

KEAMANAN RUMAH MENGGUNAKAN TRANSDUSER ULTRASONIK SEBAGAI PENDETEKSI GERAK

Fathul Qodir* , Bambang Sudarsono, Bledug Kusuma P.

Teknik Elektro FT Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jalan Lingkar Barat Tamantirto Kasihan Bantul Yogyakarta 55183
Telp. 0274-387656 ext. 211

ABSTRAKSI

Ruangan yang penuh barang-barang berharga memerlukan sistem keamanan elektronis yang bisa langsung dipantau. Transduser ultrasonik dapat menjadi alternatif solusi untuk mengamankan suatu ruangan yang butuh pengawasan secara otomatis. Transduser bisa dilengkapi buzzer atau sirane yang berbunyi sebagai alarm atau terkoneksi dengan telepon rumah, sehingga akan men-dial up telepon rumah jika ada seseorang yang tanpa ijin memasuki ruangan tersebut. Jadi, selama didalam ruangan tersebut tidak ada benda yang bergerak maka alarm tidak akan berfungsi. Jarak jangkauan maksimum dari alat ini adalah 3,5 meter (tergantung sudut antara pemancar dan penerima) dengan waktu rambatan selama 10,19.

Kata kunci: *Tranduser ultrasonik, sistem keamanan.*

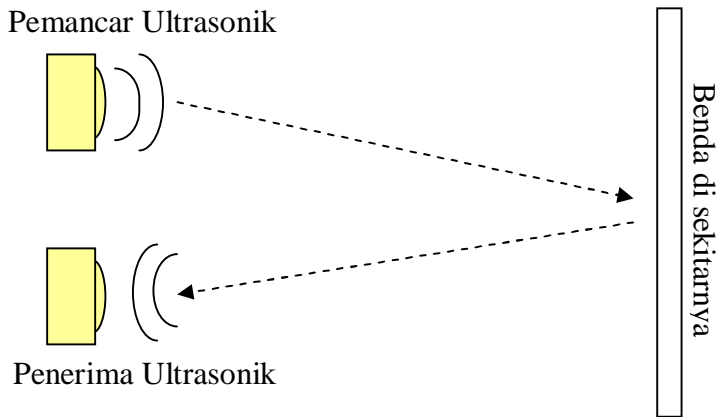
PENDAHULUAN

Transduser ultrasonik dapat menjadi alternatif solusi untuk mengamankan suatu ruangan yang butuh pengawasan secara otomatis. Transduser bisa dilengkapi buzzer atau sirane yang berbunyi sebagai alarm atau terkoneksi dengan telepon rumah, sehingga akan men-dial up telepon rumah jika ada seseorang yang tanpa ijin memasuki ruangan tersebut. Jadi, selama didalam ruangan tersebut tidak ada benda yang bergerak maka alarm tidak akan berfungsi.

Tujuan yang ingin dicapai dari perancangan tranduser ultrasonik 40 KHz sebagai pemicu dial telepon adalah sebagai alternatif alat penunjang keamanan khususnya terhadap pencurian dengan memanfaatkan gelombang ultrasonik sebagai media transmisi sinyal, sekaligus untuk mengetahui prinsip kerja dari rangkaian tranduser ultrasonik 40 KHz sebagai pemicu dial telepon dengan menggunakan gelombang ultrasonik sebagai media transmisi sinyalnya.

Prinsip kerja dari ultrasonik tidak berbeda dengan gelombang suara ultrasonik oleh binatang kelelawar. Binatang malam ini tidak memiliki penglihatan

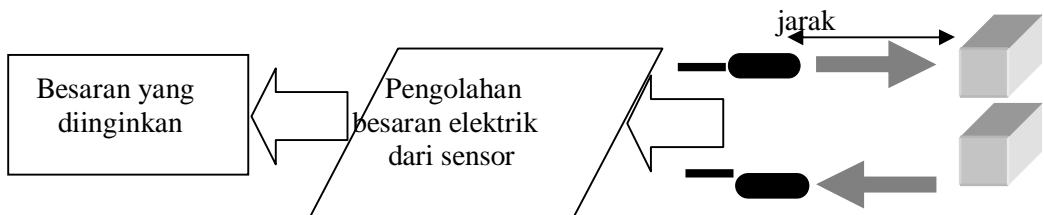
yang peka dimalam hari. Kelelawar hanya mengandalkan indra penciuman dan pendengaran yang tajam. Indra penciuman digunakan untuk mencari mangsa, sedangkan indra pendengaran digunakan untuk mengetahui posisinya terhadap benda tertentu.



Gambar 1. Prinsip Pancar-Terima Ultrasonik

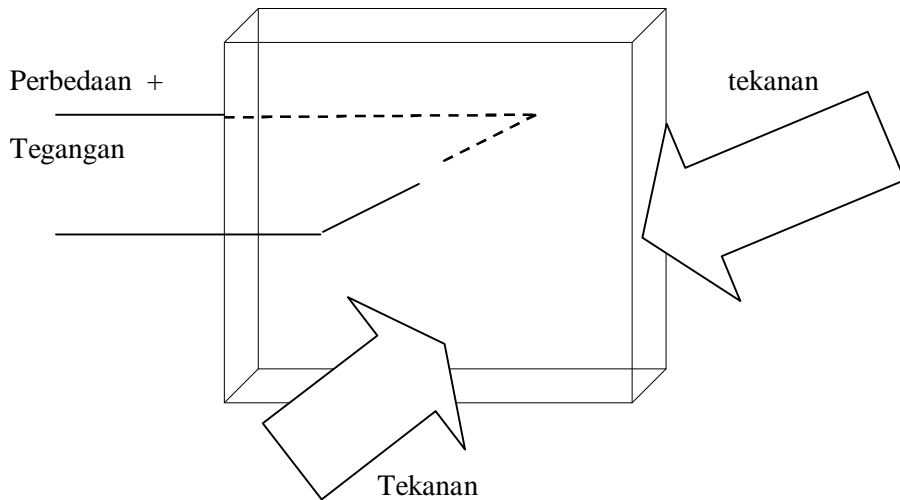
Sebelum transduser ini digunakan sebagai pemicu sebuah ponsel untuk dapat men-dial secara otomatis. Transduser ini telah banyak digunakan dalam berbagai peralatan elektronik seperti alat pengukur jarak atau disebut dengan *rangemeter*. *Rangemeter* ini telah diuji coba oleh para mahasiswa ITB dalam praktikumnya. Disini akan dibahas singkat tentang *rangemeter*.

Secara garis besar sistem *rangemeter* dapat digambarkan pada diagram berikut,



Gambar 2. Blok diagram *rangemeter*

Transduser ini biasanya terbuat dari bahan *piezo-elektrik*. Sifat dari *piezo-elektrik* adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Plat *piezo-elektrik* diberi tekanan

Sifat *piezo-elektrik* langsung

- Bila plat *piezo-elektrik* diberi tekanan, maka akan timbul muatan listrik pada kedua permukaannya
- Plat juga merupakan kapasitor dengan konstanta *dielektrik* tertentu, timbul beda tegangan

Sifat *piezo-elektrik* balik

- Bila plat *piezo-elektrik* diberi tegangan listrik, maka kedua permukaannya mendapat tekanan
- Plat juga merupakan badan elastik dengan konstanta elastik tertentu, tebalnya akan berubah
- Tegangan bolak balik sama dengan plat bergetar

Dengan sifat tersebut *piezo-elektrik* dapat berperan sebagai transduser dan sensor. Waktu yang dihabiskan antara pengiriman sinyal ultrasonik dengan penerima sinyal ultrasonik pantulan kita beri nama *Time Of Flight* (TOF), merupakan besaran yang digunakan untuk menghitung jarak dari transduser ke benda objek. Dengan mengetahui TOF, dan kecepatan gelombang ultrasonik di udara maka dapat dihitung jarak yang telah ditempuh oleh ultrasonik, sehingga tentunya jarak antara transduser terhadap benda adalah setengahnya. Tentunya

pengukuran ini akan dipengaruhi banyak hal seperti kemiringan permukaan benda, kerrefleksian permukaan, perubahan suhu dan lain-lain.

Perhitungan itu dilakukan untuk ditampilkan dalam besaran yang diinginkan, pada alat Rangementer tersebut hasil pengukuran ditampilkan dalam angka *seven segment* dengan satuan cm.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan bahan meliputi Multimeter, osiloskop, tool kit, pcb, PCB Designer, transduser, relai, komponen aktif (transistor, IC), dan komponen pasif (kapasitor, resistor).

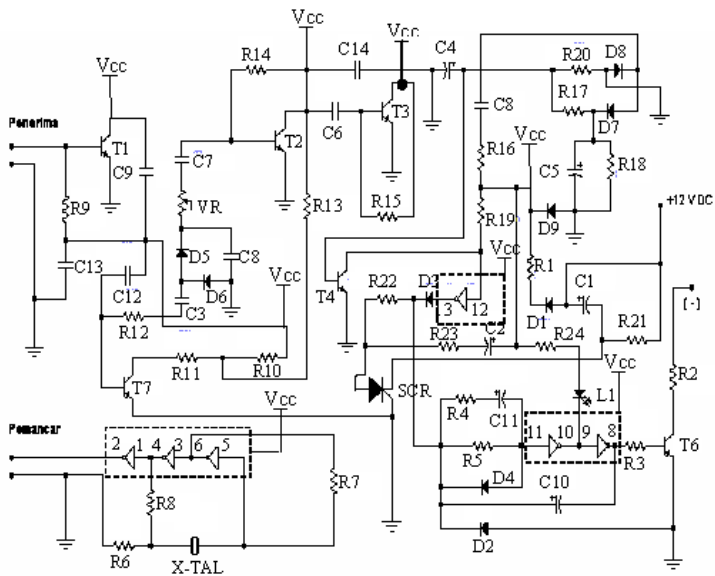
Daya jangkau dari transduser dapat diatur dengan resistor variabel (VR). Transduser ini dibuat untuk jangkauan rendah dikarenakan untuk menghindari *alarm* palsu yang bisa terjadi sewaktu-waktu dilingkungan sekitar transduser.

Transduser akan men-*dial up* telepon jika gerakan yang terdeteksi berlangsung lama karena sifat dari transduser ini adalah tidak mengunci beban. Hal ini dipertimbangkan untuk mengabaikan gerakan sesaat yang dapat menimbulkan alarm palsu. Contohnya : gerakan binatang, suara gaduh dari luar, atau ada benda yang terjatuh dan sebagainya.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Prinsip Kerja Rangkaian Transduser Ultrasonik

Rangkaian ini merupakan produk dari teknologi analog yang didukung sebagian kecil teknologi digital. Jika rangkaian penerima mendapatkan gelombang pantulan (berarti ada sesuatu yang bergerak), maka otomatis akan membangkitkan sebuah beban yang terkoneksi dengan transduser ultrasonik. Beban yang digunakan adalah sebuah telepon rumah atau dapat juga HP.



Gambar 4. Rangkaian Transduser Ultrasonik

Aplikasi Teori Perhitungan Pada Rangkaian Osilator

Setelah melalui tahap pengujian maka data-data hasil pengujian dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 1. Keluaran dari IC 555 dalam bentuk *clock*

No.	<i>Clock</i> /detik
1	4,87
2	4,97
3	4,64
4	4.53

Kepekaan Sensor Transduser Ultrasonik

Daya jangkau transduser ultrasonik sangat ditentukan oleh nilai VR. Resistor variabel yang digunakan pada transduser ini bernilai 5K ohm. Untuk faktor lain yang mempengaruhi kepekaan transduser dibahas langsung dibagian analisis.

Tabel 2. Daya jangkau transduser ultrasonik

No.	VR (5K Ω)	Jarak Jangkauan
1.	Minimum	0,5 meter
2.	Pertengahan	2,5 meter
3.	Maksimum	3,5 meter

Keterangan: Tegangan pada pemancar = 1,7 volt

Aplikasi Teori Perhitungan Pada Rangkaian Osilator

Perancang memberi toleransi waktu untuk men-*dial up* telepon selama 35 detik. Maka dilakukanlah perhitungan secara teori untuk mewujudkan toleransi waktu tersebut dengan memakai rumus sebagai berikut :

$$\left. \begin{array}{l} t_1 = 0,7 * (R_a + R_b) * C \\ t_2 = 0,7 * R_b * C \end{array} \right\} T = t_1 + t_2$$
$$F = \frac{1}{T}$$

Komponen yang telah ditetapkan nilainya adalah $C = 2200 \mu\text{F}$ 16V, $R_a = R_b$, dan IC 555 sebagai pembangkit *clock*. Perlu diperhatikan bahwa IC 4017 sebagai register geser mempunyai 10 *port output* sebagai register geser

LED Hijau sebagai indikasi *relay 2* diletakkan pada kaki 2 / *port O1* IC 4017 dan LED Oranye sebagai indikasi *relay 3* diletakkan pada kaki 7 / *port O3* IC 4017. Sehingga dapat diketahui jarak antara *port O3* ke *port O1* adalah sebanyak 7 *port*.

Waktu jeda yang dikehendaki adalah 35 detik dengan rentang sebanyak 7 *port*. Maka, satu *port* berlangsung selama 5 detik. (35 dibagi 7).

$$T = 5 \text{ detik} \quad C = 2200 * 10^{-6} \quad R_a = R_b = R = ?$$

Untuk menghasilkan waktu 5 detik per-*clock* nilai R harus segera ditentukan.

$$T = t_1 + t_2$$

$$t_1 = 2 * t_2 \quad \text{karena } R_a = R_b = R$$

$$T = 3 * t_2$$

$$5 = 3 * (0,7 * R * 2200 * 10^{-6})$$

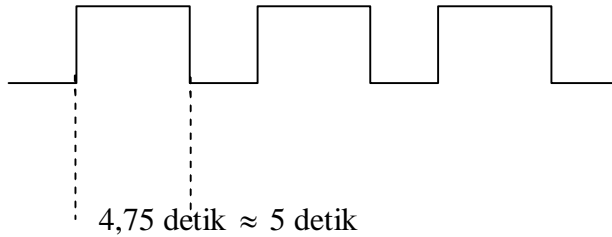
$$R = \frac{5}{3 * 0,7 * 2200 * 10^{-6}} = \frac{5 * 10^{-6}}{4620} = 1082,251 \text{ ohm.}$$

Jadi, untuk menentukan waktu selama 5 detik per-*clock* maka nilai R yang dibutuhkan sebesar 1082,251 ohm.

Setelah dipraktekkan maka dapat dicari nilai rata-rata dari data yang tercatat.

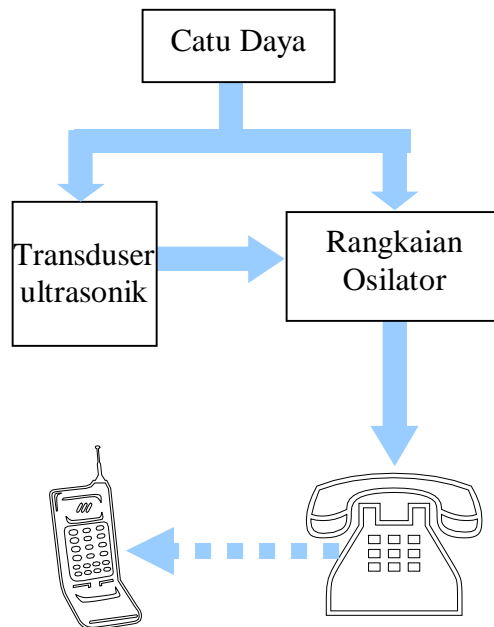
$$T \text{ rata-rata} = \frac{4,87 + 4,97 + 4,64 + 4,53}{4} = \frac{17,51}{4} = 4,75 \text{ detik}$$

Ternyata T rata-rata hampir mendekati 5 detik.



Gambar 5. Pulsa Rata-Rata

Secara umum alur diagram rangkaian transduser ultrasonik dengan *dial up* telepon rumah terdiri dari : rangkaian transduser ultrasonik, rangkaian osilator dan telepon rumah. Transduser 40 KHz dipakai untuk pemancar dan penerima gelombang ultrasonik. Jika terdeteksi gerakan maka *relay* akan tersambung dan otomatis akan menghidupkan rangkaian osilator. Dalam rangkaian osilator ini terdapat IC 555 sebagai pewaktu / pembangkit *clock*, IC 4017 sebagai register geser dan IC 4027 sebagai pengunci *clock*. Kemudian *relay-relay* akan terhubung ke telepon yang sudah terprogram untuk menelepon nomor tertentu. Singkatnya jika terdeteksi gerakan maka otomatis akan men-*dial up* telepon.



Gambar 6. Alur Diagram

Kepekaan Sensor Transduser Ultrasonik

Dari Tabel 2 dapat dilihat data kepekaan transduser ultrasonik terhadap jarak yang terjangkau.

Untuk jarak jangkauan minimum (*short*) 0,5 meter. Maka nilai frekuensinya adalah :

$$T_s = \frac{0,5}{343,5} = 0,00146 \text{ detik} = 1,46 \text{ ms}$$

Kecepatan gelombang suara : 343,5 m/s

$$F = \frac{1}{T_s} = \frac{1}{0,00146} = 684,93 \text{ Hz}$$

Untuk jarak jangkauan menengah (*middle*) 2,5 meter. Maka frekuensinya adalah :

$$T_s = \frac{2,5}{343,5} = 0,00728 \text{ detik} = 7,28 \text{ ms}$$

$$F = \frac{1}{T_s} = \frac{1}{0,00728} = 137,36 \text{ Hz}$$

Untuk jarak jangkauan maksimum (*long*) 3,5 meter. Maka frekuensinya adalah :

$$T_L = \frac{3,5}{343,5} = 0,01019 \text{ detik} = 10,19 \text{ ms}$$

$$F = \frac{1}{T_s} = \frac{1}{0,01019} = 98,14 \text{ Hz}$$

Jadi, untuk mendeteksi gerakan sejauh 0,5 meter diperlukan waktu 1,46 ms. Untuk mendeteksi gerakan sejauh 2,5 meter diperlukan waktu 7,28 ms dan untuk mendeteksi gerakan sejauh 3,5 meter diperlukan waktu 10,19 ms. Waktu tersebut merupakan waktu pantulan gelombang yang diakibatkan oleh gerakan.

Alat ini dirancang untuk digunakan didalam ruangan kecil. Misalnya ruang tidur atau ruang kerja yang berukuran 4*5 meter. Jika, terkoneksi dengan *hand phone* alat ini bisa diletakkan didalam mobil dengan menggunakan catu daya aki 12 volt.

Untuk mengetahui batas kecepatan yang tidak mampu dideteksi oleh transduser ultrasonik perancang menemui berbagai kendala karena gerakan yang tidak terdeteksi oleh transduser adalah gerakan yang sangat cepat sehingga sukar

untuk melakukan pengukuran terhadap kecepatan benda tersebut. Sebagai solusi alternatif perancang melakukan beberapa percobaan dengan melakukan beberapa jenis gerakan yang melewati sensor transduser. Jarak antara gerakan dan sensor adalah 0,5 meter dan nilai VR maksimum.

Tabel 3. Pendeteksian pada gerakan cepat

No.	Jenis Gerakan	V (m/s)	LED Merah
1.	Balok Kubus Dijatuhkan (sisi = 5 cm)	3,834	ON
2.	Kelereng dijatuhkan (diameter = 1 cm)	3,834	OFF

Benda diatas dijatuhkan dari ketinggian 1,5 meter dengan percepatan gravitasi $9,8 \text{ m/s}^2$. Sehingga dapat dicari kecepatan benda tersebut dengan rumus :

$$a = \frac{S}{t^2} \quad a = g = \text{Percepatan gravitasi} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$V = \text{Kecepatan benda}$$

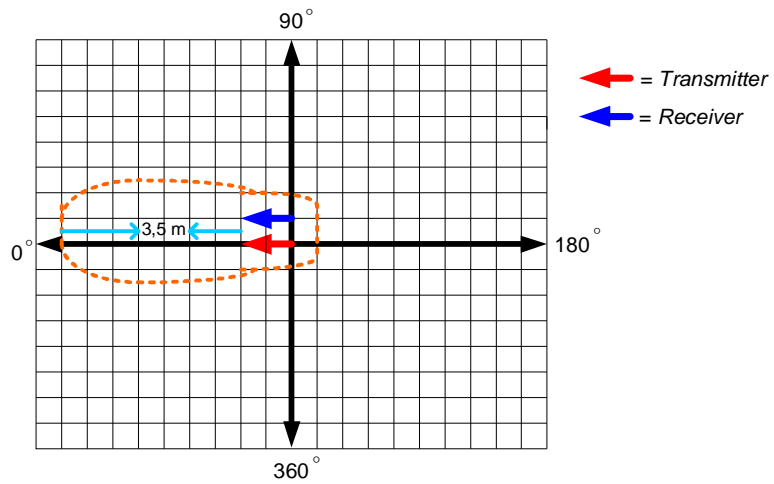
$$V = \frac{S}{t} \quad s = h = \text{Jarak / Tinggi}$$

$$t = \text{Waktu tempuh}$$

Dari hasil data pada tabel diatas gerakan yang tidak terdeteksi adalah gerakan dari benda yang mempunyai ukuran / luas yang kecil. Hal ini menunjukkan bahwa luas penampang suatu benda (A) sangat berpengaruh dalam pendeteksian transduser ultrasonik.

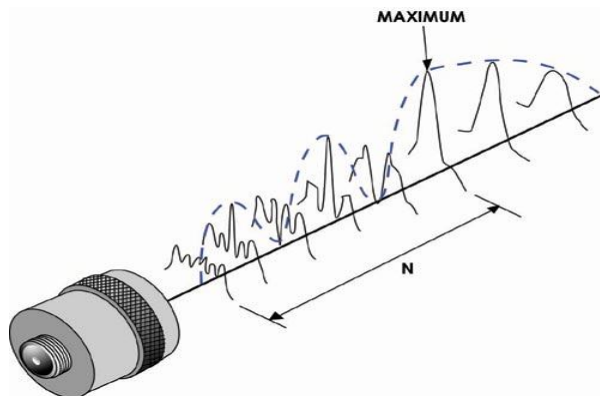
Jangkauan Transduser Berdasarkan Besar Sudut Antara Pemancar dan Penerima.

- Sudut 0° : Jarak maksimum adalah 3,5 m dan jarak minimum $\leq 0,5 \text{ m}$
- Sudut 30° : Jarak maksimum adalah 3,45 m dan jarak minimum $\leq 0,5 \text{ m}$
- Sudut 45° : Jarak maksimum adalah 3,25 m dan jarak minimum $\leq 0,5 \text{ m}$
- Sudut 60° : Jarak maksimum adalah 3,0 m dan jarak minimum $\leq 0,5 \text{ m}$
- Sudut 90° : Jarak maksimum adalah 2,5 m dan jarak minimum $\leq 0,5 \text{ m}$
- Sudut 120° : Jarak maksimum adalah 2,25 m dan jarak minimum $\leq 0,5 \text{ m}$
- Sudut 135° : Jarak maksimum adalah 1,5 m dan jarak minimum $\leq 0,5 \text{ m}$
- Sudut 150° : Jarak maksimum adalah 1,0 m dan jarak minimum $\leq 0,5 \text{ m}$
- Sudut 180° : Jarak maksimum adalah 0.5 m dan jarak minimum $\leq 0,5 \text{ m}$



Grafik 7. Jangkauan transduser sudut 0°

Dari percobaan diatas dapat diketahui bahwa besar sudut antara pemancar (T) dan penerima (R) juga mempengaruhi panjang jangkauan transduser ultrasonik. Hal ini dikarenakan transduser memiliki *Natural Focus* / N, yaitu daerah optimal yang nilai amplitudonya paling rapat sehingga daerah ini merupakan daerah yang sangat peka dalam pendeteksian. Jika sudut antara T dan R terlalu besar maka nilai amplitudonya akan melebar sehingga mengurangi nilai N pada transduser tersebut.

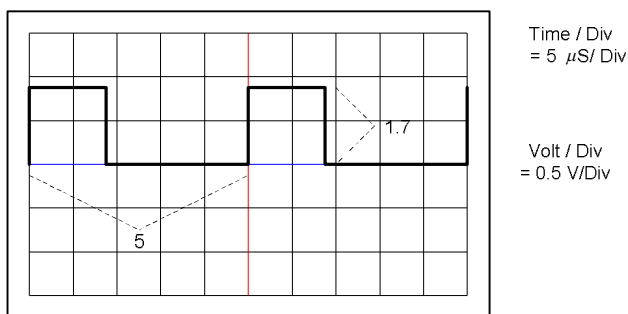


Gambar 8. *Natural focus* pada transduser

Pada Transduser Pemancar

Menurut *data sheet* transduser 40 KHz, *input power* yang di iijinkan sebesar 2W. Sedangkan tegangan *input* ke transduser yang terukur sebesar 1,7 volt dan kuat arus yang mengalir sebesar 0,5 A.

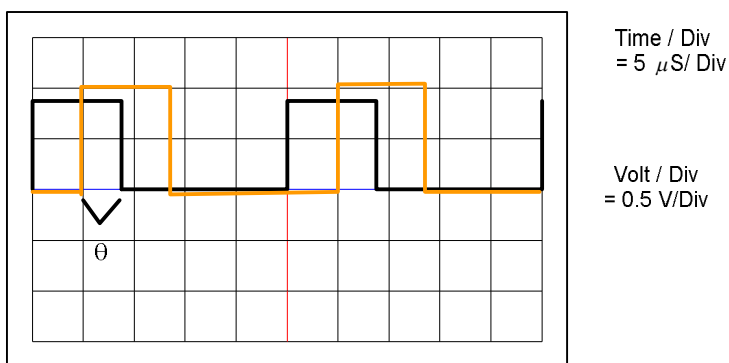
Jadi, $P = V * I = 1,7 * 0,5 = 0,85 \text{ W}$. (masih dalam batas toleransi).



Gambar 9. Grafik masukan transduser pemancar ultrasonik

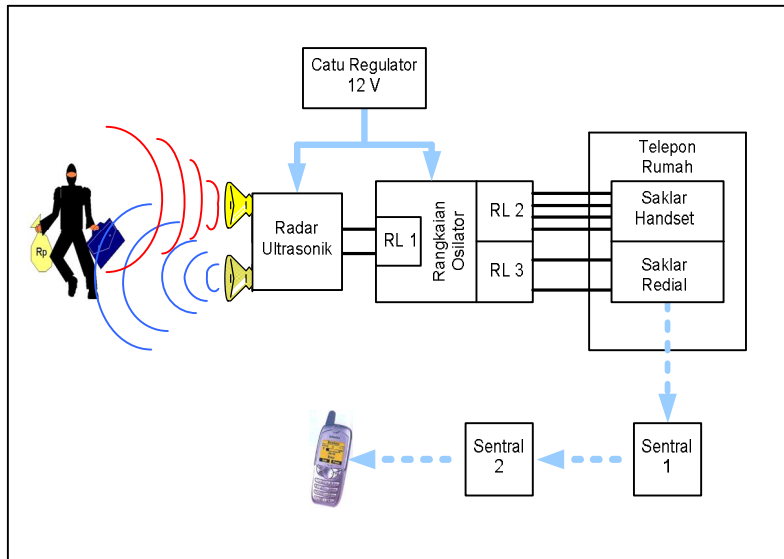
Pada Transduser Penerima

Perbedaan antara kondisi sinyal sebelum mendeteksi dan ketika mendeteksi adalah pada besar phase (θ) gelombang dan tegangan (V).



Gambar 10. Keluaran transduser ultrasonik

Untuk Grafik bergaris warna hitam adalah kondisi sebelum terdeteksi gerakan dan grafik bergaris warna orange adalah kondisi ketika terdeteksi gerakan. Pengamatan dilakukan dengan memakai osiloskop pada kaki transduser penerima.



Gambar 11. Ilustrasi berjalannya pendeteksian

Alat ini dirancang akan mendial up telepon setelah mendeteksi gerakan terus-menerus selama 35 detik. Hal ini dilakukan karena telepon rumah yang digunakan sangat lambat dalam pengisian nomor telepon yang akan dihubungi (untuk satu angka = 2 detik). Untuk memberi toleransi jika ingin menelpon telepon seluler / HP (11 angka) maka diputuskan agar memberi toleransi gerakan terus-menerus selama 35 detik. Pertimbangan lain adalah untuk mencegah terjadi alarm palsu.

KESIMPULAN

1. Sinyal yang diterima sensor juga tergantung dari faktor lingkungan seperti suhu, angin dan suara karena akan mempengaruhi kinerja sensor.
2. Perbedaan sinyal yang dihasilkan oleh transduser penerima ketika tidak mendeteksi gerakan dan ketika mendeteksi gerakan adalah terletak pada besar fase (θ) gelombang dan tegangan (V).
3. Tingkat keakurasian transduser ultrasonik dalam mendeteksi suatu gerakan sangat tinggi. Faktor yang berpengaruh adalah kecepatan, luas penampang, suhu, sudut dan kerapatan massa udara.
4. Jarak jangkauan maksimum dari alat ini adalah 3,5 meter dengan waktu rambatan selama 10,19 ms.
5. Taraf intensitas maksimum pada transduser 40 KHz adalah 115 dB dan sensitivitasnya adalah sebesar -67 dB.

DAFTAR PUSTAKA

- Loveday, George, 1992, “Intisari Elektronika Penjelasan Alfabetik dari A sampai Z”, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Millman, Jacob & Halkias, Christos C, 1993, “Elektronika Terpadu”, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Millman, Jacob, 1992, “Mikroelektronika / Sistem Digital dan Rangkaian Analog”, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Rusmady, Dedy, 1999, “Mengenal Teknik Elektronika”, Penerbit Pionir Jaya, Bandung.
- Tokheim, Roger L., 1995, “ Elektronika Digital”, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Winning, H., 1984, “ Teknik Telepon Pengetahuan dari Praktek Untuk Praktek “, Penerbit Bina Aksara, Jakarta.