

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Sebagai acuan penelitian, penulis mengadaptasi dari beberapa jurnal yang berkaitan *monitoring* aliran infus dan *internet of things*. Seperti yang dilakukan oleh Liya Yuni Astutik dan kawan-kawan yang melakukan penelitian pada tahun 2018 dengan judul “**Kendali Laju Tetesan Infus Dengan Menggunakan Kontrol PID**”. Pada penelitian tersebut, peneliti melakukan perancangan alat yang dapat mengendalikan laju tetes cairan infus. Menggunakan sistem yang berbasis mikrokontroler yang sudah terintegrasi dengan modul *bluetooth*, di mana mikrokontroler bertindak sebagai pusat kendali pembacaan tetesan infus yang menggunakan sensor *photodiode* dan motor servo sebagai aktuator untuk mengatur laju tetes infus. Modul *bluetooth* digunakan untuk komunikasi antara perangkat dengan pengguna yang menggunakan *smartphone* dan proses pengendalian agar sistem dapat stabil pada *setpoint* (jumlah tetes dalam satuan waktu) menggunakan pengendali PID. Hasil yang diperoleh penelitian tersebut adalah sistem mampu bekerja untuk mengendalikan jumlah tetesan tiap satuan waktu sesuai dengan instruksi yang diberikan melalui *smartphone*. Peneliti kemudian membandingkan dengan sistem yang dioperasikan tanpa kendali PID yang hasilnya adalah tidak stabil karena hanya mempunyai kondisi *on* dan *off* saja. Jika dibandingkan dengan PID sistem lebih stabil karena pengendali PID akan terus memperbaiki nilai keluaran berdasarkan *error* [11].

Berikutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Kurnia Hidayati dan Rico Basyar Barwaqah dengan judul “**Monitoring Cairan Infus Secara Realtime**” pada tahun 2018. Peneliti merancang sistem tertanam untuk difungsikan sebagai alat yang dapat memantau cairan infus berbasis mikrokontroler ATmega32. Sistem bekerja dengan cara menghitung *volume* pada botol infus berdasarkan ketinggian cairan. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi ketinggian cairan infus pada penelitian ini adalah sensor cahaya. Penelitian ini merancang sistem yang masih berupa simulasi yang mengirimkan notifikasi ke komputer atau LCD indikator apabila *volume* infus sudah mencapai batas minimum yang sudah ditentukan,

dengan komunikasi antara mikrokontroler dengan komputer dilakukan secara serial menggunakan kabel. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja dengan baik namun perlu beberapa hal yang perlu dilakukan yaitu memasang sensor harus sejajar atau satu garis lurus pada botol infus [8].

Pada penelitian ini, penulis akan mengadaptasi dari segi perancangan alat *prototype* dari jurnal yang dibuat oleh Liya Yuni Astutik dan kawan-kawan yang berjudul **“Kendali Laju Tetesan Infus Dengan Menggunakan Kontrol PID”** karena menggunakan komponen yang mudah didapat dan praktis.

Penelitian berikutnya sebagai acuan yaitu yang dilakukan oleh Riwanto Sitinjak dan kawan-kawan berjudul **“Implementasi *Smart Home* Menggunakan *Bot Telegram* Sebagai *Kontroller*”** di mana dilakukan pada tahun 2020. Pada penelitian tersebut peneliti merancang suatu sistem *monitoring smart home* menggunakan telegram sebagai *platform*. Penulis tersebut memanfaatkan fitur *telegram bot* untuk komunikasi antara sistem dengan *smartphone* pengguna. Yang kemudian melakukan pengujian QoS. Dari percobaan yang dilakukan sebanyak 30 kali pengiriman data dengan rentang waktu pengiriman data dilakukan selama satu detik tiap percobaan pengiriman data, hasil yang diperoleh yaitu *delay* rata-rata didapatkan sebesar 43 ms. Sedangkan nilai *throughput* rata-rata yang diperoleh sebesar 80.696 bps dengan konsumsi daya listrik untuk mengoperasikan alat sebesar 13.4 Watt [12].

Selanjutnya adalah penelitian yang berjudul **“*Prototype Smart Home* Dengan Konsep IoT (*Internet of Thing*) Berbasis NodeMCU Dan Telegram”** yang disusun oleh Siswanto, Thoha Nurhadian H dan Muhamad Junaedi pada tahun 2020. Penulis membuat rancangan purwarupa alat untuk *memonitoring* rumah berbasis NodeMCU yang terintegrasi dengan *platform* telegram. Pada penelitian tersebut penulis juga menggunakan fitur *bot* yang ada pada telegram sebagai antarmuka antara sistem dengan pengguna. Sistem dirancang untuk dapat mengendalikan peralatan yang terdapat pada rumah seperti pintu, lampu dan *buzzer*. Percobaan yang dilakukan adalah dengan mengirim pesan yang merupakan instruksi untuk menyalakan atau mematikan perangkat. Hasil yang diperoleh adalah sistem dapat merespon seperti menyalakan atau mematikan perangkat melalui instruksi *chat* pada *telegram bot* [13].

Penelitian oleh Sigit Purwanto dan kawan-kawan dengan judul “**Monitoring Infus Berdasarkan Waktu Tetesan**” merancang sistem untuk *monitoring* infus dengan metode mengamati jumlah tetesan dan waktu. Setelah sistem dirancang, penulis melakukan pengujian dengan metode membandingkan hasil pengamatan oleh sistem tersebut dengan pengamatan manual. Skenario pengamatan yang dilakukan adalah menghitung jumlah tetesan infus selama 30 detik dengan tiga variasi kecepatan infus lambat, sedang, dan cepat yang mana setiap variasi akan diambil data sebanyak lima kali. Hasil yang diperoleh pada pengamatan infus dengan kecepatan lambat, sistem menghasilkan rata-rata *error* sebesar 5.69% apabila dibandingkan dengan pengamatan manual. Pada pengamatan laju tetes infus kecepatan sedang, sistem menghasilkan rata-rata *error* lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil rata-rata *error* pengamatan sebelumnya yaitu 2.35%. Pada pengamatan laju tetes infus dengan kecepatan tinggi atau cepat, sistem mampu menghasilkan *error* rata-rata 2.12% yang mana nilai tersebut merupakan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan skenario pengamatan laju tetes infus dengan kecepatan sedang terlebih lagi jika dibandingkan dengan kecepatan lambat. Dari penelitian yang dilakukan, penulis mengambil kesimpulan bahwa nilai *error* yang dihasilkan perangkat akan semakin mengecil jika laju tetes cairan infus semakin cepat. Namun hasil pengukuran laju tetes juga terpengaruh oleh faktor tinggi rendahnya tiang infus, suhu cairan infus dan sebagainya sehingga mempengaruhi laju cairan infus apabila dilakukan pengukuran pada waktu yang berbeda [14].

Dari penelitian “**Implementasi Smart Home Menggunakan Bot Telegram Sebagai Kontroller**” dan “**Prototype Smart Home Dengan Konsep IoT (Internet of Thing) Berbasis NodeMCU Dan Telegram**” tersebut yang mana sama-sama menggunakan fitur *telegram bot* untuk *monitoring* perangkat, maka dari itu peneliti akan mengadaptasi *platform* yang digunakan untuk penelitian ini adalah fitur *bot* pada telegram. Dikarenakan dengan fitur tersebut praktis dengan mengirimkan pesan instruksi maka sebuah alat dapat dipantau dan dikendalikan. Sedangkan metode untuk mengukur laju tetes cairan infus peneliti mengadaptasi dari referensi [14] karena metode tersebut hampir mendekati metode pengamatan manual dan mampu menghasilkan *error* yang cukup kecil.

2.2 DASAR TEORI

Pada bagian dasar teori menjelaskan mengenai teori-teori yang digunakan seperti metode yang digunakan beserta komponen komponen pendukung lainnya. Dasar teori yang digunakan meliputi :

2.2.1 Sistem Pemantauan Infus

Infus adalah suatu prosedur dimana sejumlah cairan infus dimasukkan melalui intravena untuk memberikan cairan kepada pasien dalam kondisi tertentu sebagai prosedur dalam pengobatan [15]. Infus dalam dunia medis merupakan proses memasukkan obat dalam bentuk cairan melalui pembuluh darah atau rongga. Tujuan infus antara lain menggantikan cairan tubuh yang mengandung komponen-komponen penting seperti elektrolit, vitamin, kalori, lemak yang tidak dapat dilakukan secara oral, sebagai penyeimbang asam basa tubuh, memperbaiki *volume* komponen darah, memberikan jalan masuk untuk pemberian obat-obatan, memberikan nutrisi pada saat alat pencernaan mengalami gangguan, maupun memonitor tekanan vena sentral [1][2][3].

Saat ini prosedur pemantauan infus di rumah sakit masih memerlukan pengawasan yang dilakukan secara manual. Pemberian infus harus tetap dipantau dengan baik penggunaannya oleh perawat maupun tenaga medis lainnya untuk mengurangi kesalahan prosedur yang terjadi seperti cairan infus yang telah habis. Hal tersebut dapat mengakibatkan darah pasien masuk ke dalam selang infus yang dapat menyebabkan infeksi pada pembuluh darah pasien [16].

2.2.2 *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) merupakan konsep atau skenario di mana objek dapat mengirimkan informasi melalui internet tanpa memerlukan interaksi manusia-ke-manusia atau manusia-ke-komputer [17].

Di bawah ini merupakan penjelasan secara singkat tentang manfaat dan keunggulannya *Internet of Things*:

1. Proses koneksi lebih mudah

Keunggulan IoT adalah kesederhanaan proses koneksi yang disediakan. Dengan bantuan IoT, koneksi juga dapat dibuat lebih cepat hampir tanpa kabel. Selain itu, IoT juga menggunakan teknologi perangkat pintar yang memastikan

kelancaran pengoperasian jaringan dan perangkat, membuat pekerjaan menjadi lebih mudah.

2. Meningkatkan efisien kerja

Manfaat lain dari IoT adalah efisiensi kerja yang ditawarkannya. sebuah berkat konektivitas melalui teknologi pintar, IoT mampu mengurangi waktu yang dihabiskan untuk bekerja. Tentunya hal ini sangat berguna bagi perusahaan untuk meningkatkan efisiensi kerja.

Sejauh ini, *Internet of Things* telah digunakan di banyak bidang antara lain:

1. Energi

Dalam bidang IoT dapat digunakan untuk penerapan sensor yang mendeteksi cahaya, sebagai koneksi pada *wireless charging*, dan lainnya

2. Transportasi

Teknologi IoT dapat digunakan untuk membuat smart car yang beroperasi secara mandiri sistem *autopilot* di pesawat, maupun sistem trafik di jalanan.

3. Pertanian

IoT dapat digunakan untuk mengumpulkan data-data seperti suhu curah hujan dan lain-lain melalui sebuah mesin otomasi [18].

2.2.3 Telegram

Telegram adalah aplikasi perpesanan yang dibangun untuk kecepatan dan keamanan, mudah dan gratis. Aplikasi Telegram dapat digunakan secara bersamaan dan tersinkronisasi antar perangkat yang berbeda seperti ponsel atau komputer. Telegram memiliki lebih dari 700 juta pengguna aktif dan termasuk di antara sepuluh aplikasi yang paling banyak digunakan. Pada Gambar 2.1 merupakan logo dari aplikasi telegram.



Telegram

Gambar 2. 1 Logo Telegram [19].

Telegram memungkinkan pengguna melakukan pengiriman pesan, foto, video, *file* (dokumen, *file* zip, *file* mp3, dll.) dan membuat grup atau *channel* hingga 200.000 orang untuk disiarkan ke *audiens* tanpa batas. Telegram seperti kombinasi SMS dan email serta dapat menangani semua kebutuhan komunikasi pribadi ataupun bisnis. Selain itu, telegram juga mendukung panggilan suara dan video yang terenkripsi *end-to-end* serta obrolan suara grup untuk ribuan peserta [19].

Salah satu fitur yang juga disediakan oleh telegram adalah *telegram bot*. *Bot* merupakan aplikasi pihak ketiga yang berjalan di dalam telegram yang memungkinkan *user* dapat berinteraksi dengan *bot* dengan mengirim pesan, perintah, dan permintaan internal. Sejumlah hal dapat dilakukan dengan *telegram bot*:

1. Terima pengumuman dan berita khusus. *Bot* dapat bertindak sebagai surat kabar pintar yang akan mengirim pengguna konten yang relevan segera setelah dipublikasikan.
2. Dapat dihubungkan dengan layanan lain. *Bot* dapat memperkaya percakapan telegram dengan konten dari layanan eksternal seperti *Bot Gmail*, *Bot Gambar*, *Bot GIF*, *Bot IMDB*, *Bot Musik*, *Bot Wiki*, *Bot Youtube*, *Bot GitHub*.
3. Dapat membuat *bot* khusus dan memberi pemberitahuan, ramalan cuaca, terjemahan, pemformatan, atau layanan lainnya.
4. Bisa melakukan *single player* atau *multiplayer*. *Bot* dapat memberikan pengalaman HTML5 yang banyak, mulai dari *game* arkade dan teka-teki sederhana hingga penembak 3D dan *game* strategi *real-time*.
5. Dapat membangun layanan sosial, *bot* dapat menghubungkan orang yang mencari lawan bicara berdasarkan minat atau hubungan yang sama [12].

2.2.4 Wireshark

Wireshark adalah perangkat lunak untuk menganalisis paket data pada jaringan, disebut juga *network packet analyzer*, yang berguna untuk menangkap setiap paket yang dikirimkan di jaringan dan juga menampilkan informasi semua paket data secara *detail*. Semua jenis paket data dalam format protokol yang berbeda dapat dengan mudah ditangkap dan dianalisis [20]. Alat ini dapat digunakan sebagai alat pemecahan masalah jaringan, penganalisa, pengembangan

perangkat lunak, protokol komunikasi dan alat pelatihan untuk banyak menganalisa jaringan yang biasa digunakan oleh administrator jaringan untuk menganalisis kinerja jaringan dan memantau lalu lintas di jaringan yang dikelola *wireshark*. *Wireshark* dapat menangkap paket data di jaringan tersebut [21]. Pada Gambar 2.1 merupakan logo dari aplikasi *wireshark*.



Gambar 2. 2 Logo Aplikasi Wireshark

2.2.5 Quality of Service

Jaringan komunikasi dalam ekosistem IoT bertanggung jawab untuk mengirimkan data dan aplikasi *real-time* ke seluruh dunia [22]. *Quality of Service* atau QoS adalah suatu metode yang berkaitan dengan evaluasi yang baik dari sebuah jaringan komputer dan mencoba untuk menentukan karakteristik dan jenis layanan. QoS digunakan untuk mendefinisikan dan mengevaluasi serangkaian karakteristik kinerja yang terkait dengan layanan. Mengacu pada karakteristik jaringan untuk memberikan layanan yang lebih baik dalam lalu lintas jaringan komputer tertentu dengan menggunakan berbagai teknologi [23].

Model pemantauan QoS terdiri dari pemantauan komponen aplikasi, monitor QoS, monitor, dan objek yang dipantau. Aplikasi pemantauan adalah antarmuka pengguna untuk administrator jaringan. Komponen ini mengambil informasi lalu lintas dari paket data layar, menganalisisnya, dan mengirimkan hasil analisisnya kepada pengguna. Pemantauan QoS menyediakan mekanisme pemantauan QoS dengan mengumpulkan informasi lalu lintas paket data dengan nilai parameter QoS. Monitor mengukur aliran paket data secara *real time* dan melaporkan hasilnya ke aplikasi pemantauan [20].

Dalam jaringan tanpa kemacetan/tabrakan, tidak diperlukan mekanisme QoS. QoS terkadang digunakan sebagai ukuran kualitas dengan beberapa definisi alternatif, daripada mengacu pada kemampuan sumber daya tambahan. QoS tinggi sering tertukar dengan kinerja atau kualitas layanan yang tinggi, seperti kecepatan *bit rate*, latensi rendah, dan tingkat kesalahan bit rendah. Untuk parameter yang digunakan QoS untuk menguji kinerja jaringan, antara lain:

a. *Bandwidth*

Bandwidth dalam komputasi adalah perhitungan konsumsi data yang tersedia dalam telekomunikasi. Dihitung dalam bit per detik (*bits per second*). Dalam komunikasi nirkabel, modem transmisi data, komunikasi digital, elektronik, dan lain-lain. *Bandwidth* yang ditentukan mengacu pada sinyal analog yang diukur dalam *Hertz*, lebih spesifik sebagai kecepatan bit daripada bit per detik. Secara umum, koneksi *bandwidth* tinggi atau *high-bandwidth* memungkinkan transmisi data dalam jumlah besar, seperti gambar atau gambar presentasi video.

b. *Delay*

Delay merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mentransmisikan data sampai kepada penerima. Apabila data video menghabiskan waktu terlalu banyak pada saat berada di jaringan, maka hal tersebut dapat menjadi tidak berguna, meskipun data video tersebut pada akhirnya berhasil diterima oleh *client*. Hal ini diakibatkan dari sisi *client* sistem masih melakukan proses *decoding* dan menampilkan video tersebut, sehingga total waktu yang dihabiskan akan terlalu lama untuk dapat disebut sebagai *real-time*. Nilai *delay* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.1).

$$Delay = \frac{\text{(between first and last packet)}}{\text{packets}} \quad (2.1)$$

c. *Jitter*

Jitter merupakan variasi waktu kedatangan antara paket-paket yang dikirimkan secara terus-menerus dari satu terminal (*source*) ke terminal yang lain (*destination*) pada jaringan IP. Besarnya nilai *jitter* sangat dipengaruhi oleh variasi beban trafik dan besarnya tumbukan antar paket (*congestion*) yang ada dalam jaringan tersebut [24]. Parameter *jitter* merupakan ukuran QoS dalam aplikasi suara dan video. *Jitter* dapat menyebabkan data *loss* terutama pada kecepatan

transmisi yang tinggi. Nilai *jitter* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.2) [25].

$$Jitter = \frac{(total\ delay)}{total\ paket} \quad (2.2)$$

d. *Throughput*

Throughput merupakan kecepatan (*rate*) transfer data yang efektif dimana data tersebut diukur dalam satuan bps. *Throughput* merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses dengan diamati pada *destination* selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut [25]. Nilai *throughput* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.3).

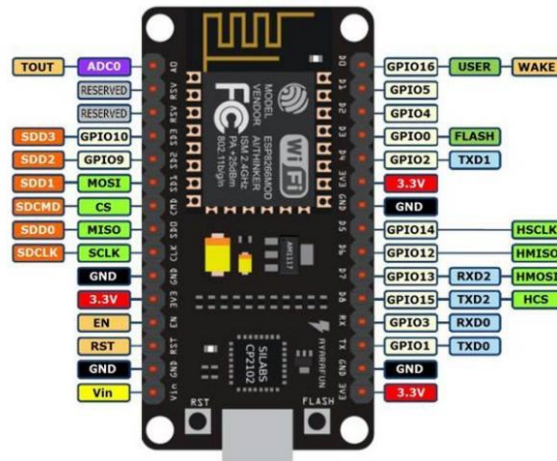
$$Throughput = \frac{total\ paket}{lama\ pengiriman\ paket} \quad (2.3)$$

2.2.6 NodeMCU ESP8266

ESP8266 adalah mikrokontroler yang sudah terintegrasi dengan Wi-Fi berdaya rendah yang dirancang oleh *espressif systems*. NodeMCU beroperasi pada kisaran suhu yang luas: -40°C hingga +125°C. *Espressif* adalah perusahaan China yang berbasis di Shanghai. *Volume* produksi ESP8266 dimulai pada awal 2014 ESP8266 berupa IC yang berukuran sangat kecil dan hampir tidak mungkin bagi penghobi *embedded system* untuk memasang kabel agar dapat dicolokkan ke *breadboard*. Untuk mempermudah pengguna dapat membeli *development board* yang sudah jadi seperti *board* NodeMCU [26]. Pada Tabel 2.5 merupakan spesifikasi dari NodeMCU yang umum beredar:

Tabel 2. 1 Spesifikasi NodeMCU [26]

<i>Operating Voltage</i>	3.3V
<i>Current consumption</i>	10uA – 170mA
<i>Flash memory attachable</i>	16MB max (512K normal)
<i>Processor Tensilica</i>	L106 32-bit
<i>Processor speed</i>	80-160MHz
RAM	32K + 80K
GPIOs	17 (<i>multiplexed with other functions</i>)
<i>Analog to Digital</i>	1 <i>input with 1024 step (10 bit) resolution</i>
Wi-Fi	802.11 <i>support b/g/n</i>
<i>Maximum concurrent</i>	TCP <i>connections 5</i>



Gambar 2. 3 NodeMCU ESP8266 Pinout [26]

Gambar di atas merupakan pemetaan atau nama-nama pin (*pinout*) yang disediakan oleh NodeMCU ESP8266. Pemetaan tersebut digunakan untuk membantu *programmer* dalam menyusun *source code* karena label pin yang tertera pada NodeMCU berbeda dengan nama pin yang seharusnya digunakan pada *Arduino IDE*.

2.2.7 OLED Display

Layar OLED adalah panel visual elektronik yang memanfaatkan dioda pemancar cahaya atau *light emitting diode* (LED) organik untuk kekuatan penerangan intinya. OLED adalah jenis teknologi layar *electroluminescent*, di mana lapisan bahan organik menghasilkan cahaya ketika molekul dioda teraliri oleh arus listrik. OLED dapat digunakan untuk menampilkan gambar, teks, video, dan lainnya di layar atau panel dengan hampir semua ukuran, dan teknologi ini telah sangat lazim di pasar elektronika. Berkat keunikannya yang diberikan dalam hal daya dan kinerja, layar OLED juga semakin banyak digunakan sebagai alat tampilan kinerja di semua industri dan sektor saat ini [27].

Salah satu macam OLED adalah buatan perusahaan *Seeed Studio* yaitu OLED *display* 0,96" SSD1315. Layar OLED 0.96" SSD1315 adalah modul matriks tampilan monokrom (putih) berukuran 128×64 *pixel* dengan I2C *interface*. Berkat *chip* SSD1315 baru, layar ini dapat bekerja dengan 3.3V, sehingga tidak perlu rangkaian penguat listrik. Dan dengan *level shift circuit*, layar OLED 0.96" ini dapat bekerja dengan tegangan 3.3V dan 5V. Layar ini dapat digunakan dengan mudah

sebagai layar OLED arduino, layar OLED *raspberry Pi*, dan lain lain [28]. Pada Gambar 2.4 merupakan *seed studio* OLED 0.96” SSD1315 .



Gambar 2. 4 *Seed Studio* OLED 0.96” SSD1315 [28]

Pada Tabel 2.6 merupakan spesifikasi dari OLED 0.96” SSD1315 yang diproduksi oleh perusahaan *Seed Studio*:

Tabel 2. 2 Spesifikasi *Seed Studio* OLED [28]

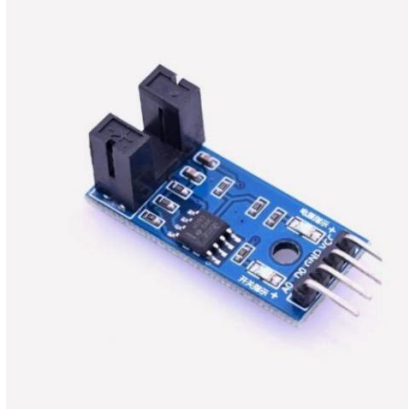
Parameter	Value
<i>Input voltage</i>	3.3V / 5V
<i>Output Voltage</i>	0 ~ 2.3V
<i>Pixels</i>	128 x 64
<i>Temperature Range</i>	-40°C ~ +85 °C
<i>Interface</i>	I2C/Digital

2.2.8 Sensor *Photodiode*

Photodiode merupakan komponen untuk menerima cahaya *infrared* untuk beberapa keperluan seperti penerima sinyal pada TV, sensor dan lain-lain. Suatu sensor yang menggunakan *photodiode* biasanya terdapat komponen yang menjadi pasangannya yaitu LED *infrared*. *Photodiode* bekerja dengan cara menerima sinar *infrared* dan dikonversi menjadi nilai tegangan, yang mana intensitas cahaya *infrared* akan mempengaruhi tegangan yang dihasilkan.

Sensor *photodiode* selain mendeteksi objek juga untuk menghitung kecepatan benda. Seperti modul sensor *infrared speed* yang dapat digunakan untuk menghitung kecepatan putaran motor DC. Pada penelitian ini akan difungsikan sebagai penghitung laju tetes cairan infus pada selang. Hal tersebut dapat dilakukan

karena cara kerja sensor ini akan menghitung seberapa sering sensor mendeteksi objek yang melewati sensor tiap satuan waktu [29]. Pada Gambar 2.5 merupakan modul dari Sensor *infrared speed* .



Gambar 2.5 Modul Sensor *Infrared Speed* [29]

Pada Tabel 2.7 merupakan spesifikasi dari modul sensor *Infrared Speed* yang umum dijumpai:

Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor *Infrared Speed*[29]

Parameter	Value
<i>Input Voltage</i>	3.3V to 5V
<i>Output</i>	<i>Digital 0-no detect; 1-detect Analog Sensitivity</i>
<i>Weight</i>	8 gram
<i>Dimensions</i>	38mm x 14mm x 12mm

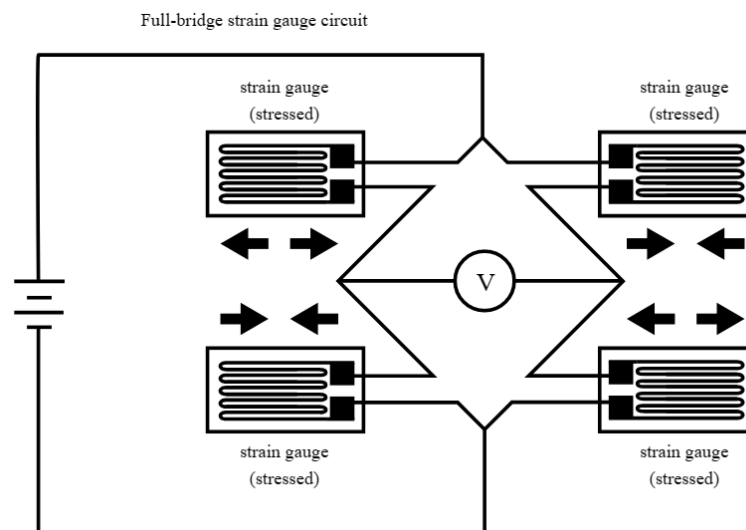
2.2.9 Sensor *Loadcell*

Loadcell merupakan sensor massa yang banyak digunakan pada timbangan digital. Sensor ini memiliki prinsip kerja yang sederhana yaitu pada saat inti besi dibebani maka akan terjadi perubahan nilai resistansi atau resistansi pada *strain gauge*. *loadcell* memiliki empat kabel utama, dimana dua kabel berfungsi sebagai eksitasi dan dua kabel sisanya adalah *output* sinyal. Pada Gambar 2.6 merupakan sensor *loadcell* [30].



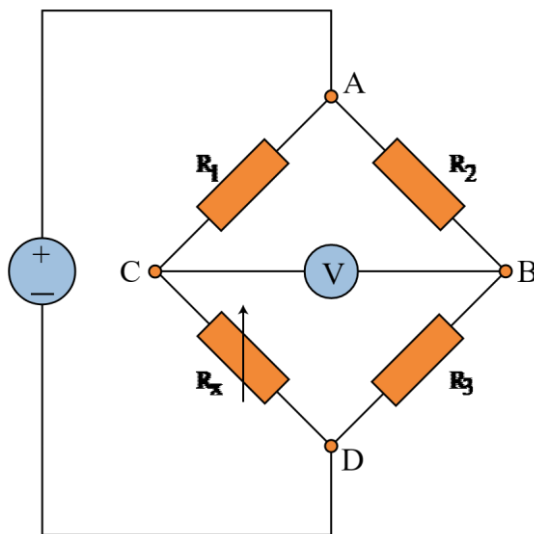
Gambar 2.6 Sensor Loadcell [30]

Prinsip kerja *strain gauge* mengukur regangan melalui perubahan resistansi. Pola foil logam dipasang pada substrat fleksibel, yang juga berfungsi sebagai isolator. Arus dijalankan melalui pola foil. Ketika objek yang diuji ditekan (yaitu, dikompresi atau diberi tekanan) ada perubahan resistansi yang sebanding dengan jumlah defleksi. Ketika konduktor diregangkan, resistansinya meningkat. Saat dikompresi, resistansinya berkurang. Pada Gambar 2.7 merupakan *full bridge strain gauge sensor*.



Gambar 2. 7 Full Bridge Strain Gauge Sensor [30]

Perubahan resistansi ini dapat diukur dengan menggunakan prinsip jembatan *wheatstone*, yaitu empat sensor pengukur regangan yang disusun dalam suatu pola [30]. Pada Gambar 2.8 merupakan rangkaian jembatan *wheatstone*.



Gambar 2. 8 Rangkaian Jembatan *Wheatstone* [30]

2.2.10 Akurasi

Alat ukur merupakan instrumen untuk mengetahui besaran fisika suatu benda atau objek. Instrumen ini mempunyai dampak yang luas pada bidang kegiatan seperti ilmu pengetahuan, perdagangan maupun pembangunan. Namun, alat ukur tidak bisa sepenuhnya dapat mengukur suatu besaran objek yang diukur dengan tepat atau sering disebut kesalahan *error* yang disebabkan diantaranya yaitu kesalahan pengguna alat ukur, tidak berfungsinya alat ukur maupun tidak tepatnya alat dalam mengukur. Masalah tersebut dapat diatasi dengan melakukan kalibrasi pada alat ukur. Kalibrasi merupakan proses membandingkan hasil pengukuran dengan besaran standar pada objek yang diukur. Hal tersebut bertujuan agar instrumen tersebut dapat terjaga kondisi alat ukur dan sesuai dengan spesifikasinya [31]. Dalam pengukuran terdapat istilah akurasi.

Akurasi didefinisikan sebagai seberapa dekat nilai yang diukur dengan nilai sebenarnya. Akurasi adalah representasi simultan dari akurasi dan kesamaan hasil dengan membandingkan hasil dengan nilai *absolut*. Semakin dekat hasil pengukurannya, maka semakin tinggi akurasinya. Akurasi dapat diperoleh melalui dua cara yaitu *error absolut* dan *error relatif*. *Error absolut* merupakan nilai *absolut* dari selisih antara nilai sebenarnya x dengan nilai terukur x' . *Error absolut* dapat dituliskan menggunakan rumus berikut :

$$\epsilon A = |x - x'| \tag{2.4}$$

Sedangkan *error* relatif membagi selisih antara nilai sebenarnya x dan nilai observasi x' dengan nilai sebenarnya. Hasil yang diperoleh merupakan nilai tanpa satuan yang dapat diperoleh pada rumus berikut :

$$\epsilon R = \left| \frac{x-x'}{x} \right| \quad (2.5)$$