

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Alat Pengupas Kulit Buah

Alat pengupas kulit buah merupakan perangkat yang digunakan untuk membantu proses pemisahan kulit buah dari bagian daging buah secara lebih cepat, aman, dan efisien. Pada umumnya, proses pengupasan buah masih banyak dilakukan secara manual menggunakan pisau atau alat pengupas sederhana yang digerakkan dengan tangan. Cara tersebut membutuhkan tenaga manusia, waktu yang relatif lama, serta memiliki risiko kecelakaan kerja seperti tangan terluka akibat penggunaan pisau saat proses pengupasan berlangsung. Selain itu, hasil pengupasan secara manual sering kali tidak merata sehingga mempengaruhi kualitas hasil akhir buah yang akan diolah maupun dikonsumsi. Oleh karena itu, diperlukan sebuah alat yang mampu membantu proses pengupasan agar lebih efektif dan efisien [7]

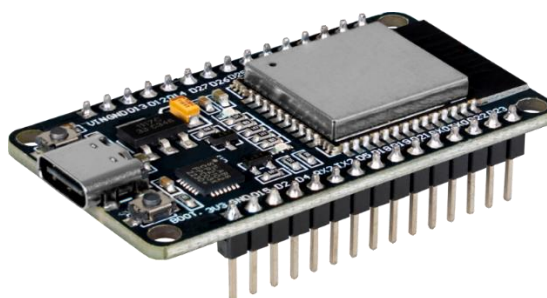
Pada penelitian sebelumnya telah dikembangkan beberapa alat pengupas buah otomatis menggunakan sistem kendali elektronik. Penelitian yang dilakukan oleh Angram (2023) merancang alat pengupas buah otomatis berbasis Arduino Uno yang mampu membantu proses pengupasan buah secara otomatis dengan memanfaatkan motor DC sebagai penggerak utama alat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sistem otomatis mampu mempercepat proses pengupasan dibandingkan metode manual serta mengurangi risiko kecelakaan kerja saat penggunaan pisau pengupas buah.

Dalam penelitian ini, alat pengupas kulit buah yang digunakan merupakan alat pengupas manual yang dimodifikasi menjadi sistem otomatis berbasis

mikrokontroler ESP32 dan *Internet of Things (IoT)*. Sistem otomatisasi dilakukan dengan menambahkan motor DC *gearbox* sebagai penggerak putaran tuas alat pengupas buah. Selain itu, sistem dilengkapi sensor infrared untuk mendeteksi keberadaan buah sehingga proses pengupasan dapat berjalan secara otomatis. Integrasi dengan platform *Blynk* memungkinkan pengguna melakukan monitoring status alat secara *real-time* melalui smartphone. Dengan pengembangan tersebut, alat diharapkan mampu meningkatkan efisiensi, keamanan, dan kemudahan dalam proses pengupasan kulit buah.

2.2 Mikrokontroler ESP 32

Mikrokontroler ESP32 merupakan salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem otomatisasi dan *Internet of Things (IoT)* karena telah dilengkapi fitur *Wi-Fi* dan *Bluetooth* dalam satu perangkat. ESP32 memiliki kemampuan pemrosesan data yang cukup baik serta mendukung berbagai antarmuka komunikasi seperti GPIO, PWM, ADC, UART, SPI, dan I2C. Selain itu, ESP32 memiliki konsumsi daya yang relatif efisien sehingga cocok diterapkan pada sistem kendali otomatis berbasis jaringan internet. Dengan kemampuan tersebut, ESP32 Banyak digunakan pada sistem monitoring dan kontrol perangkat elektronik berbasis *IoT* [8].



Gambar 2. 1 ESP32

Dalam penelitian ini, ESP32 digunakan sebagai pusat kendali utama pada alat pengupas kulit buah otomatis. ESP32 berfungsi untuk mengontrol kerja motor DC gearbox, membaca data dari sensor *infrared*, serta menghubungkan sistem dengan platform *Blynk* melalui jaringan *Wi-Fi*. Selain itu, ESP32 juga mengatur proses otomatisasi alat mulai dari pendeteksian buah hingga proses pengupasan selesai dilakukan. Penggunaan ESP32 dipilih karena memiliki performa yang stabil, ukuran yang ringkas, serta mendukung implementasi sistem *IoT* secara *real-time* melalui *smartphone* [9].

2.3 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan suatu konsep teknologi yang memungkinkan perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pertukaran data secara otomatis. Teknologi *IoT* memanfaatkan koneksi internet sebagai media komunikasi antara perangkat keras dan pengguna sehingga proses monitoring maupun pengendalian dapat dilakukan secara jarak jauh. Penerapan *IoT* saat ini banyak digunakan pada sistem otomatisasi karena mampu meningkatkan efisiensi kerja, mempercepat proses pertukaran informasi, serta mempermudah pengawasan perangkat secara *real-time* [10].



Gambar 2. 2 Internet Of Things

Dalam penelitian ini, teknologi *Internet of Things (IoT)* diterapkan pada alat pengupas kulit buah otomatis berbasis ESP32 untuk mendukung proses monitoring sistem melalui aplikasi *Blynk*. Sistem *IoT* memungkinkan pengguna memantau kondisi alat seperti status alat aktif, proses pengupasan, dan kondisi kerja motor melalui smartphone yang terhubung ke jaringan *Wi-Fi*. Dengan adanya sistem monitoring berbasis *IoT*, proses pengawasan alat dapat dilakukan dengan lebih mudah dan efisien tanpa harus melakukan pengecekan langsung pada alat [11].

2.4 *Blynk*

Blynk merupakan platform *Internet of Things (IoT)* yang digunakan untuk menghubungkan perangkat mikrokontroler dengan smartphone melalui jaringan internet. Platform ini memungkinkan pengguna melakukan monitoring dan kontrol perangkat elektronik secara *real-time* menggunakan aplikasi pada smartphone. *Blynk* mendukung berbagai jenis mikrokontroler seperti ESP32 melalui koneksi *Wi-Fi* sehingga banyak digunakan dalam pengembangan sistem otomatisasi berbasis *IoT*. Selain itu, *Blynk* memiliki tampilan antarmuka yang sederhana sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi sistem secara langsung (Rahayu & Sari, 2025).

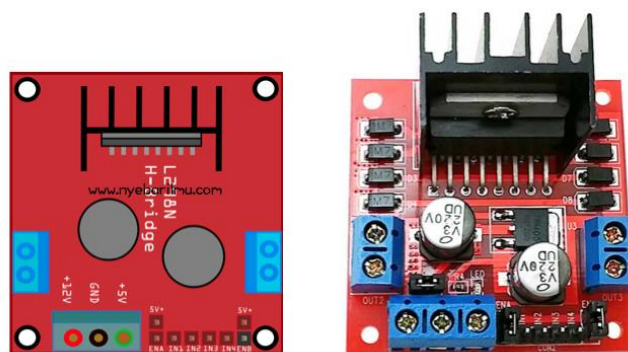


Gambar 2.3 Platform *Blynk*

Dalam penelitian ini, *Blynk* digunakan sebagai media monitoring pada alat pengupas kulit buah otomatis berbasis ESP32. Sistem *Blynk* berfungsi untuk menampilkan informasi kondisi alat seperti status alat aktif, proses pengupasan, dan kondisi kerja motor secara *real-time* melalui smartphone. Integrasi antara ESP32 dan *Blynk* dilakukan menggunakan jaringan *Wi-Fi* sehingga pengguna dapat memantau alat dari jarak jauh dengan lebih mudah dan efisien. Penggunaan platform *Blynk* dipilih karena mudah digunakan serta mendukung implementasi sistem *IoT* pada perangkat otomatisasi berbasis mikrokontroler.

2.5 Driver Motor L298N

Driver motor L298N merupakan modul pengendali motor yang digunakan untuk mengatur arah putaran dan kecepatan motor DC pada sistem otomatisasi. Modul ini menggunakan konfigurasi *dual H-bridge* sehingga mampu mengendalikan dua motor DC secara bersamaan. Selain itu, *driver* motor L298N mendukung pengaturan kecepatan motor menggunakan metode *Pulse Width Modulation (PWM)* sehingga putaran motor dapat dikontrol dengan lebih stabil dan presisi. *Driver* motor L298N banyak digunakan pada sistem robotika dan otomasi karena mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti ESP32 maupun Arduino [13].



Gambar 2. 4 Driver Motor L298N

Dalam penelitian ini, *driver* motor L298N digunakan sebagai penghubung antara ESP32 dan motor DC gearbox pada alat pengupas kulit buah otomatis. Modul ini berfungsi untuk mengontrol putaran motor yang digunakan dalam memutar tuas alat pengupas buah secara otomatis. Selain itu, *driver* motor juga membantu mengatur arah dan kecepatan motor agar proses pengupasan dapat berjalan dengan stabil sesuai program yang telah dibuat. Penggunaan *driver* motor L298N dipilih karena memiliki rangkaian yang sederhana, mudah digunakan, serta mampu bekerja dengan baik pada sistem otomatisasi berbasis mikrokontroler [14].

2.6 Motor DC Gearbox

Motor DC *gearbox* merupakan motor listrik arus searah yang dilengkapi dengan sistem roda gigi (*gear*) untuk menghasilkan torsi yang lebih besar dan putaran yang lebih stabil. Penggunaan *gearbox* pada motor DC bertujuan untuk memperlambat putaran motor sehingga tenaga yang dihasilkan menjadi lebih kuat dalam menggerakkan beban mekanik. Selain itu, motor DC *gearbox* banyak digunakan pada sistem otomatisasi dan robotika karena mudah dikendalikan menggunakan mikrokontroler dan mampu bekerja dengan putaran yang stabil. Penggunaan *gearbox* juga membantu meningkatkan tenaga putaran motor sehingga lebih sesuai digunakan pada sistem mekanik yang membutuhkan torsi besar [15].

Dalam penelitian ini, motor DC *gearbox* digunakan sebagai penggerak utama untuk memutar tuas alat pengupas kulit buah secara otomatis. Motor dikendalikan oleh ESP32 melalui *driver* motor L298N sehingga proses putaran dapat berjalan sesuai program yang telah dibuat. Penggunaan motor DC *gearbox*

dipilih karena memiliki torsi yang cukup kuat untuk memutar mekanisme alat pengupas buah serta mampu bekerja dengan putaran yang stabil. Dengan penggunaan motor tersebut, proses pengupasan buah dapat dilakukan secara otomatis tanpa harus memutar alat secara manual [16].



Gambar 2. 5 Motor DC

Motor DC berperan sebagai aktuator utama yang menghasilkan gerak putar untuk menggerakkan sistem mekanik secara otomatis. Putaran motor digunakan untuk memutar poros pemegang buah sehingga buah dapat berputar secara stabil selama proses pengupasan berlangsung. Kecepatan putaran motor dapat dikendalikan melalui mikrokontroler dan *driver* motor agar sesuai dengan karakteristik buah yang dikupas. Pengaturan kecepatan yang tepat membantu menghasilkan hasil kupasan yang lebih merata dan mengurangi risiko kerusakan pada daging buah. Motor DC mampu bekerja secara kontinu sehingga mendukung proses pengupasan tanpa intervensi manual. Torsi yang dihasilkan motor memungkinkan sistem tetap bekerja meskipun terdapat gesekan antara pisau dan kulit buah. Integrasi motor DC dengan rangka mekanik membuat alat mampu beroperasi secara konsisten dan efisien. Penggunaan motor DC juga memungkinkan sistem bekerja dengan konsumsi daya yang relatif rendah.

Kemudahan pengendalian motor DC mendukung penerapan sistem otomatis berbasis mikrokontroler dan *IoT*. Dengan karakteristik tersebut, motor DC menjadi komponen penting dalam mewujudkan alat pengupas kulit buah otomatis yang andal.

2.7 Sensor *Infrared (IR)*

infrared (IR) merupakan sensor elektronik yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek menggunakan pancaran sinar inframerah. Sensor ini bekerja dengan cara memancarkan cahaya inframerah kemudian menerima pantulan cahaya dari objek yang berada di depannya. Apabila terdapat objek yang terdeteksi, sensor akan menghasilkan sinyal keluaran yang dapat diproses oleh mikrokontroler. Sensor *infrared* banyak digunakan pada sistem otomatisasi karena memiliki respon yang cepat, mudah digunakan, serta mampu bekerja dengan baik dalam proses pendeteksian objek secara otomatis [17].



Gambar 2. 6 sensor IR

Dalam penelitian ini, sensor *infrared* digunakan untuk mendeteksi keberadaan buah pada alat pengupas kulit buah otomatis. Sensor akan mendeteksi buah yang telah dipasang pada alat, kemudian mengirimkan sinyal ke ESP32

untuk menjalankan motor DC secara otomatis. Dengan penggunaan sensor *infrared*, sistem dapat bekerja lebih otomatis karena proses pengupasan dapat dimulai tanpa harus menekan tombol secara manual. Selain itu, penggunaan sensor ini juga membantu meningkatkan efisiensi dan kemudahan penggunaan alat pengupas kulit buah otomatis berbasis *Internet of Things (IoT)*.

2.8 Sakelar On/Off

Sakelar *ON/OFF* merupakan salah satu komponen dasar dalam sistem kelistrikan yang berfungsi untuk menghubungkan dan memutus aliran listrik pada suatu rangkaian. Komponen ini bekerja secara mekanis dengan prinsip membuka dan menutup jalur arus listrik dari sumber daya ke beban. Keberadaan sakelar sangat penting untuk mengendalikan pengoperasian perangkat secara manual dengan cara yang sederhana dan aman. Sakelar *ON/OFF* umumnya digunakan sebagai pengaman awal sebelum sistem dioperasikan, sehingga pengguna dapat memastikan kondisi rangkaian dalam keadaan siap. Selain itu, sakelar juga berperan dalam mencegah terjadinya kerusakan komponen akibat arus listrik yang mengalir secara terus-menerus. Dalam sistem elektronik, sakelar sering ditempatkan pada jalur utama catu daya agar seluruh rangkaian dapat dikendalikan secara menyeluruh. Penggunaan sakelar yang tepat dapat meningkatkan umur pakai komponen karena memungkinkan perangkat dimatikan saat tidak digunakan. Sakelar *ON/OFF* tersedia dalam berbagai bentuk dan spesifikasi, seperti sakelar toggle, push button, dan rocker switch. Pemilihan jenis sakelar disesuaikan dengan kebutuhan arus, tegangan, dan tingkat keamanan sistem. Dengan fungsi yang sederhana namun krusial, sakelar *ON/OFF* menjadi komponen penting dalam hampir seluruh peralatan elektronik dan listrik.



Gambar 2. 7. Sakelar On/Off

Sakelar *ON/OFF* digunakan sebagai pengendali utama untuk mengaktifkan dan menonaktifkan sistem alat pengupas kulit buah otomatis secara keseluruhan. Ketika sakelar berada pada posisi *ON*, aliran listrik akan mengalir dari catu daya menuju mikrokontroler, *driver* motor, dan komponen pendukung lainnya sehingga sistem dapat mulai bekerja. Sebaliknya, saat sakelar diposisikan pada kondisi *OFF*, seluruh rangkaian akan terputus dari sumber daya listrik sehingga alat berhenti beroperasi. Penggunaan sakelar ini memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengontrol alat tanpa harus mencabut sumber daya secara langsung. Selain itu, sakelar berfungsi sebagai pengaman untuk menghentikan kerja alat dengan cepat apabila terjadi gangguan atau kondisi tidak diinginkan. Sakelar juga membantu proses perawatan dan pengujian alat karena sistem dapat dimatikan sepenuhnya sebelum dilakukan pengecekan komponen. Dalam sistem berbasis mikrokontroler, keberadaan sakelar memastikan proses inisialisasi perangkat berjalan dengan baik saat alat dinyalakan. Penempatan sakelar pada bagian luar rangka alat memudahkan akses pengguna saat mengoperasikan perangkat. Dengan demikian, sakelar *ON/OFF* tidak hanya berperan sebagai pengendali daya, tetapi juga mendukung aspek keselamatan dan kenyamanan penggunaan alat. Keberadaan sakelar ini menjadi bagian penting dalam sistem

kerja alat pengupas kulit buah otomatis yang terintegrasi secara elektronik dan mekanik.

2.9 LED Indikator

LED indikator merupakan komponen elektronika yang berfungsi sebagai penanda visual untuk menunjukkan kondisi atau status suatu sistem. LED bekerja dengan memancarkan cahaya ketika dialiri arus listrik pada arah dan tegangan tertentu. Komponen ini banyak digunakan karena memiliki konsumsi daya yang rendah serta umur pakai yang relatif panjang. LED indikator tersedia dalam berbagai warna seperti merah, hijau, kuning, dan biru yang masing-masing dapat mewakili kondisi tertentu pada sebuah perangkat. Warna cahaya LED sering dimanfaatkan untuk memberikan informasi yang mudah dipahami oleh pengguna tanpa memerlukan tampilan digital yang kompleks. Selain itu, LED memiliki ukuran yang kecil sehingga mudah dipasang pada berbagai jenis rangkaian elektronik. Penggunaan LED indikator juga dapat membantu proses diagnosis awal ketika terjadi gangguan pada sistem. Dengan adanya indikator visual, pengguna dapat mengetahui apakah suatu perangkat sedang aktif, dalam kondisi siaga, atau mengalami kesalahan. LED juga bersifat responsif karena menyala secara instan ketika arus listrik diberikan. Oleh karena itu, LED indikator menjadi salah satu komponen penting dalam perancangan sistem elektronik sederhana maupun kompleks [18].

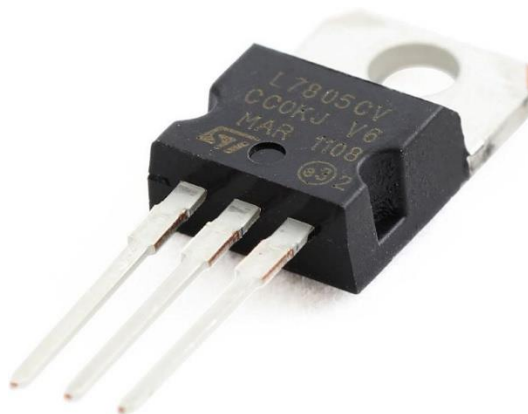


Gambar 2. 8. LED Indikator

LED indikator digunakan sebagai penanda status kerja pada sistem alat pengupas kulit buah otomatis yang dikendalikan oleh mikrokontroler. LED berfungsi untuk menunjukkan kondisi seperti alat dalam keadaan menyala, proses pengupasan sedang berlangsung, atau sistem dalam keadaan siap digunakan. Dengan adanya LED indikator, pengguna dapat mengetahui status alat secara langsung tanpa harus melakukan pengecekan melalui perangkat tambahan. LED juga membantu meminimalkan kesalahan pengoperasian karena memberikan informasi visual yang jelas sebelum dan selama alat bekerja. Warna LED dapat dibedakan sesuai dengan fungsi tertentu, misalnya LED hijau untuk kondisi normal dan LED merah untuk kondisi berhenti atau gangguan. Penerapan LED indikator menjadikan sistem lebih informatif dan ramah pengguna. Komponen ini juga mendukung sistem monitoring sederhana yang sejalan dengan konsep dasar *IoT*. LED dapat diintegrasikan dengan program mikrokontroler untuk menyala atau mati berdasarkan logika kerja alat. Dengan demikian, LED indikator berperan sebagai media komunikasi visual antara sistem dan pengguna. Keberadaan LED indikator meningkatkan keamanan serta kenyamanan dalam pengoperasian alat secara keseluruhan [19].

2.10 Regulator

Regulator tegangan merupakan komponen elektronik yang berfungsi untuk menjaga kestabilan nilai tegangan listrik agar tetap berada pada batas yang dibutuhkan oleh suatu rangkaian. Regulator bekerja dengan menurunkan atau menyesuaikan tegangan input yang lebih tinggi menjadi tegangan output yang lebih rendah dan stabil. Kestabilan tegangan sangat penting karena fluktuasi tegangan dapat menyebabkan gangguan kinerja pada komponen elektronik, bahkan berpotensi merusak perangkat. Regulator umumnya digunakan pada sistem yang melibatkan berbagai komponen dengan kebutuhan tegangan yang berbeda. Terdapat beberapa jenis regulator, seperti regulator linear dan regulator switching, yang masing-masing memiliki karakteristik dan keunggulan tersendiri. Regulator linear memiliki rangkaian sederhana dan tingkat *noise* yang rendah, namun efisiensinya relatif kecil. Sementara itu, regulator *switching* memiliki efisiensi yang lebih tinggi dan mampu menangani beban arus yang lebih besar. Regulator juga berperan dalam mengurangi *ripple* atau gelombang sisa dari sumber daya. Dengan demikian, penggunaan regulator menjadi bagian penting dalam perancangan sistem elektronik yang andal. Tanpa regulator yang baik, sistem tidak dapat bekerja secara optimal dan stabil [20].



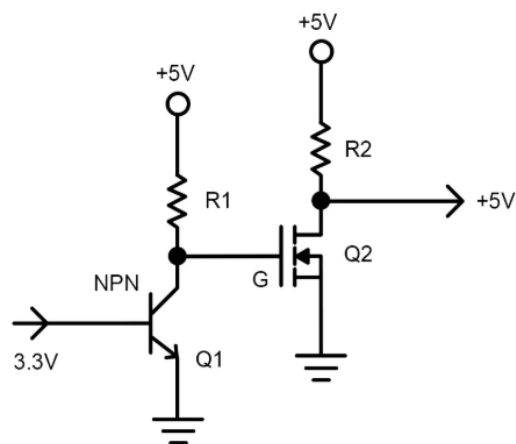
Gambar 2. 9. Regulator Tegangan

Regulator tegangan berperan penting dalam menjaga kestabilan pasokan daya untuk seluruh komponen elektronik yang digunakan dalam sistem otomasi. Regulator memastikan bahwa mikrokontroler menerima tegangan sesuai spesifikasi sehingga dapat bekerja secara normal dan akurat. Selain mikrokontroler, komponen lain seperti sensor, modul *IoT*, dan indikator juga sangat bergantung pada kestabilan tegangan dari regulator. Tegangan yang tidak stabil dapat menyebabkan kesalahan pembacaan sensor atau gangguan komunikasi data. Regulator membantu memisahkan jalur daya antara motor dan rangkaian logika agar gangguan listrik dari motor tidak mempengaruhi kinerja sistem kontrol. Penggunaan regulator juga memungkinkan satu sumber daya utama digunakan untuk menyuplai beberapa level tegangan yang berbeda. Hal ini membuat desain sistem menjadi lebih efisien dan terstruktur. Regulator turut meningkatkan keamanan rangkaian dengan mencegah lonjakan tegangan berlebih. Kinerja alat menjadi lebih konsisten karena suplai daya selalu berada dalam kondisi yang terkendali. Dengan adanya regulator, sistem pengupas kulit buah otomatis dapat beroperasi secara stabil dalam jangka waktu yang lebih lama [21].

2.11 Level Shifter

Level *shifter* merupakan sebuah rangkaian elektronik yang berfungsi untuk menyesuaikan atau mengonversi level tegangan sinyal digital dari satu tingkat logika ke tingkat logika lainnya. Komponen ini umumnya digunakan ketika terdapat perbedaan standar tegangan antara dua perangkat elektronik yang saling berkomunikasi. Perbedaan level tegangan tersebut sering terjadi antara sistem yang bekerja pada level 5 volt dan sistem lain yang menggunakan level 3,3 volt. Tanpa adanya penyesuaian level tegangan, komunikasi data dapat menjadi tidak

stabil atau bahkan menyebabkan kerusakan pada perangkat yang menerima sinyal. Level *shifter* bekerja dengan menerjemahkan sinyal logika tinggi dan rendah agar tetap dapat dikenali secara benar oleh kedua sistem. Komponen ini dapat berbentuk modul siap pakai atau dirancang dalam bentuk rangkaian transistor, MOSFET, atau IC khusus. Level *shifter* banyak digunakan pada sistem embedded, terutama pada komunikasi antarmuka seperti UART, SPI, dan I2C. Selain menjaga kompatibilitas tegangan, level *shifter* juga membantu meningkatkan keandalan transmisi data. Dengan penggunaan level *shifter*, risiko *noise* dan kesalahan pembacaan sinyal dapat diminimalkan. Oleh karena itu, level *shifter* menjadi salah satu komponen penting dalam sistem elektronik modern yang melibatkan berbagai perangkat dengan karakteristik tegangan berbeda [22].



Gambar 2. 10. Level Shifter

Level *shifter* berperan dalam menjembatani komunikasi antara mikrokontroler dan komponen lain yang memiliki perbedaan level tegangan kerja. ESP32 bekerja pada level logika 3,3 volt, sementara beberapa modul pendukung seperti *driver* motor, sensor tertentu, atau modul tambahan masih menggunakan level logika 5 volt. Ketidaksesuaian level tegangan tersebut berpotensi menyebabkan sinyal tidak terbaca dengan baik atau bahkan merusak port input

mikrokontroler. Dengan adanya level *shifter*, sinyal kontrol dari ESP32 dapat disesuaikan sehingga aman diterima oleh perangkat yang bekerja pada level tegangan lebih tinggi. Sebaliknya, sinyal keluaran dari modul 5 volt juga dapat diturunkan agar sesuai dengan batas aman ESP32. Level *shifter* membantu menjaga kestabilan komunikasi antar komponen selama alat beroperasi. Komponen ini juga mendukung keandalan sistem ketika alat bekerja dalam waktu lama dan beban motor berubah-ubah. Selain itu, level *shifter* berkontribusi dalam mengurangi gangguan sinyal yang disebabkan oleh fluktuasi tegangan dari motor DC. Dengan integrasi level *shifter*, sistem kendali dapat bekerja lebih aman, stabil, dan responsif. Hal ini mendukung kinerja alat pengupas buah otomatis agar berjalan sesuai dengan fungsi yang diharapkan [23].

2.12 Kabel *Jumper*

Kabel *jumper* merupakan salah satu komponen penting dalam perakitan rangkaian elektronik yang berfungsi sebagai penghubung antar komponen tanpa memerlukan proses penyolderan permanen. Kabel ini umumnya digunakan pada tahap perancangan dan pengujian rangkaian karena bersifat fleksibel dan mudah dipasang maupun dilepas. Kabel jumper terdiri dari beberapa jenis berdasarkan ujung konektornya, yaitu *male-to-male*, *male-to-female*, dan *female-to-female*. Setiap jenis kabel memiliki fungsi yang berbeda sesuai dengan kebutuhan koneksi antara modul, sensor, dan papan mikrokontroler. Bahan konduktor pada kabel jumper biasanya terbuat dari tembaga yang dilapisi isolator plastik untuk mencegah hubungan arus pendek. Panjang kabel jumper yang bervariasi memungkinkan penataan rangkaian menjadi lebih rapi dan terorganisir. Selain itu, penggunaan kabel jumper dapat mempermudah proses modifikasi rangkaian

ketika terjadi perubahan desain atau penambahan komponen. Kabel jumper juga sering digunakan pada *breadboard* dan *prototyping* board karena kompatibel dengan sistem pin yang tersedia. Keandalan kabel jumper sangat bergantung pada kualitas konektor dan bahan konduktornya. Oleh karena itu, pemilihan kabel jumper yang baik sangat penting untuk menjaga kestabilan sinyal dan arus listrik dalam suatu rangkaian elektronik [24].



Gambar 2. 11. Kabel Jumper

Kabel jumper digunakan untuk menghubungkan mikrokontroler dengan berbagai komponen pendukung seperti *driver* motor, sensor arus, modul RTC, dan modul penyimpanan data. Keberadaan kabel jumper memungkinkan aliran sinyal kontrol dan data dapat berjalan dengan baik antara ESP32 dan komponen lainnya. Sambungan yang fleksibel ini mempermudah proses perakitan rangkaian elektronik pada alat pengupas kulit buah otomatis. Selain itu, kabel jumper berperan penting dalam memastikan distribusi tegangan dari catu daya menuju setiap modul berjalan dengan stabil. Penggunaan kabel jumper juga mendukung proses pengujian sistem karena memudahkan penggantian atau penyesuaian koneksi antar komponen. Koneksi yang baik antar komponen sangat berpengaruh terhadap kinerja sistem kontrol motor dan pembacaan sensor. Kabel jumper membantu menjaga kerapian tata letak rangkaian sehingga meminimalkan risiko kesalahan koneksi. Dengan penataan kabel yang baik, gangguan sinyal akibat

sambungan longgar dapat dikurangi. Keandalan komunikasi antar komponen elektronik juga dapat ditingkatkan dengan penggunaan kabel jumper yang sesuai spesifikasi. Secara keseluruhan, kabel jumper mendukung proses perancangan dan pengujian sistem elektronik agar alat dapat beroperasi secara optimal dan stabil [25].