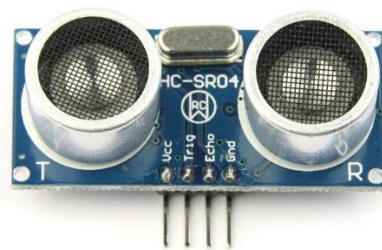


BAB IV

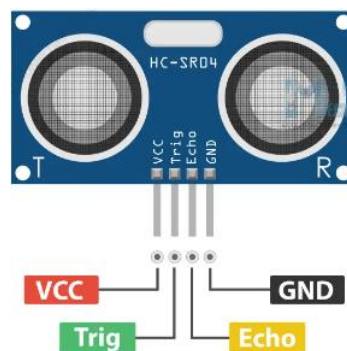
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Literasi Cara Kerja Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik, yang sering disebut sebagai sensor sonar, adalah sebuah perangkat yang menggunakan gelombang suara ultrasonik untuk mendeteksi kehadiran objek di depannya dan mengukur jarak ke objek tersebut. Salah satu sensor ultrasonik yang populer adalah HC-SR04, yang diilustrasikan dalam Gambar 4.1. Sensor HC-SR04 terdiri dari empat pin, seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.2.



Gambar 4. 1 Sensor Ultrasonik HC-SR04



Gambar 4. 2 Pin Pada Sensor Ultrasonik HC-SR04

Fungsi dari setiap pin pada sensor adalah sebagai berikut:

Pin VCC terhubung ke sumber tegangan 5 Volt Direct Current untuk memberikan daya pada sensor.

Pin Trig terhubung ke pin digital Arduino dan bertugas mengirimkan sinyal dalam bentuk gelombang suara dengan frekuensi 40 kHz. Dengan mengatur logika dari pin ini menjadi "HIGH - LOW", sensor akan mengirimkan gelombang ultrasonik.

Pin Echo juga terhubung ke pin digital Arduino dan berperan dalam menerima gelombang yang dipantulkan oleh objek di depan sensor. Ketika gelombang ultrasonik belum diterima, logika pin Echo akan tetap tinggi (HIGH). Setelah sensor menerima gelombang yang dipantulkan, logika pin Echo akan menjadi rendah (LOW).

Pin GND terhubung ke ground untuk menyediakan jalur kembali ke sumber daya.

Informasi mengenai spesifikasi sensor Ultrasonik HC-SR04 tercantum dalam Tabel 4.1. Sensor ini mampu mendeteksi jarak dengan efektif dalam rentang 2 hingga 400 cm, memiliki frekuensi kerja sebesar 40 kHz, dan memerlukan arus sebesar 15 mA untuk pengoperasiannya.

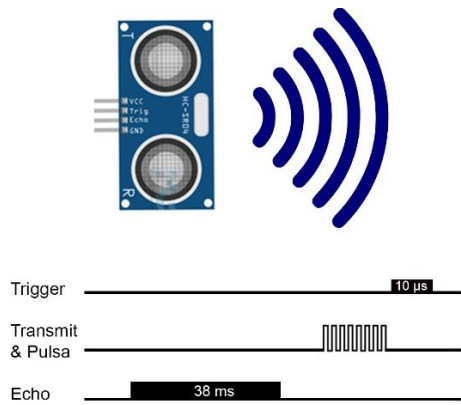
Electrical Parameters	Nilai
Operating Voltage	5 Volt Direct Current
Operating Current	15mA
Operating Frequency	40KHz
Max. Range	4 m
Min. Range	2 cm
Measuring Angle	15 Degrees

Tabel 4. 1 Spesifikasi Sensor HC-SR04

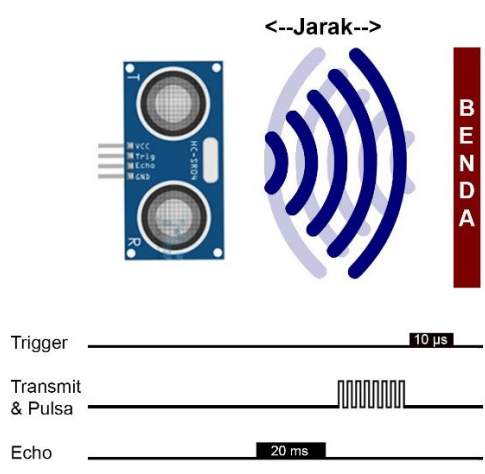
Untuk mengukur jarak objek menggunakan sensor HC-SR04, sinyal pulsa dengan durasi 10 μ s diberikan ke pin Trigger sensor. Sebagai respons terhadap sinyal

trigger ini, transduser sensor menghasilkan 8 pulsa sinyal ultrasonik pada frekuensi 40 kHz. Ketika transduser mengirimkan sinyalnya, pin ECHO akan tetap berada dalam keadaan tinggi (HIGH). Namun, pin ECHO akan berubah menjadi rendah (LOW) ketika sensor mendeteksi pantulan dari 8 pulsa yang telah dikirimkan. Oleh karena itu, durasi pulsa yang diterima oleh pin ECHO dapat digunakan untuk menghitung jarak objek dengan menggunakan sensor tersebut.

Ilustrasi dari proses deteksi jarak ini tergambar pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4. Pada Gambar 4.3, situasi terjadi ketika sensor tidak mendeteksi keberadaan benda di depannya dalam jangkauan pengukuran. Di sisi lain, pada Gambar 4.4, terlihat bahwa ada benda yang terdeteksi oleh sensor dalam jarak yang masih dapat diukur. Pulsa dengan durasi 38 ms menandakan ketiadaan benda di depan sensor. Jarak (J) dapat dihitung berdasarkan durasi pulsa (D), dengan satuan jarak dalam cm.



Gambar 4. 3 Sensor Ultrasonik HC-SR04 tanpa benda penghalang



Gambar 4. 4 Sensor Ultrasonik HC-SR04 dengan benda penghalang

4.2 Literasi Cara Kerja Sensor Inframerah E18-D80NK

Sensor Inframerah E18-D80NK adalah sebuah perangkat elektronik yang dirancang untuk mendeteksi cahaya inframerah. Cahaya inframerah adalah jenis sensor optik yang biasanya beroperasi pada frekuensi 38,5 KHz. Kurva karakteristik inframerah menggambarkan hubungan antara frekuensi dan jarak yang dapat dideteksi. Jika frekuensi berada di bawah atau di atas puncak kurva, jarak yang dapat terdeteksi akan lebih pendek.

Ada dua metode utama dalam desain pemancar sensor inframerah: metode langsung, di mana inframerah diberi bias seperti rangkaian LED biasa, dan metode dengan pemberian pulsa, yang mengikuti kurva karakteristik inframerah. Metode pemberian pulsa masih rentan terhadap gangguan frekuensi luar, oleh karena itu diperlukan teknik modulasi di mana terdapat dua frekuensi, yaitu frekuensi untuk data dan frekuensi pembawa. Dengan menggunakan teknik ini, penerima dapat membaca data yang dikirimkan.



Gambar 4. 5 Sensor Inframerah E18-D80NK

Sensor jenis E18-D80NK digunakan untuk mendeteksi kehadiran suatu objek. Apabila objek berada di depan sensor dan berada dalam jarak deteksinya, keluaran sensor akan menjadi logika "1" atau "high", menandakan bahwa objek terdeteksi. Sebaliknya, jika objek berada di luar jangkauan sensor, keluaran sensor akan menjadi "0" atau "low", menandakan ketiadaan objek.

Informasi mengenai spesifikasi Sensor Inframerah E18-D80NK tercantum dalam Tabel 4.2. Sensor ini mampu mendeteksi jarak dengan efektif dalam rentang hingga

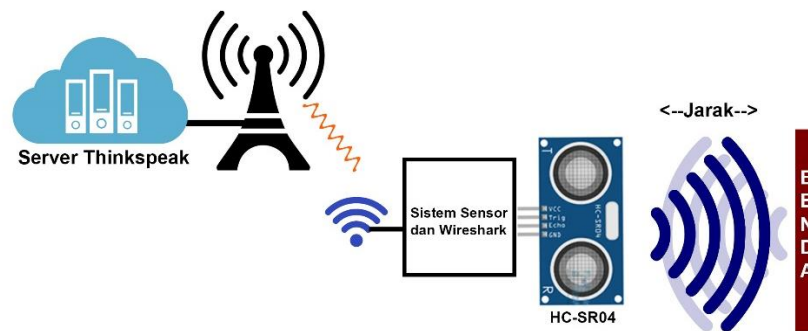
45cm, memiliki ketahanan temperature $-25^{\circ}\text{C} + 55^{\circ}\text{C}$ dan memerlukan arus sebesar 25 mA untuk pengoperasiannya.

Electrical Parameters	Nilai
Operating Voltage	5 Volt Direct Current
Operating Current	< 25 mA
Lead Length	45 cm
Working temperature	$-25^{\circ}\text{C} + 55^{\circ}\text{C}$

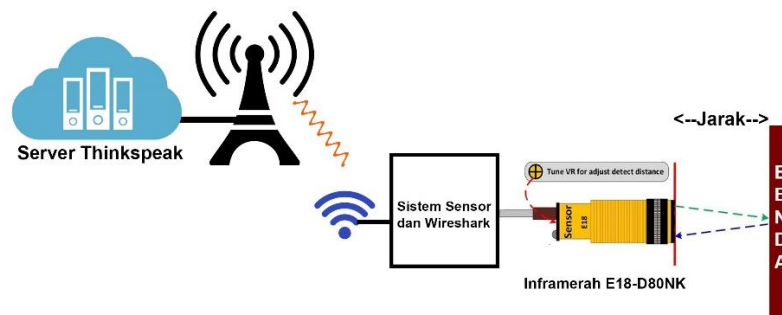
Tabel 4. 2 Spesifikasi Sensor Inframerah E18-D80NK

4.3 Implementasi Sistem untuk Uji Kinerja Sensor

Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 menunjukkan sistem pengukuran jarak yang menggunakan sensor Ultrasonik HC-SR04 dan Inframerah E18-D80NK secara berurutan. Pada kedua gambar tersebut, terlihat sebuah objek penghalang yang ditempatkan di depan sensor pada jarak J (dalam centimeter). Kedua sistem sensor tersebut terhubung ke platform Thingspeak melalui koneksi internet melalui jaringan seluler.

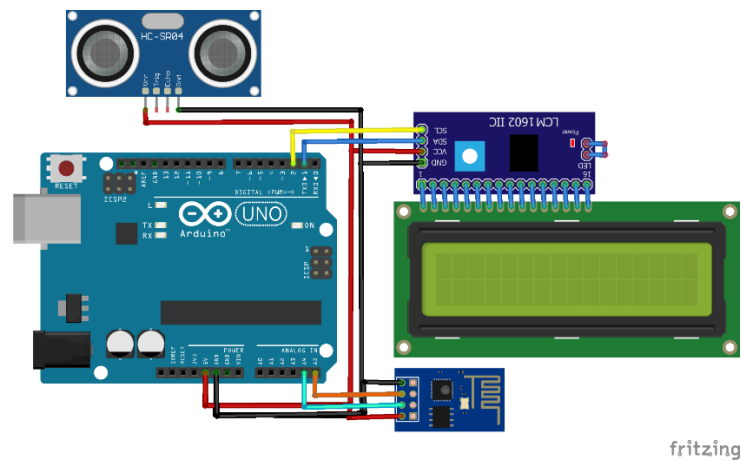


Gambar 4. 6 Sistem Sensor menggunakan Ultrasonik HC-SR04

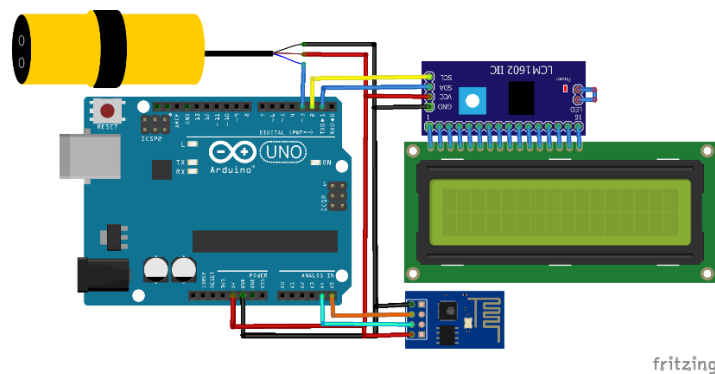


Gambar 4. 7 Sistem Sensor menggunakan Inframerah E18-D80NK

Susunan kabel antara sensor HC-SR04 dan Arduino yang dilengkapi dengan modul ESP8266 untuk mentransmisikan data ke Thingspeak direpresentasikan dalam Gambar 4.8. Sebaliknya, susunan kabel untuk sensor Inframerah E18-D80NK ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 8 Pengkabelan Sensor Ultrasonik HC-SR04



Gambar 4. 9 Pengkabelan Sensor Inframerah E18-D80NK

Untuk mengevaluasi kinerja sensor jarak, penelitian ini menjalankan skenario-skenario berikut: 1) Menguji hasil pembacaan sensor pada berbagai jarak, dan 2) Menguji kualitas layanan (QoS) dari sistem sensor dalam proses pengiriman data.

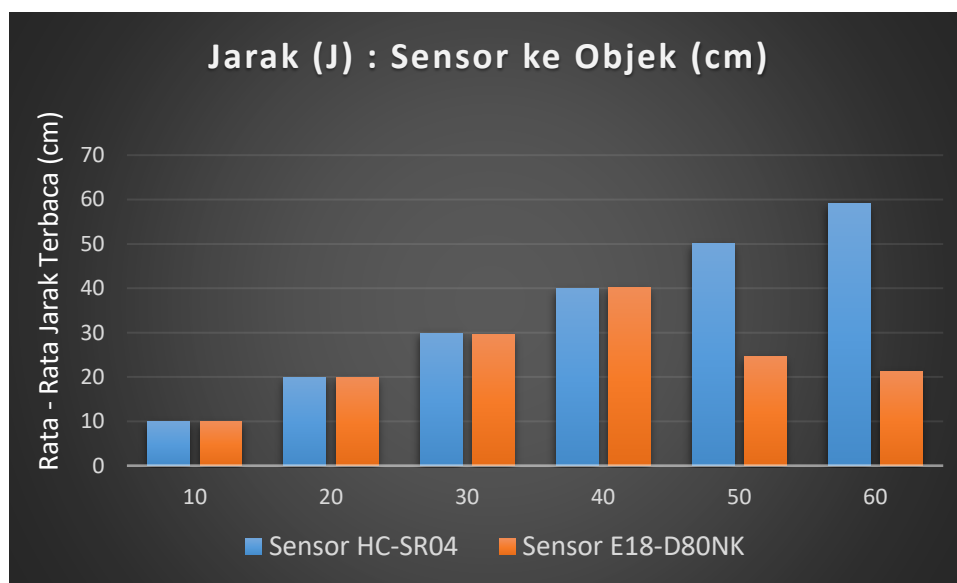
4.4 Uji Pembacaan Jarak oleh Sensor

Pada pengujian ini, eksperimen dimulai dengan mengatur nilai jarak dari sensor ke objek (J) sebesar 10 cm. Nilai jarak ini kemudian ditingkatkan secara bertahap

dengan peningkatan sebesar 10 cm dalam setiap percobaan berikutnya. Dengan demikian, setiap percobaan memperlihatkan perubahan jarak antara sensor dan objek secara bertahap.

Data hasil pengujian telah direkam dan didokumentasikan dalam Gambar 4.10, yang merupakan visualisasi dari data pembacaan sensor yang dikirimkan ke platform cloud Thingspeak. Gambar 4.10 menampilkan rata-rata data pembacaan sensor yang diambil setiap 20 detik. Visualisasi ini memberikan gambaran tentang respons sensor terhadap perubahan jarak antara sensor dan objek.

Dengan adanya visualisasi ini, kita dapat melihat bagaimana nilai rata-rata pembacaan sensor bervariasi seiring dengan perubahan jarak antara sensor dan objek. Hal ini memberikan pemahaman yang lebih baik tentang karakteristik respons sensor terhadap perubahan lingkungan, yang merupakan informasi penting dalam pengembangan dan pemantauan sistem yang melibatkan sensor ini.



Gambar 4. 10 Rata - Rata Hasil Pembacaan Sensor

Dari ilustrasi yang disajikan, terlihat bahwa sensor Ultrasonik HC-SR04 memberikan hasil pembacaan jarak yang lebih konsisten dan akurat. Pada Gambar 4.10, grafiknya menunjukkan peningkatan yang stabil seiring dengan peningkatan jarak yang diukur, sesuai dengan nilai jarak dari sensor ke objek (J) yang semakin

besar. Sebaliknya, hasil pembacaan sensor Inframerah E18-D80NK menunjukkan ketidak-konsistenan, dengan grafik yang tidak stabil dan tanpa pola yang jelas.

Data yang terdapat dalam Gambar 4.10 secara jelas memperlihatkan perbedaan kinerja kedua sensor tersebut. Rata-rata jarak yang terbaca oleh sensor ultrasonik HC-SR04 mendekati nilai yang diharapkan dari jarak sensor ke objek (J), sementara sensor Inframerah E18-D80NK menunjukkan tingkat ketidakakuratan yang meningkat seiring dengan jarak yang diukur. Rata-rata galat pembacaan pada sistem sensor Ultrasonik HC-SR04 hanya sekitar 0,71 cm, sedangkan pada sistem yang menggunakan sensor Inframerah E18-D80NK mencapai 19,81 cm.

Walaupun hasil pembacaan sensor Inframerah E18-D80NK masih cukup akurat untuk jarak maksimum 20 cm, namun mulai dari jarak 50 cm hingga 60 cm, hasil pembacaannya cenderung tidak konsisten. Bahkan pada jarak 60 cm, hasil pembacaan sensor sangat tidak akurat, mencapai 21,2 cm.

Keunggulan dalam keakuratan hasil pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 dibandingkan dengan sensor Inframerah E18-D80NK disebabkan oleh metode sensing yang digunakan. Sensor ultrasonik HC-SR04 menggunakan metode sensing yang menghasilkan sedikit bias dibandingkan dengan metode yang digunakan pada sensor Inframerah E18-D80NK. Pada sensor ultrasonik HC-SR04, pengukuran jarak hanya bergantung pada parameter D (durasi pulsa), di mana jarak dari sensor ke objek (J) dapat ditentukan dengan persamaan sederhana setelah nilai D (durasi pulsa) diketahui. Sebaliknya, pada sensor Inframerah E18-D80NK, penentuan jarak lebih kompleks karena hasil sensing bergantung pada beberapa parameter yang berpotensi menyebabkan bias.

4.5 Uji QoS Sistem Sensor dalam Pengiriman Data

Informasi yang diperlukan untuk menghitung keterlambatan (*delay*), kehilangan paket, dan throughput sangat krusial untuk mengevaluasi kinerja perangkat dengan akurat. Informasi yang diperlukan termasuk jumlah total paket yang dikirim selama periode waktu tertentu, durasi waktu percobaan, volume data yang dikirim dalam satuan byte, dan waktu penundaan yang dialami oleh setiap paket.

Dalam konteks percobaan yang dijelaskan dalam Tabel 4.3, dicatat bahwa ada total 6 paket yang dikirim. Ini merupakan elemen penting dalam memahami seberapa banyak data yang telah diproses dalam jaringan. Selain itu, informasi tambahan tentang durasi waktu percobaan, ukuran data yang dikirim dalam byte, dan waktu penundaan untuk setiap paket juga perlu dicatat untuk analisis yang komprehensif.

Dengan memiliki data-data ini, kita dapat menghitung keterlambatan rata-rata (*delay*), tingkat kehilangan paket, dan throughput jaringan. Keterlambatan (*delay*) dapat dihitung dengan membandingkan waktu tiba dan waktu keberangkatan setiap paket. *Packet loss* dapat ditemukan dengan memeriksa jumlah paket yang tidak tiba dibandingkan dengan jumlah total paket yang dikirim. Sementara *throughput* dapat dihitung dengan membagi jumlah total data yang berhasil dikirim dengan durasi waktu percobaan. Dengan demikian, dengan memiliki data-data ini, kita dapat mengevaluasi dan memperbaiki kinerja jaringan secara lebih efektif.

Dari analisis Wireshark, beberapa parameter QoS dapat diperoleh, seperti kehilangan paket, throughput, dan delay. Penelitian ini fokus pada 3 parameter QoS, yaitu kehilangan paket, delay, dan throughput. Tabel 4.3 menunjukkan *packet loss* seperti yang ditunjukkan dalam Wireshark.

Percobaan Ke-	Ultrasonik HC-SR04 (%)	Inframerah E18-D80NK (%)
1	0	0
2	0	0
3	0	0

4	0	0
5	0	0
6	0	0

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Packet Lost

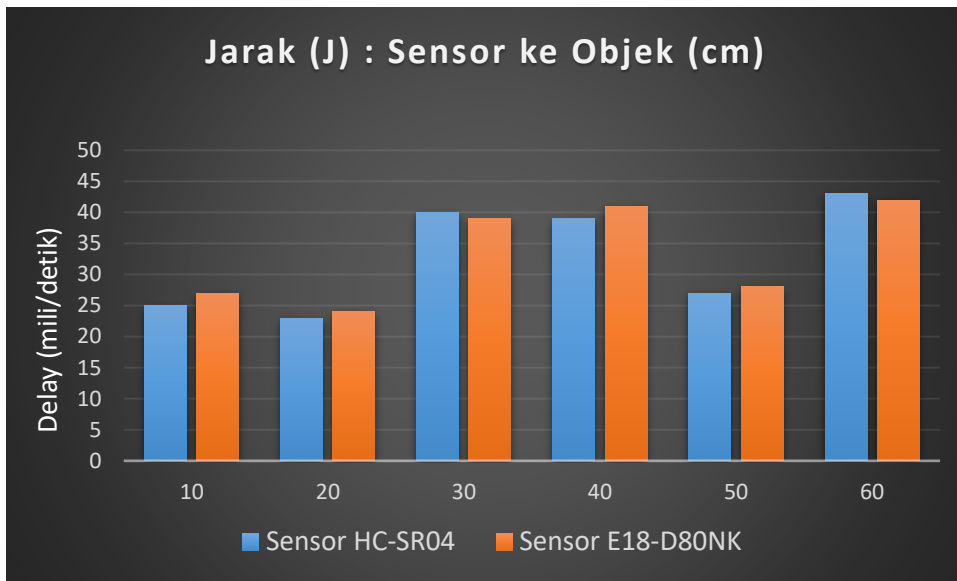
Data dalam tabel menunjukkan bahwa kehilangan paket untuk kedua sistem sensor adalah nol persen, yang mengindikasikan bahwa tidak ada paket data yang terhilang selama proses pengiriman dari sistem sensor ke server Thingspeak. Hal ini menunjukkan bahwa koneksi antara sistem sensor dan server Thingspeak sangat stabil dan handal.

Ketika tidak ada *packet loss* yang terjadi, ini mengindikasikan bahwa setiap paket data yang dikirim oleh sistem sensor berhasil sampai ke server tanpa adanya kegagalan atau kehilangan di tengah jalan. Ini bisa menjadi hasil dari beberapa faktor, termasuk kualitas jaringan yang baik, pengaturan yang tepat pada sistem sensor dan server, serta infrastruktur yang handal.

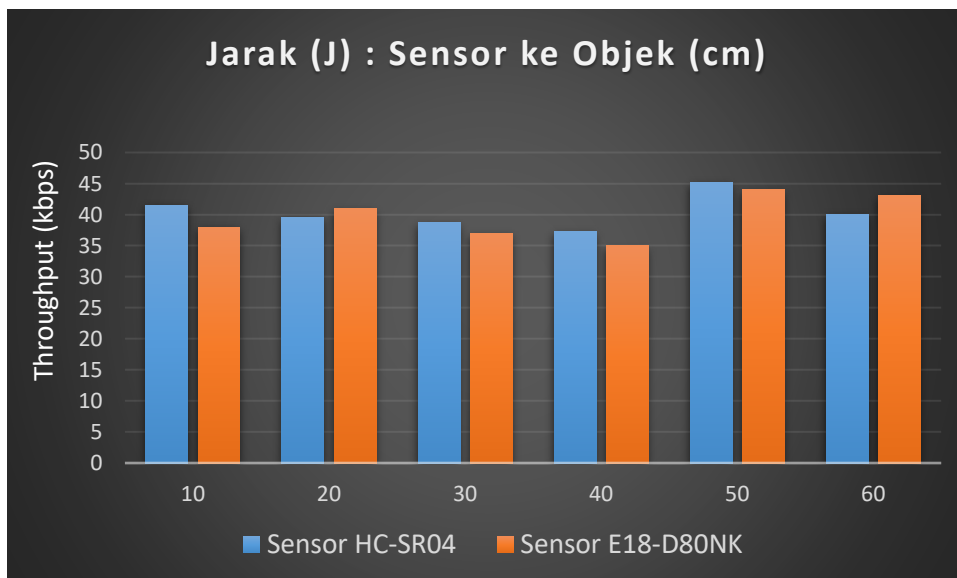
Dalam konteks aplikasi IoT seperti ini, di mana data dari sensor harus dikirimkan secara terus-menerus dan akurat, kehilangan paket data dapat menjadi masalah serius. Dengan *packet loss* sebesar 0%, keandalan sistem sensor dapat dipertahankan, dan data yang dikirimkan oleh sensor dapat dianggap dapat diandalkan oleh pengguna atau sistem yang bergantung pada informasi tersebut.

Gambar 4.11 memperlihatkan perbandingan delay data dalam pengiriman data dari kedua sistem sensor ke platform Thingspeak. Dalam penelitian ini, delay data mengacu pada estimasi end-to-end delay. Nilai end-to-end delay dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Aproksimasi end - to - end delay} = \frac{\text{round-trip time}}{2}$$



Gambar 4. 11 Perbandingan delay untuk kedua sensor



Gambar 4. 12 Perbandingan throughput untuk kedua sensor

Dalam Gambar 4.11 terlihat bahwa nilai delay rata-rata pada kedua sistem sensor berada dalam rentang puluhan milidetik, walaupun delay pada sistem sensor Ultrasonik HC-SR04 sedikit lebih besar dibandingkan dengan sistem yang menggunakan Inframerah E18-D80NK. Rata-rata delay pada sistem Ultrasonik HC-SR04 adalah 32,8 ms, sedangkan pada sensor Inframerah E18-D80NK adalah

33,5 ms. Dengan demikian, Sensor Ultrasonik HC-SR04 menunjukkan delay lebih rendah dengan selisih sekitar 2,08% atau sekitar 0,7 ms.

Adapun perbandingan kinerja throughput kedua sistem sensor ditampilkan dalam Gambar 4.12. Rata-rata throughput untuk kedua sistem sensor hampir sama, namun rerata throughput sistem sensor Ultrasonik HC-SR04 adalah 40,4 kbps, lebih tinggi dibandingkan dengan sistem sensor Inframerah E18-D80NK yang memiliki rerata 39,7 kbps. Dengan demikian, sensor Ultrasonik HC-SR04 memiliki throughput rata-rata yang lebih tinggi sekitar 1,76% dibandingkan dengan sensor Inframerah E18-D80NK, dengan selisih rata-rata throughput sekitar 0,7 kbps. Berdasarkan data QoS, sistem sensor Ultrasonik HC-SR04 menunjukkan sedikit keunggulan dibandingkan dengan sistem sensor Inframerah E18-D80NK.