dan struktur database agar mendukung jumlah transaksi peminjaman dan pengembalian yang lebih besar dalam satu akun pengguna, sehingga sistem dapat digunakan pada skala operasional yang lebih luas.
5. Pengembangan Sistem untuk Skala Besar: Mengembangkan aplikasi mobile dengan fitur manajemen pengguna yang lebih kompleks (*Multi-level Access Control*) guna menyesuaikan regulasi di lingkungan sekolah, perguruan tinggi, maupun ruang publik. Hal ini mencakup otomatisasi kebijakan peminjaman yang berbeda untuk setiap kategori anggota, sistem pelaporan data statistik yang terpusat, serta integrasi dengan sistem informasi manajemen (SIM) yang sudah ada di instansi tersebut untuk mendukung efisiensi operasional dalam skala besar.