

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Penelitian yang Relevan

Terdapat 5 penelitian relevan yang dijadikan acuan dalam pengembangan alat. Perbedaan terletak pada pendekatan rancangan sistem, jenis mikrokontroler yang digunakan dan bentuk output yang ditampilkan. Penelitian relevan seperti pada **Tabel II.1**.

Tabel II.1 Penelitian Relevan

No	Penulis	Mikrokontroler	Metode	Output
1.	(Sarmidi & Rohmat, 2019)	Atmega 328P	<i>Research and development (R&D)</i>	LCD
2.	(Yolnasdi et al., 2020)	Arduino Uno	<i>Research and development (R&D)</i>	Mengaktifkan humidifier
3.	(Nugraha et al., 2023)	Atmega 328	<i>Research and development (R&D)</i>	LCD & Bylink
4.	(Budiprasojo & Rofi'i, 2022)	MC34063A	<i>Research and development (R&D)</i>	Pelepasan uap
5.	(Awaluddin et al., 2022)	NodeMCU ESP8266	<i>Research and development (R&D)</i>	LCD

Kajian terdahulu menunjukkan variasi pendekatan pada aspek mikrokontroler, metode pengembangan serta output. Ditinjau dari mikrokontroler meliputi Arduino Uno, Atmega 328P, Atmega 328, MC34063A dan NodeMCU ESP8266. Ditinjau dari output menggunakan LCD, mengaktifkan humidifier, dan pelepasan uap. Alat ini memiliki keunggulan berupa penggunaan Raspberry Pi Pico sebagai mikrokontroler dan sensor AHT20 sebagai pendeteksi kelembaban. Data hasil pengukuran ditampilkan secara real-time melalui LCD I2C, buzzer, dan notifikasi pada Chatbot Telegram. Kajian yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan model pengembangan *ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation)*

II.2 Kendaraan Angkutan Barang

Transportasi merupakan proses pemindahan orang maupun barang dari suatu tempat ke tempat lain menggunakan sarana atau moda tertentu. Angkutan barang merupakan kegiatan transportasi yang memfokuskan pemindahan muatan berupa barang dari satu lokasi ke lokasi tujuan (Kusuma et al., 2023). Kendaraan bermotor angkutan barang seperti pada **Gambar II.1**



Gambar II.1 Kendaraan Bermotor Angkutan Barang (Arie, 2020)

Angkutan barang berbasis jalan memiliki tingkat fleksibilitas tinggi yang memungkinkan pengiriman langsung dari titik asal ke lokasi tujuan (*door to door*), sekaligus berfungsi sebagai penghubung awal maupun lanjutan bagi moda transportasi lainnya (Wahyudi et al., 2013). Jenis kendaraan bermotor untuk angkutan barang mencakup mobil bak terbuka, bak tertutup, truk tangki, dan kendaraan penarik.

a. Mobil Barang Muatan Terbuka

Mobil barang dengan muatan terbuka merupakan jenis kendaraan niaga yang dirancang tanpa penutup di bagian atas baknya, sehingga mempermudah proses pemuatan maupun pembongkaran barang. Contoh kendaraan tipe ini meliputi pick up, truk, flat deck, dan dump truck. Dump truk ditunjukkan pada **Gambar II.2**.



Gambar II.2 Mobil Barang Bak Terbuka (A. K. Muhammad Fathan Radityasani, 2020)

b. Mobil Barang Bak Tertutup

Mobil barang dengan bak tertutup merupakan kendaraan niaga yang memiliki ruang muatan tertutup pada umumnya berbahan logam atau besi. Bak tertutup memiliki fungsi melindungi barang dari kerusakan akibat cuaca maupun faktor eksternal lainnya. Jenis kendaraan ini adalah truk box seperti yang ditampilkan pada **Gambar II.3**.



Gambar II.3 Mobil Barang Bak Tertutup (Gilang Satria, 2024)

c. Mobil Penarik atau Tempelan

Mobil penarik termasuk dalam jenis kendaraan bermotor angkutan barang yang didesain khusus untuk menarik beban besar yang ditempatkan pada trailer melalui sistem sambungan berupa gandengan atau tempelan. Contoh kendaraan jenis ini meliputi truk tempelan, truk gandengan, dan sejenisnya. Mobil penarik dapat dilihat pada **Gambar II.4**.



Gambar II.4 Mobil Penarik atau Tempelan (Sumarno, 2021)

d. Truk Tangki

Kendaraan angkutan barang jenis tangki dirancang khusus dengan wadah berbentuk silinder untuk mengangkut muatan dalam bentuk cair atau

gas. Desain tangki bertujuan mempermudah proses pengiriman sekaligus menjaga keamanan dan kualitas isi selama perjalanan. Contoh truk tangki dapat dilihat pada **Gambar II.5**.



Gambar II.5 Truk Tangki (Yadika, 2019).

II.3 Jenis Rem

Sistem pengereman yang paling umum digunakan pada bus, truk, dan kendaraan berat lainnya adalah rem angin. Rata-rata truk saat ini menggunakan sistem ini. Sistem hidrolik menggunakan minyak untuk menekan kampas rem, sedangkan *full air brake* menggunakan tekanan udara. Sistem rem angin terdiri dari dua kategori yaitu :

II.3.1 Hidrolik

Sistem rem hidrolik bekerja dengan memanfaatkan fluida cair sebagai media penghantar tekanan dari pedal rem ke komponen pengereman. Sistem ini tergolong kompleks dan membutuhkan perawatan rutin karena rentan mengalami kerusakan. Kebocoran pada selang atau sambungan fluida dapat mengganggu aliran dalam sistem dan menurunkan kinerja pengereman (Dalimunthe, 2018).



Gambar II.6 Rem Hidrolik (Arini, 2023).

II.3.2 *Full Air Brake* (FAB)

Sistem *Full Air Brake* menggunakan tekanan udara sebagai tenaga utama untuk menghasilkan gaya pengereman. Rangkaian sistem ini dirancang agar pengereman dimulai dari roda belakang menjaga kestabilan kendaraan saat membawa muatan berat dan memaksimalkan proses pengereman (Mulya, 2018). Sistem rem angin menggunakan pedal rem sebagai katup pengatur aliran udara bertekanan yang berfungsi menekan kampas rem (Heradiranto, 2020).



Gambar II.7 *Full Air Brake* (W, 2024).

II.3.3 *Air Over Hydraulic* (AOH)

Sistem rem *Air Over Hydraulic* adalah kombinasi sistem *rem Full Hydraulic* dan *rem Full Air Brake*. Sistem ini bekerja dengan sistem pneumatik yang mengatur aliran udara bertekanan. Kemudian udara bertekanan mendorong fluida (minyak rem) melalui pedal rem (Park & Park, 2020).



Gambar II.8 *Air Over Hydraulic* (M. Fathan Radityasani, 2020).

II.4 Tangki Udara

Tangki udara berperan sebagai wadah penyimpanan udara bertekanan yang dibutuhkan dalam sistem rem udara. Kapasitasnya disesuaikan dengan

standar pabrikan kendaraan guna memastikan ketersediaan udara yang mencukupi bagi sistem pengereman dan perangkat kontrol lainnya (Handbook, n.d.). Demi menjamin keselamatan sistem rem *Full Air Brake* (FAB) menetapkan tekanan dalam tangki berada pada kisaran 740–840 kPa atau setara 7,5–8,5 kgf/cm² (Geor, 2016). Tangki udara seperti pada gambar **Gambar II.9**.



Gambar II.9 Tangki Udara (Jones, 2023).

Fungsi tangki udara antara lain :

- a. Menstabilkan tekanan udara
- b. Menyediakan cadangan udara
- c. Menyaring kelembaban
- d. Penyimpan cadangan udara

II.4.1 Jenis Tangki udara

Tangki udara dalam sistem rem pneumatik diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu tangki udara primer dan tangki udara sekunder. Masing-masing memiliki peran tersendiri dalam menyalurkan udara bertekanan guna mendukung kinerja sistem pengereman secara optimal dan berlapis, antara lain (Shanks, 2019) :

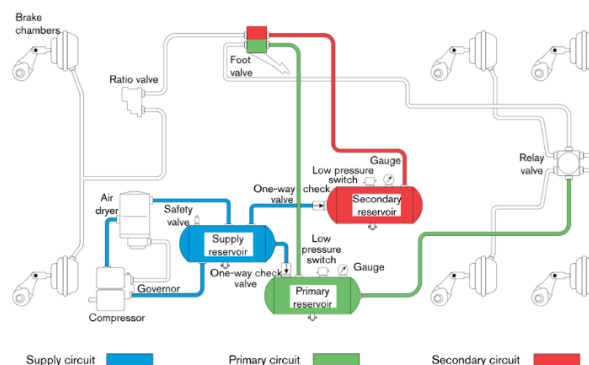
- a. *Primary Air Tank*

Primary air tank adalah tangki udara utama dalam sistem rem pneumatik yang berfungsi menyuplai udara bertekanan ke sirkuit pengereman primer yang umumnya terhubung ke rem roda belakang kendaraan. Tangki ini menjadi sumber tekanan awal yang vital untuk menjaga kestabilan sistem pengereman

terutama pada kendaraan berat.

b. *Secondary Air Tank*

Tangki sekunder pada sistem rem udara sirkuit ganda berfungsi menyalurkan udara bertekanan ke rem depan sekaligus menjaga kinerja pengereman saat terjadi gangguan pada salah satu sirkuit. Hilangnya tekanan udara pada sirkuit sekunder memicu katup periksa untuk mengisolasi sirkuit tersebut. Tindakan ini menjaga sirkuit primer tetap beroperasi secara normal. Komponen ini menjadi elemen penting dalam menjaga keselamatan kendaraan karena memungkinkan sistem rem tetap berfungsi secara optimal.



Gambar II.10 Tangki Udara Primer dan Tangki Udara Sekunder (Saskatchewan G.I, 2024).

II.4.2 Komponen Tangki Udara

Tangki udara dilengkapi dengan sejumlah komponen pendukung yang berfungsi memastikan proses penyimpanan dan penyaluran udara bertekanan berjalan optimal dalam sistem rem pneumatik, antara lain (Handbook, n.d.) :

a. *Safety Valve*

Katup pengaman berfungsi melindungi sistem rem udara dari kelebihan tekanan yang berpotensi merusak komponen. Komponen ini wajib dipasang pada reservoir yang terhubung langsung dengan saluran pembuangan dari kompresor. Terdapat dua jenis katup pengaman, yaitu tipe yang dapat disetel (ST-1) dan tipe tetap atau tidak dapat disetel (ST-3) dengan variasi tekanan kerja dan ukuran

ulir. NPT 1/4" maupun 3/8".



Gambar II.11 *Safety Check Valve*

b. *Reservoir*

Reservoir berperan sebagai wadah penyimpanan udara bertekanan dalam sistem rem udara dengan kapasitas yang disesuaikan oleh pabrik kendaraan guna memastikan pasokan udara mencukupi bagi sistem pengereman dan perangkat kontrol. Sistem ini umumnya menggunakan lebih dari satu reservoir. Fungsi tambahan dari reservoir adalah sebagai media pendingin udara hasil kompresi yang memungkinkan uap air di dalamnya mengalami kondensasi.



Gambar II.12 *Reservoir Tank*

c. *Inlet Check Valve*

Safety check valve berfungsi melindungi kompresor dari potensi kerusakan yang disebabkan oleh penyumbatan pada jalur pembuangan dan biasanya dipasang pada port buang kompresor tambahan atau saluran pembuangan sistem. Komponen ini memiliki karakteristik desain khusus sesuai fungsinya penggunaannya tidak dapat digantikan oleh katup pengaman konvensional.



Gambar II.13 *Inlet Check Valve*

d. *Single Check Valve*

Katup cek tunggal *tipe in-line* dirancang untuk memungkinkan aliran udara hanya ke satu arah dan mencegah aliran balik yang dapat mengganggu sistem. Katup ini tersedia dalam berbagai bentuk sepertiudukan permanen maupun yang dapat diganti dengan material dudukan berbahan karet atau logam. Beragam ukuran dan konfigurasi juga disediakan guna menyesuaikan kebutuhan sistem perpipaan yang berbeda.

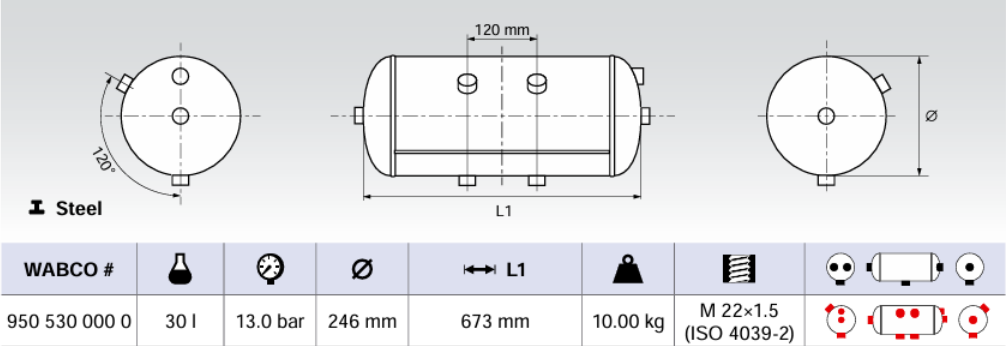


Gambar II.14 Single Check Valve

II.4.3 Spesifikasi Tangki Udara

Tangki ini dilengkapi dengan beberapa port yang memungkinkan integrasi dengan berbagai perangkat sistem pneumatik seperti katup, sensor tekanan, dan katup pembuangan (*drain valve*). Posisi dan jumlah port dirancang sedemikian rupa untuk mendukung fleksibilitas dalam instalasi sistem rem maupun sistem pendukung lainnya seperti suspensi udara. Dimensi tangki yang relatif kompak memungkinkan pemasangan secara efisien pada rangka kendaraan tanpa mengganggu komponen lain.

Penggunaan baja sebagai material utama pada tangki udara juga sesuai dengan Standar Internasional SAE J10 yang mengatur persyaratan performa dan ketahanan tangki terhadap tekanan. Spesifikasi tersebut menjadikan tangki udara layak digunakan dalam sistem rem kendaraan berat yang menuntut kestabilan tekanan dan keandalan tinggi selama pengoperasian. Spesifikasi tangki udara ditunjukkan pada **Gambar II.15**.



WABCO #							
950 530 000 0	30 l	13.0 bar	246 mm	673 mm	10.00 kg	M 22x1.5 (ISO 4039-2)	

Gambar II.15 Spesifikasi Tangki Udara

II.5 Batas Kelembaban Udara

Standar ISO 8573-1 menetapkan bahwa udara terkompresi dalam sistem pneumatik kendaraan berat idealnya memiliki kelembaban relatif di bawah 70% untuk mencegah kondensasi yang dapat merusak komponen. Kelembaban yang melebihi ambang batas tersebut berisiko membentuk buih air yang dapat mengganggu kinerja katup dan menghambat aliran udara dalam sistem (Mark, 2019).

Tabel II.2 Klasifikasi Kualitas Udara Terkompresi Standar ISO 8573-1:2010

ISO8573-1:2010 CLASS	Solid Particulate			Mass Concentration mg/m³	Water		Oil Total Oil (aerosol liquid and vapour) mg/m³
	Maximum number of particulates				Vapour Pressure Dewpoint	Liquid g/m³	
	0.1-0.5 micron	0.5-1 micron	1-5 micron				
0	As specified by the equipment user or supplier abd more stringent than class 1						
1	≤20.000	≤400	≤10	-	≤-70 °C	-	0.01
2	≤400.000	≤6.000	≤100	-	≤-40 °C	-	0.1
3	-	≤90.000	≤1.000	-	≤-20 °C	-	1
4	-	-	≤10.000	-	≤+3 °C	-	5
5	-	-	≤100.000	-	≤+7 °C	-	-
6	-	-	-	≤5	≤+10 °C	-	-
7	-	-	-	5-10	-	≤0.5	-
8	-	-	-	-	-	0.5-5	-
9	-	-	-	-	-	5-10	-
X	-	-	-	>10	-	>10	>10

Tabel menyajikan korelasi antara klasifikasi kualitas udara berdasarkan ISO 8573-1. Estimasi RH dalam tabel berperan sebagai pendekatan teknis dalam mengidentifikasi potensi kondensasi dalam sistem udara tekan. Kelas 6 yang memiliki *Pressure Dew Point* (PDP) sebesar $+10^{\circ}\text{C}$ secara teknis mengindikasikan kondisi udara mendekati kejenuhan menandakan potensi terbentuknya kondensat meningkat ketika suhu mengalami penurunan. Ambang 70 % RH dijadikan batas indikatif untuk mendeteksi kelembaban berlebih pada sistem pneumatik kendaraan berat selaras dengan acuan teknis ISO 8573-1.

Tabel II.3 Estimasi Korelasi antara Kelas ISO 8573-1:2010 terhadap *Nilai Pressure Dew Point* (PDP) dan Kelembaban Relatif (RH)

Kelas	<i>Pressure Dew Point</i> (PDP)	Kelembaban Relatif (%)
1	$\leq -70^{\circ}\text{C}$	$<1\%$
2	$\leq -40^{\circ}\text{C}$	$\pm 3\%$
3	$\leq -20^{\circ}\text{C}$	$\pm 10\%$
4	$\leq +3^{\circ}\text{C}$	$\pm 20\%$
5	$\leq +7^{\circ}\text{C}$	$\pm 50\%$
6	$\leq +10^{\circ}\text{C}$	$\pm 70\%$

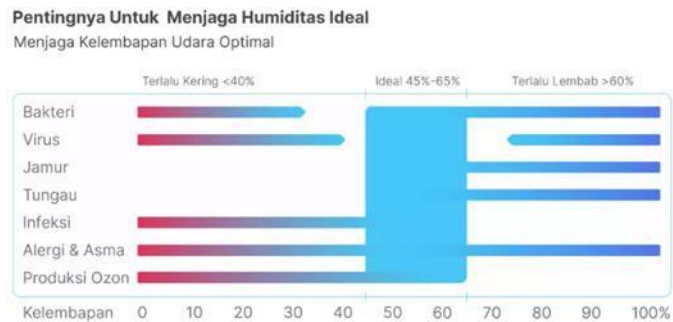
II.6 Suhu dan Kelembaban Udara

II.6.1 Suhu

Suhu udara atau bisa juga disebut dengan temperatur udara adalah keadaan panas atau dinginya udara pada kondisi tertentu. Suhu tinggi menyebabkan kelembaban relatif menurun. Sebaliknya, suhu rendah meningkatkan kelembaban relatif. Hubungan antara suhu dan kelembaban ini berpengaruh pada terjadinya kondensasi dan terbentuknya buih air seperti siklus terjadinya hujan (Kahfi et al., 2023).

II.6.2 Kelembaban

Kelembaban udara adalah banyaknya uap air yang dikandung oleh udara yang dapat diukur dengan alat yang bernama hygrometer. Kelembaban udara juga merupakan konsentrasi kandungan dari uap air yang ada di udara. Kelembaban udara yang tinggi dapat memicu pertumbuhan lumut, spora dan jamur.



Gambar II.6 Tingkat Kelembaban Udara (Ummah, 2019)

Pada kelembaban 90%, efisiensi inhibitor dari rimpang jahe merah rendah karena senyawa fenol atau antioksidan tidak terabsorpsi optimal akibat tingginya uap air. Kondisi tersebut menyebabkan laju korosi mengalami peningkatan (Husbani et al., 2022).

Pada kelembaban ruangan 80% nilai efisiensi inhibitor tercatat lebih tinggi dan menunjukkan bahwa inhibitor berfungsi dengan baik. Laju korosi yang tetap meningkat menunjukkan bahwa korosi masih terjadi secara signifikan yang berdampak pada rendahnya efisiensi inhibitor tersebut.

II.6.3 Tekanan Udara

Tekanan udara adalah tenaga yang menggerakkan massa udara dalam setiap luasan tertentu. Salah satu karakteristik udara adalah nilai tekanan udara. Tekanan udara ini dapat digunakan untuk meramalkan cuaca. Tekanan udara ini merupakan salah satu faktor yang tidak dapat dipisahkan dalam peristiwa terjadinya hujan (Yulkifli & Ardi, 2014).

II.7 Korosi

Korosi pada kendaraan besar terutama pada sistem berbahan logam seperti tangki udara, pipa, atau komponen pengerema, dapat berdampak serius pada kinerja sistem. Korosi membuat saluran udara bocor dan menurunkan kemampuan pengereman hingga berisiko gagal berfungsi. Kondisi tersebut berbahaya karena sistem pengereman merupakan elemen krusial untuk keselamatan pengemudi, penumpang, dan pengguna jalan lainnya. Baja memiliki sifat mekanik sangat baik. Interaksi dengan lingkungan basah,

berlumpur, kotor, dan bersuhu tinggi berpotensi menurunkan kekuatannya. Korosi terjadi akibat reaksi elektrokimia antara logam besi dan lingkungan tersebut, yang mengakibatkan penurunan kualitas logam (Azwar & Boihaqi, 2020).



Gambar II.7 Korosi Pada Komponen Kendaraan (Dokumentasi Penulis)

II.8 Sensor AHT 20

Sensor AHT 20 adalah sensor generasi baru yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban yang telah menetapkan standar baru dalam hal ukuran komponen dan kecerdasan sensor. Sensor mengeluarkan sinyal digital terkalibrasi dalam format I2C standar dengan bagian bawah 3 x 3 mm dan tinggi 1,0 mm. Sensor ini tertanam dalam paket datar dua baris tanpa timbal yang cocok untuk penyolderan reflow.

AHT 20 memiliki chip ASIC yang dirancang baru, begitu juga elemen penginderaan kelembapan kapasitif semikonduktor MEMS yang ditingkatkan. Kinerja sensor suhu dan kelembaban generasi baru menunjukkan peningkatan signifikan, melampaui performa sensor sebelumnya dengan stabilitas yang lebih baik di lingkungan ekstrem.



Gambar II.8 Sensor AHT 20 (Asair, 2021).

II.9 Raspberry pi

Sebuah modul komputer mini dengan input dan output seperti board mikrokontroller biasa disebut dengan raspberry pi. Dalam produk raspberry pi komputer, Raspberry Pi Pico merupakan salah satu mikrokontroler termurah di pasaran. Mikrokontroller ini bisa menjalankan dua program dalam kedua bahasa yakni *MicroPython* dan C. *MicroPython* merupakan bahasa pemrograman yang berasal dari bahasa komputer *Python*, dan biasanya digunakan untuk bekerja dengan perangkat tingkat rendah seperti Pico (Sari, 2024). Keunggulan penggunaan komponen ini yakni penggunaan energi yang efisien, daur ulang dan pemakaian kembali komponen dan biaya operasional yang rendah (Prastyo, 2024).



Gambar II.9 Raspberry Pi Pico (Maidanov et al., 2022).

II.10 Buzzer

Suatu rangkaian atau perangkat umumnya memerlukan indikator berupa suara untuk memberikan respon atau peringatan. Kondisi ini menuntut adanya komponen elektronika berkemampuan sesuai kebutuhan dan fungsinya. Komponen tersebut harus relatif lebih murah, mudah digunakan, dan buzzer menjadi pilihan tepat (Muchtar & Hakiki, 2020).

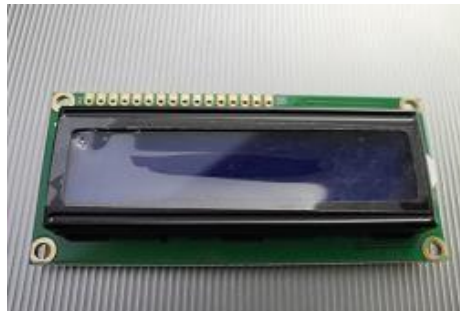
Bentuk Buzzer Simbol Buzzer



Gambar II.10 Buzzer (Hidayatullah, 2020)

II.11 *Liquid Crystal Display (LCD) 16X2 I2C*

Liquid Crystal Display (LCD) adalah bagian elektronika yang dapat menampilkan tulisan, karakter, dan huruf. *Liquid Crystal Display* (LCD) menggunakan kristal cair sebagai penampil utama dan dalam modulnya terdapat mikrokontroller yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter dan memiliki memori dan register.



Gambar II.13 LCD I2C (Nusyirwan, 2020)

II.12 Fritzing

Fritzing merupakan perangkat lunak dengan sumber terbuka yang dimaksudkan untuk orang yang ingin membuat proyek elektronika. Perangkat ini juga berfungsi untuk merealisasikan desain rancang bangun yang telah dibuat sebelumnya dan membantu merangkai antar komponen berdasarkan skema yang tersedia.



Gambar II.15 Fritzing (Pranata & Suharyanto, 2020)

II.13 Telegram

Telegram awalnya layanan kantor pos untuk pengiriman pesan tertulis jarak jauh secara cepat. Perkembangan teknologi membuat layanan tersebut berhenti beroperasi. Nama Telegram diadopsi startup sebagai aplikasi komunikasi jarak jauh yang memudahkan pengguna berinteraksi. Salah satu keunggulan aplikasi telegram adalah fitur chatbot. Fitur ini memungkinkan

chatbot untuk menghubungkan pesan ke sistem untuk memantau dan mengontrol alat yang (Dhodit Rengga Tisna, Tamara Maharani, 2020)



Gambar II.16 Telegram (Editorial, 2024)