

BAB II

DASAR TEORI

Perancangan *separator magnetic* conveyor untuk pakan ternak unggas disusun berdasarkan teori-teori komponen yang digunakan beserta spesifikasinya. Dalam perancangan tugas akhir ini, Arduino Mega 2560 sebagai komponen pengontrolan utama dalam mengintegrasikan beberapa perangkat digunakan komponen antarmuka, *input* dan menghasilkan *output* dari setiap komponen yang digunakan, serta teori *separator magnetic* dalam menyusun rancang bangun.

2.1 Peternakan Unggas Indonesia

Saat ini industri unggas di Indonesia memiliki peran penting terhadap ketahanan pangan bagi masyarakat Indonesia. Terutama pemanfaatan daging ayam yang memiliki tingkat konsumsi tinggi di Indonesia dibandingkan dengan daging lainnya. Pada data menunjukkan konsumsi daging ayam pada tahun 2022 mencapai 0,15 kg/minggu dibandingkan sapi sebesar 0,01 kg/minggu. Konsumsi tertinggi pada daging ayam ras mencapai 89,5% [12]. Tingginya tingkat konsumsi masyarakat Indonesia maka kebutuhan akan pakan ternak unggas diperlukan. Peningkatan produksi harus mengutamakan aspek mutu pada masyarakat, karena pakan memiliki fungsi dalam menentukan kualitas dan kuantitas produk hasil ternak [13].

Pada peternakan unggas di Indonesia, karakteristik bahan baku pakan ternak seperti fisik, kandungan nutrisi, kandungan zat anti nutrisi mendorong dalam menciptakan mutu yang baik. Hal tersebut terjadi pada skala industri yang menciptakan perbedaan mutu antara produk pabrik dengan peternak. Perbedaan pada sektor peternak biasa membeli bahan-bahan sendiri untuk dicampur dengan bahan pabrik pakan ternak unggas. Dalam menjamin kualitas mutu terkait kondisi peternak unggas di Indonesia, diperlukan penerapan standar prosedur khusus dari ISO. Pada hal ini penerapan ISO 22000 mengenai standar *food safety management system* diperlukan untuk menciptakan keamanan bagi pangan terhadap potensi

bahaya keamanan pangan. Standar ini diperhatikan pada saat pemilihan bahan hingga proses bahan mencapai konsumen [14]. Selain itu, penerapan ISO 9001 diperlukan dalam standar mutu produk yang dihasilkan mencakup kalibrasi alat, penerapan kontrol proses berbasis risiko, dan peningkatan saat proses produksi.

2.2 Pakan Ternak Unggas

Pakan ternak adalah suatu hal penting dalam memberikan asupan nutrisi dan energi bagi hewan ternak unggas yang disesuaikan dengan kebutuhan jumlah yang dapat mencukupi tumbuh kembang ternak unggas. Kualitas daging dipengaruhi dari pakan ternak yang baik dengan syarat pakan yang dikonsumsi ternak unggas mengandung zat sesuai kebutuhan ternak unggas. Dengan begitu kebutuhan zat dan nutrisi ternak unggas ialah suatu hal yang harus diperlukan agar mendukung kehidupan bagi ternak unggas. Terdapat berbagai jenis pakan ternak unggas yang beredar di pasaran dengan berbagai kualitas. Dapat diamati bentuk, warna, bau, dan tekstur pakan ternak untuk melihat kualitas dari pakan ternak tersebut [15].



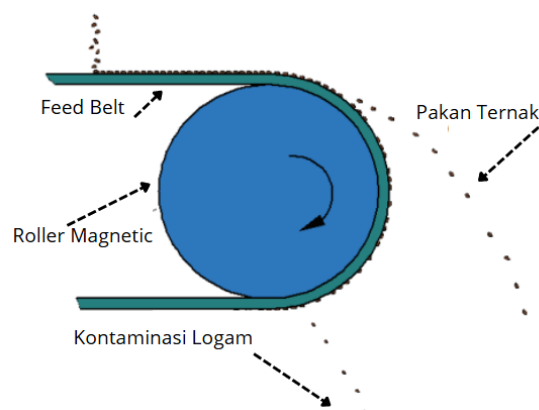
Gambar 2. 1 Pakan Ternak Unggas [16]

Jenis pakan ternak yang umumnya beredar di masyarakat yaitu pakan komplit dan pakan konsentrat. Pakan komplit merupakan pakan yang diolah menggunakan teknologi modern dengan higienis memiliki gizi yang mengandung protein 17-23% yang dibuat sedemikian rupa sesuai kebutuhan ternak unggas tanpa perlu mencampurkan bahan lainnya [4]. Sedangkan pakan konsentrat diberikan tambahan bahan lain seperti bekatul, jagung, dedak, obat hewan, tepung ikan maupun bahan lainnya namun masih memiliki protein didalamnya. Komposisi pakan ternak unggas seringkali diberi campuran obat-obatan adalah *growth promotor* yang

mengandung vitamin, antibiotik, dan *methylen blue*. Pencampuran yang baik adalah pencampuran yang menghasilkan tingkat homogenitas tinggi [17]. Pakan ternak memiliki berbagai bentuk yaitu berbentuk tepung (*mash*) diberikan kepada ayam petelur dalam fase *grower* dan *layer*, sedangkan pakan berbentuk pelet diberikan kepada ayam pedaging dalam fase *finisher*, kemudian pakan berbentuk *crumble* digunakan untuk ayam dalam fase *starter*, *grower*, dan *layer*. Standar pencemaran kandungan logam pada pakan ternak mengacu pada SNI No. 01-3751-2006 menyatakan ambang batas Pb lebih dari 60-100 $\mu\text{g/mL}$, karena berdampak pada darah manusia yang akan keracunan. Logam Pb, Fe, dan Mg memiliki batas 0,05 mg/kg pada pakan ternak unggas [6]. Dalam penelitian ini berfokus pada pengujian dampak pakan sebelum terkontaminasi logam dan setelahnya dari tampilan warna.

2.3 Separator Magnetic

Separator Magnetic atau pemisah magnet pada umumnya dipakai untuk memilah material *ferromagnetik* atau logam seperti tembaga (Cu), aluminium (Al), timbal (Pb), dan seng (Zn) di suatu industri [9]. Prinsip kerja dari *separator magnetic* dengan menggunakan magnet permanen yang dapat menciptakan suatu arus listrik sehingga bahan ataupun kandungan *ferromagnetik* akan terpisah keluar dari material lain [11]. Metode yang biasa digunakan disebut *eddy current separator* yang mengandalkan akibat dari suatu perubahan medan magnet pada *roller magnetic* sehingga menyebabkan gaya elektrodinamik pada partikel konduktif.

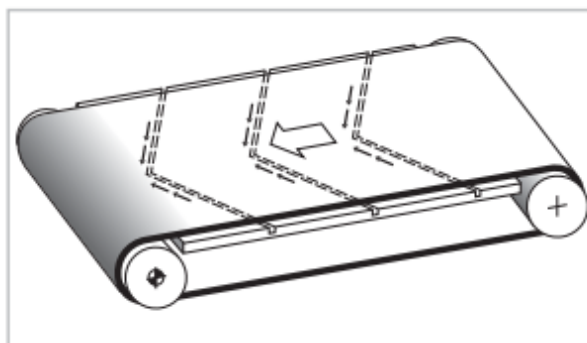


Gambar 2. 2 *Eddy Current Separator* [8]

Arsitektur magnet permanen yang terdapat pada *roller* sebagai *separator magnetic* ini tersusun dengan kutub N-S dan S-N yang berlawanan untuk menciptakan *eddy current separator* sehingga conveyor *belt* membawa partikel-partikel melalui *roller* dengan kecepatan tertentu. Partikel-partikel menabrak permukaan conveyor yang melingkupi *roller*, menimbulkan defleksi tambahan. Partikel dielektrik terpantul dan kemudian jatuh, sedangkan partikel logam mengalami dua efek sekaligus, yaitu defleksi dari tumbukan dan defleksi yang muncul akibat interaksi arus eddy dengan medan magnet. Hasilnya, partikel logam terlempar dan jatuh pada jarak yang lebih jauh daripada partikel dielektrik [18]. Selain itu, digunakan magnen permanen *neodymium* N35 yang diletakan pada atas permukaan conveyor sebagai *separator*. Penggunaan prinsip *eddy current separator* pada penelitian ini bertujuan untuk menyaring pakan ternak unggas yang terkontaminasi logam yang direalisasikan melalui penggunaan *roller magnetic* pada conveyor yang diatur dengan perangkat sistem kontrol.

2.4 Conveyor

Conveyor merupakan suatu mekanisme dalam mengangkut suatu barang dari satu tempat ke tempat lainnya dengan berbagai cara. Terutama jika suatu objek yang dipindahkan dalam jumlah besar tentunya melalui distribusi conveyor. Conveyor biasa dikenal dengan sebutan conveyor *belt* yang merupakan jenis conveyor dengan menggunakan sabuk (*belt*) secara kontinu untuk memindahkan beban. Sabuk conveyor biasanya berbahan PVC terhadap objek apapun sebagai beban yang ringan.



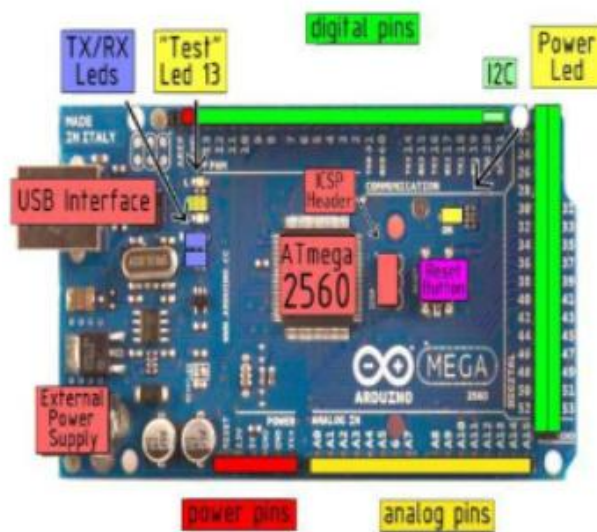
Gambar 2. 3 Conveyor *Belt* Untuk Distribusi Pakan Ternak Unggas

Penggunaan conveyor *belt* dinilai mampu menciptakan suatu proses distribusi secara efisien karena mampu memindahkan objek atau barang sekaligus dalam jumlah besar yang memudahkan pekerjaan manusia sehingga mempersingkat waktu. Jenis conveyor banyak ditemukan diberbagai industri seperti farmasi, makanan, kosmetik, peternakan, dan lainnya. Terdapat metode dalam menentukan pengangkutan bahan sesuai industri dan kebutuhannya baik ukuran maupun bentuk material. Salah satunya conveyor *belt* dapat memakai beban satuan atau curah pada garis lurus (horizontal) yang digunakan pada penelitian ini dengan menggunakan Motor DC Power Window sebagai penggerak dalam mengontrol conveyor yang terdiri dari bagian-bagian umum terdiri dari *belt* merupakan suatu sabuk sebagai komponen utama yang memiliki bahan PVC untuk menopang beban di atasnya. Sedangkan *roller* adalah suatu perangkat dari penopang *belt* pada conveyor agar *belt* stabil dalam menopang beban. Terdapat jenis *drive* yang digerakan motor atau *idler* yang berfungsi hanya sebagai penopang. Tentunya conveyor membutuhkan *frame* untuk menopang yang merupakan struktur keseluruhan dari pemasangan conveyor *belt* untuk menopang keberlangsungan conveyor dengan bahan baja atau alumunium. Untuk menopang dari penggerak conveyor *belt* digunakan *pulley* dan *bearing* untuk mengurangi gesekan [19].

2.5 Arduino Mega 2560

Arduino adalah teknologi yang saat ini umumnya digunakan pada proyek elektronika. Pada dasarnya Arduino berbentuk seperti papan sirkuit yang dilengkapi dengan mikrokontroller didalamnya serta dapat diprogram sesuai kebutuhan dari penggunaanya. Terdapat berbagai jenis Arduino yang umumnya digunakan seperti Uno, Mega, Nano, dan lainnya. Arduino Mega 2560 adalah suatu pengembangan *open source* yang memiliki chip Atmega 2560 dan memiliki banyak pin I/O lebih banyak dibandingkan jenis Arduino lainnya, maka lebih ideal untuk proyek yang memiliki banyak *input* dan *output*. Arduino Mega 2560 memiliki 256 KB *Flash Memory*, 8 KB SRAM, 4 UART (*Port Serial*) dan 4KB EEPROM, tegangan operasi 5 V_{DC} pada pin VCC, serta tegangan operasi pada pin Vin yaitu 7-12 V_{DC} untuk dapat bekerja saat terkoneksi USB ataupun catu daya *power supply*. Selain itu,

memiliki sinyal kontrol *Pulse Width Modulation* (PWM) yang dapat mengatur kecepatan motor maupun LED. Dengan fitur ini Arduino Mega 2560 agar menjalankan fungsinya dapat diprogram menggunakan *software* Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) sehingga *user* dengan mudah melakukan proyek pemrograman [20].



Gambar 2. 4 Arduino Mega 2560 Sebagai Kontroller [21]

Penggunaan jenis Arduino Mega 2560 dipilih karena kebutuhan pin analog, pin digital PWM diikuti dengan pin komunikasi serial pada penggunaan HMI pada sistem penelitian. Dalam penelitian ini digunakan perangkat Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroller sebagai *processing unit* sistem yang akan dibuat dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Parameter	Deskripsi
Mikrokontroller	ATmega 2560
Tegangan Operasi	5 V _{DC}
Tegangan Masukan	7 – 12 V _{DC}
Batas Tegangan Masukan	6 – 20 V _{DC}
Arus DC Tiap Pin	40 mA

Arus DC Pin 3.3 V _{DC}	50 mA
Pin Analog	16 Pin
Pin Digital	54 Pin (15 PWM <i>Output</i> Pin)
Pin Kontrol	Pin <i>Reset</i>

2.6 Arduino IDE

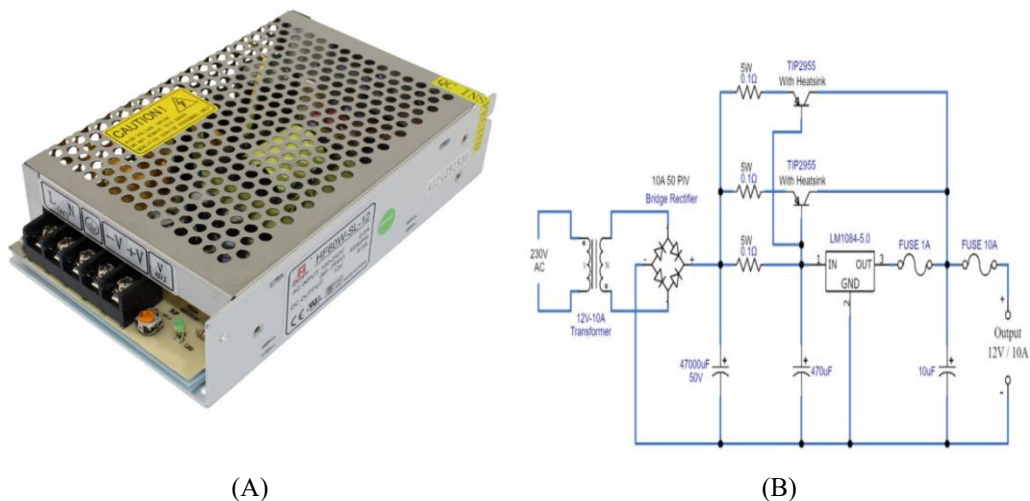
Arduino *Integrated Development Enviroment* (IDE) merupakan suatu *software* yang terintegrasi editor program, *compiler*, dan *downloader* yang dipakai untuk semua modul perangkat Arduino termasuk penggunaan Arduino Mega 2560. Penggunaan Arduino IDE banyak menjadi pilihan karena bersifat *open source* yang dapat diakses oleh semua pengguna [22]. Selain itu, Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman berbasis C/C++ yang disesuaikan untuk memudahkan pengguna dalam mengakses proyek. Perkembangan bahasa BPCL yang dikembangkan oleh Martin Richards tahun 1967 merupakan asal muasal terciptanya pemrograman Arduino. Untuk dapat memprogram tahap awal, komputer tidak perlu dihubungkan pada *hardware* Arduino yang digunakan.

Dalam program Arduino IDE terdapat beberapa fungsi utama diantaranya yaitu “void setup ()” digunakan sebagai inisialisasi komponen yang digunakan seperti sensor, aktuator, dan modul komunikasi. Lalu perintah “void loop ()” berfungsi menjalankan logika program berulang kali. Pada fungsi bawaan lainnya “pinMode ()”, digitalWrite (), dan analogRead ()” memiliki tujuan agar pengguna dapat mengontrol pin yang disesuaikan pada *board* Arduino. Fitur lainnya pada Arduino IDE didukung berbagai program pustaka yang terdapat di *library* untuk memperluas fungsionalitasnya.

2.7 Power Supply

Power Supply atau catu daya ialah sebuah perangkat elektronika yang berfungsi sebagai sumber daya bagi perangkat elektronika lainnya yang terhubung. Pada dasarnya catu daya berarti sistem penyearah (*filter*) dikarenakan mengubah arus AC menjadi DC [23]. Selain itu istilah Power Supply biasa disebut *converter* tegangan

listrik yang biasa juga disebut *electric power converter*. Perangkat ini banyak digunakan pada berbagai implementasi seperti sistem kontrol industri, motor DC, dan perangkat lainnya yang memerlukan kestabilan pada tegangan. Adapun prinsip kerja dari suatu Power Supply khususnya dalam penelitian ini menggunakan jenis *Power Supply Switching* 12 V_{DC} 10A terjadi proses penyearahan, penyaringan, regulasi, dan proteksi pada komponen internal Power Supply. Saat tegangan AC 220 V_{AC} yang bersumber dari listrik PLN diubah dengan prinsip rangkaian *bridge rectified* (dioda penyearah) agar berubah menjadi sumber listrik DC. Kemudian tegangan agar lebih stabil menggunakan kapasitor *filter* dan tegangan diatur melalui IC atau *switching regulator* sebagai rangkaian regulator untuk memastikan keluaran sebesar 12 V_{DC} memiliki kestabilan.



Gambar 2. 5 *Power Supply* Sebagai Sumber Daya Perangkat

Jenis *Power Supply Switching* 12 V_{DC} 10A memiliki daya stabil dan melindungi perangkat elektronik dari terjadi fluktuasi daya. Penelitian ini menggunakan *Power Supply* 12 V_{DC} 10A sebagai sumber tegangan bagi aktuator berupa Motor DC Power Window, memberikan daya pada kontroller Arduino Mega 2560 yang melewati *step down converter* LM2596 yang telah diatur untuk diturunkan tegangan terlebih dahulu agar bisa menggunakan tegangan sesuai spesifikasi Arduino Mega 2560 sebagai kontroller. Tentunya dengan kapasitas yang memadai dapat memberikan dampak yang andal dan optimal. Spesifikasi pada Power Supply 12 V_{DC} 10A adalah sebagai berikut ini.

Tabel 2. 2 Spesifikasi *Power Supply Switching* 12V 10A

Parameter	Deskripsi
Tegangan Keluaran	12 V _{DC}
Rentang Kontrol Tegangan	11 – 13.8 V _{DC}
Arus Keluaran	10 A
Daya Keluaran	120 W
Tegangan Masukan	100 – 240 V _{AC} /50 Hz/60 Hz
Suhu Operasi	-10°C hingga +50°C
Suhu Penyimpanan	-20°C hingga +60°C
Jenis Bahan	Metal/Alumunium
Kelembapan	0-95% <i>Non-Condensation</i>
Berat	480 gram
Perlindungan	<i>Shortage, Overload, Over Voltage</i>
Dimensi	199 mm × 98 mm × 42 mm

2.8 Motor DC Power Window

Motor DC (*Direct Current*) merupakan suatu mesin listrik yang menggunakan listrik searah untuk berputar atau rotasi dari perubahan energi listrik menjadi mekanik. Tentunya untuk bisa bekerja memerlukan masukan tegangan searah pada kumparan medan untuk dapat mengubah menjadi energi mekanik. Motor DC banyak dijumpai pada perkakas rumah tangga, drone, kendaraan listrik, robot industri, dan lainnya. Arsitektur pada Motor DC terdapat stator merupakan bagian yang tidak berotasi dan kumparan jangkar yang disebut rotor merupakan bagian yang berputar. Apabila terjadi pada rotor yang berisi kumparan magnet dalam kondisi berputar maka akan timbul Gaya Gerak Listrik (GGL) pada medan magnet yang berubah arahnya dalam perputarannya [24].



Gambar 2. 6 Motor DC Power Window Sebagai Penggerak Conveyor [25]

Salah satu jenis Motor DC yaitu jenis Power Window yang merupakan salah satu komponen pada mobil modern. Motor DC Power Window berfungsi menggerakkan kaca pada jendela mobil yang bergerak naik-turun secara otomatis. Dengan menggunakan jenis motor ini, penumpang tidak perlu menggunakan tuas untuk menggerakkan kaca pada jendela mobil [26]. Pada dasarnya Motor DC Power Window juga memiliki prinsip kerja yaitu ketika posisi medan magnet pada rotor selalu berlawanan arah dengan medan magnet pada stator. Hal ini sejalan dengan prinsip magnet yang berlawanan arah antara kutub apabila didekatkan maka akan terjadi tolak menolak. Dalam hal ini magnet berguna dalam menyimpan energi dan terjadi perubahan energi yang terjadi dari energi listrik menjadi mekanik. Arus mengalir melewati jangkar disebabkan perubahan arah dari medan rotor dari menghubungkan aliran arus rotor pada tegangan luar dengan sikat (*brush*) tentunya dilengkapi komutator. Kemudian dilengkapi *gearbox* untuk menurunkan kecepatan tinggi dan menghasilkan torsi besar.

Pemilihan motor ini didasarkan karena memiliki torsi yang cukup tinggi sehingga memungkinkan pergerakan yang kuat dan stabil dalam menggerakkan conveyor *belt*. Selain itu, motor ini mudah dikendalikan dengan driver IBT_2 maupun BTS 7960 yang dapat dikontrol dengan PWM (*Pulse Width Modulation*). Selain itu, karena operasi motor berada pada tegangan 12 V_{DC} sangat cocok

dihubungkan pada Arduino Mega 2560 untuk *driver* PWM dan lebih efisien dibandingkan pemilihan Motor AC. Dengan kemampuannya Motor DC Power Window dipilih untuk memastikan beban conveyor dan *separator magnetic* conveyor berjalan optimal. Berikut merupakan spesifikasi dari Motor DC Power Window yang digunakan.

Tabel 2. 3 Spesifikasi Motor DC Power Window

Parameter	Deskripsi
Tegangan Masukan	12 V _{DC}
Berat	290 gram
<i>Continous Current</i>	2,1 A
Kecepatan Putaran Motor	90 RPM
<i>Unload Speed</i>	60 RPM
Torsi Dihasilkan	2,94 Nm

Dari data pada **tabel 2.3** dapat dianalisis model matematika dalam menentukan daya yang dibutuhkan motor untuk menggerakkan conveyor [27]. Selain itu sebagai acuan dalam menentukan torsi motor dan efisiensi untuk mencegah kerugian energi yang ditimbulkan dengan perhitungan daya listrik sebagai berikut.

$$P = I \cdot V \quad (2.1)$$

Formula 2.1 menjelaskan mengenai daya (P) yang digunakan motor dengan dinyatakan adalah hasil dari arus mengalir (I) dikalikan terhadap tegangan (V). Jika semakin besar arus maupun tegangan pada motor maka semakin besar daya yang dihasilkan. Selanjutnya dengan dihasilkan nilai daya pada motor, maka dapat dicari torsi (τ) dengan pendekatan nilai daya dan kecepatan putaran motor diketahui melalui formula sebagai berikut.

$$\tau = \frac{P}{2\pi N} \quad (2.2)$$

Untuk mencari nilai torsi (τ) motor dengan daya (P) dibagi dengan hasil dari perkalian kecepatan rotasi (N) yang semula dalam rps atau putaran per detik diubah menjadi nilai rpm (putaran per menit) dengan dibagi 60. Setelah dikonversi maka hasilnya dikali dengan nilai 2π , untuk nilai π bernilai 3,14. Jika sudah mencari nilai torsi (τ) maka dapat digunakan untuk mencari nilai torsi berdasarkan gaya linear dari pusat putaran *pulley* motor sebagai penggerak conveyor sebagai berikut.

$$\tau = r \times F \quad (2.3)$$

Diperlukan nilai r jarak jari-jari vektor antara titik torsi diukur yaitu pusat putaran motor dan titik gaya diterapkan (titik beban) dalam hal ini menggunakan transmisi *pulley* dan *belt*. Besar gaya (F) yang bekerja akan menghasilkan gaya linear pada permukaan *pulley* jika jari-jari dan nilai torsi (τ), maka selanjutnya dapat mencari nilai gaya (F) untuk dapat menghitung persamaan (2.3) dengan nilai gravitasi (g) sebesar $9,81 \text{ m/s}^2$ sebagai berikut serta nilai massa yang dapat diangkat melalui proses menimbang keseluruhan beban yang diangkat oleh motor.

$$F = m \times g \quad (2.4)$$

Nilai gaya angkat (F) pada persamaan (2.4) diperoleh dari menentukan massa (m) kemudian dikalikan dengan percepatan gravitasi (g) sebesar $9,81 \text{ m/s}^2$ yang berbanding lurus terhadap gaya angkat motor. Dengan ditentukannya nilai suatu daya (P), torsi (τ), gaya angkat (F), dan massa (m). Selanjutnya perhitungan terpenting dalam motor adalah efisiensi (η) dalam upaya efektivitas energi dari prinsip kerja konversi energi listrik menjadi mekanik yang bekerja dengan rumus sebagai berikut

$$P_{out} = \tau \times \omega \quad (2.5)$$

Formula (2.5) menjelaskan mengenai daya keluar (P_{out}) dari motor yang dihasilkan berkaitan dengan torsi (τ) dan kecepatan sudut (ω) pada saat motor bekerja. Semakin tinggi nilai torsi (τ) dan kecepatan sudut utama (ω) maka semakin besar daya keluar dihasilkan). Untuk mencari nilai kecepatan sudut utama (ω) dengan melihat formula (2.6) dan (2.7) berikut ini.

$$\omega_1 = \frac{2\pi N}{60} \quad (2.6)$$

Untuk mencari nilai kecepatan sudut utama (ω_1) pada dengan menggunakan formula (2.6) menyatakan nilai kecepatan sudut utama (ω_1) merupakan hasil dari nilai 2π untuk nilai π sebesar 3,14 dikali dengan kecepatan putaran motor (N) dalam putaran per menit. Namun untuk diubah dalam putaran per detik maka dibagi 60. Maka didapatkan nilai daya keluar (P_{out}) melalui persamaan (2.6) untuk mencari kecepatan sudut. Selanjutnya untuk mencari kecepatan sudut transmisi rotasi yang diberikan motor pada poros yang digerakan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 R_a}{R_b} \quad (2.7)$$

Dengan persamaan (2.7) untuk mencari kecepatan sudut *output* atau yang digerakan oleh transmisi dinyatakan sebagai (ω_2) dihasilkan dari perkalian kecepatan sudut utama (ω_1) dengan jari-jari roda penggerak (R_a). Kemudian hasil tersebut dibagi dengan jari-jari yang digerakan (R_b). Persamaan berikut menjelaskan bahwa kecepatan sudut berbanding terbalik dengan radius jari-jari *pulley* pada motor. Semakin besar nilai jari-jari *pulley* yang digerakan maka kecepatan sudut *output* semakin kecil. Berikutnya untuk mencari nilai daya masuk (P_{in}) dengan menggunakan formula (2.8).

$$P_{in} = V \times I \quad (2.8)$$

Dinyatakan daya masuk (P_{in}) dihasilkan dari tegangan terukur (V) yang diberikan dikali dengan arus terukur (I) yang dihasilkan. Semakin tinggi tegangan dan arus maka semakin besar daya masuk (P_{in}). Jika nilai daya keluar (P_{out}) dan daya masuk (P_{in}) maka untuk mendapatkan nilai efisiensi (η) adalah dengan dibagi kemudian dikali 100% dengan formula (2.9).

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (2.9)$$

Nilai perhitungan motor juga akan dipengaruhi oleh transmisi yang bekerja, dalam penelitian ini menggunakan transmisi *pulley* dan *belt* dengan

mempertimbangkan rasio *pulley* terhadap kecepatan poros utama dan yang digerakan, kemudian panjang *belt* yang dibutuhkan.

2.9 Pulley dan Belt

Pada sistem conveyor terdapat suatu sistem penggerak atau transmisi berupa *pulley* dan *v-belt* yang berfungsi untuk memindahkan gerakan rotasi motor dengan kecepatan putaran dapat dipercepat maupun sebaliknya diperlambat. Tentunya hal ini juga mempengaruhi torsi yang dihasilkan berdasarkan perbandingan diameter *pulley* penggerak dengan *pulley* yang digerakan [28].



Gambar 2. 7 Transmisi *Pulley* dan *Belt* Sebagai Penggerak Motor [28]

Penggunaan *pulley* dan *v-belt* memiliki kelebihan diantaranya biaya perawatan yang murah dibandingkan menggunakan rantai *gear* dan tidak menimbulkan suara bising. Kelemahan penggunaan *pulley* dan *v-belt* adalah tidak kokoh seperti penggunaan rantai *gear*. Material pada sabuk menggunakan bahan dasar karet atau PVC agar fleksibel dan dirancang hingga membentuk trapesium pada penampang. *Pulley* berfungsi sebagai transmisi daya dari penggerak ke komponen yang akan digerakan sedangkan *v-belt* sendiri berfungsi meneruskan rotasi *pulley* (motor) menuju *pulley* (poros yang akan digerakan) [28]. Dibutuhkan formula dalam menghitung hubungan diameter *pulley* dan kecepatan motor yang mampu memperlambat atau mempercepat transmisi sebagai berikut.

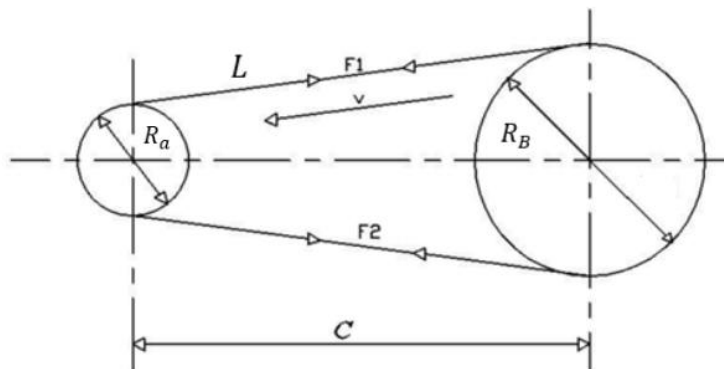
$$\frac{R_a}{R_b} = \frac{V_b}{V_a} \quad (2.10)$$

$$V_b = \frac{R_a}{R_b} \times V_a \quad (2.11)$$

Kebutuhan *pulley* bekerja dengan prinsip transmisi tenaga. Saat kedua *pulley* yang penggerak dan yang digerakan terhubung maka akan mempengaruhi kecepatan. Nilai kecepatan yang digerakan (V_b) dihasilkan dari nilai jari-jari penggerak (R_a) dibagi jari-jari yang digerakan (R_b) hasilnya dikali dengan kecepatan penggerak (V_a). Selain itu, kebutuhan panjang sabuk (*v-belt*) berkaitan terhadap rasio *pulley* dan kecepatan motor ditentukan melalui parameter daya (HP) dan kecepatan putaran sistem yang dibutuhkan pada formula (2.11). Langkah berikutnya penentuan panjang *belt* yang dibutuhkan sistem transmisi *pulley* pada conveyor.

$$L = 2 \cdot c + \left[R_a + R_B \cdot \frac{\pi}{2} \right] + \left[\frac{(R_a + R_B)^2}{4 \cdot c} \right] \quad (2.12)$$

Dengan pernyataan panjang *belt* (L), jarak sumbu (c) antara kedua *pulley*, jari-jari *pulley* penggerak (R_a), jari-jari *pulley* yang digerakan (R_b), dan nilai konstanta π bernilai 3,14. Persamaan (2.12) mencakup perhitungan panjang bagian lurus (*Straight Length*), panjang bagian melengkung (*Arc Length*), dan koreksi panjang (*Correction Length*). Jika jarak sumbu c bertambah maka nilai L juga akan meningkat. Berikut merupakan gambar dari jarak sumbu antara *pulley*.



Gambar 2. 8 Jarak Antara Sumbu *Pulley* [29]

Saat mengetahui perhitungan dari nilai kecepatan yang digerakan (V_b) dari *pulley* yang digerakan dan kebutuhan panjang *belt*. Hal terpenting lainnya untuk memastikan sistem transmisi berjalan secara efisien sesuai kebutuhan saat pakan ternak unggas melewati conveyor adalah perhitungan kecepatan linear (V). Pada dasarnya sistem transmisi ini bergerak melingkar dengan kondisi bagian luar *pulley* pada gigi bersentuhan dengan *belt*. Maka dari itu perhitungan ini berfungsi untuk menentukan laju perpindahan objek berupa pakan ternak unggas sepanjang lintas lurus conveyor sebagai berikut.

$$V = \pi \cdot D \cdot n \quad (2.13)$$

Dengan mengetahui nilai putaran *pulley* pada spesifikasi motor yang digunakan (n) dan diameter *pulley* yang digerakan (D). Selanjutnya dalah dengan mengkalikan nilai π sebesar 3,14 dengan nilai diameter diameter *pulley* (D) dan nilai kecepatan putaran (n) yang diubah terlebih dahulu dalam satuan RPS. Jika sudah maka dapat menemukan kecepatan linear (V) dalam satuan m/s .

2.10 Motor Servo MG996R

Motor Servo merupakan jenis motor dengan umpan balik dari posisi motor akan diberi sinyal kembali pada suatu rangkaian kontrol pada Motor Servo. Dalam hal ini Motor *Servo* memiliki kemampuan mengatur sudut rotasi kemudian mempertahankannya sesuai kontrol yang dibuat [30].



Gambar 2. 9 Motor Servo MG996R Sebagai Katup *Hopper* [30]

Konstruksi Motor Servo terdiri dari serangkaian *gear*, motor, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Untuk mengatur sudut dari Motor Servo diatur berdasarkan lebar pulsa PWM yang dikirim melewati sinyal dari motor. Motor Servo bekerja seperti sistem umpan balik yang mana posisi ditentukan awal akan balik ke posisi semula dan dapat beroperasi secara dua arah yaitu searah jarum jam dan berlawanan jarum jam. Pada penelitian ini diperlukan penggunaan Motor Servo dikarenakan membutuhkan kontrol posisi yang akurat dan dipilih karena memiliki torsi yang cukup sebagai katup *hopper* yang sanggup menahan beban pakan dengan menggunakan mekanisme *rotary*. Motor Servo MG996R memiliki spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 2. 4 Spesifikasi Motor Servo MG996R

Parameter	Deskripsi
Dimensi	40 mm × 20 mm × 43 mm
Tegangan Operasi	4,8 – 7,2 V _{DC}
Torsi	9,4 kgf.cm/0,922 Nm
Kecepatan Operasi	0,17 s/60°
<i>Running Current</i>	500 mA – 900 Ma
<i>Stall Current</i>	2,5 A

2.11 Human Machine Interface (HMI) Nextion

Human Machine Interface (HMI) merupakan perangkat yang menghubungkan antara manusia dengan mesin. Sistem ini dapat melakukan visualisasi dan pengendalian secara *real time* pada mesin yang dihubungkan dengan HMI. Saat ini HMI banyak digunakan karena tampilan dalam bentuk *monitor touchscreen* dengan visualisasi yang dapat diprogram sesuai kebutuhan pengguna. HMI berfungsi meningkatkan interaksi antara mesin dengan operator yang bekerja dilapangan melalui antarmuka berupa layar. Penggunaanya dapat melakukan pemantauan kerusakan, status, proses, dan *maintenance* pada kinerja mesin yang terhubung melalui HMI [23].



Gambar 2. 10 HMI Nextion Sebagai Antarmuka [23]

Nextion merupakan salah satu *hardware* dari pengembangan HMI dibekali dengan layar *Liquid Crystal Display* (LCD) dan serangkaian komponen *Thin Film Transistor* (TFT), serta teknologi *resistive touchscreen* pada jenis tertentu. Salah satunya adalah Nextion NX3224K028_11 yang digunakan pada penelitian ini. Sistem komunikasi Nextion menggunakan sistem UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*). Dilengkapi dengan dua *pin* serial (Rx dan Tx) dan *power supply* melalui dua *pin* lainnya yang terletak di belakang layar [31]. Pada penelitian ini Nextion HMI digunakan sebagai antarmuka karena memiliki tampilan interaktif didukung *Graphical User Interface* (GUI) dalam proses mesin untuk memilih mode alat beroperasi, kecepatan conveyor, dan *set point* berdasarkan jumlah berat yang diatur dengan spesifikasi sebagai berikut.

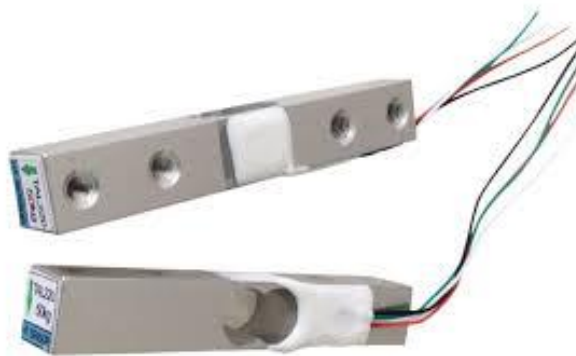
Tabel 2. 5 Spesifikasi Nextion NX3224K028_11

Parameter	Deskripsi
Model	NX3224K028_11
<i>Layout Size</i>	85 L × 50 W × 5,4 H
Warna	64K 65536 <i>colors</i> (16 bit 565, 5R-6G-5B)
<i>Active Area</i>	57,6 mm (L) × 43,2 mm (W)
Resolusi	320 × 240 pixel atau 240 × 320 pixel
Tipe Sentuhan	<i>Resistive</i>
Berat	39,5 gram

Tegangan Operasi	4,75 – 7 V _{DC}
Arus Operasi	65 mA
Flash Memory	16 mb
RAM Memory	3584 byte

2.12 Sensor Load Cell

Load Cell merupakan suatu transduser yang menghasilkan suatu sinyal keluaran sejalan terhadap beban maupun gaya yang dikenakan. Selain itu, kemampuan dalam pengukuran beban maupun gaya memiliki tingkat presisi yang tinggi. Cara kerja dari Load Cell melibatkan perubahan resistansi atau tahanan yang diukur melalui perubahan deformasi pada materialnya melalui mekanisme *strain gauge* [32].



Gambar 2. 11 Sensor Load Cell Untuk Memberi Masukan Beban [32]

Keunggulan dari sensor Load Cell yaitu terletak pada tingkat ketepatan dalam suatu pengukuran beban baik statis maupun dinamis, karena dilengkapi strain gauge yang merupakan komponen sensitif pada Load Cell. Pada dasarnya ketika Load Cell terkena tekanan atau mengalami regangan maka akan ada perubahan resistansi, maka dari itu disebut sebagai jenis resistor *strain gauge*. Tekanan pada permukaan load cell akan mengalami perubahan bentuk dan ukuran dari *strain gauge* [33]. Dengan cara tersebut, perubahan resistansi dari *strain gauge* akan berubah menjadi sinyal elektrik yang bisa diukur dan dikontrol.

Pada penelitian ini digunakan sensor Load Cell dengan beban maksimum 1 kg yang dihubungkan pada modul HX711 Load Cell Amplifier dikarenakan kapasitas

pakan ternak unggas yang diuji berkisar kurang dari 1 kg agar hasil pembacaan memiliki toleransi dan akurasi yang baik dengan kapasitas. Dengan implementasi sensor yang diletakan pada bagian bawah penopang *belt conveyor* agar posisi tepat untuk memaksimalkan *straining gauge* yang bekerja. Pada saat melakukan pemrograman sensor Load Cell dilakukan kalibrasi dan tare agar berat sesuai dengan kenyataan. Selain itu, sebagai referensi dalam melakukan pengukuran berdasarkan tabel spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 2. 6 Spesifikasi Sensor Load Cell

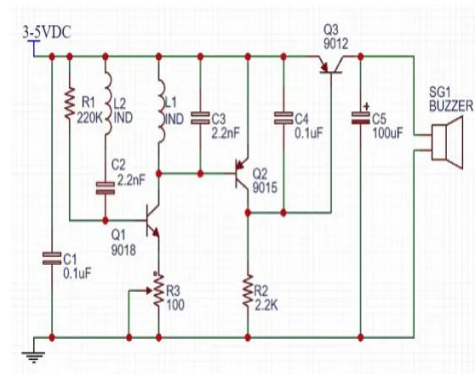
Parameter	Deskripsi
Beban Maksimum	1 kg
Tegangan Operasi	2,6 – 5,25 V _{DC}
Impedensi Masukan	1115 ± 10% Ω
Impedensi Keluaran	1000 ± 10% Ω
Tegangan Input Maksimum	15 V _{DC}
Dimensi	12,7 mm × 12,7 mm × 80 mm
Suhu Operasi	-20°C - 65°C

2.13 Sensor Metal Detector

Sensor Metal Detector merupakan serangkaian modul perangkat elektronik untuk mendeteksi benda logam tanpa kontak fisik [34]. Cara kerja sensor ini adalah dengan menghasilkan medan magnet dari pemancar dan dianalisis sinyal dari objek logam yang terdeteksi. Hasil dari objek yang dideteksi memberikan variasi sinyal audio frekuensi tinggi. Kumparan koil pada perangkat memiliki peran penerima yang dihubungkan untuk memproses menjadi sinyal listrik. Pada saat objek logam terdeteksi terjadi perubahan medan magnet yang menghasilkan *eddy current* untuk identifikasi benda logam. Perangkat ini banyak digunakan diberbagai tempat untuk mendeteksi potensi bahaya seperti senjata tajam, bahan peledak, dan kandungan logam pada makanan [35].



(A)



(B)

Gambar 2. 13 Sensor *Metal Detector* Untuk Mendeteksi Kontaminasi Logam [35]

Rangkaian yang diatur dengan komponen kumparan dan kapasitor menghasilkan gelombang sinus yang baik. Sinyal berdasarkan kemampuan alami kumparan dan kapasitor yang melintas, namun Q1 membantu rangkaian untuk memberi energi dalam setiap siklus menyala dan memberi pulsa energi untuk mati. Sinyal L1 menghantarkan sinyal untuk meningkatkan *noise* yang dihasilkan Q1 dalam menciptakan osilator dengan amplitudo tertentu. Untuk mengatur amplitudo dengan trimpot VR1. Sinyal akan diteruskan pada Q2 yang mencegah C4 terisi melalui R2, sehingga Q3 dan *buzzer* tidak akan mengeluarkan suara saat diam [36]. Saat objek logam mendekati kumparan, amplitudo gelombang magnetik L2 berkurang bersamaan dengan osilator. Efektif untuk menonaktifkan Q2 tetapi memberikan basis Q3 tegangan kecil untuk menyala. *Buzzer* membuat suara karena tegangan kecil.

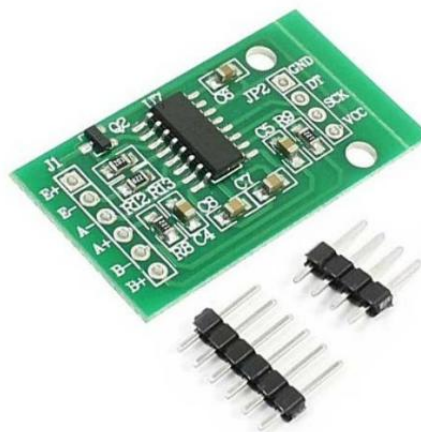
Keuntungan dari sirkuit ini adalah konstruksi sederhana namun sensitivitas perlu diatur agar objek yang dideteksi pada penelitian ini bisa dibaca dan diproses [36]. Sensor ini digunakan sebagai pendeteksi material logam pada campuran pakan ternak unggas dengan menghubungkan keluaran positif *buzzer* SG1 terhadap pin digital mikrokontroler agar bisa memberikan logika *input* pembacaan dan sebagai indikator apabila terjadi kontaminasi material *ferromagnetik* yang akan muncul pada tampilan HMI. Spesifikasi dari sensor *metal detector* adalah sebagai berikut.

Tabel 2. 7 Spesifikasi Sensor Metal Detector

Parameter	Deskripsi
Tegangan Operasi	3-5 V _{DC}
Arus Operasi	40 mA
<i>Standby Current</i>	5 mA
Jarak Deteksi	60 mm
<i>Alarm Mode</i>	<i>Sound</i>
PCB Size	86 mm × 61 mm

2.14 Modul HX711 Load Cell *Amplifier*

Modul HX711 Load Cell *Amplifier* adalah satu komponen yang memiliki fungsi dalam mengubah perubahan resistansi yang ditimbulkan oleh *strain gauge*, kemudian perubahan tersebut mengubah tegangan. Saat Load Cell diberi tekanan pada bagian elastis maka terjadi perubahan regangan sesuai *strain gauge*. Hal tersebut terjadi karena terdapat gaya yang berlawanan sisi. Dengan tegangan yang dihasilkan dari perubahan maka dapat menentukan objek yang diukur.

**Gambar 2. 12** Modul HX711 Load Cell *Amplifier* [37]

Pada dasarnya HX711 merupakan suatu *Integrated Circuit* (IC) yang dihubungkan pada Load Cell untuk mengukur beban ataupun berat. Terdapat beberapa pin agar modul terhubung yaitu pin E+ dan pin E- digunakan untuk

memberi suatu tegangan eksitasi ke sensor, hal ini dapat terjadi pengukuran deformasi dan memberi suatu respon sesuai beban yang diberi. Lalu, pin A+ dan pin A- untuk menghubungkan keluaran sensor menuju *amplifier* internal HX711 yang menyebabkan penguatan sinyal diferensial sensor. Untuk diberi tegangan melalui pin VCC dan GND sebagai *ground*. Pin DAT sebagai transfer data digital menuju perangkat lain dari HX711 seperti mikrokontroller maupun komputer. Pin CLK merupakan pin dalam mengatur waktu data dibaca atau dikirim [37].

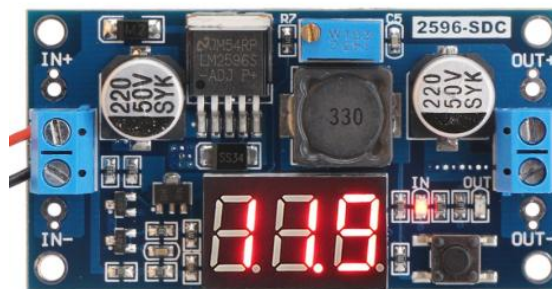
HX711 bekerja untuk mengirimkan secara sinkron sebuah data melalui pin DAT dan mengambil peran dari membaca sensor beban kemudian dikuatkan untuk dikonversi menjadi sinyal digital. Faktor penting memastikan hasil pengukuran berat ataupun beban yang akurat yaitu terletak pada pengaturan *gain* sesuai karakteristik beban yang digunakan. Penelitian ini menggunakan modul HX711 yang dihubungkan pada Load Cell untuk mengubah sinyal analog menjadi digital agar dapat terbaca pada mikrokontroller. Kemudian hasil dari pembacaan modul dan sensor berperan mengukur berat pakan sesuai *set point* yang diberikan. Berikut spesifikasi modul HX711 Load Cell *Amplifier*.

Tabel 2. 8 Modul HX711 Load Cell *Amplifier*

Parameter	Deskripsi
Tegangan Operasi	5 V _{DC}
Arus Operasi	10 mA
<i>Input Channel</i>	2 Channel Analog
<i>Ouput</i>	TTL (Serial Tersinkronisasi, DI dan SCK)
Frekuensi	80 Hz
Akurasi Data	24 bit (24 bit ADC)
Berat	20 gram
Dimensi	38 mm × 21 mm

2.15 Step Down LM2596

Step Down LM2596 merupakan suatu modul *converter* DC-DC untuk menurunkan tegangan *input*. Terdapat berbagai jenis variasi tegangan *output* seperti 3,3 V_{DC}, 5 V_{DC}, dan 12 V_{DC} yang bisa disesuaikan. Modul LM2596 menerima tegangan masukan 4 – 40 V_{DC}, dengan tegangan keluaran 3.3 – 35 V_{DC}. Selain itu, fitur lainnya mampu memberikan arus 3A dengan proteksi dari hubungan arus pendek [38]. Penggunaan modul ini pada penelitian digunakan untuk dihubungkan pada tegangan masukan Power Supply karena memiliki keluaran tegangan sebesar 12 V_{DC}, untuk dapat dihubungkan Arduino Mega 2560 karena membutuhkan tegangan 7 V_{DC} pada pin V_{in} yang terhubung dengan mikrokontroler dan menggunakan modul LM2596 lainnya untuk memberi *supply* daya bagi Motor Servo dengan spesifikasi sebagai berikut.



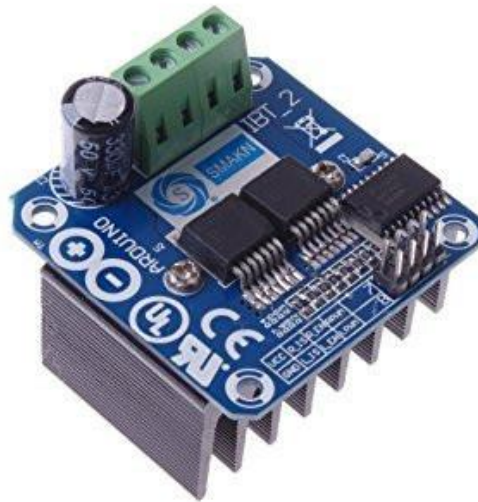
Gambar 2. 13 Step Down LM2596 Untuk Menurunkan Tegangan [38]

Tabel 2. 9 Spesifikasi Step Down LM2596

Parameter	Deskripsi
Tegangan Masukan	4 – 40 V _{DC}
Tegangan Keluaran	3,3 – 35 V _{DC}
Arus Maksimal	3A
Suhu Operasi	-40° - 125°C
Topologi	<i>Buck</i>
Tipe	<i>Converter</i>
Frekuensi	110 KHz – 173 KHz

2.16 Driver Motor BTS 7960

Driver motor adalah suatu perangkat untuk meningkatkan arus yang memiliki fungsi yaitu mengubah dari arus rendah menuju lebih tinggi. Driver motor dirancang untuk membantu pergerakan motor [39]. *Driver* ini bekerja menggunakan rangkaian *full H-bridge* dengan memiliki fungsi *Pulse Width Modulation* (PWM) [40]. Driver BTS 7960 dipilih karena memudahkan dalam mengontrol Motor DC. Selain itu, IC BTS7960 terdapat proteksi saat terjadi panas dan mampu bekerja pada arus yang tinggi hingga 43 A.



Gambar 2.18 *Driver* Motor BTS 7960 Untuk Mengatur PWM Motor DC [39]

Pada penelitian ini digunakan Driver BTS7960 sebagai pengatur PWM dari Motor DC Power Window yang digunakan akan menerima sinyal dari Arduino Mega 2560 yang diteruskan pada motor dalam bentuk tegangan yang sudah diatur siklus kerja melalui pemrograman dan pengaturan kecepatan pada tampilan HMI. Semakin besar siklus kerja (*duty cycle*) dari sinyal PWM maka semakin besar tegangan yang diberikan pada motor menyebabkan kecepatan motor akan semakin besar. Berikut merupakan spesifikasi dari BTS 7960 sebagai berikut yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 2. 10 Driver Motor BTS 7960

Parameter	Deskripsi
Tegangan Masukan	6 – 27 V _{DC}
Kontrol Tegangan Masukan	3,3 – 5 V _{DC}
<i>Working Duty Cycle</i>	0 – 100%
<i>Drive</i>	Dual BTS 7960 H <i>Bridge Configuration</i>
Berat	66 gram
Mode Kontrol	<i>Pulse Width Modulation (PWM)</i>