

Rancang Bangun Biometric Starting System Berbasis Microcontroller Atmega328p Untuk Operator Berat Dozer D3k Caterpillar

Abdul Halim^{1*}, Mangkona², Rovi Zakiratul Zuhri³

^{1,2,3}Politeknik Negeri Samarinda

*halim72@polnes.ac.id

Abstract

Heavy equipment industry is an employment sector with potentially high rate of accidents, which might occur due to the operator's own fault, where he or she does not have competence in operating such an equipment. This operator's fault accident ranks number two after that of the mechanic's accident rate, which is the focus of this research. In line with the latest digital electronic development, companies have been able to solve problems confronted with operators, one of which is through the application of biometric authorization device, which has been expected to be able to reduce the rate in the industrial accidents in heavy equipment rental. This device works by requiring authorization of the operator without inserting the manually inserted Ignition key to the machine, but the operator' fingerprint that has been authorized into the system to operate such a machine. This, in turn, Will be able to reduce risks of getting an accident among operators. Fingerprint has its function to recognize the operator's identity as well as password to the electronic Ignition key to the machine that not everybody can get access to operating the machine to start it up. Design of this electronically control device is to produce biometrically engine start-up replacing the currently recognize Ignition switch to crank and switch off the engine using microcontroller ATmega328P system. Results of the study gained from the tests based on the standard operating procedures show based on the standard Operating procedures show a 100% success without any obstacles

Keywords : biometric, starting system, mikrocontroller, fingerprint

Abstrak

Industri alat berat merupakan lapangan pekerjaan yang dimana memiliki tingkat kecelakaan kerja yang tinggi, banyak kecelakaan kerja terjadi dikarenakan kesalahan operator alat berat itu sendiri, baik itu karena operator tersebut tidak memiliki kompetensi keahlian dalam mengoperasikan kendaraan alat berat tersebut, sehingga operator alat berat menjadi pekerjaan dengan tingkat kecelakaan tertinggi kedua setelah mekanik, itulah yg menjadi dasar penelitian ini dilakukan. Seiring dengan perkembangan teknologi elektronika digital dewasa ini, maka persoalan-persoalan yang dihadapi mampu untuk dipecahkan dan disolusikan yang dialami perusahaan terhadap para operator dilapangan, salah satunya adalah *biometric authorization*, yang diharapkan dapat mengurangi tingkat kecelakaan kerja di dunia industri rental alat berat yang pekerjaannya memerlukan proses otorisasi para operatornya, dimana yang biasanya otorisasi tersebut biasanya menggunakan kunci kontak akan diganti dengan sidik jari (*fingerprint*). hanya operator yang telah terotorisasi yang dapat masuk kedalam sistem tersebut untuk mengoperasikan unit. Sehingga diharapkan dapat meminimalisir kecelakaan kerja dikalangan operator. *Fingerprint* berfungsi sebagai identitas operator dan password sebagai kunci elektroniknya. Dengan menggunakan *fingerprint* seseorang tak akan mudah mengoperasikan unit dengan sembarangan karena hanya sang operator yang sudah terotorisasi yang bisa *starting engine*. Tujuan dari pembuatan alat ini adalah untuk merancang dan membuat *biometric starting engine* otomatis menggantikan fungsi *key star switch* yang selama ini digunakan untuk *cranking engine* dan *turn off the engine* dengan kendali akses menggunakan *fingerprint* dan *password* berbasis mikrokontroler ATmega328P. Hasil yang diperoleh dari pengujian berdasarkan SOP yang telah dibuat berhasil 100% tanpa ada problem.

Kata kunci : biometric, starting system, microcontroller, fingerprint

1. Pendahuluan

Perkembangan sains dan teknologi akan melahirkan berbagai solusi untuk memecahkan permasalahan manusia. Masalah yang timbul, akibat terbatasnya kemampuan manusia ataupun dari factor lain, kini sedikit demi sedikit dapat teratasi salah satu solusi yang dapat membantu permasalahan manusia yaitu dengan menggunakan system kendali berbasis komputer. Salah satunya adalah *starting system* yang menggunakan otorisasi sidik jari.

Biometrika merupakan suatu metode pembuktian dan pengenalan otomatis identitas dari seseorang berdasarkan guratan-guratan jari. Biometrika sidik jari memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi, karena dinyatakan hampir semua individu tidak ada memiliki guratan sidik jari yang sama. Sistem pengamanan sidik jari sangat baik untuk di terapkan. Dengan adanya otorisasi sidik jari hanya orang yang memiliki otoritas saja yang dapat menyalakan atau mengoperasikan alat/kendaraan tersebut. Beberapa penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan dengan membuat kunci pagar menggunakan *Fingerprint* Berbasis Mikrokontroler ATmega328P [1]. Begitu pula penelitian akses control pintu ruangan menggunakan sidik jari yang berbasis ATmega 328P [2] dan akses

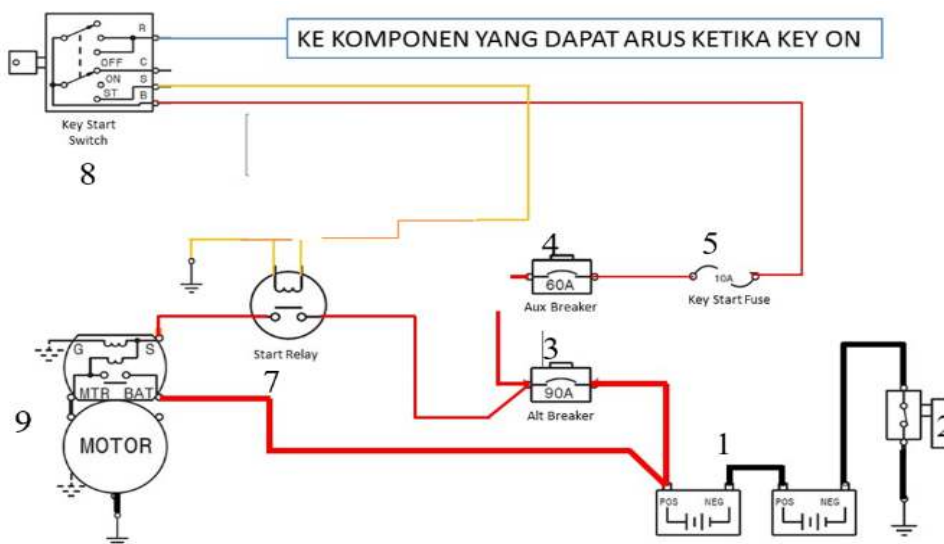
control pintu ruangan menggunakan sidik jari yang berbasis jari dikembangkan dengan *smartphone* android [3]. Dan bahkan keamanan pintu brankas menggunakan sensor sidik jari dan *password* digital dengan mikrokontroler ATmega 19 [4]

Tinjauan Pustaka Dasar Kelistrikan Alat Berat

Pada unit alat berat rangkaian *starting* mempunyai perangkat pengontrol dan pelindung. Perangkat ini digunakan untuk mengoperasikan motor starter dan mencegah operasi pada saat mesin dalam keadaan mode operasi karena alasan *safety*. Motor *Starter* membutuhkan sumber tenaga untuk menggerakkannya.

Penulis mengacu pada *schematic electric Dozer D3K Caterpillar* yang diterbitkan oleh media number KENR5711-04, untuk mengetahui rangkaian kelistrikan pada unit tersebut, yang kemudian digunakan sebagai referensi mengetahui rangkaian kelistrikan pada unit tersebut agar nantinya unit tersebut dapat dikontrol dengan alat yang di buat. [5]

Komponen pada sistem kelistrikan tersebut pada gambar 1, antara lain baterai (1), *disconnect switch* (2), *alternator breaker* (3),



Gambar 1 Skematik sistem kelistrikan dasar *starting system* D3K

aux breaker (4), *key start fuse* (5), *start relay* (6), *key start switch* (7) dan *starter motor* (8). Semua komponen tersebut berkerja bersama agar unit alat berat dapat menyala [6].

Fingerprint

Fingerprint adalah salah satu bentuk biometrik, sebuah ilmu yang menggunakan karakteristik fisik penduduk untuk mengidentifikasi. Sidik jari sangat ideal untuk tujuan ini karena mereka murah untuk mengumpulkan dan menganalisis dan mereka tidak pernah berubah, bahkan dengan umur orang.

Meskipun tangan dan kaki memiliki banyak daerah bergerigi yang dapat digunakan untuk identifikasi, sidik jari menjadi bentuk populer biometrik karena mereka mudah untuk mengklasifikasikan dan mengurutkan. Mereka juga dapat diakses.

Teknologi *fingerprint* merupakan salah satu cara yang paling aman karena *fingerprint* tidak bisa dimanipulasi data. *Fingerprint* telah terbukti cukup akurat, aman, mudah dan nyaman untuk dipakai sebagai identifikasi bila dibandingkan dengan *system* yang lainnya retina mata atau DNA. Hal ini dapat dilihat pada sifat yang dimiliki oleh sidik jari, antara lain [7] :

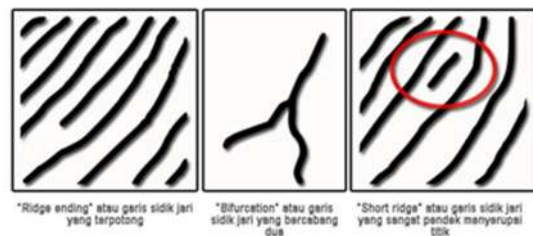
1. *Perennial nature*, yaitu guratan-guratan pada sidik jari yang melekat pada kulit manusia seumur hidup;
2. *Immutability*, yaitu sidik jari seseorang tidak pernah berubah, kecuali mendapatkan kecelakaan yang serius;
3. *Individuality*, pola sidik jari adalah unik dan berbeda untuk setiap orang.

Ketiga sifat ini, sidik jari dapat digunakan sebagai *system* identifikasi dalam aplikasi teknologi informasi seperti :

- a. *Access System Security*, yaitu akses untuk masuk ke suatu area atau ruangan tertentu yang terbatas;
- b. *Authentication System*, yaitu akses data yang sifatnya rahasia dan terbatas.

Secara sederhana *fingerprint* bekerja dengan "merekam" sidik jari seseorang, lalu menyimpan pola khususnya. Identifikasi

dilakukan dengan mencocokkan data yang telah tersimpan tersebut. Jika dinyatakan sama, akses otomatis terbuka. Sidik jari terdiri dari banyak garis menonjol yang cenderung melingkarlingkar. Hal ini bisa terlihat jelas, salah satunya ketika kita membuat cap jari menggunakan tinta untuk surat-surat resmi. Dari situ bisa dilihat, satu sidik jari saja memiliki banyak pola rumit. Jika semua pola ini digunakan, proses identifikasi sidik jari akan memakan waktu terlalu lama. Sebaliknya, jika pola yang diambil terlalu sederhana, kemungkinan pemindaian kurang akurat. Sebagai solusi, mesin pemindai hanya menangkap dan menyimpan tiga jenis pola pada guratan sidik jari. Pola diambil dari bagian yang pada hasil cap jari tintanya terlihat lebih tebal. Pola itu di antaranya, ujung garis (*ridge ending*), garis bercabang (*bifurcation*), dan garis pendek menyerupai titik (*short ridge*). Tiga detail pada sidik jari ini tak pernah ditemui sama pada manusia:



Gambar 2. Sidik Jari

Sensor Finger Scanner

Sensor finger scanner adalah sebuah perangkat elektronik yang digunakan untuk menangkap gambar digital dari pola sidik jari gambar tersebut disebut pemindai hidup. Pemindaian hidup adalah pemrosesan digital untuk membuat sebuah *template biometric* yang disimpan dan digunakan untuk pencocokan. Ini merupakan ikhtisar dari beberapa sidik jari yang lebih umum digunakan sensor teknologi



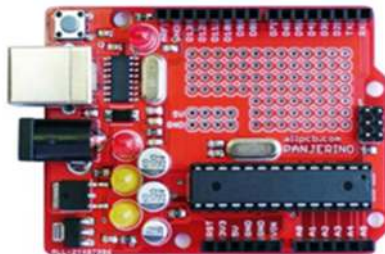
Gambar 3. Sensor Finger Scanner

Sebuah sistem pemindai sidik jari memiliki dua pekerjaan, yakni mengambil gambar sidik jari, dan memutuskan apakah pola alur sidik jari dari gambar gambar yang diambil sama dengan pola jari ada di *database*. Ada beberapa cara untuk mengambil gambar sidik jari seseorang, namun salah satu metode yang paling banyak digunakan saat ini adalah *optical scanning*.

Inti dari pemindai *optic charge coupled device* (CCD, Peranti terganadeng muatan), sistem sensor cahaya yang sama digunakan pada kamera digital dan *camcorder*. CCD merupakan sebuah larik sederhana dari diode peka cahaya yang disebut *photosite*, yang menghasilkan sinyal elektrik yang merespon foton cahaya. Setiap *photosite* merekam sebuah piksel, titik kecil yang mempresentasikan cahaya dan membentuknya. Piksel-piksel ini membentuk pola terang dan gelap dari sebuah gambar hasil scan sidik jari.

Board Panjerino Uno ATmega328P

Board Panjerino Uno ATmega328P adalah Board Mikrokontroler (Development Board) menggunakan *chip* mikrokontroler ATmega328P yang fleksibel dan *open-source*, *Software* dan *Hardware* nya relatif mudah di gunakan sehingga banyak di pakai oleh pemula sampai ahli. Untuk dapat digunakan Board Panjerino Uno ATmega328P di hubungkan ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau dengan adaptor atau *Power Supply* 7-12 V DC. Arduino Uno dapat di gunakan untuk mendeteksi lingkungan dengan membaca data dari berbagai sensor, misalnya jarak, inframerah, suhu, cahaya, ultrasonik, tekanan, kelembaban dan lain lain. [8]



Gambar 4. Pajerino Uno ATmega 328P

Secara garis besar Panjerino Uno ATmega328P mempunyai 14 pin Digital yang dapat di set sebagai Input atau Output dan 6 pin input Analog. Untuk lebih jelasnya untuk spesifikasi Arduino Uno bisa dilihat di bawah ini

Tabel 1. Spesifikasi Panjerino Uno ATmega328P

Mikrokontroler	ATmega328P
Tegangan Operasi	5V
Tegangan Masukan	7-12V
Tegangan (batas)	6-20V
Pin I / O Digital	54 (yang 14 memberikan keluaran PWM)
Pin <i>input</i> analog	16
Arus DC per I / O Pin	40 mA
Arus DC untuk Pin 3.3V	50 mA
<i>Flash Memory</i>	256 KB
SRAM 8 KB EEPROM	4 KB
Kecepatan Jam	16 MHz

Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional berukuran mikro dalam sebuah chip (*integrated circuit*) IC yang terdiri dari *processor*, memori (sejumlah kecil RAM, memori program atau keduanya) dan perlengkapan input output atau antarmuka yang bisa diprogram. Mikrokontroler adalah salah satu dari bagian dasar dari sebuah sistem komputer. Meskipun mempunyai bentuk yang jauh lebih kecil dari suatu komputer pribadi dan komputer *mainframe*, Mikrokontroler dibangun dari elemen-elemen dasar yang sama. Secara sederhana, komputer akan menghasilkan *output* spesifik berdasarkan inputan yang diterima dalam program yang dikerjakan

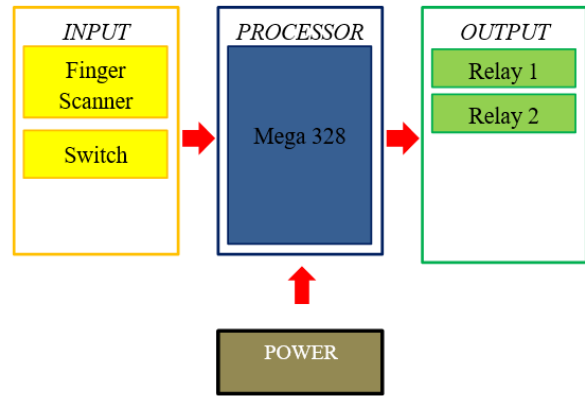
Pemrograman Dasar Panjerino

Panjerino menggunakan pemrograman dengan bahasa C. Berikut ini adalah sedikit penjelasan yang ditujukan kepada pembaca yang hanya mempunyai sedikit pengalaman pemrograman dan membutuhkan penjelasan singkat mengenai karakter bahasa C dan software Arduino [9].

Relay

Relay adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen

Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar/*switch*). *Relay* menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan *relay* yang menggunakan elektromagnet 5 Volt dan 50 mA mampu menggerakkan *armature relay* yang berfungsi sebagai saklarnya untuk menghantarkan listrik 220 V 2 A. [10]



Gambar 5. Perancangan Sistem

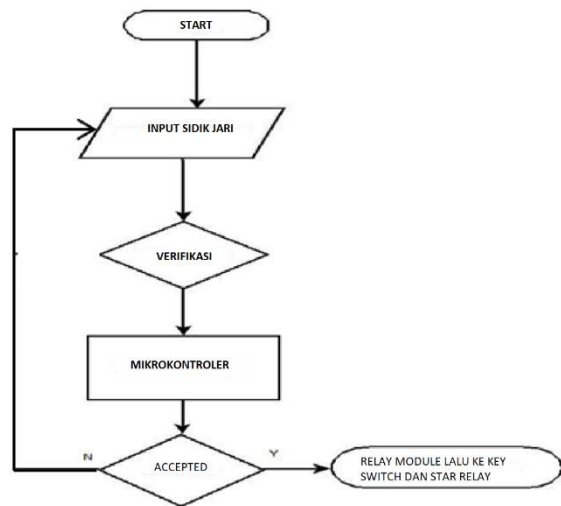
DFPlayer Mini

DFPlayer mini merupakan modul pemutar *file audio/ module sound player music* dengan *support format audio* seperti file mp3 yang sudah umum dikenal oleh khalayak umum. Bentuk fisik dari DF Player mini ini berbentuk persegi dengan ukuran 20 x 20 mm yang dimana memiliki 16 kaki pin. Output pada module mp3 mini ini dapat langsung dihubungkan dengan speaker mini ataupun *amplifier* sebagai penguat suaranya, [11].

Starting System

Starting System merupakan proses pemberian putaran awal pada *flywheel* oleh pinion gear dengan memanfaatkan energi listrik dari baterai yang diubah menjadi energi mekanik oleh *motor starter* dan *starting solenoid* yang fungsi utamanya sebagai *relay* untuk *field winding* sekaligus sebagai kopling untuk *pinion gear*-nya.

Untuk lebih detail dalam prinsip kerja dari peralatan yang di desain, maka dengan ini dibuat *flow chart* sebagaimana pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Flow chart pengujian

2. Metoda Penelitian

Set Up Parameter Model

Gambaran umum mengenai skema alat ditunjukkan pada gambar 5. Terdiri dari beberapa komponen input yakni *finger scanner* dan *switch power* kemudian sinyal akan diolah oleh sebuah *processor microcontroller* sebagai komponen *control* yang akan mengirim informasi ke komponen *output* seperti *Relay*.

Model parameter yang digunakan adalah sidik jari yang akan dibaca oleh *optical sensor* dari *fingerprint module* yang kemudian mengubah hasil tangkapan guratan jari kebentuk coding yang dapat dibaca oleh *microcontroller*, jika sidik jari benar atau telah terdaftar dan memiliki otoritas maka *microcontroller* akan mengirim sinyal menuju 2 *relay module* yang kemudian akan memutus nyambungkan arus listrik ke *key switch* dan *start relay*, dan jika jari yang dibaca oleh *fingerprint module* salah atau tidak memiliki

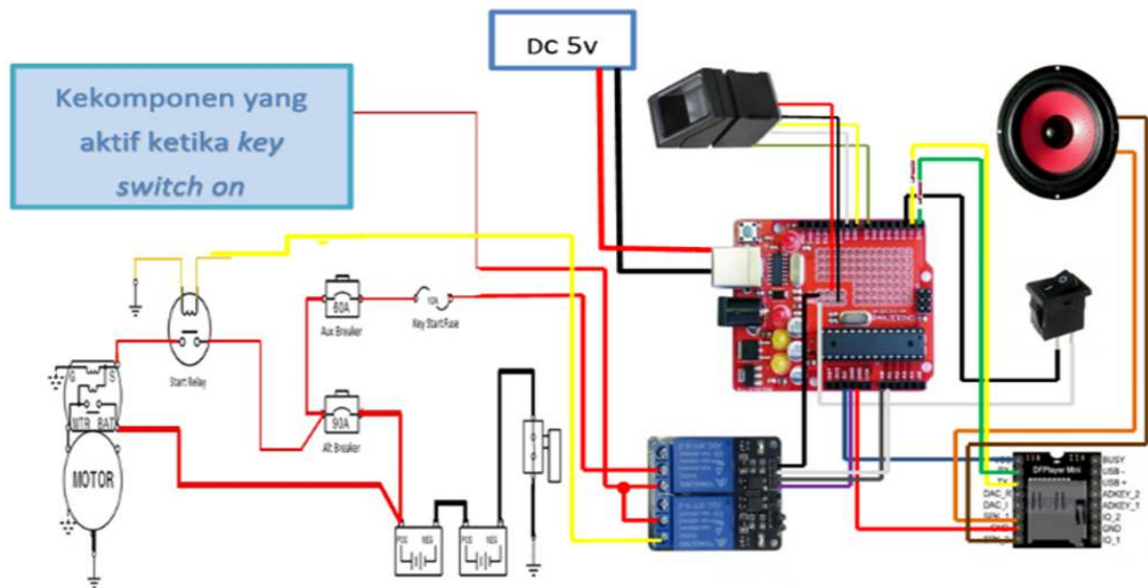
otoritas maka akan muncul peringatan berupa suara.

Agar alat yang dibuat dapat mengontrol unit alat berat D3K untuk menyala dan mengaktifkan *starting system* maka diperlukan skema pada kelistrikan D3K. Skema rangkaian tersebut haruslah dapat memutus dan menghubungkan kelistrikan pada *key start switch* dan *neutral start relay*. Terputus dan terhubungnya kelistrikan pada *key start switch* dan *neutral start relay* dikontrol oleh

mikroprosesor melalui modul relai dua saluran. Berikut adalah rangkaiannya pada gambar 7.

Data input Pembacaan Fingerprint

Perekaman sidik jari bisa dilakukan setelah memasukan coding ke dalam *microcontroller*. Ada beberapa proses pemrograman dalam pembuatan alat ini yaitu: program/coding pendaftaran dan pembacaan sidik jari, *coding sound* peringatan, *coding fingerprint module*.



Gambar 7. Skema rangkaian BSS dan sistim starting unit D3K

3. Hasil Penelitian
Hasil Pengujian Komponen Kontrol

Dengan dilakukan pengujian pada alat *biometric* ini memberikan beberapan hasil sebagai berikut : bahwa pada pengujian jari yang valid yaitu jari yang sudah didaftarkan terlebih dahulu di *software* SFGDemo. Hasilnya dari 10 kali pengujian dan dengan jari jempol tangan kanan 100% berhasil;

Dan pada pengujian jari yang invalid adalah jari yang belum didaftarkan terlebih dahulu di software SFGDemo. Hasilnya dari 10

kali pengujian dan dengan jari jempol tangan kanan 100% tidak teridentifikasi, untuk hailnya dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Pengujian Scanning Microcontroller

No	Pemilik Sidik Jari	Status Sidik Jari	Respon Fingerprint	Indikator Lamp Relay
1	Jempol Operator A	Tidak Teraftar	Not Valid	Hidup
2	Jempol Operator B	Tidak Teraftar	Not Valid	Hidup
3	Jempol Operator C	Teraftar	Valid	Mati

Pengujian jari yang valid akan diuji 3 macam kondisi yaitu kondidi jari kering, berkeringat dan berdebu, pengujian dilakukan sebanyak 10 kali, hasil yang diperoleh bahwa

rata-rata dengan jari kering tingkat keberhasilannya 100% pada saat mesin dihidupkan dan dimatikan dengan jari jempol tersebut. Begitupula dengan pengujian dengan jari berkeringat dan berdebu di mana tingkat keberhasilan mesin pada waktu dihidupkan dan dimatikan adalah masing-masing diperoleh rata-rata untuk berkeringat 80% dan berdebu 10%, untuk hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Pengujian Validasi Sidik Jari

No	Pemilik Sidik Jari	Status Sidik Jari	Kondisi Mesin	
			Hidup	Mati
1	Jempol Operator A	Kering	100%	100%
2	Jempol Operator B	Berkeringat	80%	80%
3	Jempol Operator C	Berdebu	10%	10%

Pengujian Starting System

Pada umumnya *starting system* memiliki 4 elemen utama yaitu *key star switch*, *start relay*, *starting motor solenoid*, dan *starting motor*. Disini *key star switch* diganti dengan 2 *relay module*, yang mana memiliki kapasitas 5-15 A. Pada saat pengujian berlangsung didapat bahwa *ambient temperature*-nya adalah 27 derajat Celcius dan sistem kelistrikan memiliki tegangan 24 volt dan voltase yang didapat selama crank adalah 23 volt. Hasil ini masih sesuai dengan toleransinya dari pengaruh *ambient temperature* terhadap tegangan baterai selama *cranking*.

Selain pengaruh *ambient temperature* terhadap tegangan baterai selama *crank*, *voltage drop* juga diuji, adapun hasilnya disajikan dalam Tabel sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil pengujian *voltage drop*

No	Circuit Tested	24 Volt System
1	Battery post "-" to starting motor terminal". "	0,6V
2	Drop across the disconnect switch	0,5V
3	Battery post "+" to terminal of the starting motor sol"+"	0,6V
4	Solenoid terminal "Bat" to the solenoid terminal "mtr"	0,7V

Berdasarkan Tabel 2 kondisi kelistrikan dari unit ini masih dalam kondisi cukup baik karena semua item masih masuk didalam batas toleransi.

Standar Operasional Prosedur (SOP) Prosedur Pendaftaran Sidik Jari

Jari harus dalam kondisi bersih dan kering sebelum melakukan pendaftaran sidik jari agar pembacaan sidik jari akurat dan tidak mengotori *optical sensor* dari modul *fingerprint module* itu sendiri, Berikut ini adalah prosedur pendaftaran sidik jari:

1. Koneksikan kabel catu daya untuk catu daya *microcontrollernya*;
2. Tekan switch pendaftaran ke posisi on;
3. Tekan tombol reset;
4. Tunggu lampu *fingerprint module* meyalakan kemudian tempelkan jari yang akan didaftar hingga lampu mati;
5. ketika lampu *fingerprint module* menyala tempelkan jari sekali lagi untuk memverifikasi;
6. Matikan *switch* untuk pendaftaran dan tekan tombol reset maka jari telah terdaftar.

Standar operasional prosedur untuk menghidupkan mesin

Pastikan jari dalam kondisi bersih dan kering sebelum mengoperasikan alat ini. Berikut ini adalah prosedurnya:

1. Sambungkan catu daya untuk *microcontrollernya*;
2. Aktifkan *disconnect switch*;
3. Pasang jari pertama untuk menyalakan kunci kontak;
4. Pasang jari kedua untuk *cranking engine*;
5. Pasang jari yang ketiga kalinya untuk mematikan *engine*.

Itu adalah Standar Operasional Prosedur (SOP) dari alat ini, selalu ikuti SOP agar umur dari alat tetap terjaga dan demi keselamatan kita semua.

4. Kesimpulan

1. Dari hasil pembuatan *starting system* dengan pengenalan sidik jari, dapat disimpulkan bahwa sistem dapat berkomunikasi dengan modul *fingerprint* berupa "On kontak",

“*Starter motor*”, “Off kontak” dan “eror”. Dari tiga jenis sidik jari (jempol kiri, telunjuk kiri, dan tengah kiri) pada lima orang yang menjadi sampel, tingkat kepekaan sensor bervariasi. Hal ini dikarenakan pada kualitas sidik jari saat menempel pada sensor;

2. Sistem akan menghidupkan peringatan saat ada sidik jari yang tidak sesuai menempel disensor dan setelah 5 kali akan terblokir dengan sendirinya. Sensor hanya akan berkominikasi dengan sidik jari yang tersimpan di dalam sensor;
3. *Biometric starting system* ini dapat diaplikasikan pada semua jenis alat berat yang menggunakan sistem key switch 10 Ampere. Dengan adanya teknologi ini diharapkan dapat meminimalisir *traffic accident* akibat operator yg tidak memiliki ijin atau belum mendapat pelatihan kompetensi terlebih dahulu.

5. Saran

1. Diharapkan teknologi *biometric starting system* ini dapat diaplikasikan di seluruh industri pertambangan yang menggunakan kendaraan yg memiliki resiko mengalami *traffic accident*. Terutama *Light Vehicle* (LV) yang melaju di jalur *houling* yang memiliki resiko kecelakaan sangat tinggi jika pengemudinya tidak berpengalaman dan tidak melalui proses pelatihan kompetensi untuk mendapatkan simper;
2. Diharapkan juga alat ini untuk dapat dikembangkan, karena masih banyak fitur-fitur yang dapat ditambahkan seperti penghitung waktu kerja unit, digabungkan dengan sistem absensi operator, acuan untuk penghitungan waktu kerja unit jika unit ini akan disewakan.

6. Daftar Pustaka

- [1] U. Usman, A. Abdul Azis Rahmansyah, and N. Fajri Apriadi, “Rancang Bangun Pagar Otomatis dengan Finger Print Berbasis Mikrokontroler,” *JTT (Jurnal Teknol. Ter., 2017*, doi: 10.31884/jtt.v3i1.3.
- [2] D. Saputra and A. H. Masud, “Akses Kontrol Ruangannya Menggunakan Sensor Sidik Jari Berbasis Mikrokontroler Atmega328p,” *Sentika*, 2014.
- [3] S. Lumban Tobing, “Rancang Bangun Pengaman Pintu Menggunakan Sidik Jari (Fingerprint) Dan Smartphone Android Berbasis Mikrokontroler Atmega8,” *Tek. Elektro Univ Tanjungpura Pontianak*, 2015, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [4] E. Yuliza and T. U. Kalsum, “Alat Keamanan Pintu Brankas Berbasis Sensor Sidik Jari Dan Password Digital Dengan Menggunakan Mikrokontroler Atmega 16,” *J. Media Infotama*, 2018.
- [5] KENR5969-04, *Schematic Electric Dozer D3K (Media Number KENR5711-04)*. 2017.
- [6] *Training Center [TC]. Fundamental of Electric, PT. Trakindo Utama, Cileungsi, Bogor*. 2008.
- [7] N. Suryani, “Pengenalaan Sidik Jari dengan Metoda Pencocokan Minusi,” Universitas Komputer Indonesia, Jakarta, 2006.
- [8] I. P, “Pengertian Arduino Uno Mikrokontroler Atmega328,” *06 Juli*, 2015.
- [9] N. G. A. P. H. Saptarini, R. A. Hidayat, and P. I. Ciptayani, “Ajarincode: aplikasi pembelajaran bahasa pemrograman berbasis web,” *Just Ti*, 2018.
- [10] M. H. Muhamad Saleh, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay,” *Jurnal Teknol. Elektro, Univ. Mercu Buana*, vol. 8, no. 3, pp. 181–186, 2017.
- [11] E. W. Vetricha Wulandari, “Automated Trash Sorting Design Based Microcontroller Arduino Mega 2560 with LCD Display and Sound Notification,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, doi:10.1088/1757-899X/725/1/012054.