

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Hasil dari sebuah perancangan ini adalah menghasilkan sebuah robot yang digunakan untuk mengikuti agenda tahunan yang diadakan oleh Kemenristekdikti yaitu Kontes Robot Indonesia (KRI) tahun 2018. Robot yang dimaksudkan adalah robot manual Kontes Robot ABU Indonesia (KRAI) tahun 2018. Analisis yang dilakukan terhadap robot yang dirancang berupa fungsi dan bagaimana sistem pergerakan utama yang terjadi pada robot tersebut yang dikendalikan oleh *remote control* secara *wireless*.

4.1 Hasil Perancangan Desain Mekanik Robot

Dimensi maksimal robot yang ditentukan oleh peraturan Kontes Robot ABU Indonesia (KRAI) tahun 2018 adalah berukuran 1000mm(L) x 1000mm(W) x 1000mm(H) dan saat robot bergerak tidak boleh melebihi 1500mm(L) x 1500mm(W) x 1800mm(H), maka robot yang di desain dalam perancangan ini adalah sebagai berikut.

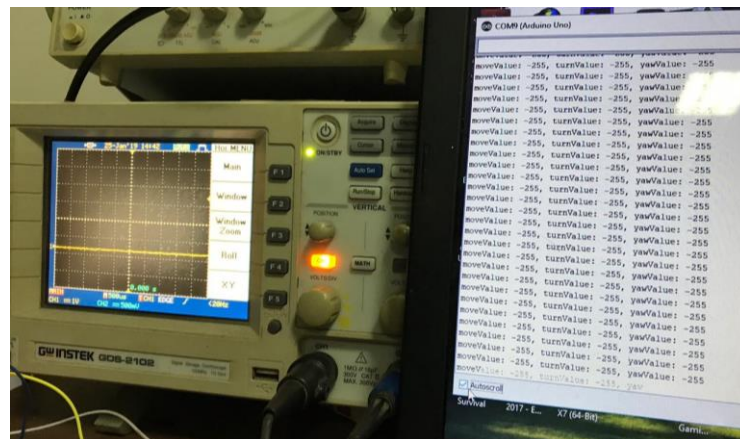


Gambar 4.1 Robot Manual

Robot yang di desain berukuran 700mm(L) x 600mm(W) x 850mm(H) dan saat berjalan tidak melebihi dimensi yang berlaku karena robot manual ini tidak menggunakan aktuator yang bekerja atau berfungsi selama robot bergerak kecuali motor DC yang digunakan itu sendiri.

4.2 Pengujian Receiver dan Transmitter

Receiver dan *transmitter* adalah komponen utama yang digunakan untuk mengoperasikan robot manual dapat bergerak dan bekerja sesuai perintah yang diinginkan. *Receiver* yang digunakan adalah *receiver* berjenis V8FR-II Rx dan *transmitter* yang digunakan adalah FrSky Telemetry Module DJT. *Remote control* yang digunakan berjenis Turnigy 9x yang dapat menjalankan 9 channel. Pengujian dilakukan melihat gelombang PWM yang keluar pada setiap channel yang digunakan.



Gambar 4.2 Pengujian Receiver

Pengujian dilakukan menggunakan *oscilloscop* untuk melihat gelombang yang masuk ke dalam mikrokontroler. Perancangan robot manual menggunakan 4 channel dan semua channel diuji terlebih dahulu apakah channel pada *receiver* itu berfungsi atau tidak. Channel yang digunakan adalah channel 1, channel 2, channel 4, dan channel 5. Channel 1 digunakan untuk berbelok atau *turn*. Channel 2 digunakan untuk maju dan mundur atau *move*. Channel 4 digunakan untuk menyerong atau *yaw*. Terakhir channel 5 digunakan untuk mengontrol motor servo.



Gambar 4.3 Channel Turnigy 9x

Gambar 4.3 menjelaskan channel-channel pada *remote control* Turnigy 9x yang akan digunakan. Pada dasarnya *remote control* tersebut dapat menjalankan 9 channel dalam sekali waktu tetapi yang akan digunakan hanya 4 channel saja. Warna-warna diatas akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Warna merah : merupakan channel 1 dan channel 2. Channel 1 merupakan channel yang digunakan untuk berbelok yang mana tuasnya bila digerakan adalah ke kiri dan ke kanan. Channel 2 merupakan channel yang akan digunakan untuk maju atau mundur yang mana tuasnya bila digerakan adalah ke atas dan ke bawah. Nilai PWM pada masing-masing channel berubah sesuai nilai yang digerakan pada tuas. Bila pada tuas pada channel 2 digerakkan ke arah atas, maka nilai PWM channel akan bernilai positif dan bila arah sebaliknya akan bernilai negative. Untuk tuas channel 1, nilai PWM positif bila tuas digerakkan ke arah kanan dan bila digerakan ke arah kiri, maka nilai PWM yang terbaca adalah negative.
2. Warna kuning : merupakan channel 4 yang digunakan untuk gerakan menyamping ke kiri dan ke kanan. Tuas digerakan ke kiri dan ke kanan. Nilai PWM pada masing-masing channel berubah sesuai nilai yang digerakan pada tuas. Nilai PWM akan bernilai positif bila tuas

pada channel digerakkan ke arah kanan dan nilai PWM akan bernilai negatif bila tuas channel digerakkan ke arah kiri.

3. Warna hijau : merupakan channel 5 yang digunakan untuk mengubah nilai pada motor servo. Channel ini hanya mengubah nilai PWM dari minimal hingga maksimal. Nilai PWM channel bernilai minimal pada saat tombol berada pada kondisi mengarah ke atas dan bernilai maksimal bila tombol berada pada kondisi mengarah ke bawah.

Pengujian ini menggunakan mikrokontroler ATmega2560 yang diberikan *script code* dan dijalankan menggunakan Arduino IDE. *Script code* yang diinputkan pada Arduino IDE akan menampilkan nilai *value* yang keluar setiap channel yang difungsikan. *Script code* yang diinputkan adalah sebagai berikut.

Diatas merupakan *script code* yang diinputkan pada Arduino IDE. Perintah diatas memiliki 94 baris (dilihat menggunakan *software* Notepad++). #define LOWER_STOP_RANGE_MOVE -20, #define UPPER_STOP_RANGE_MOVE 20, #define LOWER_STOP_RANGE_TURN -20, dan #define UPPER_STOP_RANGE_TURN 20 merupakan *Deadband Widht* dimana ini merupakan jumlah sinyal yang diizinkan untuk mengubah tanpa mempengaruhi nilai keluaran sebagai batas toleransi kesalahan pada nilai keluaran itu sendiri. Jadi bila nilai yang keluar pada suatu channel itu adalah 10 maka tidak akan diizinkan merubah nilai keluaran pada channel tersebut (seperti mengubah gerak pada robot) karena *deadband* yang diprogram memiliki rentang -20 hingga 20 nilai PWM.

Untuk pin yang digunakan sebagai *input* pada setiap channel adalah sebagai berikut :

1. Channel 1 diinputkan pada pin 6. Bila pada *remote* adalah channel Throttle
2. Channel 2 diinputkan pada pin 7. Bila pada *remote* adalah channel Aileron
3. Channel 4 diinputkan pada pin 8. Bila pada *remote* adalah channel Elevator

4. Channel 5 diinputkan pada pin 9. Bila pada *remote* adalah channel Rudder

Semua channel yang masuk pada pin menjadi *input* ke mikrokontroler untuk diolah menjadi keluaran nilai PWM.

Pada *remote control*, setiap keluarannya memiliki sinyal *output* berkisar 980 hingga 2000, maka diperlukan proses *mapping*. Proses *mapping* merupakan proses yang mengkonversikan suatu bilangan pada suatu rentang ke rentang lain. Proses konversi ini mengubah nilai yang awalnya memiliki rentang 980 – 2000 menjadi 0-255 karena sinyal PWM memiliki rentang 0-255. Proses *mapping* yang ada pada *script code* diatas adalah sebagai berikut :

```
/*
moveValue = map(ch2, 980, 1999, -255, 255);
moveValue = constrain(moveValue, -255, 255);
turnValue = map(ch1, 980, 1999, -255, 255);
turnValue = constrain(turnValue, -255, 255);
yawValue = map(ch4, 980, 1999, -255, 255);
yawValue = constrain(yawValue, -255, 255);
val = map(ch5, 980, 1999, 0, 180);
*\
```

Untuk proses *mapping* yang terjadi pada motor servo menggunakan derajat. Derajat yang digunakan adalah 0 hingga 180 derajat.

Program selanjutnya adalah menampilkan data nilai PWM ke serial monitor. Nilai PWM yang masuk dari *remote control* akan terlihat perubahannya dari 0 hingga 255. *Script code* yang menunjukkan penampilan PWM salah satunya adalah :

```
/*
```

```

        Serial.println("moveValue: "+String(moveValue)+ " ", turnValue:
"+String(turnValue)+ " ", yawValue: "+String(yawValue)+ " ", servoValue:
"+String(val));

        if (moveValue>LOWER_STOP_RANGE_MOVE &&
moveValue<UPPER_STOP_RANGE_MOVE &&
turnValue>LOWER_STOP_RANGE_TURN &&
turnValue<UPPER_STOP_RANGE_TURN){

            if(stop_state == false){

                stop_state = true;

                Serial.println("Stop");

            else if(turnValue>LOWER_STOP_RANGE_TURN &&
turnValue<UPPER_STOP_RANGE_TURN){

                if(moveValue>UPPER_STOP_RANGE_MOVE){

                    stop_state = false;

                    Serial.println("Go Forward "+String(moveValue));

                }

                else if(moveValue<LOWER_STOP_RANGE_MOVE){

                    stop_state = false;

                    Serial.println("Go Backward "+String(moveValue));

                }

            }

        }

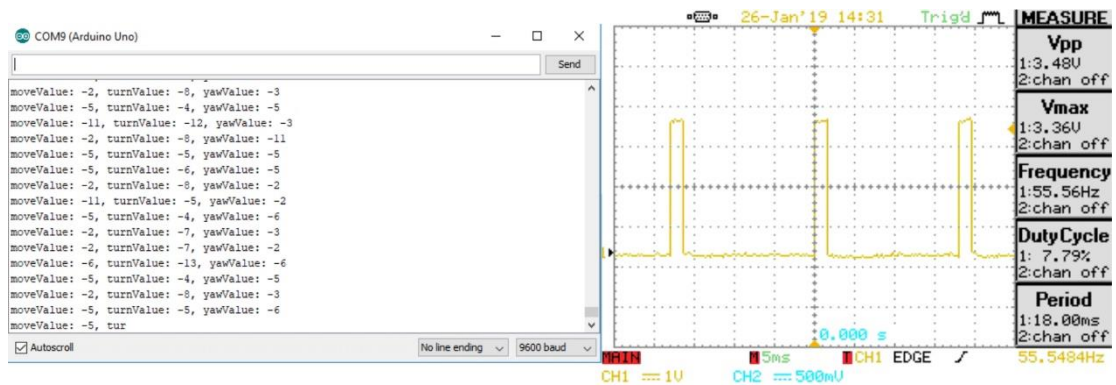
    *\\

```

Dimana bila nilai PWM melebihi atau kurang dari nilai *Deadband Widht* akan terbaca perubahannya dalam serial monitor yang ada pada Arduino IDE. Gelombang yang keluar dapat dilihat pada layar *osciloscop*.

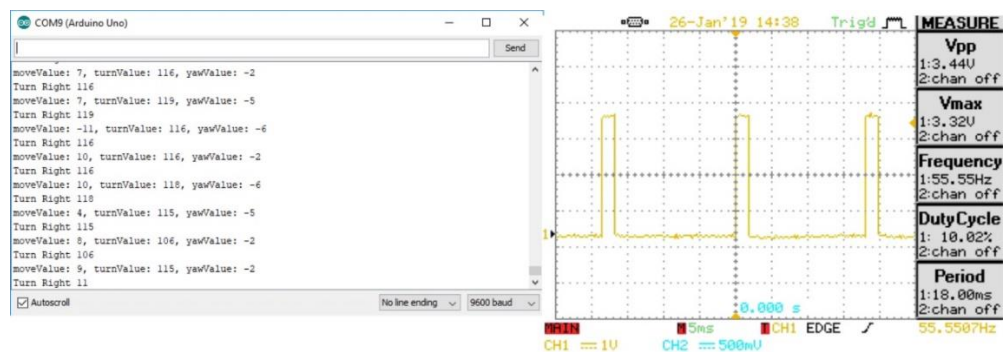
4.2.1 Hasil Pengujian *Receiver* dan *Transmitter*

Hasil pengujian akan menampilkan beberapa gambar yang menjelaskan channel apa saja yang digunakan untuk pengujian. Hasil akan menampilkan gambar serial monitor dan gambar hasil dari *osciloscop*. Gelombang yang akan tertampil adalah gelombang kotak dan nilai-nilai yang terbaca oleh *osciloscop*. Catu daya yang digunakan adalah sebesar 5V yang berasal dari laptop.



Gambar 4.4 Nilai awal

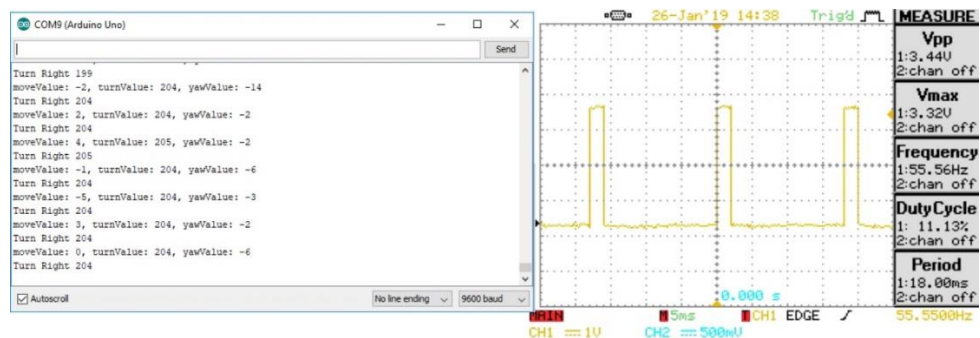
Nilai awal yang terbaca memiliki nilai *movevalue* dengan range -11 hingga -2, nilai *turnvalue* dengan range -13 hingga -4, dan *yawvalue* dengan range -11 hingga -2. Nilai-nilai tersebut masih dalam range *deadband width* yang dimasukkan dalam *script code* yang memiliki nilai -20 hingga 20. Gelombang yang terbaca pada *oscilloscope* memiliki *duty cycle* sebesar 7,79% dari 100%. *Duty cycle* ini adalah kondisi *high* saat sinyal yang terbaca diatas nilai *low*.



Gambar 4.5 Nilai CH1 0,5 Penuh

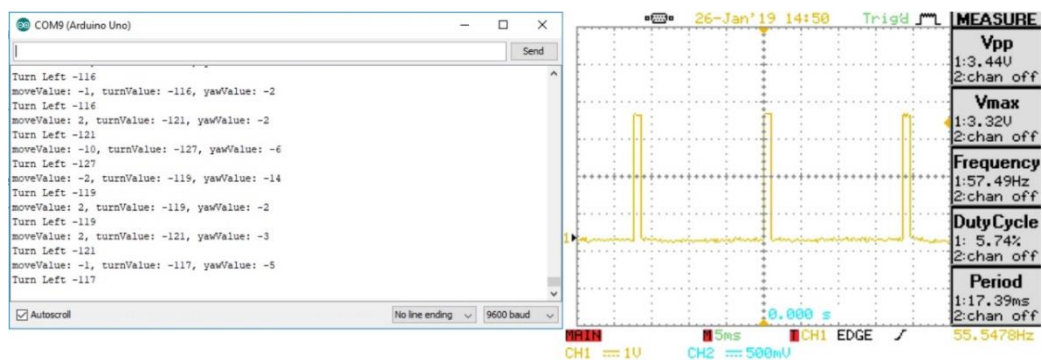
Pada saat CH1 dinaikan ke nilai positif maka akan mengubah nilai dan sinyal dari nilai awalnya. Gambar diatas menunjukkan nilai dan gelombang yang terbaca saat CH1 dinaikan setengah penuh. Perubahan akan terlihat pada nilai PWM yang terjadi karena nilai PWM yang terbaca adalah 106 hingga 108 melebihi dari nilai *deadband* maka program akan mengeksekusi perintah "Turn Right". Nilai gelombang juga mengalami perubahan dan dapat dilihat dari nilai *duty cycle* yang

terbaca sebesar 10,02%. Perubahan ini mengalami kenaikan dari nilai awalnya dan gelombang mengalami sedikit pelebaran.



Gambar 4.6 Nilai CH1 + Penuh

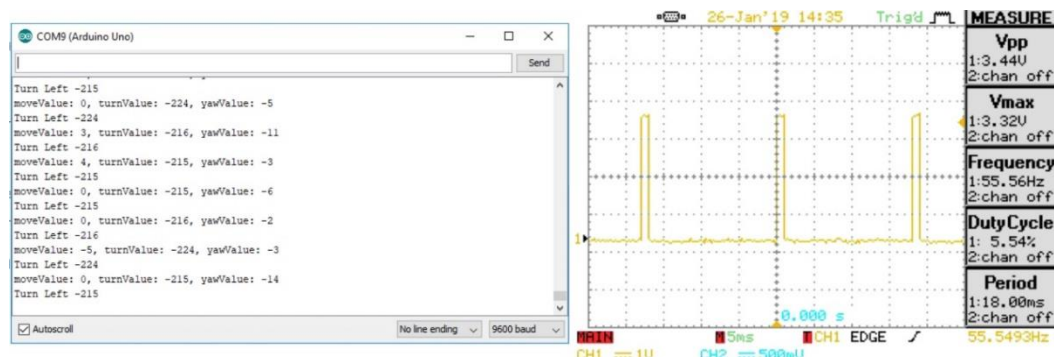
Pada saat CH1 dinaikan penuh ke nilai positifnya maka akan mengalami perubahan dari nilai sebelumnya. Nilai PWM penuh yang terbaca saat CH1 dalam kondisi penuh positif adalah 199 hingga 204. Nilai yang terbaca cukup baik karena saat CH1 dalam kondisi setengah penuh adalah setengah dari nilai penuh yang terbaca. Nilai ini merupakan nilai PWM maksimal yang dihasilkan oleh CH1 dalam kondisi positif. Program akan mengeksekusi perintah “*Turn Right*” maka nantinya robot akan berbelok ke kanan dengan kecepatan PWM maksimal yang terbaca. Gelombang yang terbaca oleh *osciloscop* mengalami perubahan juga menjadi 11,13% dan mengalami sedikit pelebaran pada gelombang yang terbaca sebelumnya.



Gambar 4.7 Nilai CH1 -0,5 Penuh

Pada saat CH1 diturunkan nilainya ke nilai negatif maka nilai PWM yang terbaca juga akan berubah menjadi nilai negatif. Nilai negative yang terbaca adalah

-127 hingga -116. Nilai yang terbaca sudah melebihi nilai *deadband* pada program akan mengeksekusi perintah "Turn Left". Pada gelombang yang terbaca mengalami penyusutan dari gelombang awal yang terbaca. Penyusutan dapat dilihat dari nilai *dutycycle* yang terbaca pada program adalah 5,74%.



Gambar 4.8 Nilai CH1 – Penuh

Pada saat CH1 diturunkan penuh ke nilai negatifnya maka nilai PWM akan berubah semakin turun. Nilai PWM yang terbaca pada serial monitor diatas adalah sebesar -224 hingga -215 dan program akan mengeksekusi perintah "Turn Left" yang artinya program akan memerintahkan untuk berbelok ke kiri. Nilai PWM yang terbaca merupakan nilai maksimal saat CH1 bernilai negative maka kecepatan yang nantinya akan dieksekusi akan semakin cepat juga. Perubahan gelombang yang terbaca pada *oscilloscope* terlihat menjadi semakin kecil dan perubahan dapat dilihat juga dari nilai *dutycycle*-nya menjadi 5,54%.

Pada pengujian *receiver* dan *transmitter* dilakukan pada semua channel tetapi hanya CH1 yang ditampilkan dalam hasil pengujian ini karena pada dasarnya nilai dan gelombang yang tertampil sangat mirip sehingga cukup untuk menampilkan 1 channel pada hasil pengujian ini. Pengujian diatas sangat terlihat perubahan nilai dan bentuk gelombang saat posisi setengah penuh atau posisi penuh. Perubahan PWM yang terbaca saat posisi channel belum dilakukan perubahan adalah ada pada jarak nilai *deadband width* adalah sebesar -20 hingga 20. Pada saat dinaikan hingga penuh akan mendapat nilai PWM maksimal sebesar 204 dan bila saat nilai PWM diturunkan penuh akan mendapat nilai maksimal -224. Pada bentuk gelombang

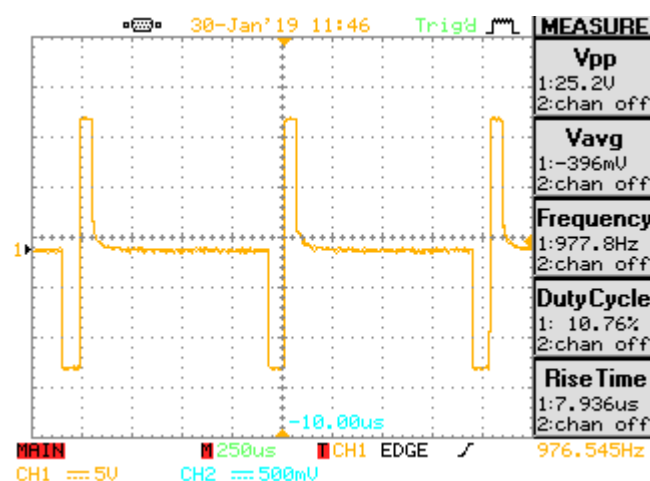
yang terbaca oleh *oscilloscope* mengalami perubahan juga. Perubahan tersebut dapat dilihat dari perubahan nilai *dutycycle* yang terbaca dari nilai awalnya adalah 7,75%. Pada saat nilai PWM ada pada posisi positif penuh maka *dutycycle* akan membaca sebesar 11,13% dan saat nilai PWM ada pada posisi negatif penuh akan membaca 5,54%.

4.3 Pengujian Aktuator

Pada pengujian aktuator terdiri dari pengujian empat motor DC PG45 dan satu buah motor servo MG996R. Pengujian dilakukan dengan melihat nilai keluaran PWM dan perubahan tegangan saat nilai PWM diterima oleh motor. Keluaran bentuk gelombang diukur menggunakan alat *oscilloscope* dan melihat perbedaan kondisi saat PWM bernilai positif maupun negative.

4.3.1 Pengukuran Gelombang *input* pada Motor

Hasil pengukuran gelombang PWM yang diterima oleh ke empat motor DC dapat dilihat menggunakan *oscilloscope*. Perubahan gelombang terjadi karena nilai PWM yang berubah-ubah saat salah satu channel difungsikan. Channel dapat bergerak kearah positif maupun negatif sesuai keinginan pengguna.

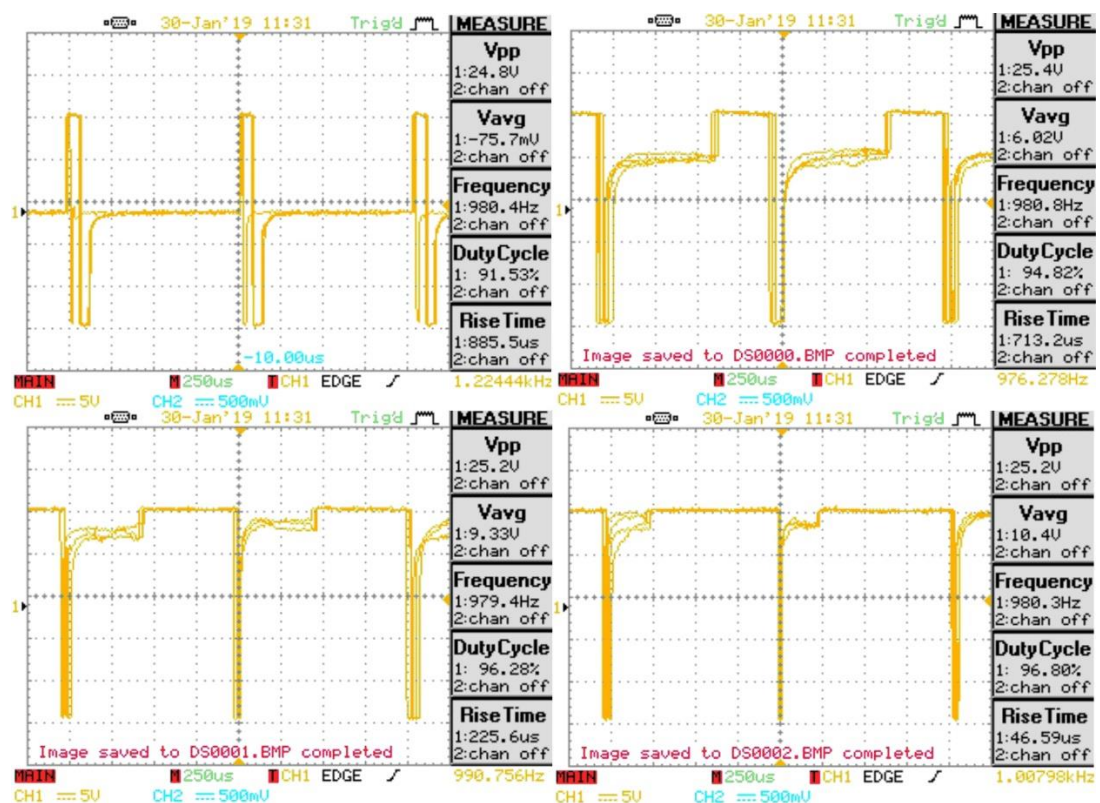


Gambar 4.9 Output Awal Gelombang Motor

Gambar 4.9 menunjukkan bentuk gelombang awal serta pengukuran yang terjadi saat motor belum menerima sinyal PWM yang dihasilkan oleh nilai keluaran

salah satu channel. Nilai V_{pp} yang terbaca adalah 25,2V dan *duty cycle* yang terukur sebesar 10,76%. Pada pengukuran ini menggunakan baterai Li-Po 3 cell yang memiliki tegangan sebesar 11,1 Volt dan tegangan yang dapat diterima oleh motor PG45 adalah minimal 24 Vdc maka tegangan dinaikan oleh regulator *step up* hingga terbaca pada *oscilloscope* sebesar 25,2 Volt.

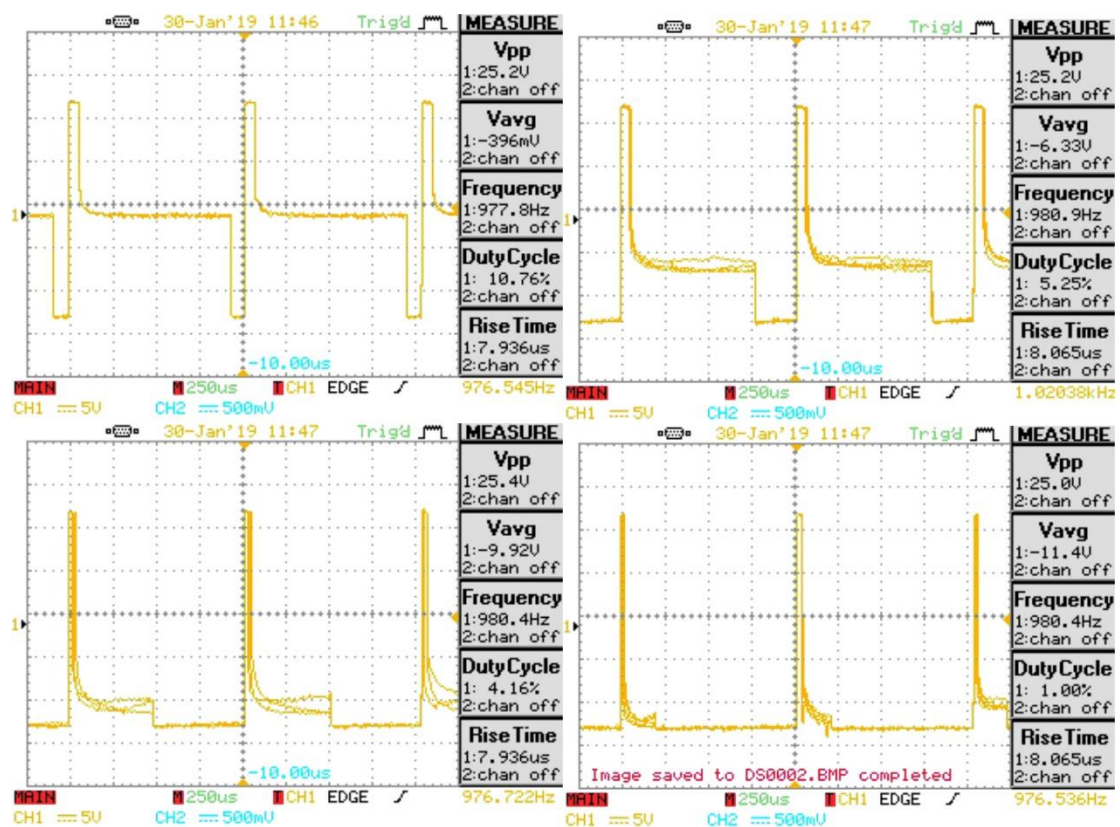
Gelombang pada gambar 4.9 merupakan gelombang awal yang terukur oleh *oscilloscope* sebelum nilai PWM yang masuk mengubah bentuk gelombang pada motor. Kondisi motor saat terukur adalah diam.



Gambar 4.10 Perubahan *output* bernilai PWM positif

Pada gambar 4.10, terlihat perubahan nilai PWM yang sangat signifikan. Pembacaan gambar dilihat dari bagian kiri atas, kanan atas, kiri bawah, dan kanan bawah. Gambar awal yaitu bagian kiri atas merupakan gambar gelombang saat nilai PWM baru saja dipicu ke nilai positif dan perubahanpun terlihat dari nilai *duty cycle* yang terbaca yaitu sebesar 91,53%. Gambar kedua yaitu bagian kanan atas dimana

pengukuran tersebut berada dalam posisi setengah penuh. Bentuk gelombang terlihat perubahannya dan nilai *duty cycle* naik menjadi 94,82%. Gambar selanjutnya adalah bagian kiri bawah dimana PWM yang masuk terhadap motor ada $\frac{3}{4}$ penuh maka terlihat perubahan yang terjadi pada nilai *dutycycle* yang terbaca. Nilai *dutycycle* menjadi 96,28%. Gambar selanjutnya adalah gambar bagian kanan bawah merupakan nilai PWM penuh yang dikirim pada salah satu channel kepada motor tersebut. Nilai *dutycycle* berubah menjadi 96,80% dan gelombang yang terbaca terlihat hampir seluruhnya bernilai 1.



Gambar 4.11 Perubahan *output* bernilai PWM negative

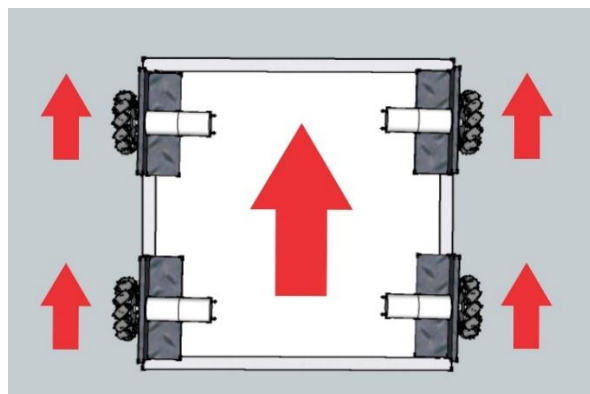
Pada gambar 4.11 gelombang diatas merupakan perubahan gelombang yang menerima nilai PWM negatif dari salah satu channel. Urutan membaca gambar tersebut sama seperti tadi yaitu diawali dengan kiri atas, kanan atas, kiri bawah, dan kanan bawah. Gelombang pada gambar pertama merupakan gelombang yang baru saja dipicu saat nilai PWM bernilai negatif masuk ke motor. Nilai *dutycycle* yang

terbaca saat baru dipicu adalah 10,76%. Selanjutnya gelombang yang kedua adalah saat posisi PWM negatif berada setengah penuh. Kondisi gelombang mendekati nilai 0 dan nilai *dutycycle* yang terbaca juga menurun menjadi 5,25%. Selanjutnya merupakan nilai PWM negatif berada pada posisi $\frac{3}{4}$ penuh. Gelombang yang terbaca semakin mendekati nilai 0 dan nilai *dutycycle* yang terbaca adalah 4,16%. Gelombang yang terakhir adalah saat nilai PWM negatifnya dalam posisi penuh. Gelombang yang terbaca sangat mendekati nilai 0 dan nilai *dutycycle* yang terbaca terus menurun menjadi 1,00%.

4.3.2 Pengukuran Nilai PWM dan Tegangan

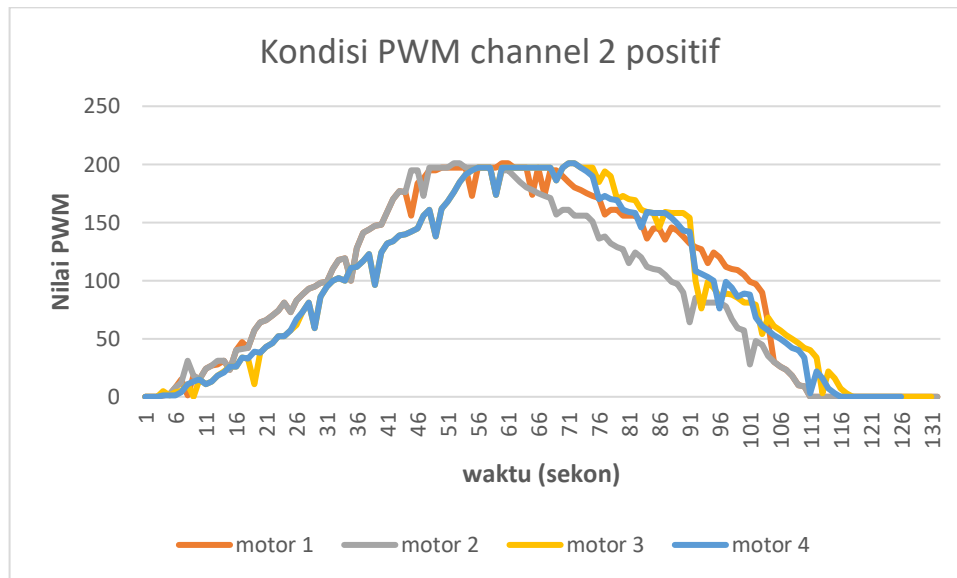
Nilai PWM yang dihasilkan oleh motor berbanding lurus dengan kecepatan yang dihasilkan oleh PWM tersebut. Bila nilai suatu PWM bernilai positif, maka putaran motor akan berputar searah jarum jam (*clockwise*). Bila nilai suatu PWM bernilai negatif, maka putaran motor akan berputar berlawanan arah jarum jam (*counter clockwise*). Nilai PWM berasal dari perubahan nilai pada *transmitter* dan diterima oleh *receiver*. *Receiver* akan mengirimkan nilai PWM dan menjadi *input* pada mikrokontroler. Mikrokontroler akan memberi perintah atas perubahan nilai PWM yang terjadi melewati pin-pin yang masuk pada *driver* motor. *Driver* motor akan mengirimkan nilai dan gelombang PWM yang akan diterima oleh motor DC dan motor akan bergerak sesuai nilai PWM yang masuk.

4.3.2.1 Channel 2 Positif



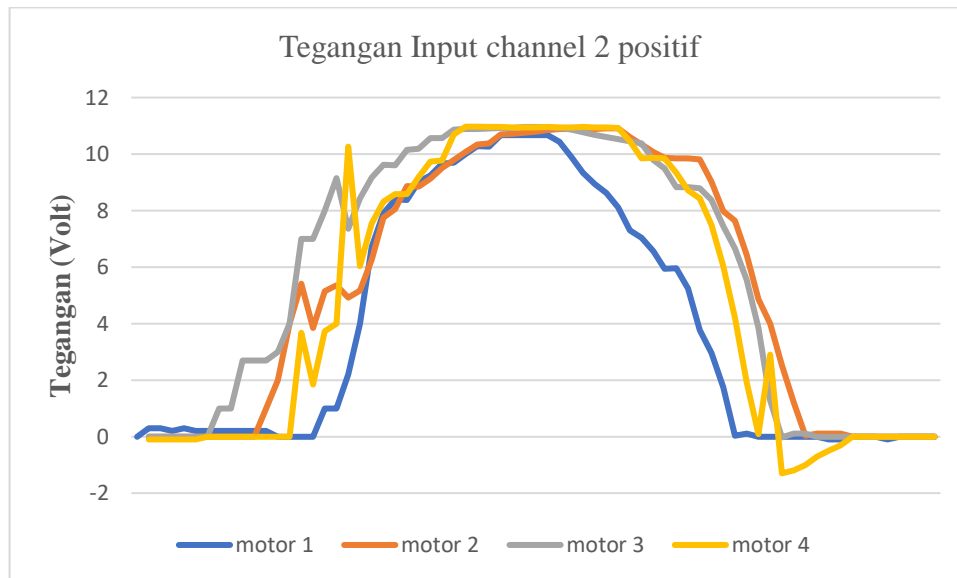
Gambar 4.12 Kondisi CH2+

Gambar 4.12 merupakan kondisi saat channel 2 bernilai positif atau dapat dikatakan kondisi robot bergerak lurus ke depan. Kondisi ke empat motor akan searah untuk mendorong robot maju ke depan.



Grafik 4.1 Kondisi Nilai PWM channel 2 positif

Grafik 4.1 menunjukkan saat channel 2 memberikan nilai positif. Grafik tersebut menunjukkan perubahan nilai PWM berdasarkan waktu tempuh tiap motornya. Kondisi awal nilai PWM semua bernilai 0, lalu di naikan secara perlahan maka nilai PWM akan berubah dan mengalami kenaikan dan perubahan pada setiap motor. Kenaikan nilai PWM terjadi antara saat waktu 6 sekon hingga 46 sekon. Pada saat waktu 46 sekon hingga 71 sekon, nilai PWM berada pada nilai maksimal antara 200 – 210. Pada waktu 76 sekon hingga 131 sekon, nilai PWM kembali diturunkan maka perubahan PWM tiap motor terlihat sama akan menurun hingga kembali ke 0. Waktu pengambilan data yang diperlukan pada pengujian dan analisis diatas kurang lebih adalah 2 menit 11 detik.

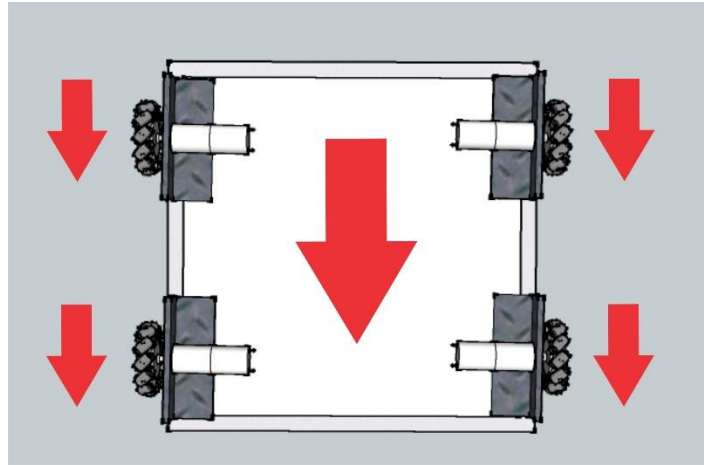


Grafik 4.2 Tegangan *Input* Channel 2 positif

Grafik 4.2 menunjukkan perubahan nilai tegangan yang terjadi saat nilai channel 2 bernilai positif. Tegangan input pada baterai yang digunakan adalah baterai Li-Po 3 cell memiliki tegangan input 11,1 volt. Kenaikan pada tegangan seiring terjadinya kenaikan pada PWM juga karena nilai tegangan *input* naik maka nilai PWM akan naik juga. Kenaikan terjadi saat nilai PWM naik di detik ke 6 sekon hingga 46 sekon. Channel dinaikan secara maksimal dan di diamkan beberapa detik hingga mendapatkan nilai tegangan maksimal di sekitar 11 volt. Nilai tegangan akan turun juga pada detik ke 76 hingga 131 sekon. Nilai tegangan akan terus menurun hingga kembali ke 0 volt tetapi pada motor 4 sempat menyentuh tegangan -0,7 volt karena pengaruh penurunan yang secara tiba-tiba.

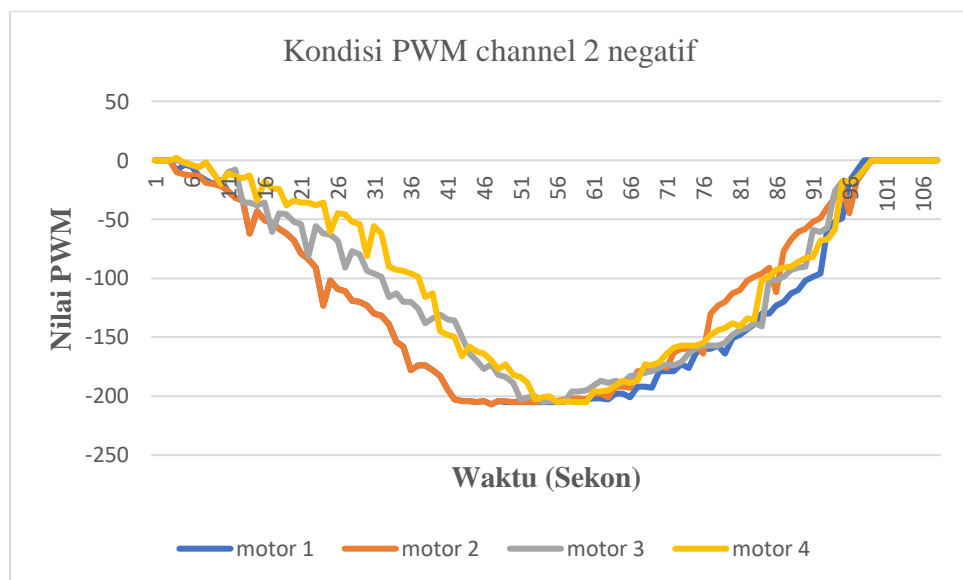
4.3.2.2 Channel 2 Negatif

Pada saat channel 2 digerakan menuju nilai negatifnya, maka posisi robot akan bergerak mundur ke belakang. Fungsi pada channel 2 negatif memang digunakan untuk melakukan pergerakan robot bergerak ke belakang.



Gambar 4.13 Kondisi CH2-

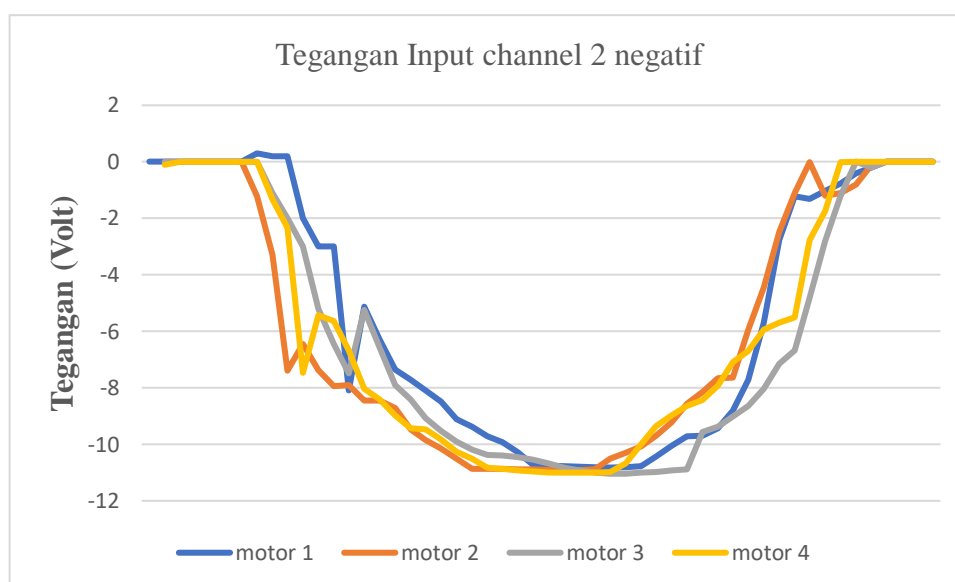
Gambar 4.13 menunjukkan mekanisme gerak yang terjadi pada robot. Semua motor dan roda mekanum akan bergerak ke belakang supaya robot dapat bergerak mundur secara bersamaan.



Grafik 4.3 Kondisi Nilai PWM channel 2 negatif

Grafik 4.3 menunjukkan saat channel 2 memberikan nilai negatif. Grafik tersebut menunjukkan perubahan nilai PWM berdasarkan waktu tempuh tiap motornya. Kondisi awal nilai PWM semua bernilai 0, lalu di turunkan secara perlahan maka nilai PWM akan berubah dan mengalami penurunan dan perubahan

pada setiap motor. Penurunan nilai PWM terjadi antara saat waktu 4 sekon hingga 41 sekon. Pada saat waktu 46 sekon hingga 61 sekon, nilai PWM berada pada nilai minimal antara (-190) – (-205). Pada waktu 66 sekon hingga 96 sekon, nilai PWM kembali dinaikan ke posisi awal maka perubahan PWM tiap motor terlihat sama akan naik hingga kembali ke 0. Waktu pengambilan data yang diperlukan pada pengujian dan analisis diatas kurang lebih adalah 1 menit 46 detik. Perubahan nilai dari positif ke negative hanya mengubah arah motor yang terjadi.

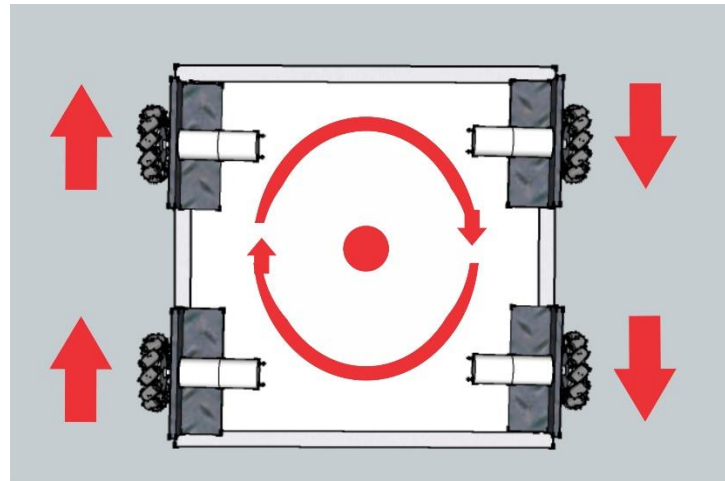


Grafik 4.4 Tegangan *Input* Channel 2 negatif

Grafik 4.4 menunjukkan perubahan nilai tegangan yang terjadi saat nilai channel 2 bernilai negatif. Tegangan input pada baterai yang digunakan adalah baterai Li-Po 3 cell memiliki tegangan input 11,1 volt. Penurunan nilai pada tegangan hanya mengubah arah gerak motor saja seiring terjadinya penurunan nilai pada PWM juga karena nilai tegangan *input* menurun, maka nilai PWM akan turun juga. Penurunan terjadi saat nilai PWM bergerak di detik ke 4 sekon hingga 41 sekon. Channel diturunkan secara maksimal dan di diamkan beberapa detik hingga mendapatkan nilai tegangan maksimal di sekitar -11 volt. Nilai tegangan akan naik kembali pada detik ke 66 hingga 96 sekon. Nilai tegangan akan terus naik hingga kembali ke 0 volt

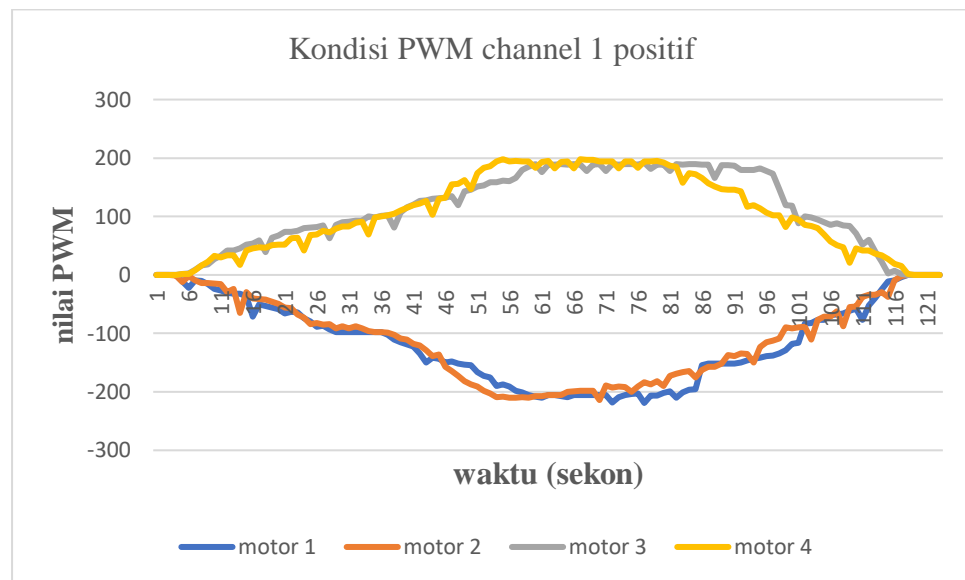
4.3.2.3 Channel 1 positif

Pada pengukuran saat channel 1 diberi nilai positif atau tuas digerakan ke kanan, maka robot akan bergerak menengok ke sebelah kanan.



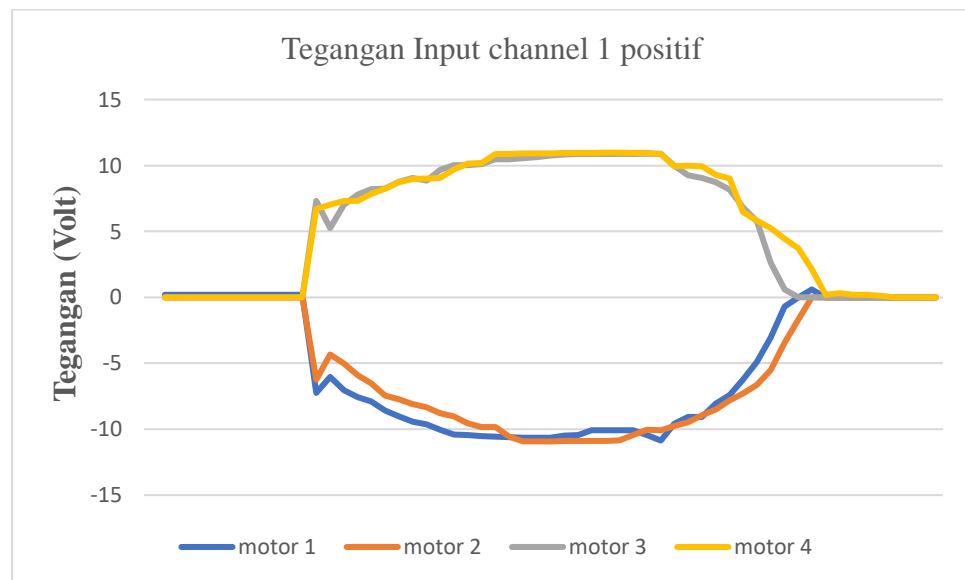
Gambar 4.14 Kondisi CH1+

Robot akan berputar ke arah kanan hingga kembali ke posisi awalnya. Nilai PWM tiap motor yang terbaca saat channel 1 positif digerakan akan berbeda-beda karena ada yang arah putar motor *clockwise* dan ada juga yang bergerak *counter clockwise*. Gerak robot seperti ini hanya bisa dilakukan oleh robot yang menggunakan roda mekanum.



Grafik 4.5 Kondisi Nilai PWM channel 1 positif

Grafik 4.5 menunjukkan nilai PWM yang ditempuh perwaktunya. PWM pada motor 1 dan motor 2 bernilai negatif dan PWM pada motor 3 dan 4 bernilai positif. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan arah putaran motor. Pada gambar 4.16 diatas adalah gambar robot yang dilihat dari bawah maka motor 1 berada di kanan atas dan motor 2 berada di kanan bawah. Motor 3 berada di atas kiri dan motor 4 berada pada bawah kiri. Nilai PWM bergerak pada detik ke 6 hingga detik ke 56. Masing-masing motor mulai mengubah nilai hingga detik ke 56 hingga 86 merupakan nilai PWM maksimal pada masing-masing motornya. Nilai maksimum yang terbaca adalah 205 dan nilai minimum yang terbaca adalah -202. Pada detik 91 hingga 110 nilai channel 1 positif dikembalikan secara perlahan dan masing-masing nilai PWM motor akan kembali ke posisi awalnya hingga mendekati 0 kembali. Pengujian dilakukan dalam waktu 121 sekon atau 2 menit 1 detik.

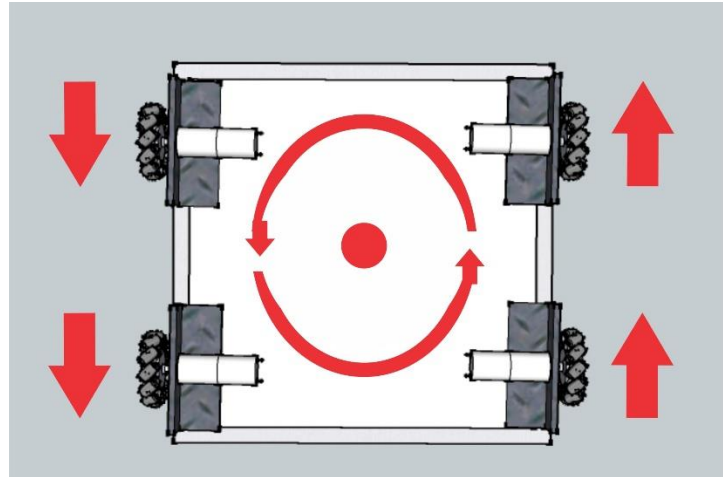


Grafik 4.6 Tegangan *Input* Channel 1 positif

Pada grafik 4.6 merupakan perubahan tegangan *input* yang terjadi pada masing-masing motor. Sama seperti nilai PWM yang terjadi, pada motor 1 dan motor 2 memiliki tegangan input negatif yang artinya motor bergerak berlawanan arah jarum jam. Motor 3 dan motor 4 memiliki tegangan input positif yang artinya arah putaran motor adalah searah jarum jam. Perubahan nilai tegangan dimulai sama seperti dengan perubahan nilai PWM sebelumnya. Perubahan awal ada pada detik 6 hingga detik ke 56. Pada detik 56 hingga detik 86, nilai tegangan berada pada titik maksimal dan titik minimumnya. Nilai tegangan maksimal yang terbaca adalah 10,87 volt dan nilai minimum yang terbaca adalah -10,89 volt. Pada detik 91 hingga 110 tegangan kembali ke posisi awal. Baterai yang digunakan dalam pengujian masih sama yaitu baterai berjenis Li-Po 3 cell.

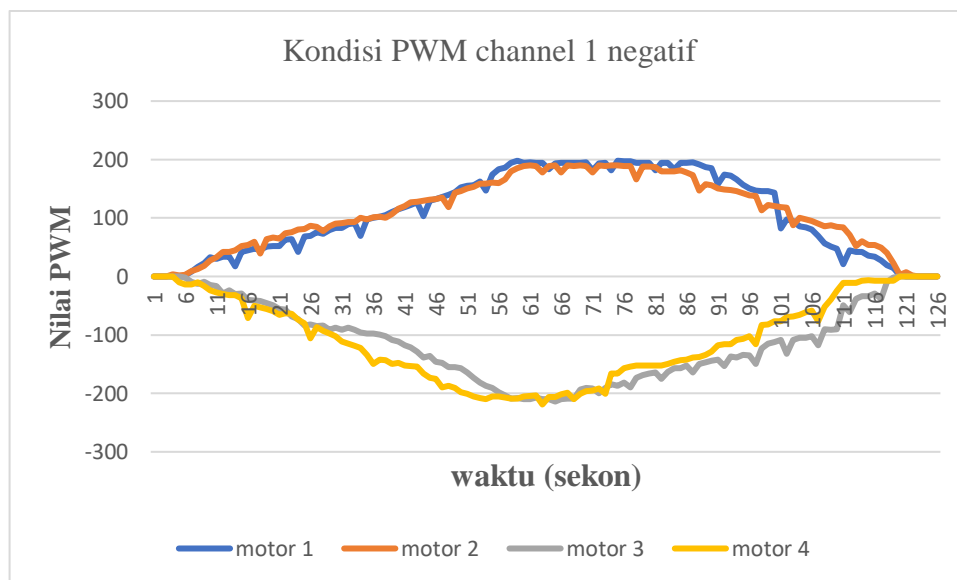
4.3.2.4 Channel 1 Negatif

Pada pengujian ini, tuas channel 1 digerakan ke arah kiri maka nilai channel akan bernilai negatif. Hal ini merupakan arah lawan dari channel 1 positif.



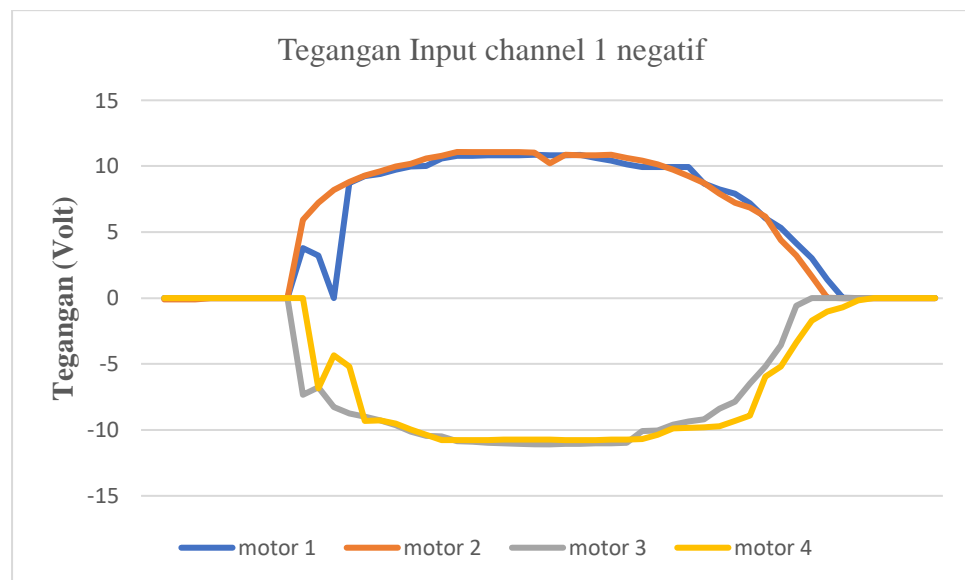
Gambar 4.15 Kondisi CH1-

Robot akan berputar ke arah kiri hingga kembali ke posisi awalnya. Nilai PWM tiap motor yang terbaca saat channel 1 negatif digerakan akan berbeda-beda karena ada yang arah putar motor *clockwise* dan ada juga yang bergerak *counter clockwise*. Gerak robot seperti ini hanya bisa dilakukan oleh robot yang menggunakan roda mekanum.



Grafik 4.7 Kondisi Nilai PWM channel 1 negatif

Grafik 4.7 menunjukkan nilai PWM yang ditempuh perwaktunya. PWM pada motor 1 dan motor 2 bernilai positif dan PWM pada motor 3 dan 4 bernilai negatif. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan arah putaran motor. Pada gambar 4.17 di atas adalah gambar robot yang dilihat dari bawah maka motor 1 berada di kanan atas dan motor 2 berada di kanan bawah. Motor 3 berada di atas kiri dan motor 4 berada pada bawah kiri. Nilai PWM bergerak pada detik ke 6 hingga detik ke 51. Masing-masing motor mulai mengubah nilai hingga detik ke 56 hingga 86 merupakan nilai PWM maksimal pada masing-masing motornya. Nilai maksimum yang terbaca adalah 198 dan nilai minimum yang terbaca adalah -214. Pada detik 91 hingga 116 nilai channel 1 negatif dikembalikan secara perlahan dan masing-masing nilai PWM motor akan kembali ke posisi awalnya hingga mendekati 0 kembali. Pengujian dilakukan dalam waktu 126 sekon atau 2 menit 6 detik.



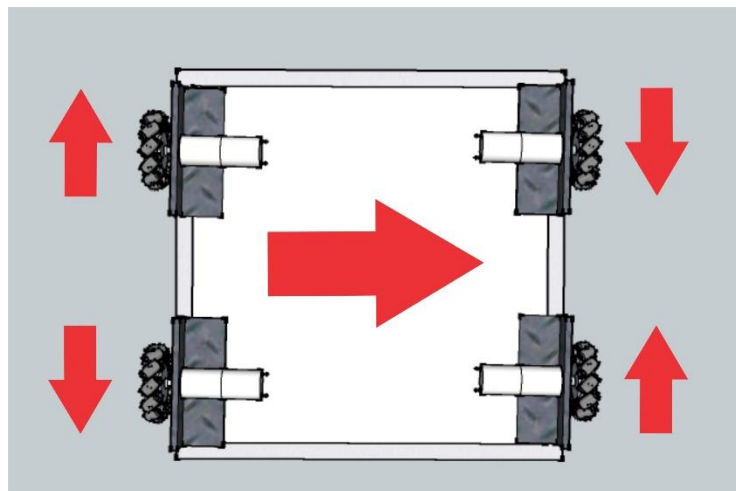
Grafik 4.8 Tegangan *Input* Channel 1 negatif

Pada grafik 4.8 merupakan perubahan tegangan *input* yang terjadi pada masing-masing motor. Sama seperti nilai PWM yang terjadi, pada motor 1 dan motor 2 memiliki tegangan input positif yang artinya motor bergerak searah jarum jam. Motor 3 dan motor 4 memiliki tegangan input negatif yang artinya arah putaran motor adalah berlawanan arah jarum jam. Perubahan nilai tegangan dimulai

sama seperti dengan perubahan nilai PWM sebelumnya. Perubahan awal ada pada detik 6 hingga detik ke 51. Pada detik 56 hingga detik 86, nilai tegangan berada pada titik maksimal dan titik minimumnya. Nilai tegangan maksimal yang terbaca adalah 10,87 volt dan nilai minimum yang terbaca adalah -11,87 volt. Pada detik 91 hingga 116 tegangan kembali ke posisi awal. Baterai yang digunakan dalam pengujian masih sama yaitu baterai berjenis Li-Po 3 cell.

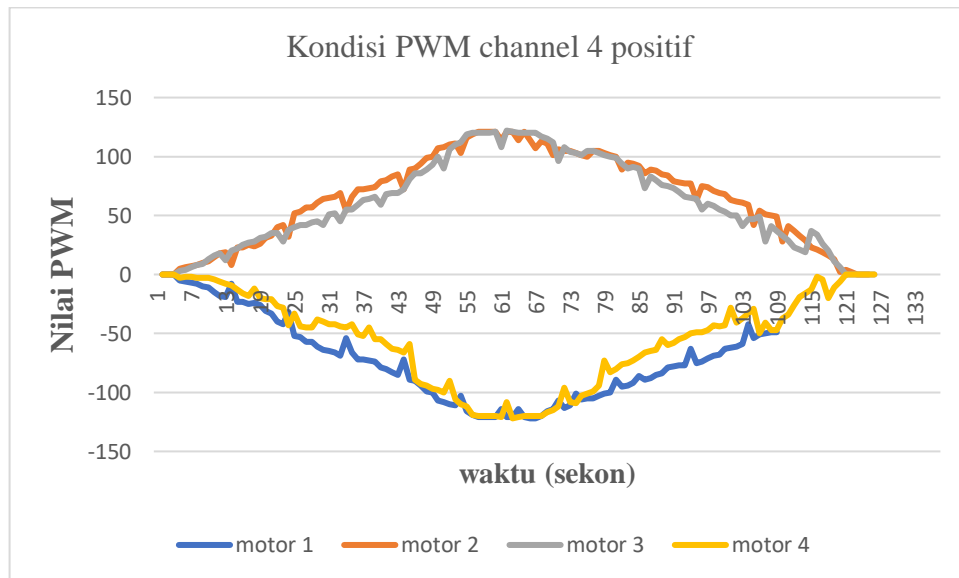
4.3.2.5 Channel 4 Positif

Pada pengujian channel 4 positif, tuas channel 4 digerakkan ke arah kanan. Channel 4 ini digunakan untuk kondisi menyeronong atau *yaw*.



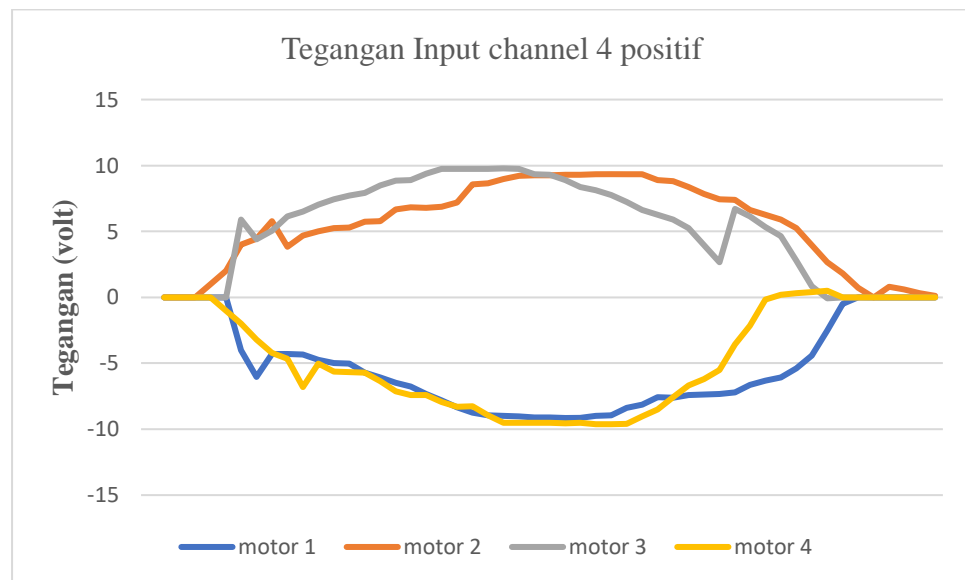
Gambar 4.16 Kondisi CH4+

Robot akan bergerak menyeronong ke arah kanan hingga ke posisi yang ditentukan. Nilai PWM tiap motor yang terbaca saat channel 4 positif digerakan akan berbeda-beda karena ada yang arah putar motor *clockwise* dan ada juga yang bergerak *counter clockwise*. Gerak robot seperti ini hanya bisa dilakukan oleh robot yang menggunakan roda mekanum.



Grafik 4.9 Kondisi Nilai PWM channel 4 positif

Grafik 4.9 menunjukkan nilai PWM yang ditempuh perwaktunya. PWM pada motor 2 dan motor 3 bernilai positif dan PWM pada motor 1 dan 4 bernilai negatif. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan arah putaran motor. Pada gambar 4.18 diatas adalah gambar robot yang dilihat dari bawah maka motor 1 berada di kanan atas dan motor 2 berada di kanan bawah. Motor 3 berada di atas kiri dan motor 4 berada pada bawah kiri. Nilai PWM bergerak pada detik ke 6 hingga detik ke 56. Masing-masing motor mulai mengubah nilai hingga detik ke 55 hingga 73 merupakan nilai PWM maksimal pada masing-masing motornya. Nilai maksimum yang terbaca adalah 108 dan nilai minimum yang terbaca adalah -113. Pada detik 75 hingga 115 nilai channel 4 positif dikembalikan secara perlahan dan masing-masing nilai PWM motor akan kembali ke posisi awalnya hingga mendekati 0 kembali. Pengujian dilakukan dalam waktu 127 sekon atau 2 menit 7 detik. Nilai maksimal dan minimal yang terbaca hanya mencapai angka sekitar 100-120 dikarenakan nilai yang berasal dari *remote* hanya mampu memberikan PWM sampai seperti itu.

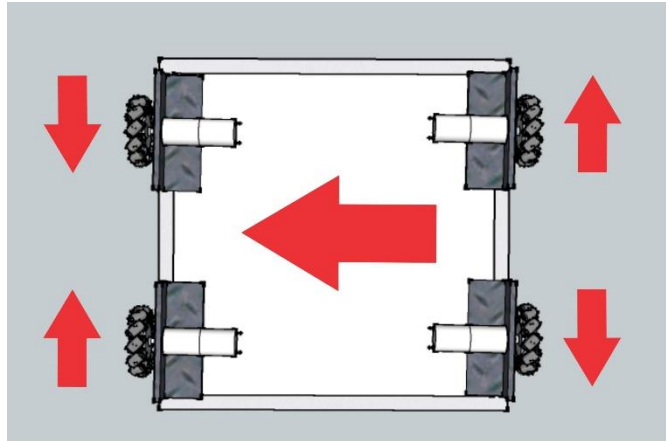


Grafik 4.10 Tegangan *Input* Channel 4 positif

Pada grafik 4.10 merupakan perubahan tegangan *input* yang terjadi pada masing-masing motor. Sama seperti nilai PWM yang terjadi, pada motor 2 dan motor 3 memiliki tegangan input positif yang artinya motor bergerak searah jarum jam. Motor 1 dan motor 4 memiliki tegangan input negatif yang artinya arah putaran motor adalah berlawanan arah jarum jam. Perubahan nilai tegangan dimulai sama seperti dengan perubahan nilai PWM sebelumnya. Perubahan awal ada pada detik 6 hingga detik ke 56. Pada detik 55 hingga detik 73, nilai tegangan berada pada titik maksimal dan titik minimumnya. Nilai tegangan maksimal yang terbaca adalah 9,34volt dan nilai minimum yang terbaca adalah -8,96 volt. Pada detik 75 hingga 115 tegangan kembali ke posisi awal. Baterai yang digunakan dalam pengujian masih sama yaitu baterai berjenis Li-Po 3 cell.

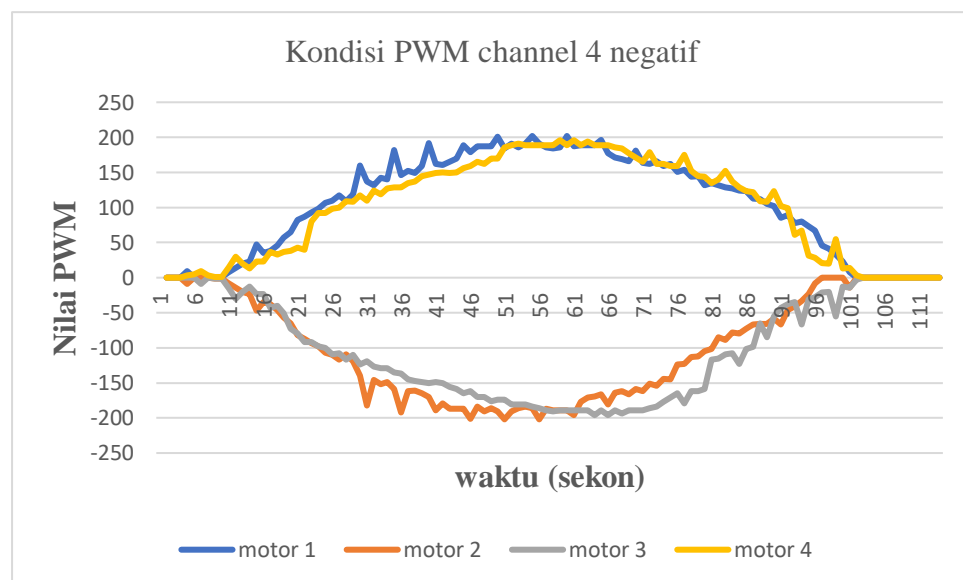
4.3.2.6 Channel 4 Negatif

Pada pengujian channel 4 negatif, tuas channel 4 digerakkan ke arah kiri. Channel 4 ini digunakan untuk kondiri menyerong atau *yaw*.



Gambar 4.17 Kondisi CH4-

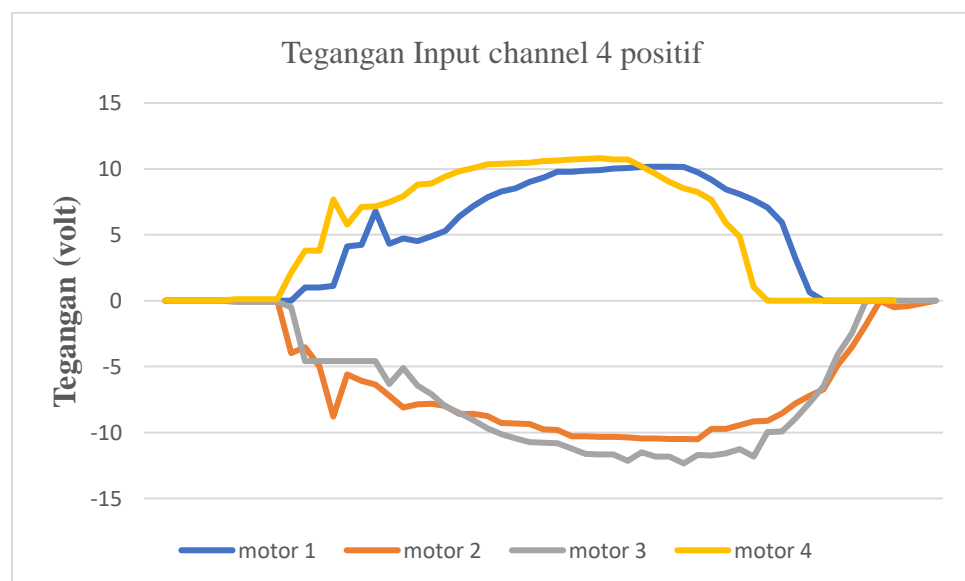
Robot akan bergerak menyering ke arah kiri hingga ke posisi yang ditentukan. Nilai PWM tiap motor yang terbaca saat channel 4 positif digerakan akan berbeda-beda karena ada yang arah putar motor *clockwise* dan ada juga yang bergerak *counter clockwise*. Gerak robot seperti ini hanya bisa dilakukan oleh robot yang menggunakan roda mekanum.



Grafik 4.11 Kondisi Nilai PWM channel 4 negatif

Grafik 4.11 menunjukkan nilai PWM yang ditempuh perwaktunya. PWM pada motor 2 dan motor 3 bernilai negatif dan PWM pada motor 1 dan 4 bernilai positif.

Hal ini dikarenakan adanya perbedaan arah putaran motor. Pada gambar 4.19 diatas adalah gambar robot yang dilihat dari bawah maka motor 1 berada di kanan atas dan motor 2 berada di kanan bawah. Motor 3 berada di atas kiri dan motor 4 berada pada bawah kiri. Nilai PWM bergerak pada detik ke 6 hingga detik ke 36. Masing-masing motor mulai mengubah nilai hingga detik ke 51 hingga 71 merupakan nilai PWM maksimal pada masing-masing motornya. Nilai maksimum yang terbaca adalah 204 dan nilai minimum yang terbaca adalah -196. Pada detik 72 hingga 101 nilai channel 4 negatif dikembalikan secara perlahan dan masing-masing nilai PWM motor akan kembali ke posisi awalnya hingga mendekati 0 kembali. Pengujian dilakukan dalam waktu 111 sekon atau 1 menit 51 detik.



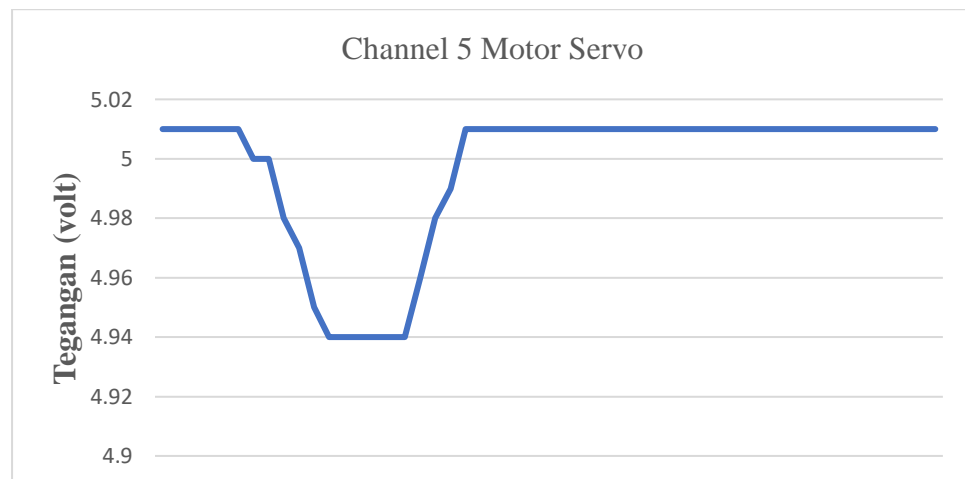
Grafik 4.12 Tegangan *Input* Channel 4 negatif

Pada grafik 4.12 merupakan perubahan tegangan *input* yang terjadi pada masing-masing motor. Sama seperti nilai PWM yang terjadi, pada motor 1 dan motor 4 memiliki tegangan input positif yang artinya motor bergerak searaharah jarum jam. Motor 2 dan motor 3 memiliki tegangan input negatif yang artinya arah putaran motor adalah berlawanan arah jarum jam. Perubahan nilai tegangan dimulai sama seperti dengan perubahan nilai PWM sebelumnya. Perubahan awal ada pada detik 6 hingga detik ke 36. Pada detik 51 hingga detik 71, nilai tegangan berada

pada titik maksimal dan titik minimumnya. Nilai tegangan maksimal yang terbaca adalah 10,81 dan nilai minimum yang terbaca adalah -12,14 volt. Pada detik 72 hingga 101 tegangan kembali ke posisi awal. Baterai yang digunakan dalam pengujian masih sama yaitu baterai berjenis Li-Po 3 cell.

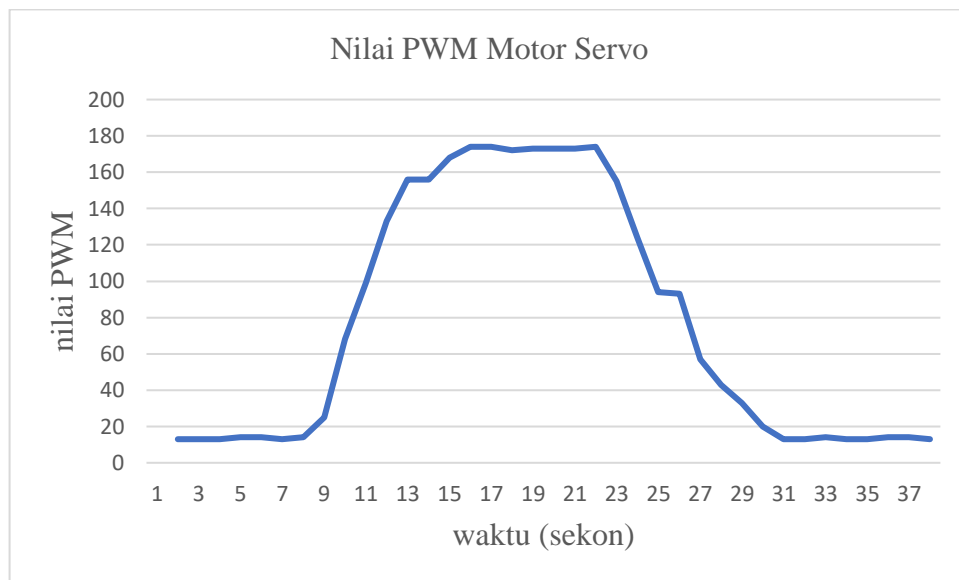
4.3.2.7 Channel 5 Motor Servo

Pada bab ini analisis yang dilakukan adalah perubahan nilai PWM dan perubahan tegangan yang terjadi pada motor servo karena PWM yang terjadi pada motor servo telah di *mapping* menjadi sudut derajat yang hanya terjadi dari 0 hingga 180 derajat.



Grafik 4.13 Tegangan *Input* Channel 5 Motor Servo

Pada grafik 4.13 dapat dilihat bahwa tegangan input motor servo terlihat menurun karena channel 5 digerakan. Nilai tegangan saat posisi motor servo berada pada 180 derajat adalah 5,01 volt dan merupakan nilai tegangan maksimal. Pada saat channel 5 digerakan maka tegangan akan turun menjadi 4,94 volt dan posisi motor servo berada pada 0 derajat. Tegangan input pada motor servo memang sudah diturunkan menggunakan regulator *stepdown* karena motor servo berjenis MG996R memiliki rentang tegangan 4,5 volt hingga 6 volt.

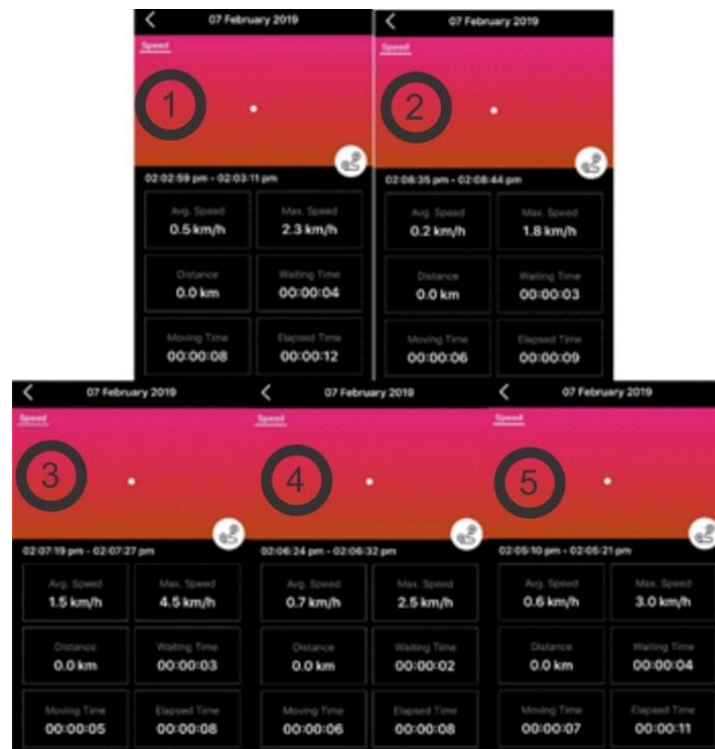


Grafik 4.14 Perubahan Nilai PWM Motor Servo

Pada grafik 4.14 merupakan analisis terhadap perubahan nilai servo pada PWM. Motor servo bekerja berdasarkan sudut antara 0° hingga 180° . Nilai PWM terendah yang terbaca adalah 13-14 dengan kondisi motor servo terbuka. Pada saat kondisi motor servo mulai menutup, maka perubahan nilai PWM terlihat dan nilai PWM pada saat motor servo menutup adalah 174. Kondisi ini adalah kondisi maksimal motor servo dan kondisi minimal motor servo adalah pada saat PWM berada pada nilai 13.

4.3.3 Pengujian Kecepatan

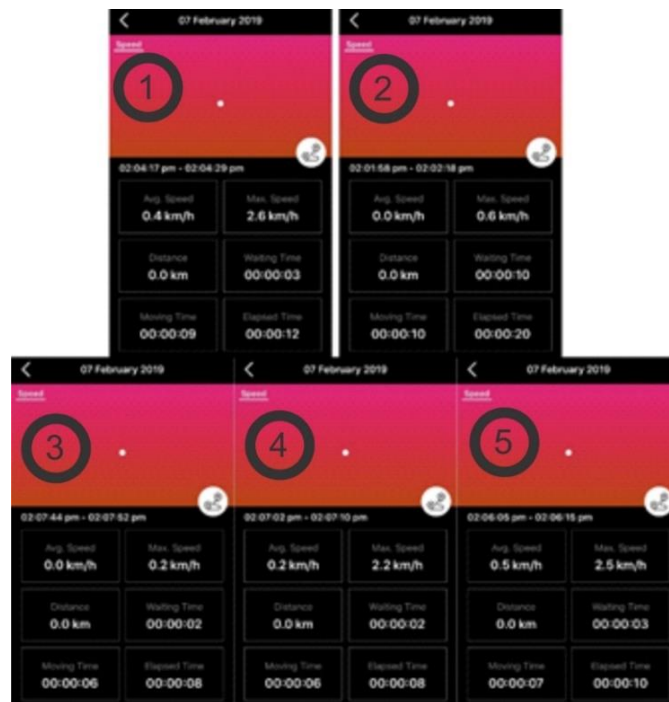
Pengukuran kecepatan pada robot yang dirancang perlu dicatat karena kecepatan yang didapat sangat berpengaruh terhadap keberhasilan saat robot tersebut dikonteskan. Pengukuran ini menggunakan *speedometer* yang ada dalam aplikasi *smartphone*. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pengujian. 5 kali pengujian untuk maju dan 5 kali pengujian untuk mundur.



Gambar 4.18 Data Kecepatan Robot Saat Maju

Gambar 4.18 merupakan hasil pengukuran yang dilakukan saat robot dalam kondisi maju. Robot bergerak maju selama 5 kali dalam pengujian dan didapatkan 5 hasil yang berbeda-beda. Saat pengujian pertama, robot bergerak maju dengan kecepatan 2,3 km/jam. Untuk pengujian kedua didapatkan hasil 1,8 km/jam. Untuk pengujian ke 3 mendapatkan hasil 4,5 km/jam. Pengujian ke empat mendapatkan hasil 2,5 km/jam, dan pengujian terakhir mendapatkan hasil 3,0 km/jam.

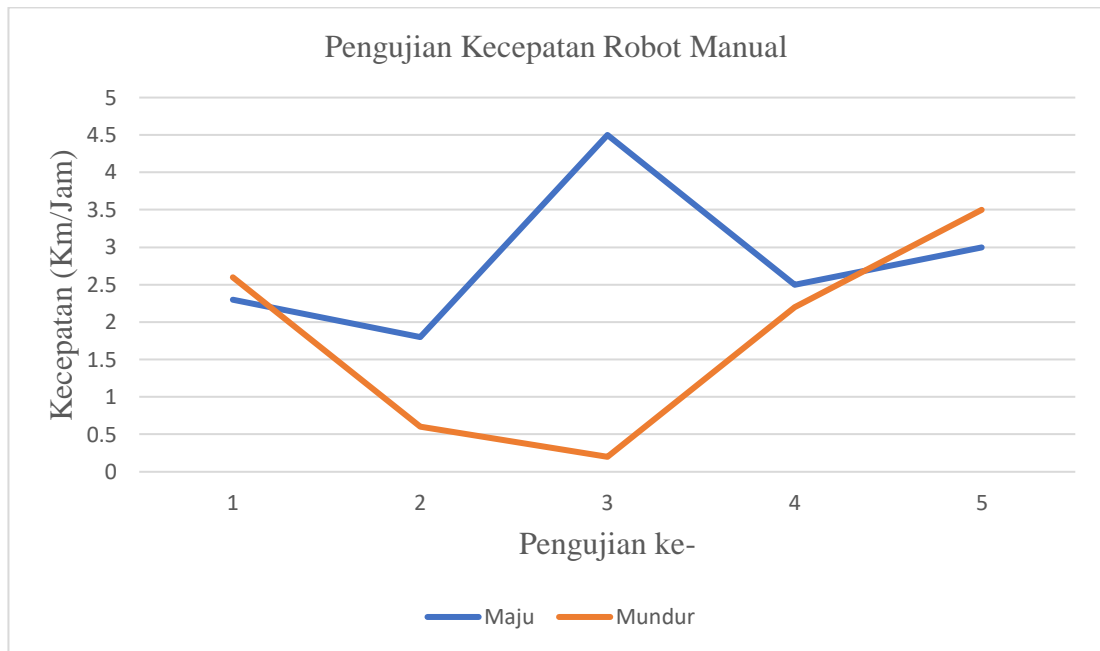
Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan catu daya Li-Po 3 cell dengan nilai tegangan 11,1 Volt. Perbedaan yang terbaca antara data satu dengan data lainnya dapat diakibatkan melemahnya baterai yang sudah digunakan. Melemahnya baterai yang dimaksud adalah penurunan nilai tegangan baterai yang digunakan terus menerus sehingga energi pada baterai terus terkuras. Kondisi permukaan juga dapat mempengaruhi kecepatan pada robot dan kondisi bersih atau kotornya roda mekanum sendiri dapat mempengaruhi kecepatan robot saat bergerak. Oleh karena itu diperlukan pengecekan ulang sebelum robot digunakan.



Gambar 4.19 Data Kecepatan Robot Saat Mundur

Gambar 4.19 merupakan hasil pengukuran yang dilakukan saat robot dalam kondisi mundur. Robot bergerak mundur selama 5 kali dalam pengujian dan didapatkan 5 hasil yang berbeda-beda. Saat pengujian pertama, robot bergerak mundur dengan kecepatan 2,6 km/jam. Untuk pengujian kedua didapatkan hasil 0,6 km/jam. Untuk pengujian ke 3 mendapatkan hasil 0,2 km/jam. Pengujian ke empat mendapatkan hasil 2,2 km/jam, dan pengujian terakhir mendapatkan hasil 3,5 km/jam.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan catu daya Li-Po 3 cell dengan nilai tegangan 11,1 Volt. Perbedaan yang terbaca antara data satu dengan data lainnya dapat diakibatkan melemahnya baterai yang sudah digunakan. Melemahnya baterai yang dimaksud adalah penurunan nilai tegangan baterai yang digunakan terus menerus sehingga energi pada baterai terus terkuras. Kondisi permukaan juga dapat mempengaruhi kecepatan pada robot dan kondisi bersih atau kotor nya roda mekanum sendiri dapat mempengaruhi kecepatan robot saat bergerak. Oleh karena itu diperlukan pengecekan ulang sebelum robot digunakan.



Grafik 4.15 Pengujian Kecepatan Robot Manual

Pada grafik 4.15 merupakan grafik antara nilai kecepatan dan percobaan saat pengujian. Dilihat pada grafik bahwa dalam 10 kali pengujian, didapatkan kecepatan maksimal 4,5 Km/Jam dalam keadaan maju dan nilai kecepatan terendah 0,2 Km/Jam pada saat pengujian mundur.

Tabel 3. Pengujian Kecepatan Robot Manual

Pengujian Kecepatan Robot Manual	
Maju (Km/Jam)	Mundur (Km/Jam)
2,3	2,6
1,8	0,6
4,5	0,2
2,5	2,2
3,0	3,5

Pada table 4 kita bisa dapatkan persamaan untuk menghitung rata-rata kecepatan yang dapat ditempuh oleh robot manual yaitu :

$$V_{rt} = \frac{\sum v}{n}$$

Dengan :

V_{rt} = Kecepatan rata-rata.

$\in v$ = Jumlah kecepatan pada percobaan.

n = Jumlah percobaan

Maka untuk mencari rata-rata pada setiap percobaan adalah :

$$V_{rt \text{ maju}} = \frac{2,3+1,8+4,5+2,5+3,0}{5} = 2,82 \text{ Km/Jam} \dots\dots\dots(1)$$

$$V_{rt \text{ mundur}} = \frac{2,6+0,6+0,2+2,2+3,5}{5} = 1,62 \text{ Km/Jam} \dots\dots\dots(2)$$

Pada perhitungan (1) dan (2) didapatkan nilai kecepatan rata-rata pada masing-masing percobaan. Rata-rata kecepatan untuk robot bergerak maju dari hasil 5 kali pengujian adalah 2,82 Km/Jam dan rata-rata kecepatan untuk robot bergerak mundur dari hasil 5 kali pengujian adalah 1,62 Km/Jam. Pada perhitungan selanjutnya akan mencari nilai rata-rata keseluruhan pengujian.

$$V_{rt \text{ total}} = \frac{2,82+1,62}{2} = 2,22 \text{ Km/Jam} \dots\dots\dots(3)$$

Hasil perhitungan (3) adalah hasil rata-rata yang didapat dalam 10 kali pengujian pergerakan. Kecepatan rata-rata robot bergerak adalah 2,22 km/jam. Tegangan pada baterai berpengaruh terhadap kecepatan robot dalam bergerak. Kotornya roda mekanum juga akan mempengaruhi kecepatan karena gaya gesek antara roda dan lantai menjadi kecil sehingga roda akan terasa licin dan kurang menekan gaya ke arah bawah.

4.4 Pengujian Perhitungan Kinematik Robot

Pada pengujian yang dilakukan pada perhitungan kinematika robot dilakukan dengan cara memberikan nilai variabel kecepatan pada V_x, V_y , dan ω . Setelah diberikan nilai pada variabel, masukkan dalam persamaan kinematika robot untuk menghasilkan suatu variabel baru berupa kecepatan sudut setiap roda $\omega_1, \omega_2, \omega_3$, dan ω_4 .

Tabel 4. Hasil Pengujian perhitungan kinematika robot

Sudut	Kecepatan Robot			ω_1	ω_2	ω_3	ω_4
	V_x	V_y	ω				
0°	1	0	0	20	20	20	20
45°	0.3	0.3	0	0	12	12	0
90°	0	0.6	0	-12	12	12	-12
135°	-0.2	0.2	0	8	0	0	8
180°	-0.6	0	0	-12	-12	-12	-12
225°	-0.4	-0.4	0	0	-16	-16	0
270°	0	-0.5	0	10	-10	-10	10
315°	0.6	-0.6	0	24	0	0	24

Dari table 3 dapat dilihat untuk arah pergerakan setiap roda yang bergerak, membentuk sudut hadap *mobile robot*. Pada saat sudut 0°, robot bergerak lurus menghadap sumbu kartesius X. Robot akan terus bergerak sesuai sudut dan tepat pada sudut 90°, arah hadap robot menghadap sumbu kartesius Y. Robot terus bergerak sesuai arah putar sudut dan menghasilkan kecepatan sudut tiap roda. Pada sudut 180° robot akan menghadap arah berlawanan dari sumbu kartesius X. Robot terus bergerak dan tepat pada sudut 270° robot menghadap arah berlawanan sumbu kartesius Y. Robot akan terus bergerak hingga robot akan kembali pada arah hadap sudut 0° seperti semula.