

Penerapan Sistem Kendali Pada Mesin Pencuci Piring dengan Menggunakan Metode Logika Fuzzy

Application Of Control System On Dishwasher Machines Using Fuzzy Logic Method

1st Wahyu Widiatmoko
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

widiatmokowahyu@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Porman Pangaribuan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

porman@telkomuniversity.ac.id

3rd Muhammad Hablul Barri
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

mhbarri@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Padatnya aktivitas manusia saat ini, membuat mereka tidak sempat dengan hal-hal kecil seperti untuk mencuci dan membersihkan piring yang sudah dipakai. Seiring perkembangan teknologi yang pesat, manusia membutuhkan suatu alat yang dapat membantu untuk mencuci bersih kembali piring yang sudah digunakan secara otomatis. Alat tersebut juga harus dapat menghemat tenaga dan waktu sehingga pengguna dapat fokus melakukan aktivitas lain. Sistem pencuci piring menggunakan logika fuzzy yang mana nantinya akan memberikan perintah berupa delay untuk proses pencucian tergantung dari beberapa kondisi pada piring yaitu: kondisi dimana piring itu bernoda berat, ringan atau bersih. Untuk membersihkan piringnya menggunakan pipa semprot dan untuk memompa air dari penampung air menggunakan pompa air. Sedangkan untuk air bersih dan kotor. Terdapat penampungan yang berbeda. Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk mengoptimalkan waktu dan tenaga yang dikeluarkan saat mencuci piring. Selain itu untuk mengoptimalkan proses mencuci piring pada dunia pekerjaan serta menghemat penggunaan air.

Kata kunci—mesin pencucian piring, logika fuzzy, efisien waktu dan tenaga.

Abstract—The current density of human activities makes them no time for small things such as washing and cleaning dishes that have been used. Along with the rapid development of technology, humans need a tool that can help to wash the dishes that have been used

automatically again. The tool must also be able to save energy and time so that users can focus on other activities. The dishwasher system uses fuzzy logic which will give an order in the form of a delay for the washing process depending on several conditions on the plate, namely: the condition where the plate is heavily stained, light or clean. To clean the dishes using a spray pipe and to pump water from the water reservoir using a water pump. As for clean and dirty water. There are different shelters. The purpose of this final project is to streamline the time and energy spent when washing dishes. In addition to optimizing the process of washing dishes in the world of work and saving water use.

Keyword—dishwashing system, fuzzy logic, time and energy efficient.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini memiliki cakupan yang sangat besar, seperti diantaranya bidang yang mengintegrasikan teknik mesin, elektronika, perangkat keras dan perangkat lunak komputer, komunikasi, ilmu bahan, mikroelektronika serta kecerdasan buatan (*artificial intelligence*). Perkembangan teknologi dapat diaplikasikan pada segala sisi kehidupan, salah satunya aplikasinya pada peralatan rumah tangga yaitu pada kegiatan mencuci piring.

Proses mencuci piring yang umum dilakukan harus menggunakan tangan yang bersentuhan dengan air dan sabun. Proses pencucian piring dalam jumlah banyak akan membutuhkan usaha lebih, menghabiskan banyak waktu dan juga

membutuhkan volume air dan penggunaan sabun yang lebih banyak, sehingga hal ini kurang efisien (1). Pada penelitian tugas akhir ini peneliti membuat alat mesin cuci piring yang diharapkan akan lebih terjangkau, karena menggunakan sistem mikrokontroler. Kemudian alat mesin cuci piring ini diharapkan akan lebih memberikan efisien waktu serta lebih hemat dalam penggunaan air karena menggunakan sistem yang otomatis. Penggunaan sistem mikrokontroler memberikan keuntungan lebih dikarenakan harganya yang lebih murah dibandingkan dengan menggunakan *computer vision* dengan bantuan kamera. Mikrokontroler dimanfaatkan sebagai pengendali suatu alat secara otomatis dan berfungsi sebagai pengontrol penyemprotan air bersih, air sabun dan menggerakkan motor. Hasil dari penelitian ini berupa penggunaan debit air yang lebih hemat serta efisiensi waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan mencuci piring secara manual.

II. KAJIAN TEORI

A. Sistem Mesin Pencuci Piring

Sistem mesin pencuci piring merupakan sistem yang melakukan kegiatan mencuci piring secara otomatis. Dengan bantuan piranti-piranti elektronik dan metode kontrol yang sudah disusun sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi optimal (1). Sistem mesin pencuci piring juga berguna untuk membantu kehidupan sehari-hari seperti membuat mesin cuci pakaian yang sudah banyak digunakan oleh umat manusia karena dengan adanya sistem yang dapat membantu kegiatan sehari-hari dapat menghemat waktu dan tenaga, yang mana waktu dan tenaga kita dapat dialokasikan kepada kegiatan yang lain sehingga tubuh kita tidak terlalu lelah dalam mengurus kegiatan rumah tangga (2). Berikut merupakan Gambar 2.1 adalah contoh mesin pencuci piring.



GAMBAR 2.1 Mesin Pencuci Piring

B. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah *chip* yang digunakan untuk mengontrol rangkaian elektronika, yang juga dapat berfungsi untuk menyimpan program. Mikrokontroler terangkai atau terbagi menjadi beberapa bagian yang diantaranya CPU, memori I/O dan unit pendukung. Penggunaan komponen mikrokontroler dianggap lebih menguntungkan apabila dibandingkan dengan penggunaan komponen mikroprosesor (3).

Hal ini disebabkan karena adanya penggunaan mikrokontroler, tidak diperlukan lagi adanya penambahan memori dan I/O *external* selama memori dan I/O *internal* masih dapat mencukupi. Selain itu, proses produksi mikrokontroler dimanufaktur secara massal, sehingga harganya menjadi lebih murah apabila dibandingkan dengan mikroprosesor (4). Mikrokontroler yang digunakan pada tugas akhir ini berupa Arduino Mega2560.

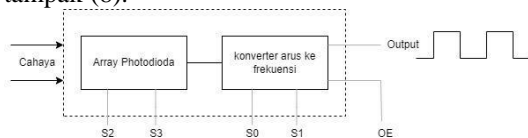
C. Pengolahan Logika Fuzzy

Pada istilah bahasa Inggris, fuzzy memiliki arti kabur atau tidak jelas. Sehingga, logika fuzzy adalah logika yang kabur, atau memiliki arti unsur ketidakpastian. Logika fuzzy saat ini digunakan di berbagai sistem mulai dari yang sederhana hingga sistem yang kompleks. Kelebihan dari *Fuzzy Logic Control* (FLC) salah satunya adalah tidak perlukannya model matematis dari plant yang akan dikendalikan. Mekanisme pengambilan keputusan ini ditanamkan pada pengendali sebagai aturan dasar ketika pengendalian berlangsung (5).

Logika fuzzy atau yang populer dikenal dengan istilah adalah sebuah skema sistem kendali yang menggunakan konsep teori himpunan fuzzy dalam perancangannya. Terdapat tiga tahapan pada skema ini, yaitu fuzzifikasi, mekanisme inferensi dan defuzzifikasi. Fuzzifikasi merupakan tahap awal yang bekerja dengan cara mengubah nilai tegas (*crisp*) dari suatu variabel menjadi nilai fuzzy (6). Nilai yang telah berbentuk fuzzy ini selanjutnya digunakan sebagai masukan dari mekanisme inferensi. Pada tahap ini, akan dilakukan pengambilan keputusan dari masukan yang ada berdasarkan basis aturan logika yang dirancang. Terakhir, nilai keluaran dari mekanisme inferensi yang berbentuk fuzzy selanjutnya diubah kembali kedalam bentuk tegas melalui proses defuzzifikasi. Pada penelitian Tugas akhir ini *fuzzy logic control* membantu dalam mengidentifikasi tingkat perbedaan noda pada objek yang mana akan dibagi menjadi tiga kondisi yaitu: Kotor, sedang, bersih.

D. Sensor Warna TCS 3200

TCS3200 adalah *converter* yang dirancang untuk mengubah warna menjadi frekuensi yang tersusun atas konfigurasi *silicon photodiode* serta konverter arus ke frekuensi dalam IC CMOS *monolithic* yang tunggal. Keluaran dari sensor ini berbentuk gelombang kotak (*duty cycle* 50%) frekuensi yang berbanding lurus dengan intensitas cahaya (*irradiance*) (7). Sensor Warna TCS3200 dapat mendeteksi dan mengukur intensitas warna tampak (8).



GAMBAR 2.2 Diagram Blok Sensor Warna TCS3200

Sensor warna TCS3200 bekerja dengan cara membaca nilai intensitas cahaya yang dipancarkan oleh LED *super bright* terhadap objek. Proses pembacaan nilai intensitas cahaya ini dilakukan melalui matrix 8x8 photodiode, dimana 64 photodiode tersebut terbagi menjadi 4 kelompok pembaca warna. Setiap warna yang disinari LED akan memantulkan sinar LED menuju photodiode, kemudian pantulan sinar tersebut memiliki panjang berbeda-beda, sehingga tergantung pada klasifikasi warna objek yang terbaca.

E. Sensor LDR

LDR merupakan singkatan dari *Light Dependent Resistor*, yang sering dikenal jugadengan istilah photoresistor. Cara kerja sensor LDR ditentukan berdasarkan intensitas cahaya yang diterimanya. Karena aliran listrik dalam komponen ditentukan oleh sedikit dan banyaknya jumlah cahaya yang diterima oleh sensor (9).

Apabila cahaya jatuh pada bahan semikonduktor yang membentuk komponen, maka cahaya akan diserap oleh bahan semikonduktor tersebut, lalu sebagian energinya akan ditransfer pada elektron. Sehingga nilai resistensi pada sensor akan menurun. Sebaliknya, apabila intensitas cahaya yang mengenai sensor berkurang. Maka secara otomatis nilai resistansinya akan naik. Hal ini karena semakin sedikit nilai elektron yang dilepaskan untuk menghantarkan aliran arus listrik. Maka semakin naik juga nilai resistensi yang dihasilkannya.

F. Sensor Proximity

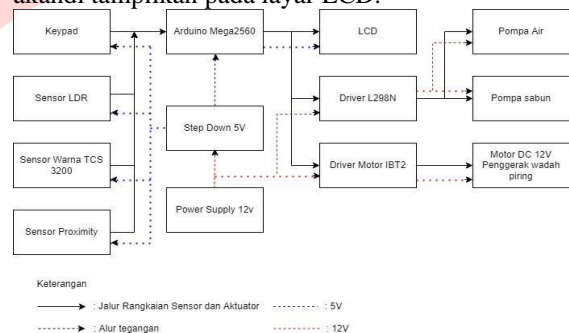
Sensor proximity atau dalam atau lebih dikenal sebagai sensor jarak merupakan sebuah sensor elektronika yang mampu mendeteksi keberadaan objek di sekitarnya tanpa perlu adanya sentuhan fisik. *Proximity* Sensor tidak menggunakan bagian-bagian yang bergerak atau bagian mekanik untuk mendeteksi keberadaan objek di sekitarnya, melainkan sensor ini menggunakan medan elektromagnetik ataupun sinar radiasi elektromagnetik untuk mengetahui apakah ada objek tertentu di sekitarnya. Jarak maksimum yang dapat diklasifikasikan oleh sensor

ini disebut dengan “*nominal range*” atau “kisaran nominal”. Sensor *Proximity* memiliki 4 jenis, yaitu *Inductive Proximity Sensor* (sensor jarak induktif), *Capacitive Proximity Sensor* (sensor jarak kapasitif), *Ultrasonic Proximity Sensor* (sensor jarak ultrasonik) dan *Photoelectric Sensor* (sensor jarak fotolistrik). Pada tugas akhir ini sensor proximity yang digunakan adalah *photoelectric proximity sensor* berjeniskan refleksi dan *reflector* (10).

III. METODE

A. Desain Sistem

Rancangan ini diawali dari pembacaan objek menggunakan sensor LDR dengan bantuan dari sensor warna TCS3200 untuk membedakan antara piring kotor, piring bersih dan membedakan jenis noda. Setelah sensor LDR dan sensor warna TCS3200 mengklasifikasi tingkat noda pada piring, kemudian logika fuzzy akan mengambil keputusan tingkat kekotoran noda pada piring berupa 3 kondisi: kotor, sedang dan bersih yang akan ditampilkan pada layar LCD.

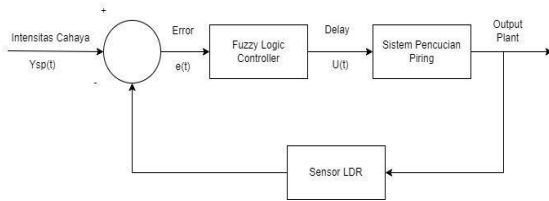


GAMBAR 3.1 Desain Keseluruhan Sistem

Data piring yang telah diklasifikasikan akan dikirim langsung ke arduino. Data ini akan menjadi acuan lamanya durasi pompa air bekerja untuk memompa air dan sabun, dimana durasi water pump bekerja akan menyesuaikan perbedaan tingkat noda. Sensor proximity digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek berupa kardus yang diletakkan di tengah wadah piring untuk memberhentikan laju wadah piring. Ketika wadah piring sudah tepat berada didepan area pencucian, maka pompa air akan memompa air bersih dan air sabun secara bergantian menuju pipa semprot untuk membersihkan piring. Durasi pencucian bergantung pada tingkatan noda pada piring.

Sumber tegangan yang digunakan adalah power supply 12v 10A untuk memberikan tegangan kepada driver IBT2 yang berfungsi untuk menggerakkan motor DC penggerak wadah piring. Tegangan power supply akan diturunkan oleh step down LM2596 agar sesuai dengan masukan tegangan komponen-komponen elektronika lainnya.

1. Diagram Blok



GAMBAR 3.2 Diagram Blok

Dari gambar diatas menunjukkan proses klasifikasinoda pada piring yang dilakukan oleh sensor LDR. Ketika sensor LDR membaca nilai pada objek, data ini akan dikirimkan ke mikrokontroler dan kemudian setiap nilai yang terbaca akan dibandingkan dengan nilai *set point* terhadap klasifikasi tingkat kotoran yang telah ditetapkan. Proses tersebut akan dilakukan secara berulang sampai kondisi yang ditentukan dapat tercapai.

2. Fungsi dan Fitur

Adapun perangkat keras yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini berikut fungsi dan fiturnya:

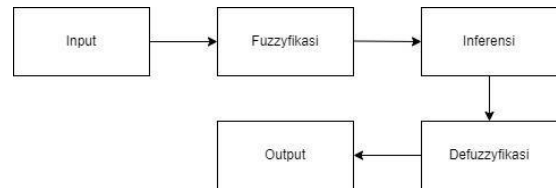
- Arduino Mega**
Arduino Mega merupakan mikrokontroler yang berfungsi sebagai *chip* pengontrol rangkaian elektronik serta sekaligus berfungsi sebagai pengolah data analog dari sensor menjadi data digital.
- LCD**
LCD pada penelitian ini berfungsi untuk menampilkan tingkat kekotoran dari piring dan proses pencucian.
- Sensor LDR**
Sensor LDR pada penelitian ini berfungsi untuk mengklasifikasikan tingkat kotor nodapada piring.
- Motor DC 12v Gearbox**
Motor DC 12vpada penelitian ini berfungsi sebagai penggerak wadah piring pada saatproses pencucian, klasifikasi, serta penentuan penyimpanan di rak piring.
- Driver Motor IBT2**
Driver motor pada penelitian ini berfungsi sebagai kendali yang menggerakkan motor DC
- Pompa Air**
Pada penelitian ini, pompa air berfungsi untuk memompa air bersih dan air sabun dari penampung air dan wadah sabun.
- Sensor Warna TCS 3200**
Penggunaan sensor warna pada penelitian ini adalah untuk mengklasifikasikan noda padapiring.
- Step Down LM2596**
Step down pada penelitian ini berfungsi untuk menurunkan tegangan.
- Power Supply 12v 10A**
Penggunaan power supply pada penelitian ini berfungsi sebagai sumber arus kekomponen.
- Keypad 4x4 Matrix**
Penggunaan keypad 4x4 pada tugas akhir ini berfungsi untuk memasukkan data berapa jumlah piring yang akan di uji.
- Sensor Proximity**
Sensor proximity berfungsi untuk menghentikan

putaran wadah piring jika mendeteksi adanya objek pada area yang telah ditentukan.

B. Desain Perangkat Lunak

1. Spesifikasi Logika Fuzzy

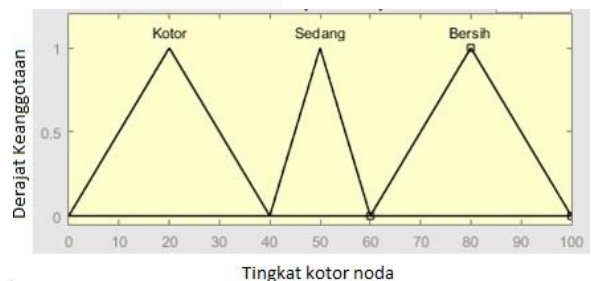
Metode logika fuzzy merupakan sebuah metode yang digunakan untuk menentukan lamanya durasi pencucian pada piring dengan cara memproses nilai intensitas cahaya. Metode ini terdiri dari beberapa tahap, yaitu:



GAMBAR 3.3 Proses Kendali Logika Fuzzy

2. Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi adalah pemetaan nilai input yang merupakan nilai tegas ke dalam fungsi keanggotaan himpunan fuzzy, untuk kemudian diolah di dalam mesin penalaran. Persyaratan atau kriteria yang harus dipenuhi pada proses fuzzifikasi yaitu semua anggota pada himpunan tegas perlu termuat dalam himpunan *fuzzy*, tidak terdapat gangguan pada *input* sistem *fuzzy* yang digunakan, dan harus bisa mempermudah perhitungan pada sistem *fuzzy*.



GAMBAR 3. 4 Klasifikasi Tingkat Noda

$$\text{Keanggotaan nodakotor} \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ \frac{x-0}{20-0}, & 0 \leq x \leq 20 \\ \frac{40-x}{40-20}, & 20 \leq x \leq 40 \\ 0, & x \geq 40 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\text{Keanggotaan noda sedang} \begin{cases} 0, & x \leq 40 \\ \frac{x-40}{50-40}, & 40 \leq x \leq 50 \\ \frac{60-x}{60-50}, & 50 \leq x \leq 60 \\ 0, & x \geq 60 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\text{Keanggotaan noda bersih} \begin{cases} 0, & x \leq 60 \\ \frac{x-60}{80-60}, & 60 \leq x \leq 80 \\ \frac{100-x}{100-80}, & 80 \leq x \leq 100 \\ 0, & x \geq 100 \end{cases} \quad (3.3)$$

Set parameter klasifikasi noda yang di tunjukkan gambar 3.5 merupakan Batasan-batasan noda sesuai dengan ketentuan yang sudah diatur sebelumnya. Jika nilai tingkatan noda dibawah 40% maka kondisi piring adalah kotor. Kondisi piring bersih ada dinili diatas 60%, sementara kondisi piring sedang ada diantara nilai 40%-60%.

3. Inferensi

Pada tahapan ini sistem membaca nilai masukan untuk menentukan nilai keluaran sebagai bentuk pengambil keputusan. Sistem terdiri dari beberapa aturan, maka kesimpulan diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu *max*, *additive* dan probabilitas OR. Pada metode *max*, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (*union*). Berikut adalah tabel penentuan klasifikasi tingkat noda yang akan diolah dalam program fuzzy.

TABEL 3. 1 Klasifikasi Tingkat Noda

Tingkat noda yang di desain	Persentase
Bersih	61%-100%
Sedang	41%-60%
Kotor	0%-40%

$$y = y_1 + (x - x_1) \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$$

y = nilai interpolasi linear

x = variable bebas

x₁, y₁ = nilai fungsi pada satu titik

x₂, y₂ = nilai fungsi pada titik lainnya

Contoh:

$$y = 0 + (515 - 0) \frac{(100 - 0)}{(1023 - 0)}$$

$$\begin{array}{ccc} x_1=0 & x=515 & x_2=1023 \\ y_1=0 & y=? & y_2=100\% \end{array}$$

$$y = 0 + (515) \frac{100}{1023}$$

$$y = 50,3$$

Berdasar kan tabel 3.1, diperoleh 3 *rules* pada tahap inferensi. *Rules* tersebut merupakan kondisi noda pada piring sesuai parameter dalam proses fuzzyfikasi. Dari rumus 3.4, adalah rumus interpolasi untuk merubah dari nilai ADC pada Arduino menjadi nilai persen yang akan menjadi acuan untuk klasifikasi noda pada piring. Dari contoh rumus 2.3 diketahui bahwa jika nilai ADC yang ditangkap oleh sensor LDR sebesar 515 maka jika diubah menjadi nilai persen adalah 50,3% yang mana bahwa noda pada piring masuk dalam kategori noda sedang.

TABEL 3. 2 Pengaturan Proses Pencucian Terhadap Fuzzy Rules

Rules number	Tingkat kotor noda	Durasi pencucian
1	Bersih	Lewat
2	Sedang	Sedang
3	Kotor	Lama

Berdasarkan tabel 3.2, terdapat 3 *command* atau perintah yang akan dilakukan sesuai dengan kondisi noda pada piring yang sudah diatur di *set rules* pada tahap inferensi.

TABEL 3. 3 Fuzzy Rules Logic

Rules number	Rules
1	IF noda (Bersih) THEN Durasi pencucian (lewat)
2	IF noda (Sedang) THEN Durasi pencucian (Sedang)
3	IF noda (Kotor) Then Durasi pencucian (Lama)

Berdasarkan tabel 3.3, diperoleh 3 kondisi

berdasarkan tingkat kotor noda pada piring yang berbeda-beda. Masing-masing perintah atau *command* terhadap durasi pencucian untuk melakukan proses cuci piring sesuai dengan *rules* tersebut.

4. Defuzifikasi

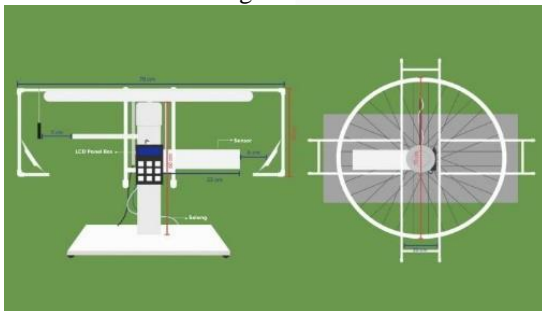
Keputusan dari Logika fuzzy Inferensia (*defuzzification*) yang dibuat berasal dari aturan-aturan yang disimpan dalam database (18). Defuzzifikasi merupakan kebalikan dari *fuzzyfikasi*, yaitu pemetaan dari himpunan fuzzy ke himpunan tegas. Input dari proses *defuzzifikasi* adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy. Hasil dari defuzzifikasi ini merupakan *output* dari sistem kendali logika fuzzy berupa durasi lama pencucian.

TABEL 3. 4 Durasi Proses Pencucian

No	Kondisi	Durasi
1	Cepat	<15s
2	Sedang	>12s, x, <20s
3	Lama	>18s, x, <24s

Dapat dilihat dari tabel 3.4 bahwa untuk kondisi cepat berada pada durasi dibawah 15 detik. Sedangkan pada kondisi sedang ada diantara lebih besar dari 12 detik sampai kurang dari 20 detik, dan untuk proses pencucian lama berdurasi antara lebih kecil dari 18 detik sampai kurang dari 24 detik.

C. Desain Perangkat Keras



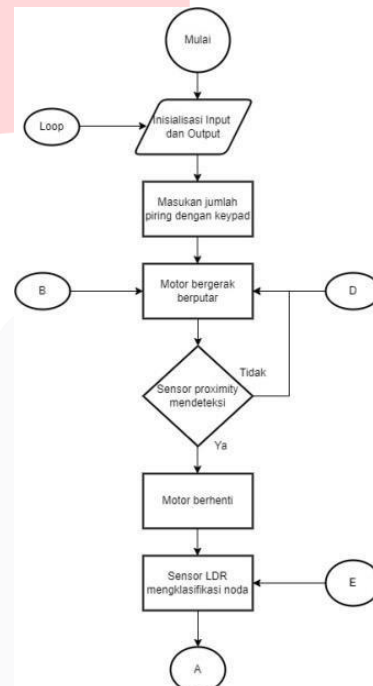
GAMBAR 3. 5 Desain Perangkat Keras

Pada gambar 3.5 merupakan desain perangkat

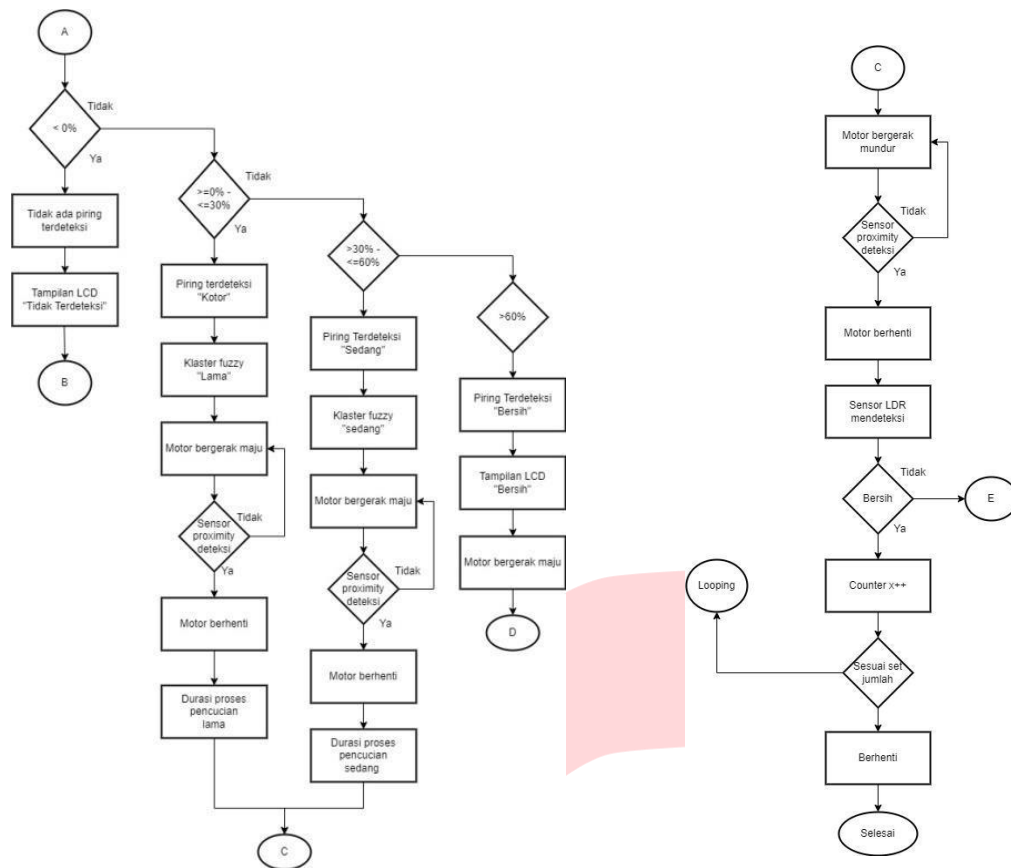
keras pada tugas akhir yang tersusun oleh tiang yang terbuat dari pipa PVC, tiang berfungsi untuk tempat meletakkan kotak elektronik, sensor, pompa air dan motor DC 12v, untuk benda berbentuk lingkaran yaitu velg sepeda berfungsi sebagai tempat menaruh wadah rak piring. Lalu terdapat rak piring yang terbuat dari pipa PVC, terdapat 4 buah rak piring berfungsi sebagai tempat menaruh piring yang dapat memuat 1 piring pada setiap rak, kemudian bagian permukaan sistem pencuci piring terbuat dari baja ringan, berfungsi sebagai alas dari sistem pencuci piring. Jarak antara sensor proximity ke objek adalah 6cm. Sedangkan jarak antara sensor LDR dan sensor warna TCS3200 ke piring adalah 6cm.

1. Flowchart

Desain flowchart dapat dilihat pada gambar 3.6 dan 3.7



GAMBAR 3. 6 FLOWchart Bagian 1



GAMBAR 3. 7 Flowchart Bagian 2&3

Berdasarkan flowchart sistem yang digambarkan pada gambar 3.6 dan 3.7, tahapan awal dengan inisialisasi input dan output. Lalu, memasukkan jumlah data piring yang akan dicuci dengan keypad, setelah data telah dimasukkan motor DC akan bergerak berputar menuju sensor proximity, saat sensor proximity mendeteksi adanya objek maka motor akan berhenti. Kemudian sensor LDR akan mengklasifikasi noda, jika sensor LDR mendeteksi dibawah 0% maka tidak ada piring yang terdeteksi, tampilan LCD akan menunjukkan tidak terdeteksi dan motor akan bergerak lagi.

Jika sensor LDR mendapatkan nilai diantara 0%-30% maka, piring yang terdeteksi adalah piring dengan tingkat noda kotor lalu klaster fuzzy masuk kedalam kategori pencucian berdurasi lama dan pada tampilan pada LCD akan menunjukkan kotor. Setelah piring terklasifikasi motor akan berputar kembali hingga sensor proximity mendeteksi adanya objek dan motor akan berhenti. Setelah itu, akan dilakukan durasi proses pencucian lama berdasarkan klaster fuzzy. Setelah proses pencucian selesai, motor akan berputar berlawanan arah hingga sensor proximity mendeteksi adanya objek dan motor akan berhenti. Sensor LDR akan mengklasifikasi kembali noda pada piring. Jika sensor LDR mendeteksi piring bersih maka akan masuk ke counter x++ yang mana adalah jumlah target piring bersih yang ingin dicapai, jika piring yang diklasifikasi oleh sensor LDR belum menyatakan bersih maka akan dilakukan pencucian Kembali sesuai klaster fuzzy. Setelah jumlah piring bersih sudah tercapai maka

system akan berhenti dan selesai.

Jika sensor LDR mendapatkan nilai diantara 31%-60% maka piring yang terdeteksi adalah piring dengan tingkat noda sedang lalu klaster fuzzy masuk kedalam kategori pencucian berdurasi sedang dan pada tampilan pada LCD akan menunjukkan sedang. Setelah piring terklasifikasi motor akan berputar kembali hingga sensor proximity mendeteksi adanya objek dan motor akan berhenti. Setelah itu akan dilakukan durasi proses pencucian sedang berdasarkan klaster fuzzy. Setelah proses pencucian selesai, motor akan bergerak mundur hingga sensor proximity mendeteksi adanya objek, maka motor akan berhenti. Sensor LDR akan mengklasifikasi kembali noda pada piring. Jika sensor LDR mendeteksi piring bersih maka akan masuk ke counter x++.

Jika sensor LDR mendapatkan nilai diatas 61% maka, piring yang terdeteksi adalah piring dengan tingkat noda bersih tampilan LCD akan menunjukkan bersih dan masuk ke counter x++. Saat counter x++ sudah sesuai dengan set jumlah di awal maka system akan berhenti dan proses pencucian piring selesai.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Mekanik

Untuk mengetahui apakah alat cuci piring yang sudah dibuat dapat bergerak dengan baik dan akurasi yang diharapkan. Pengujian dilakukan dengan memasang motor DC dan wadah piring di

TABEL 4. 3 Pengujian Tingkat Akurasi Sensor Proximity

Percobaan ke-	Sensor proximity 1	Sensor proximity 2
1	Tepat	Tidak Tepat (20°)
2	Tidak Tepat (17°)	Tepat
3	Tepat	Tidak Tepat (20°)
4	Tepat	Tepat

$$\text{Akurasi pendeteksian} = \frac{\text{jumlah pengujian berhasil}}{\text{jumlah pengujian}} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi sesor proximity 1} = \frac{3}{4} \times 100\% = 75\%$$

$$\text{Akurasi sensor proximity 2} = \frac{2}{4} \times 100\% = 50\%$$

Dari tabel 4.2 diatas diketahui juga bahwa jarak yang dapat dideteksi oleh sensor proximity adalah $\leq 30\text{cm}$ dan penggunaan objek yang diletakkan pada jarak 6cm yang mana termasuk dalam jarak optimal sensor dapat mendeteksi adanya objek. Lalu, objek di letakkan diantara dua penyanggah wadah piring sangat penting karena objek ini digunakan untuk membantu membedakan dua penyanggah wadah piring yang ada, agar wadah piring dapat berhenti tepat di tengah-tengah area sensing maupun area pencucian. Lalu pada tabel 4.3 diketahui bahwa tingkat akurasi dari sensor proximity 2 lebih rendah dibandingkan sensor proximity 1 dikarenakan kurangnya presisi letak dari kedua sensor mengakibatkan pembacaan sensor ke objek kurang optimal.

2. Sensor LDR dan Sensor Warna TCS3200

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat klasifikasi noda pada piring. Pengujian sensor LDR dan sensor warna TCS3200 ini dilakukan dengan cara membuat piring menjadi kotor dengan berbagai macam variasi noda seperti kecap, saus dan sayur serta luasan noda pada piring.

TABEL 4. 4 Pengujian Mencari Jarak Optimal Sensor LDR dan Sensor Warna TCS3200

Percobaan	Sensor LDR			Sensor warna TCS3200		
	3cm	5cm	7cm	3cm	5cm	7cm
1	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Tidak terdeteksi
2	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Tidak terdeteksi
3	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Tidak terdeteksi
4	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Terdeteksi	Tidak terdeteksi

TABEL 4. 5 Hasil Pengujian Sensor

Percobaan ke-	Noda	Sensor LDR	Sensor Warna TCS3200
1	Kecap (tebal)	Terdeteksi	Terdeteksi
2	Kecap (tipis)	Terdeteksi	Tidak terdeteksi
3	Saus (Tebal)	Terdeteksi	Terdeteksi
4	Saus (tipis)	Terdeteksi	Tidak terdeteksi
5	Sayur	Terdeteksi	Terdeteksi

Dari ke dua tabel diatas dapat dilihat bahwa sensor LDR memiliki jarak pembacaan yang lebih jauh dibandingkan sensor warna TCS3200. Lalu, sensor LDR dapat membaca semua jenis noda, namun tidak semua noda dapat terdeteksi oleh sensor warna TCS3200, hal ini dikarenakan keterbatasan dari modul sensor warna TCS3200 itu sendiri yang mana hanya dapat mendeteksi objek warna yang berjarak 5 cm. Maka dari itu sensor warna hanya dapat mendeteksi noda yang tebal saja.

C. Pengujian Implementasi Sistem

Pengujian dilakukan dengan cara pencatatan keadaan piring selama proses pencucian. Pada tabel dibawah ini dapat dilihat bahwa klasifikasi tingkat noda yang didapatkan pada saat pengujian serta lamanya waktu pencucian untuk masing masing klasifikasi tingkat noda adalah sebagai berikut:

TABEL 4. 6 Hasil Pengujian Per 1 Piring

Terdeteksi	Deteksi 2	Deteksi 3	Hasil	Waktu (s)
Bersih (>60% - 100%)	-	-	Bersih	-
Sedang (55%)	Bersih	-	Bersih	
Sedang (53%)	Bersih	-	Bersih	51,2
Sedang (43%)	Bersih	-	Bersih	52,3
Kotor (38%)	Bersih	-	Bersih	56,7
Kotor (30%)	Bersih	-	Bersih	57,2
Kotor (18%)	Sedang	Bersih	Bersih	96,5
Kotor (12%)	Sedang	Sedang	Kurang bersih	110,2
Kotor (8%)	Sedang	Sedang	Kurang bersih	115,3
Sangat kotor (0%)	Sedang	Sedang	Kurang bersih	131,4

Dari hasil Tabel 4.6 terdapat beberapa klasifikasi tingkat noda sebagai berikut bersih >60% - 100%, sedang 55%, sedang 53%, sedang 43%, kotor 38%, kotor 30%, kotor 18%, kotor 12% dan sangat kotor 0%. Semua tingkat klasifikasi noda ini sudah di set point bersih pada program. Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan diketahui juga bahwa untuk tingkat klasifikasi noda sangat kotor alat cuci piring sering kali membaca kondisi ini masih sebagai piring tingkat kotor sedang walaupun piring sudah bersih. Hal ini dikarenakan adanya kesalahan pembacaan pada sensor LDR.

TABEL 4. 7 Hasil Pengujian ke-1 per 1x Proses Pencucian

Piring ke-	Terdeteksi	Deteksi 2	Deteksi 3	Hasil	Debit Air		Waktu (s)
					Penyempitan 1	Bilas	
1	Sedang (53%)	Bersih	-	Bersih	100 ml	270 ml	53,5
2	Sangat kotor (0%)	Sedang	Sedang	Kurang Bersih	150 ml	450 ml	131,7
3	Kotor (30%)	Bersih	-	Bersih	150 ml	350 ml	57,2
4	Sedang (43%)	Bersih	-	Bersih	100 ml	290 ml	52,5
Total							295,9

TABEL 4. 8 Hasil Pengujian ke-2 per 1x Proses Pencucian

Piring ke-	Terdeteksi	Deteksi 2	Deteksi 3	Hasil	Debit Air		Waktu (s)
					Penyempitan 1	Bilas	
1	Sedang (55%)	Bersih	-	Bersih	100 ml	280 ml	51,3
2	Kotor (35%)	Bersih	-	Bersih	150 ml	330 ml	58,4

3	Kotor (18%)	Sedang	Bersih	Bersih	150 ml	380 ml	150 ml	96,5
4	Kotor (12%)	Sedang	Sedang	Kurang Bersih	150 ml	400 ml	150 ml	110,2
Total								316,4

TABEL 4. 9 Hasil Pengujian ke-3 per 1x Proses Pencucian

Piring ke-	Terdeteksi	Deteksi 2	Deteksi 3	Hasil	Debit Air		Debit Sabun	Waktu (s)
					Penyempitan 1	Bilas		
1	Kotor (38%)	Bersih	-	Bersih	150 ml	300 ml	150 ml	57,2
2	Kotor (20%)	Bersih	-	Bersih	150 ml	380 ml	150 ml	96,2
3	Tidak Terdeteksi	-	-	-	-	-	-	-
4	Sedang (43%)	Bersih	-	Bersih	100 ml	280 ml	100 ml	52,7
Total								206,1

TABEL 4. 10 Hasil Pengujian ke-4 per 1x Proses Pencucian

Piring ke-	Terdeteksi	Deteksi 2	Deteksi 3	Hasil	Debit Air		Debit Sabun	Waktu (s)
					Penyempitan 1	Bilas		
1	Sedang (53%)	Bersih	-	Bersih	100 ml	270 ml	100 ml	52,2
2	Tidak Terdeteksi	-	-	-	-	-	-	-
3	Kotor (8%)	Sedang	Sedang	Kurang Bersih	150 ml	420 ml	150 ml	115,3
4	Kotor (30%)	Bersih	-	Bersih	150 ml	350 ml	150 ml	58,2
Total								225,7

Dari hasil tabel 4.7, 4.8, 4.9, 4.10 dapat dilihat bahwa masing masing kondisi dengan tingkat kotor yang berbeda memiliki waktu cuci dan juga hasil bersih yang berbeda. Terlambat yaitu tingkat klasifikasi kotor 0% dengan waktu 131,7s merupakan hasil dari klasifikasi tingkat noda sangat kotor (0%), sedangkan waktu tersingkat yaitu 51,3s yang merupakan hasil dari klasifikasi tingkat sedang (55%). Hal ini disebabkan karena waktu klasifikasi serta pencucian sudah ditetapkan sebelumnya, sehingga untuk objek kotor tertentu mendapatkan hasil yang kurang baik. seperti tingkat kotor 0% yang sudah mendapatkan hasil bersih, walaupun sering kali alat membacakan kondisi piring masih sebagai piring tingkat kotor sedang walaupun piring sudah bersih, begitu juga dengan hasil piring yang tidak terdeteksi. Hal ini dikarenakan adanya kesalahan pembacaan pada sensor LDR.

D. Perbandingan Volume Air yang Digunakan Mesin Cuci Piring dan Manual.

Untuk mengetahui perbandingan ke efektifan penggunaan air dan waktu mencuci piring antara menggunakan mesin cuci piring dan tanpa menggunakan mesin cuci piring. Pengujian dilakukan dengan membandingkan konsumsi air yang digunakan mesin cuci piring dan cuci piring secara manual untuk membersihkan noda pada piring. Pengujian pengambilan waktu

menggunakan alat dilakukan hanya menghitung durasi pencucian tanpa menghitung keseluruhan proses deteksi. Sebelum melakukan proses mencuci secara manual, piring di deteksi terlebih dahulu menggunakan sensor LDR untuk mengetahui tingkat kotor noda pada piring. Untuk perhitungan waktu pencucian manual dimulai ketika piring mengenai air dan selesai setelah pembilasan.

Untuk pengukuran volume air yang akan digunakan, dilakukan dengan cara mengukur terlebih dahulu volume air menggunakan gelas ukur lalu ditampung kedalam ember. Digunakan 2 ember yang berfungsi untuk membasuh piring sebelum diberi sabun, dan ember untuk air bilasan. Pada tabel dibawah ini dapat dilihat bahwa tingkat efisiensi penggunaan air adalah sebagai berikut:

TABEL 4. 11 Perbandingan Pengukuran Debit Air dan Waktu Pencucian

Percobaan ke-	Noda piring	Tanpa menggunakan alat		Menggunakan alat	
		Volume air	Waktu	Volume Air	Waktu
1	Noda Sedang	500 ml	20s	270 ml	14s
2	Noda Kotor	850 ml	37s	380 ml	22s
3	Noda Sangat Kotor	1000 ml	42s	450 ml	24s
4	Noda Sangat Kotor	1000 ml	40s	430 ml	18s
5	Noda Sedang	600 ml	26s	290 ml	15s
6	Noda Kotor	800 ml	38s	350 ml	20s
7	Noda kotor	800 ml	38s	365 ml	21s
Total		5.550 ml	241s	2.535 ml	134s

Dari hasil tabel 4.11 diatas dapat dilihat bahwa untuk waktu yang dihasilkan dari mencuci piring tanpa menggunakan alat mesin cuci adalah 241 detik yang mana lebih lama 107 detik dibandingkan dengan menggunakan mesin cuci piring. Hal ini terjadi karena pada saat mencuci piring secara manual terdapat faktor seperti faktor dari manusia itu sendiri (*human error*), kecepatan tangan yang tidak konstan dan penggunaan air yang berbeda-beda selama mencuci piring. Sedangkan jika menggunakan mesin cuci piring, waktu sudah ditetapkan oleh sistem, sehingga lamanya waktu pencucian lebih konstan. Selain itu dengan menggunakan mesin cuci piring kita dapat melakukan aktivitas lain seperti memasak dan lain-lain.

Untuk pengujian konsumsi air yang digunakan saat mencuci piring menggunakan mesin cuci piring lebih efisien dibanding mencuci piring secara manual. Berdasarkan tabel diatas, volume konsumsi air untuk pencucian piring tanpa menggunakan alat, akan lebih besar daripada volume konsumsi air untuk pencucian piring

dengan alat, yaitu sekitar 5.550 ml berbanding 2.435ml.

Akan tetapi, tidak semua manusia mencuci piring dengan volume air yang sama. Dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan et al (2) dimana untuk satu piring dibutuhkan air sebanyak 6,1 liter, sedangkan untuk dua piring dibutuhkan 7,67liter air, dan untuk tiga piring dibutuhkan total 9,23liter air. Jika dibandingkan dengan mesin cuci piring lain alat ini memiliki tingkat konsumsi air yang lebih hemat.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan pada mesin pencuci piring dengan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perancangan sistem mesin cuci piring dibuat menggunakan mikrokontroler dengan perangkat pendukung sebagai pendeteksi noda yaitu sensor LDR dan sensor proximity beserta logika fuzzy sebagai penentu durasi pencucian piring. Sistem dapat beroperasi dengan baik, hal ini dapat dilihat dari hasil pendataan yang dihasilkan dari 4 kondisi klasifikasi piring berdasarkan persen tingkat kotor.
2. Klasifikasi noda dapat ditentukan dengan bantuan LED yang sudah ditanam pada sistem akan memantulkan cahaya ke piring, yang nantinya intensitas cahaya yang dipantulkan oleh piring akan di tangkap oleh sensor LDR. Setelah sensor LDR membaca hasil intensitas cahaya yang dipantulkan oleh piring kemudian sistem akan menentukan tingkat kotor noda. Selanjutnya akan masuk ke logika fuzzy yang kemudian akan menentukan lamanya durasi pencucian.
3. Keterbatasan dari sensor LDR antara lain yaitu sensor ini sangat sensitif akan perubahan cahaya disekitarnya.

A. Saran

Berdasarkan hasil yang telah dilakukan pada perancangan sistem mesin pencuci piring untuk penelitian kedepannya diberikan saran sebagai berikut:

1. Untuk kedepannya diharapkan dapat ditambahkan dataset objek noda. Hal ini bertujuan untuk dapat mengklasifikasikan banyak jenis noda.
2. Untuk kedepannya ditambahkan rak wadah piring agar jumlah piring yang dapat diproses mesin cuci piring semakin banyak.
3. Untuk kedepannya ditambahkan spons cuci agar noda yang sudah mengeras pada piring dapat lebih mudah dibersihkan.
4. Untuk kedepannya dibuat penutup pada sistem pencuci piring. Hal ini bertujuan untuk menghindari air pencucian tidak mengenai benda sekitar dan mengarah ke bawah dan mengurangi kesalahan dalam pembacaan pada sensor.

REFERENSI

1. Azrina, N., Hasibuan, A. Z., & Sembiring, A. (2020). Mesin Cuci Piring Semi Otomatos Berbasis Mikrokontroler. *SNASTIKOM*
2. Kurniawan, D., Rahmadian, R., Baskoro, F., & Widodo, A. (2021). Perbandingan Efektivitas Dari Sistem Kontrol Mesin Pencuci Piring Dengan Water Spray Arm. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(02), 291-298.
3. Suhaeb, S., Djawad, Y. A., Jaya, H., Ridwansyah, & Risal, A. (2017). *Mikrokontroler Dan Interface*. Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.
4. Chamim, A. N. (2010). Penggunaan Microcontroller Sebagai Pendeteksi Posisi Dengan Menggunakan Sinyal GSM. 4(1).
5. Saelan, A. (2009). Logika Fuzzy.
6. Wahab, F., Sumardiono, A., Tahtawi, A. R., & Mulyari, A. F. (2017). Desain dan Purwarupa Fuzzy Logic Control Untuk Pengendalian Suhu Ruangan. 2(1).
7. Husni, N. L., Rasyad, S., Putra, M., Hasan, Y., & Rasyid, J. A. (2019). Pengaplikasian Sensor Warna Pada Navigasi Line Tracking Robot Sampah Berbasis Mikrokontroler. 4(2)
8. Mandari, Y., & Pangaribowo, T. (2016). Rancang Bangun Sistem Robot Penyortir Benda Padat Berdasarkan Warna Berbasis Arduino. 7(2).
9. Siswanto, D., & Winardi, S. (2015). Jenuran Pakaian Otomatis Menggunakan Sensor Hujan Dan Sensor LDR Berbasis Arduino Uno. 1(2)
10. Widharma, I. G. (2020). Otomatisasi Dalam Pandemi Dengan Sensor Proximity