

MODUL UJI RANGKAIAN POWER AMPLIFIER UNTUK QUALITY CONTROL PERUSAHAAN

Christopher Allen, Thiang, Handry Khoswanto
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia

E-Mail: c11200002@john.petra.ac.id, email korespondensi: thiang@petra.ac.id, handry@petra.ac.id

Abstrak – Power amplifier adalah rangkaian yang berfungsi untuk menguatkan daya pada sinyal input agar bisa menggerakkan loudspeaker dan menghasilkan suara. Salah satu perusahaan yang memproduksi power amplifier adalah CV. Sinar Baja Electric 2. Pada saat produksi, terdapat pengecekan quality control dimana proses tersebut dilakukan secara manual. Perusahaan ingin membuat pengecekan quality control menjadi otomatis. Untuk menunjang hal itu, pada tugas akhir ini dibuatkan modul untuk pengecekan quality control secara otomatis. Modul tersebut meliputi jig PCB untuk mendukung pengukuran tegangan pada beberapa titik di PCB power amplifier, pengukuran tegangan, pengukuran arus dengan menggunakan modul ACS712, pembacaan gelombang, dan menampilkan status quality control pada LCD 16x2 I2C dengan menggunakan Arduino Mega sebagai mikroprosesor. Hasil pengukuran dan pembacaan oleh mikroprosesor akan ditampilkan pada software Better Serial Plotter. Berdasarkan dari hasil pengujian, jig PCB berhasil mendukung pengukuran pada beberapa titik di PCB dan arduino mega berhasil melakukan pengukuran tegangan dengan error di bawah 4% dan error di bawah 10% untuk pengukuran tegangan 0,6 V dan 1,2 V. Modul juga berhasil melakukan pengecekan quality control secara otomatis. Proses quality control dilakukan dengan menentukan tegangan maksimal dan minimal yang didapatkan dari micro-SD Card pada pengukuran tegangan. Tetapi pengukuran arus dan pembacaan gelombang oleh Arduino Mega tidak akurat.

Kata Kunci – quality control otomatis, power amplifier, pengukuran tegangan dan arus, pembacaan gelombang, jig PCB, arduino mega, better serial plotter

I. PENDAHULUAN

Power amplifier adalah penguat daya yang tingkatnya sesuai dengan daya listrik loudspeaker untuk menghasilkan tingkat bunyi yang dibutuhkan [1]. Rangkaian power amplifier menggunakan komponen transistor untuk menguatkan daya dari sinyal input dimana terdapat transistor yang berfungsi untuk menguatkan tegangan dari sinyal dan transistor yang berfungsi untuk menguatkan arus dari sinyal tersebut. Oleh karena itu, tegangan dari beberapa titik pada rangkaian power amplifier, terutama pada transistor harus dilakukan pengukuran. Hal ini dilakukan untuk mengetahui tegangan dan arus yang dikeluarkan oleh transistor dan melakukan pengecekan apakah tegangan dan arus yang dihasilkan sesuai dengan desain dari rangkaian tersebut. Selain itu, juga dilakukan pengecekan hasil gelombang dari power amplifier dengan menggunakan osiloskop.

Salah satu perusahaan yang memproduksi speaker di Indonesia adalah CV. Sinar Baja Electric 2. Perusahaan ini membuat power amplifier sebagai penunjang untuk speaker aktif yang diproduksi atau sebagai aksesoris untuk speaker pasif. Pada saat memproduksi power amplifier, terdapat pengecekan

quality control yang dilakukan secara manual oleh petugas dengan menggunakan alat pengukuran dan menganalisa hasil pengukurannya. Gambar 1 adalah cara melakukan proses quality control secara manual dengan menggunakan banyak alat ukur. Hal ini membuat proses quality control menjadi tidak efektif karena memerlukan waktu untuk melakukan pengukuran dan menganalisa. Berdasarkan dari permasalahan di atas, diperlukan alat yang bisa melakukan pengukuran tegangan pada beberapa titik dan pengukuran arus serta melakukan pengukuran hasil gelombang seperti alat osiloskop. Salah satu alat yang bisa melakukan pengukuran pada beberapa titik pada waktu yang sama adalah In Circuit Test (ICT). In Circuit Test (ICT) digunakan untuk mengecek komponen diskrit yang telah terpasang dan telah beroperasi dengan benar pada PCB [2]. Tetapi meskipun canggih, In Circuit Test (ICT) memiliki kelemahan pada bagian jarum pengukuran atau probe yang digunakan karena jenisnya sangat menentukan titik yang akan dilakukan pengukuran. Jika ukuran probe terlalu besar maka bisa merusak PCB dan jika ukuran probe terlalu kecil maka titik pengukuran bisa salah. Selain itu, jenis fixture ICT atau alat yang digunakan untuk melakukan pengecekan komponen pada PCB sangat tergantung dengan jenis mesin yang digunakan sehingga menjadi kurang efektif [3]. Alat ini memberikan ide untuk menggunakan desain alat itu menjadi jig PCB yang digunakan untuk mengukur titik-titik pada PCB tersebut.



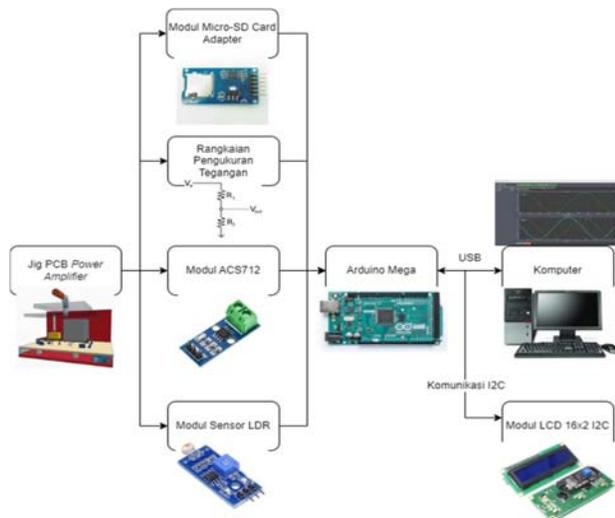
Gambar 1. Quality Control PCB Power Amplifier Secara Manual

Untuk melakukan pengukuran hasil gelombang seperti alat osiloskop, terdapat penelitian yang dilakukan yaitu membuat osiloskop dengan menggunakan mikrokontroler untuk membaca gelombang. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Uno. Penelitian ini menggunakan pin analog dari Arduino Uno untuk membaca gelombang dan hasil gelombang tersebut ditampilkan pada komputer menggunakan software. Tetapi dari penelitian ditemukan bahwa Arduino tidak bisa menghitung tegangan negatif karena tegangan yang bisa diterima di pin analog Arduino adalah 0 V hingga 5 V [4].

Berdasarkan dari beberapa penelitian di atas, solusi yang muncul adalah membuat alat modul uji rangkaian power amplifier untuk quality control dengan menggunakan jig PCB dan mikrokontroler. Jig PCB digunakan untuk menahan PCB dan sebagai probe untuk melakukan pengukuran. Mikrokontroler digunakan untuk melakukan pengukuran dengan menggunakan probe yang terpasang pada jig PCB dan juga digunakan untuk melakukan perhitungan tegangan perdetik untuk membuat sebuah gelombang. Mikrokontroler tersebut akan tersambung dengan komputer dan hasil pengukuran dan hasil pembacaan gelombang ditampilkan pada software yang terdapat di komputer. Selain itu, mikrokontroler juga digunakan untuk menentukan apakah PCB yang sedang dilakukan pengecekan dalam kondisi bagus (Good) atau mengalami cacat (No Good) dan menampilkan hasil pengecekan tersebut pada layar.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini meliputi pengecekan quality control pada PCB power amplifier dengan menggunakan modul uji rangkaian power amplifier. Modul uji ini adalah modul yang digunakan untuk melakukan pengujian quality control pada PCB power amplifier. Dengan melakukan pengukuran tegangan pada beberapa titik di PCB power amplifier dan melakukan pembacaan sinyal serta pengukuran arus pada titik output dari PCB power amplifier. Modul uji ini terdiri dari beberapa alat yang perlu digunakan yaitu jig PCB, Arduino Mega, rangkaian pengukuran tegangan, modul ACS712, modul sensor LDR, modul micro-SD Card adapter, kabel penghubung, jarum pengukuran, modul LCD 16x2 I2C dan komputer. Untuk gambaran modul uji, dapat dilihat pada gambar 2.



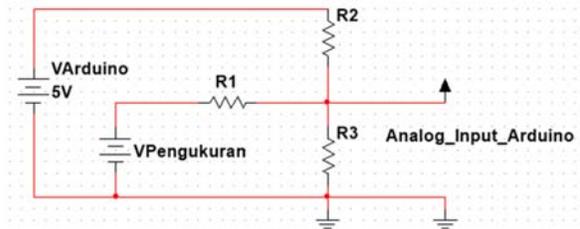
Gambar 2. Blok Diagram Modul Uji Rangkaian Power Amplifier untuk Quality Control

Modul ini menggunakan jig PCB yang digunakan sebagai tempat untuk meletakkan PCB power amplifier yang akan diuji. Rangkaian pengukuran tegangan adalah rangkaian pembagi tegangan yang berfungsi untuk membatasi tegangan yang masuk pada pin analog Arduino Mega. Modul ACS712 adalah modul yang berfungsi untuk mengukur arus dan hasil pengukuran disambungkan pada pin analog Arduino Mega. Modul sensor LDR adalah modul sensor yang digunakan untuk mendeteksi terdapatnya PCB di jig tersebut dimana modul sensor ini disambungkan pada pin digital Arduino Mega.

Modul micro-SD Card adapter adalah modul berfungsi untuk membaca file parameter tegangan maksimal dan minimal untuk quality control yang tersimpan di dalam micro-SD Card. Arduino Mega adalah mikrokontroler yang digunakan untuk mengukur tegangan dari rangkaian pengukuran tegangan dan arus pada PCB power amplifier dan juga digunakan untuk membaca tegangan output yang dihasilkan tiap detik untuk membuat hasil pembacaan menjadi gelombang serta digunakan untuk menentukan hasil pengecekan quality control. Komputer digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran tegangan dan arus dari Arduino Mega dan menampilkan gelombang dengan menggunakan software Better Serial Plotter. Modul LCD 16x2 I2C adalah layar yang digunakan Arduino Mega untuk menampilkan hasil pengecekan quality control. Modul ini memiliki 2 bagian yaitu perangkat keras dan perangkat lunak dimana 2 bagian tersebut akan dibahas lebih lanjut di bawah ini.

A. Rancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras terbagi menjadi 3 bagian. 3 bagian tersebut adalah perancangan rangkaian, desain PCB pengukuran tegangan dan perancangan Jig PCB.



Gambar 3. Skema Rangkaian Pengukuran Tegangan

Rangkaian pengukuran tegangan adalah rangkaian pembagi tegangan yang dibuat sesuai dengan skematik rangkaian pada gambar 3 yang digunakan untuk mengubah tegangan yang diukur menjadi tegangan 0 Volt hingga 5 Volt. Rangkaian ini menggunakan tegangan 5 Volt dari Arduino Mega sebagai tegangan referensi. $V_{pengukuran}$ adalah tegangan pada titik di PCB power amplifier yang akan diukur oleh Arduino Mega. Bagian positif dan negatif $V_{pengukuran}$ akan tersambung pada jarum pengukuran pada Jig PCB. Rangkaian ini akan digunakan sebanyak 15 rangkaian untuk melakukan pengukuran pada 15 titik dimana 13 rangkaian digunakan untuk mengukur tegangan -15 Volt hingga 15 Volt dan 2 rangkaian digunakan untuk melakukan pengukuran tegangan -30 Volt hingga 30 Volt.

13 rangkaian memiliki tegangan minimum yang akan diukur adalah -15 Volt dan tegangan maksimal yang akan diukur adalah 15 Volt. Oleh karena itu, ditentukan bahwa tegangan yang bisa diukur oleh Arduino Mega adalah 20 Volt dan -20 Volt sehingga perlu menentukan dan menghitung nilai resistor yang akan digunakan. Berikut adalah perhitungan resistor yang akan digunakan ketika tegangan yang akan diukur adalah -20 Volt dengan menggunakan teorema Thevenin.

Mencari R_{th} dengan melakukan short circuit pada R_3

$$R_3 = R_{load} = 10K\Omega$$

$$R_2 = 10K\Omega$$

$$R_1 = X$$

$$R_{th} = \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{X}}$$

$$R_{th} = \frac{1}{\frac{1}{10K\Omega} + \frac{1}{X}} = \frac{1}{\frac{(X+10K\Omega)}{10K\Omega X}}$$

$$R_{th} = \frac{10K\Omega X}{(X+10K\Omega)} \quad (1)$$

Mencari I_{th} dan V_{OC} dengan melakukan *open circuit* pada R_3
 $V_{Pengukuran} - 5V = I_{th} \times (10K\Omega + X)$

$$I_{th} = \frac{V_{Pengukuran} - 5V}{10K\Omega + X} \quad (2)$$

$$V_{OC} = V_{Pengukuran} - I_{th} \cdot X$$

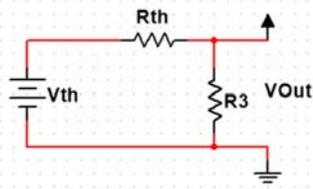
$$V_{OC} = V_{Pengukuran} - \frac{V_{Pengukuran} - 5V}{10K\Omega + X} \cdot X$$

$$V_{OC} = V_{Pengukuran} - \frac{X(V_{Pengukuran} - 5V)}{10K\Omega + X}$$

$$V_{OC} = \frac{V_{Pengukuran}(10K\Omega + X)}{10K\Omega + X} - \frac{X(V_{Pengukuran} - 5V)}{10K\Omega + X}$$

$$V_{OC} = \frac{10K\Omega \cdot V_{Pengukuran} + X \cdot 5V}{10K\Omega + X} = V_{th} \quad (3)$$

Setelah menemukan V_{OC} dan R_{th} dari perhitungan, rangkaian thevenin dibuat dari perhitungan di atas dan mencari X dengan menggunakan rumus yang ditemukan pada rangkaian thevenin dimana tegangan output adalah 0 Volt dengan tegangan yang masuk pada rangkaian adalah -20 Volt dimana rangkaiannya dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Gambar Rangkaian Thevenin

$$V_{Out} = \frac{R_3}{R_{th} + R_3} \times V_{th} \quad (4)$$

Substitusi persamaan persamaan 1 dan 3 ke 4

$$V_{Out} = \frac{10K\Omega}{\frac{10K\Omega X}{(X+10K\Omega)} + 10K\Omega} \times \frac{10K\Omega \cdot V_{Pengukuran} + X \cdot 5V}{10K\Omega + X}$$

$$V_{Out} = \frac{10K\Omega}{\frac{100K^2 + 20K\Omega X}{(X+10K\Omega)}} \times \frac{10K\Omega \cdot V_{Pengukuran} + X \cdot 5V}{10K\Omega + X}$$

$$V_{Out} = \frac{10K\Omega}{100K^2 + 20K\Omega X} \times (10K\Omega \cdot V_{Pengukuran} + X \cdot 5V)$$

$$V_{Out} = \frac{10K\Omega \cdot V_{Pengukuran} + X \cdot 5V}{10K\Omega + 2X} \quad (5)$$

Setelah itu, V_{out} disubstitusi dengan angka 0 V dan $V_{pengukuran}$ disubstitusi dengan angka -20 V pada persamaan 5 untuk mencari X

$$0V = \frac{10K\Omega \cdot -20V + X \cdot 5V}{10K\Omega + 2X}$$

$$0V = -200K\Omega + X \cdot 5V$$

$$200K\Omega = X \cdot 5V$$

$$40K\Omega = X$$

Setelah menemukan nilai resistor untuk pengukuran tegangan -20 Volt, dilakukan juga perhitungan untuk menemukan $V_{pengukuran}$ pada saat V_{out} memiliki nilai 5 Volt. Perhitungan ini digunakan untuk menentukan batas maksimal tegangan yang bisa diukur oleh rangkaian pembagi tegangan. Batas maksimal tegangan akan digunakan untuk perhitungan mengubah tegangan pada Arduino Mega. Perhitungan ini menggunakan persamaan 5 untuk menemukan $V_{pengukuran}$.

Substitusi V_{out} dengan angka 5 V dan X dengan $40K\Omega$ pada persamaan 5 untuk mencari $V_{pengukuran}$

$$5V = \frac{10K\Omega \cdot V_{Pengukuran} + 40K\Omega \cdot 5V}{10K\Omega + 2 \cdot 40K\Omega}$$

$$5V = \frac{10K\Omega \cdot V_{Pengukuran} + 40K\Omega \cdot 5V}{90K\Omega}$$

$$450VK\Omega = 10K\Omega \cdot V_{pengukuran} + 200VK\Omega$$

$$250VK\Omega = 10K\Omega \cdot V_{pengukuran}$$

$$25V = V_{pengukuran}$$

dua rangkaian akan digunakan mengukur tegangan -30 Volt hingga 30 Volt. Karena tegangan minimal yang akan diukur adalah -30 Volt, maka ditentukan tegangan minimal yang bisa diukur oleh rangkaian adalah -40 Volt. Rangkaian yang digunakan sama dengan rangkaian yang digunakan pada perhitungan diatas. Oleh karena itu, perhitungan langsung menggunakan persamaan 5 untuk menentukan nilai resistor yang akan digunakan.

Substitusi V_{out} dengan angka 0 V dan $V_{pengukuran}$ dengan angka -40 V pada persamaan 5 untuk mencari X

$$0V = \frac{10K\Omega \cdot -40V + X \cdot 5V}{10K\Omega + 2X}$$

$$0V = -400K\Omega + X \cdot 5V$$

$$400K\Omega = X \cdot 5V$$

$$80K\Omega = X$$

Setelah menemukan X , substitusi V_{out} dengan angka 0 V dan X dengan $80K\Omega$ untuk menemukan batas maksimal tegangan yang bisa diukur.

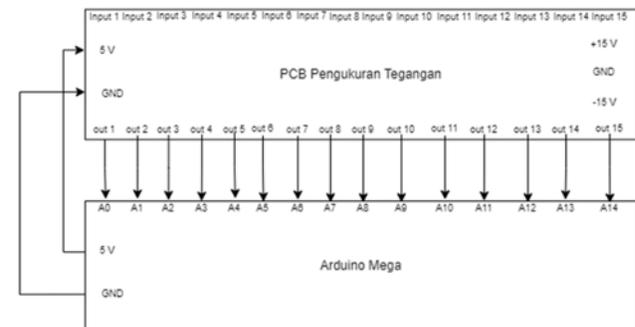
$$5V = \frac{10K\Omega \cdot V_{Pengukuran} + 80K\Omega \cdot 5V}{10K\Omega + 2 \cdot 80K\Omega}$$

$$5V = \frac{10K\Omega \cdot V_{Pengukuran} + 80K\Omega \cdot 5V}{170K\Omega}$$

$$850VK\Omega = 10K\Omega \cdot V_{pengukuran} + 400VK\Omega$$

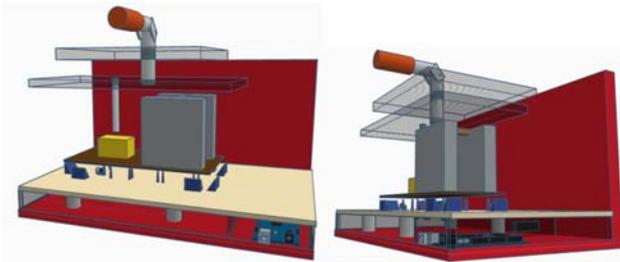
$$45VK\Omega = 10K\Omega \cdot V_{pengukuran}$$

$$45V = V_{pengukuran}$$



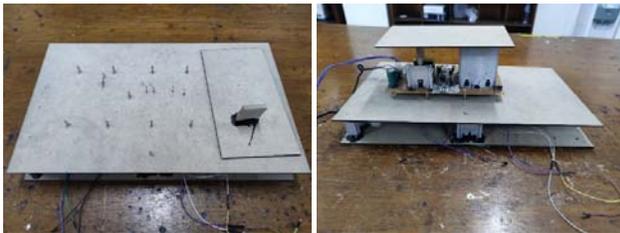
Gambar 5. Perancangan PCB Pengukuran Tegangan

Setelah melakukan perhitungan pada rangkaian yang akan digunakan, dilanjutkan dengan perancangan PCB pengukuran tegangan. Modul uji ini didesain untuk bisa melakukan pengukuran pada 15 titik. Oleh karena itu, 15 rangkaian yang digunakan untuk mengukur tegangan akan digabung menjadi satu PCB untuk mempermudah penempatan pada jig PCB dimana perancangannya dapat dilihat pada gambar 5. 15 rangkaian yang akan digunakan adalah 13 rangkaian pengukuran tegangan untuk mengukur tegangan dan 2 rangkaian zero and span melakukan pembacaan gelombang dimana penjelasannya dapat dilihat pada pembahasan hasil dan analisa.



Gambar 6. Desain Jig PCB

Jig PCB adalah alat bantu yang didesain untuk membuat PCB melayang dari dasar permukaan jig PCB sehingga perlu desain rancangan bentuknya sebelum jig PCB dibuat. Desain dari jig PCB ditunjukkan pada gambar 6 dengan menggunakan basis dari fixture ICT PCB. Pada bagian atas PCB power amplifier terdapat bagian yang digunakan untuk menekan PCB power amplifier. Pada bagian bawah PCB power amplifier terdapat bagian yang berfungsi untuk penempatan jarum pengukuran dan jarum pengunci posisi PCB power amplifier dimana posisi jarum disesuaikan dengan beberapa titik di PCB yang perlu dilakukan pengetesan serta terdapat sensor LDR untuk mendeteksi keberadaan PCB power amplifier. Di antara bagian dasar dari jig PCB dan bagian untuk penempatan jarum pengukuran, terdapat bagian yang menopang untuk memberikan ruang untuk jarum pengukuran ketika ditekan dan penyusunan kabel dari jarum pengukuran.

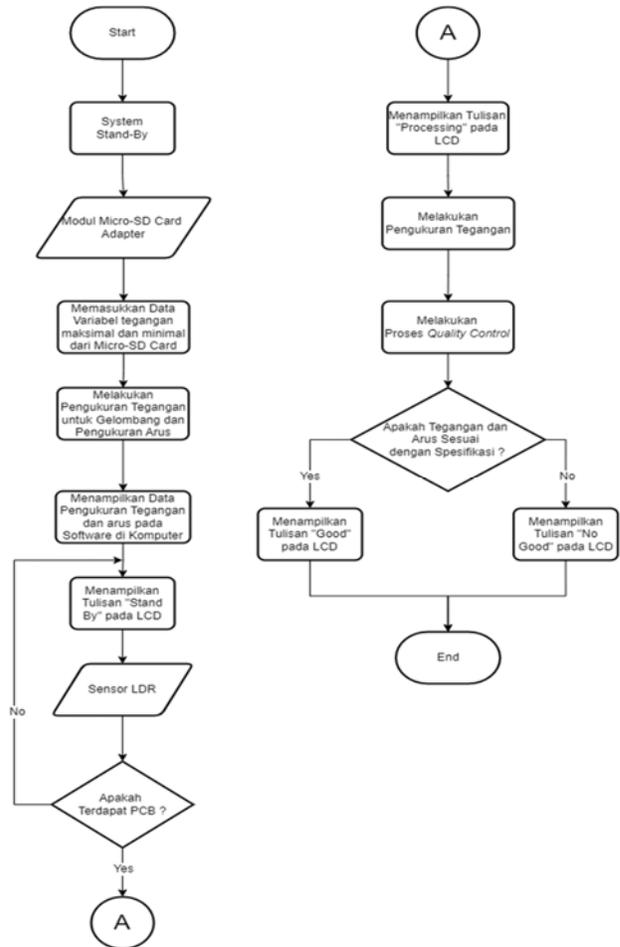


Gambar 7. Hasil Jig PCB

Hasil Realisasi dari desain jig PCB tersebut dapat dilihat pada gambar 7. Jig PCB dibuat dengan menggunakan bahan kayu MDF. Pada hasil realisasi, terdapat beberapa perbedaan dari desain rancangan. Salah satunya adalah bagian penekan PCB power amplifier. Bagian tersebut dibuat terpisah dari jig PCB karena membatasi ruang gerak pada saat meletakkan dan mengganti PCB power amplifier pada jig PCB.

B. Rancangan Perangkat Lunak

Gambar 8 adalah flowchart dari modul uji rangkaian power amplifier untuk quality control. Ketika modul uji ini menyala, Arduino Mega membaca data yang tersimpan pada micro-SD Card dengan menggunakan modul micro-SD Card adapter. Kemudian, data yang tersimpan pada micro-SD Card tersebut dimasukkan pada beberapa variabel tegangan maksimal dan minimal yang digunakan untuk quality control. Setelah itu, Arduino Mega melakukan pengukuran tegangan untuk gelombang dan pengukuran arus. Kemudian, semua data pengukuran tegangan dan arus ditampilkan pada software Better Serial Plotter. Setelah itu, Arduino Mega mendapatkan data dari sensor LDR yang berfungsi untuk mendeteksi apakah terdapat PCB power amplifier yang akan dilakukan pengecekan. Jika tidak mendeteksi, maka akan menampilkan tulisan “Stand By” pada LCD.



Gambar 8. Flowchart Modul Uji Rangkaian Power Amplifier untuk Quality Control

Jika sensor mendeteksi terdapat PCB, Arduino Mega akan menampilkan tulisan “Processing...” pada LCD dan mulai melakukan pengukuran tegangan dan proses quality control pada PCB power amplifier tersebut. Setelah itu, Arduino Mega menentukan apakah PCB yang sedang dilakukan pengecekan memiliki hasil pengukuran tegangan yang tidak melebihi batas maksimal dan kurang dari batas minimal. Jika hasil pengukuran sesuai dengan spesifikasi atau tidak melebihi dari batas maksimal atau kurang dari batas minimal, maka Arduino Mega menampilkan tulisan “GOOD” pada LCD. Jika hasil pengukuran melebihi atau kurang dari batas, maka Arduino Mega menampilkan tulisan “NO GOOD” pada LCD. Pada saat proses melakukan pengukuran tegangan untuk gelombang dan pengukuran arus, PCB power amplifier disambungkan dengan tone control yang diberi input gelombang sinus dengan frekuensi 1 KHz. Kemudian, Arduino Mega mengirim data tegangan pada titik output yang diukur perdetik ke komputer yang kemudian akan ditampilkan hasil pengukurannya dalam bentuk gelombang pada software Better Serial Plotter. Selain itu, data hasil pengukuran arus juga dikirim untuk ditampilkan hasil pengukurannya pada software. Proses ini dilakukan terpisah dari proses quality control untuk menghindari efek pembebanan pada PCB power amplifier terutama pada bagian proses input pada PCB power amplifier.

III. PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA

Terdapat beberapa pengujian yang dilakukan untuk melihat hasil dari modul ini. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian keakuratan hasil pengukuran tegangan dari Arduino Mega, pengujian keakuratan pembacaan gelombang dari Arduino Mega, pengujian keakuratan posisi jarum pengukuran yang terpasang pada jig PCB, pengujian keakuratan pengukuran tegangan PCB power amplifier dengan menggunakan Arduino Mega, pengujian keakuratan hasil pengukuran arus dari Arduino Mega dan pengujian keakuratan hasil quality control dari Arduino Mega.

A. Pengujian Keakuratan Hasil Pengukuran Tegangan dari Arduino Mega

Tujuan dari pengujian ini adalah menguji keakuratan dari hasil pengukuran tegangan yang dilakukan oleh Arduino Mega. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan power supply sebagai tegangan yang diukur oleh Arduino Mega. Power supply digunakan untuk mensimulasikan kondisi pengukuran pada banyak titik.

Metode pengukuran tegangan dari output power supply menggunakan 3 power supply dimana 2 power supply memiliki 3 output tegangan dan 1 power supply memiliki 2 output tegangan. Tegangan output dari power supply disambungkan pada PCB pengukuran tegangan dimana titik yang digunakan adalah titik input 3 hingga titik input 10. Setelah itu, output dari rangkaian pengukuran tegangan disambungkan pada pin analog Arduino Mega dan data dari Arduino Mega dikirim ke software Better Serial Plotter melalui kabel USB (Universal Serial Bus). Hasil pengukuran tegangan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tegangan Power Supply

Titik Pengukuran	Tegangan yang Digunakan	Tegangan yang Diukur Arduino Mega	Error(%)
1	-15 V	-15,65 V	4,3 %
2	15 V	15,53 V	3,5 %
3	-5 V	-4,84 V	3,2 %
4	14,35 V	14,63 V	1,9 %
5	-15 V	-15,33 V	2,2 %
6	-5 V	-5,22 V	4,4 %
7	5 V	5,15 V	3 %
8	-14,35 V	-14,66 V	2,2 %

Berdasarkan dari hasil pengujian pada tabel 1, error terbesar yang didapatkan dari pengujian adalah 4,4%. Sedangkan error terkecil yang didapatkan adalah 1,9%. Error yang didapatkan dari pengujian terjadi karena adanya kemungkinan faktor komponen. Salah satu komponen yang digunakan adalah potensiometer. Terdapat kemungkinan pada saat konfigurasi potensiometer di PCB pengukuran tegangan, nilai resistansi pada potensiometer tidak sesuai dengan nilai yang diinginkan oleh penulis. Pada saat menentukan nilai resistansi 40 K Ω pada potensiometer, terdapat kemungkinan nilai pada potensiometer tidak tepat dimana nilai yang didapatkan adalah 39,52 K Ω . Hal ini membuktikan bahwa terdapat kemungkinan nilai resistansi potensiometer pada PCB pengukuran tegangan tidak sesuai dengan nilai yang diinginkan pada potensiometer.

B. Pengujian Keakuratan Pembacaan Gelombang dari Arduino Mega

Tujuan dari pengujian ini adalah menguji keakuratan pembacaan gelombang pada Arduino Mega. Pengujian diawali dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan. Cara pengujianya adalah PCB power amplifier diberi input gelombang sinus dengan frekuensi 1 KHz dan output PCB power amplifier disambungkan pada speaker sebagai beban serta disambungkan dengan input rangkaian pembagi tegangan secara paralel. Pada input rangkaian, terdapat satu operational amplifier yang digunakan sebagai penguat buffer yang berfungsi untuk menghindari terjadinya efek pembebanan karena bisa mempengaruhi gelombang yang masuk pada rangkaian. Setelah itu, output dari rangkaian pembagi tegangan dihubungkan pada pin analog Arduino Mega. Output PCB power amplifier harus disambungkan dengan speaker untuk mencegah arus yang besar masuk pada rangkaian.



Gambar 9. Hasil Pembacaan Gelombang dengan Menggunakan Rangkaian Pembagi Tegangan

Hasil pengujian dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan dapat dilihat pada gambar 9. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, hasil pembacaan dari Arduino Mega tidak akurat. Pada hasil pembacaan tersebut, gelombang yang ditampilkan oleh Arduino Mega tidak memiliki bentuk gelombang sinus. Selain itu, frekuensi yang ditampilkan oleh Arduino Mega tidak sesuai dengan frekuensi output pada PCB power amplifier. Frekuensi yang digunakan adalah 1 KHz, sedangkan hasil pembacaan gelombang pada Arduino Mega adalah 3,3 Hz.

Setelah mengetahui hasil yang didapatkan tidak akurat, dilakukan pengecekan ulang pada bagian output rangkaian pembagi tegangan dengan menggunakan osiloskop. Setelah dilakukan pengecekan, telah ditemukan bahwa tegangan minimal output dari rangkaian pembagi tegangan masih bernilai negatif. Oleh karena itu, dibuat rangkaian baru yaitu rangkaian zero and span untuk menggantikan rangkaian pembagi tegangan yang digunakan untuk membaca gelombang sinus. Tegangan supply untuk operational amplifier yang digunakan pada rangkaian tersebut adalah 15 Volt untuk tegangan supply positif dan -15 Volt untuk tegangan supply negatif. Oleh karena itu, rangkaian ini perlu menggunakan power supply untuk tegangan supply operational amplifier. Berikut adalah perhitungan rangkaian zero and span.

$$\text{Titik 1} = (-20,0)$$

$$\text{Titik 2} = (20, 5)$$

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (6)$$

$$m = \frac{5 - 0}{20 - (-20)}$$

$$m = \frac{5}{40} = \frac{1}{8} = \frac{R_f}{R_i} \times \frac{20}{20} = \frac{20}{160} \quad (7)$$

$$R_f = 20 \text{ k}\Omega$$

$$R_i = 160 \text{ k}\Omega$$

$$e_2 = \frac{R_f}{R_i} \times e_{in} + \frac{R_f}{R_{OS}} \times V \quad (8)$$

$$e_2 = 5 V$$

$$e_{in} = 20 V$$

$$V = 15 V$$

Substitusikan e_2 dan e_{in} pada persamaan 8 untuk mencari R_{OS}

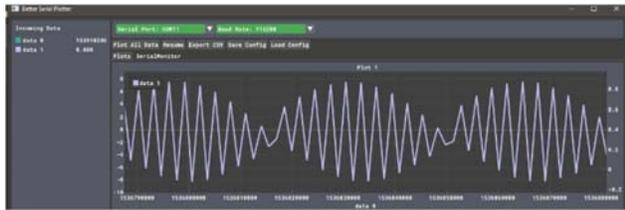
$$5 = \frac{20}{160} \times 20 + \frac{20}{R_{OS}} \times 15$$

$$5 = 2.5 + \frac{20}{R_{OS}} \times 15$$

$$2.5 = \frac{20}{R_{OS}} \times 15$$

$$R_{OS} = \frac{20}{R_{OS}} \times 15$$

$$R_{OS} = 120 k\Omega$$

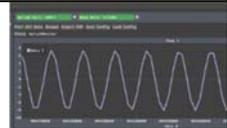


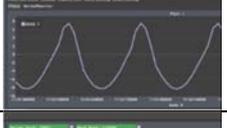
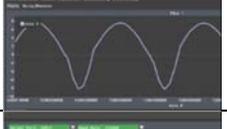
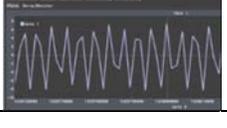
Gambar 10. Hasil Pembacaan Gelombang pada Arduino Mega dengan Rangkaian Zero and Span

Setelah mendesain rangkaian zero and span, dilakukan pengecekan pada output rangkaian dan didapatkan bahwa tegangan minimal dari gelombang telah bernilai positif. Tetapi meskipun begitu, hasil pembacaan gelombang pada Arduino Mega masih tidak akurat. Gelombang yang ditampilkan tidak berbentuk gelombang sinus dan tidak dapat dihitung frekuensinya. Hasil pembacaan gelombang dapat dilihat pada gambar 10.

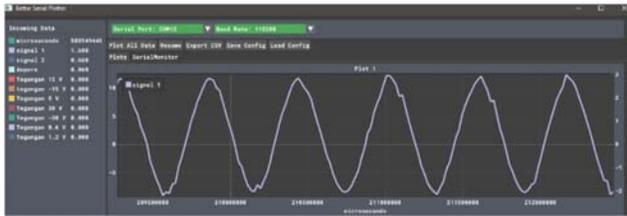
Hal ini terdapat kemungkinan bahwa Arduino Mega tidak dapat melakukan pembacaan gelombang sinus dengan frekuensi tinggi dan software tidak dapat menampilkan gelombang sinus dengan frekuensi tinggi. Oleh karena itu, dilakukan pengujian pembacaan gelombang sinus dengan menggunakan Arduino Mega dan rangkaian zero and span dengan beberapa nilai frekuensi yang berbeda. Isi program Arduino Mega diubah menjadi hanya melakukan pengukuran gelombang pada satu pin analog saja. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan frekuensi berapa yang dapat ditampilkan oleh software secara akurat dengan keadaan Arduino Mega secara maksimal melakukan pengukuran pada satu pin analog saja. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Pembacaan Gelombang dengan Beberapa Nilai Frekuensi

No.	Nilai Input Frekuensi	Hasil Pembacaan Gelombang	Nilai Frekuensi Pembacaan Gelombang
1	100 Hz		101,3 Hz

2	200 Hz		205,5 Hz
3	300 Hz		Tidak Dapat Dihitung
4	400 Hz		Tidak Dapat Dihitung
5	500 Hz		156,6 Hz
6	600 Hz		45,5 HZ
7	700 Hz		45,5 Hz
8	800 Hz		205,5 Hz
9	900 Hz		Tidak Dapat Dihitung

Berdasarkan dari hasil pengujian pada tabel 2, Hasil pembacaan gelombang yang akurat hanya pada frekuensi 100 Hz dan 200 Hz dimana bentuk gelombang adalah gelombang sinus dan frekuensi yang ditampilkan adalah 101,3 Hz dan 205,5 Hz. Pada frekuensi 500 Hz, 600 Hz, 700 Hz dan 800 Hz, bentuk gelombang yang ditampilkan adalah gelombang sinus tetapi frekuensi yang ditampilkan tidak akurat. Sedangkan untuk frekuensi 300 Hz, 400 Hz dan 900 Hz, bentuk gelombang yang ditampilkan tidak berbentuk gelombang sinus dan frekuensinya tidak dapat dihitung. Hal ini membuktikan bahwa maksimal frekuensi gelombang sinus yang dapat ditampilkan secara akurat oleh software dengan kondisi Arduino Mega hanya fokus pada pengukuran gelombang adalah 200 Hz. Setelah menemukan frekuensi gelombang yang dapat ditampilkan secara akurat, dilakukan pengujian pembacaan gelombang sinus dengan frekuensi 100 Hz dan program Arduino Mega dikembalikan menjadi kompleks serta semua modul yang digunakan juga dipasang pada Arduino Mega. Tujuan dari pengujian ini adalah menguji keakuratan pembacaan gelombang sinus dengan frekuensi 100 Hz ketika Arduino Mega tersambung dengan semua modul yang digunakan dan juga memiliki program yang kompleks.



Gambar 11. Hasil Pembacaan Gelombang Sinus dengan Frekuensi 100 Hz pada Arduino Mega

Berdasarkan hasil pengujian yang dapat dilihat pada gambar 11, gelombang yang ditampilkan berbentuk gelombang sinus tetapi frekuensi yang ditampilkan tidak sesuai yaitu 1.5 Hz. Hasil pengujian ini berbeda dengan hasil pengujian ketika Arduino Mega hanya fokus melakukan pengukuran gelombang dimana bisa menampilkan secara akurat pembacaan gelombang sinus dengan frekuensi 100 Hz. Berdasarkan dari beberapa pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa software dengan keadaan Arduino Mega hanya melakukan pengukuran gelombang hanya bisa menampilkan gelombang sinus secara akurat hingga frekuensi 200 Hz dan Arduino Mega tidak dapat menampilkan gelombang secara akurat ketika program menjadi kompleks dan dihubungkan dengan modul. Hal ini memiliki kemungkinan bahwa semakin banyak pin analog yang digunakan dan semakin kompleks program, maka keakuratan pembacaan gelombang sinus dari Arduino Mega bisa turun dimana hal ini dapat terlihat pada pengujian yang telah dilakukan. Hal ini membuktikan bahwa Arduino Mega tidak dapat secara akurat menampilkan gelombang sinus dengan frekuensi 1 KHz sebagai frekuensi tengah sistem audio.

C. Pengujian Keakuratan Posisi Jarum Pengukuran yang Terpasang pada jig PCB

Tujuan pengujian ini adalah menguji keakuratan posisi jarum pengukuran yang terpasang di jig PCB pada PCB power amplifier. Pengujian ini melakukan pengukuran tegangan dengan menggunakan multimeter pada 4 titik di PCB power amplifier. Jig PCB memiliki 4 titik pengukuran tegangan dengan menggunakan 7 jarum pengukuran dimana posisi setiap jarum pengukuran sudah disesuaikan dengan posisi titik yang akan diukur di PCB power amplifier. Cara pengujiannya adalah kabel pada jarum pengukuran disambungkan pada multimeter. Setelah itu, PCB power amplifier diletakkan pada jig PCB sesuai dengan posisi jarum pengunci dan jarum pengukuran. Setelah posisi telah sesuai, PCB power amplifier dinyalakan kemudian ditekan dengan menggunakan kayu penekan PCB. Hasil pengukuran tegangan pada multimeter dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tegangan Titik Pengukuran dengan Menggunakan Multimeter

No	Titik Pengukuran pada PCB Power Amplifier	Tegangan Spesifikasi PCB Power Amplifier	Tegangan pada Multimeter
1	30 Volt	30 V	28,27 V
2	-30 Volt	-30 V	-28,37 V
3	0,6 Volt	0.6 V	0,66 V
4	1,2 Volt	1,2 V	1,33 V

Berdasarkan dari hasil pengujian pada tabel 3, hasil pengukuran tegangan pada multimeter sama dengan tegangan spesifikasi PCB power amplifier. Hal ini membuktikan bahwa posisi jarum pengukuran sesuai dengan posisi titik pengukuran pada PCB power amplifier. Selain itu, pada saat pengujian tidak terdapat indikasi short circuit pada PCB power amplifier. Pengujian ini membuktikan bahwa posisi jarum pengukuran yang terpasang pada jig PCB sudah akurat.

D. Pengujian Keakuratan Pengukuran Tegangan PCB Power Amplifier dengan menggunakan Arduino Mega

Tujuan dari pengujian ini adalah menguji keakuratan Arduino Mega dalam melakukan pengukuran tegangan pada PCB power amplifier dan menentukan apakah tegangannya sesuai dengan tegangan spesifikasi PCB power amplifier. Pengujian ini melakukan pengukuran tegangan pada 7 titik di PCB power amplifier. Pada jig PCB terdapat 4 titik pengukuran dan 3 titik pengukuran tidak menggunakan jarum pengukuran yang terpasang di jig PCB. 3 titik pengukuran tersebut tidak menggunakan jarum pengukuran tetapi menggunakan socket connector karena jalur PCB yang perlu diukur terhubung dengan socket dimana posisi kaki socket pada PCB power amplifier sangat berdekatan sehingga rawan terjadi short circuit jika menggunakan jarum pengukuran. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tegangan Titik Pengukuran dengan Menggunakan Arduino Mega

No	Titik Pengukuran pada PCB Power Amplifier	Tegangan Spesifikasi	Tegangan pada Arduino Mega	Error
1	15 Volt	15 V	15,96 V	6,4 %
2	-15 Volt	-15 V	-15,55 V	3,7 %
3	9 Volt	9 V	9,65 V	6,8 %
4	30 Volt	30 V	31,1 V	4,3 %
5	-30 Volt	-30 V	-30,54 V	1,8 %
6	0,6 Volt	0,6 V	0,54 V	10 %
7	1,2 Volt	1,2 V	1,11 V	7,5 %

Berdasarkan dari hasil pengukuran pada tabel 4, error terbesar yang didapatkan dari pengujian adalah 10 %. Sedangkan error terkecil yang didapatkan adalah 1,9 %. Error yang didapatkan pada pengujian ini lebih besar dari error yang didapatkan pada pengujian pengukuran tegangan power supply terutama pada pengukuran titik 15 Volt, titik 30 Volt dimana error-nya melebihi 5%. Sedangkan PCB pengukuran tegangan yang digunakan sama dengan PCB yang digunakan pada pengujian sebelumnya dan konfigurasi tidak diubah. Oleh karena itu, dilakukan pengecekan ulang pada bagian analog input Arduino Mega dan ditemukan bahwa tegangan referensinya turun menjadi 4,75 Volt pada saat diukur menggunakan multimeter. Hal ini membuat perhitungan konversi nilai pada program Arduino Mega menjadi tidak akurat karena tegangan referensi yang digunakan pada program adalah tegangan 5 Volt. Oleh karena itu, terdapat beberapa perhitungan dalam program Arduino Mega yang perlu diubah dan hasil pengukuran setelah perhitungannya diubah dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Ulang Tegangan Titik Pengukuran dengan Menggunakan *Arduino Mega*

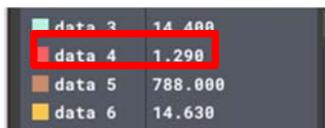
No	Titik Pengukuran pada PCB Power Amplifier	Tegangan Spesifikasi	Tegangan pada <i>Arduino Mega</i>	Error
1	15 Volt	15 V	15,02 V	0,13 %
2	-15 Volt	-15 V	-15,47 V	3,13 %
3	9 Volt	9 V	9,31 V	3,44 %
4	30 Volt	30 V	29,89 V	0,37 %
5	-30 Volt	-30 V	-30,15 V	0,5 %
6	0,6 Volt	0.6 V	0,57 V	5 %
7	1,2 Volt	1.2 V	1,31 V	9.17 %

Berdasarkan dari hasil pengukuran pada tabel 5, error terbesar yang didapatkan dari pengukuran adalah 9.17 %. Sedangkan error terkecil yang didapatkan adalah 0,13 %. Hasil pengujian ini memiliki kemajuan dari hasil pengujian pengukuran tegangan power supply dimana pengukuran pada titik 15 Volt, titik -15 Volt, titik 9 Volt, titik 30 Volt dan titik -30 Volt memiliki error di bawah 4 % dan beberapa error pengukuran di bawah 1 %. Tetapi error pada pengukuran titik 0,6 Volt dan titik 1,2 Volt memiliki error yang besar yaitu 5 % dan 9,17 %.

Pada pengujian awal, error pada dua titik tersebut juga memiliki nilai error yang tinggi yaitu 10% dan 7,5%. Jika dibandingkan dengan hasil pengukuran pada multimeter pada tabel 3, hasil pengukuran tegangan pada titik 0,6 Volt adalah 0,66 Volt dimana error-nya adalah 10 %. Sedangkan hasil pengukuran tegangan pada titik 1,2 V adalah 1,33 V dimana error-nya adalah 10,83 %. Hal ini membuktikan bahwa pengukuran pada tegangan yang kecil cenderung memiliki error yang lebih tinggi. Berdasarkan dari pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa pengukuran tegangan PCB power amplifier dengan menggunakan *Arduino Mega* memiliki error di bawah 4 % dan error di bawah 10 % untuk pengukuran tegangan 0,6 Volt dan 1,2 Volt.

E. Pengujian Keakuratan Hasil Pengukuran Arus dari *Arduino Mega*

Tujuan dari pengujian ini adalah menguji keakuratan hasil pengukuran arus dari *Arduino Mega* dengan menggunakan modul ACS712. Pengujian diawali dengan menghubungkan output positif dari PCB power amplifier pada terminal input pengukuran modul ACS712. Kemudian, output pengukuran dari modul ACS712 dihubungkan pada kabel positif speaker dan modul ACS712 dihubungkan dengan *Arduino Mega*. Setelah itu, kabel negatif speaker dihubungkan dengan output negatif dari PCB power amplifier.



Gambar 12. Hasil Pengukuran Arus dari *Arduino Mega*

Hasil pengukuran arus dari *Arduino Mega* dapat dilihat pada gambar 12 yang diberi kotak berwarna merah. Pengukuran arus yang didapatkan adalah I_{RMS} . Hasil pengujian arus menunjukkan angka 1.29 Ampere. Pada saat pengujian, nilai pengukuran arus pada *Arduino Mega* tidak stabil dimana nilai tersebut berubah setiap detik dan berubah dari 1.29 Ampere hingga 1.59 Ampere. Hal ini dapat terjadi karena arus yang

diukur memiliki frekuensi 1 KHz mengingat hasil pembacaan gelombang sinus 1 KHz pada *Arduino Mega* tidak akurat yang dibuktikan pada pengujian sebelumnya.

Hasil pengukuran arus tersebut diubah menjadi daya untuk melakukan pengecekan apakah hasil pengukuran arus tersebut akurat. Pengecekan tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran V_{RMS} yang didapatkan dari osiloskop yang dihubungkan dengan output PCB power amplifier dan diubah menjadi daya dimana hasil pengukurannya adalah 5,2 V. Pengukuran arus tidak dapat dilakukan dengan multimeter karena frekuensi maksimal yang dapat diukur oleh multimeter adalah 400 Hz. Cara mengubah hasil pengukuran arus dan pengukuran V_{RMS} menjadi daya adalah menggunakan rumus 9. Perbandingan daya dari hasil pengukuran arus pada *Arduino Mega* dan pengukuran V_{RMS} pada osiloskop terdapat pada tabel 6.

$$R = 8 \Omega$$

$$P = V_{RMS} \times I_{RMS} = \frac{V_{RMS}^2}{R} = I_{RMS}^2 \times R \tag{9}$$

Tabel 6. Perbandingan Daya Hasil Pengukuran pada *Arduino Mega* dengan Pengukuran pada Osiloskop

Daya Hasil Pengukuran pada <i>Arduino Mega</i>	Daya Hasil Pengukuran pada Osiloskop
13.31 Watt	3.38 Watt

Berdasarkan dari perbandingan pada tabel 6, terdapat perbedaan hasil yang jauh antara daya hasil pengukuran pada *Arduino Mega* dengan daya hasil pengukuran pada osiloskop. Jika mencari arus dari daya hasil pengukuran pada osiloskop, maka I_{RMS} adalah 0.65 Ampere. Jika dibandingkan dengan I_{RMS} pengukuran arus pada *Arduino Mega*, terdapat selisih 0.64 Ampere. Hal ini membuktikan bahwa pengukuran arus oleh *Arduino Mega* tidak akurat. Salah satu faktor yang bisa mempengaruhi ketidakakuratan pada pengukuran arus adalah ketidakakuratan *Arduino Mega* pada saat pembacaan gelombang sinus dengan frekuensi 1 KHz karena arus yang diukur memiliki frekuensi 1 KHz dimana ketidakakuratan *Arduino Mega* pada membaca gelombang sinus dengan frekuensi 1 KHz dibuktikan pada pengujian keakuratan pembacaan gelombang. Pengujian ini membuktikan bahwa pengukuran arus pada *Arduino Mega* tidak akurat.

F. Pengujian Keakuratan Hasil Quality Control dari *Arduino Mega*

Tujuan pengujian ini adalah menguji keakuratan hasil quality control dari *Arduino Mega*. Setelah persiapan, PCB power amplifier diletakkan di atas jig PCB dan socket connector yang terhubung dengan PCB pengukuran tegangan disambungkan dengan socket pada PCB power amplifier. Setelah terpasang, PCB power amplifier dinyalakan dan ditekan dengan menggunakan penekan PCB. Hasil pengukuran tegangan dapat dilihat pada software dan hasil quality control dapat dilihat pada LCD 16x2 I2C yang terpasang pada jig PCB.

Proses pengujian quality control dilakukan pada 6 buah PCB power amplifier yang berbeda dimana 1 PCB power amplifier dalam kondisi bagus. Sedangkan, 5 PCB power amplifier yang lain tidak sesuai dengan spesifikasi tegangan pada PCB power amplifier dan memiliki keadaan yang berbeda-beda. Titik yang tidak sesuai dengan spesifikasi tegangan pada PCB nomor 2 pada tabel 7 adalah titik 15 Volt memiliki tegangan 12 Volt. Titik yang tidak sesuai dengan spesifikasi tegangan pada PCB nomor 3 pada tabel 7 adalah titik -15 Volt memiliki tegangan

Tabel 7. Hasil Pengujian Quality Control pada 6 PCB Power Amplifier

PCB	Hasil Pengukuran Titik (Volt)							Status Quality Control
	15 V	-15 V	9 V	30 V	-30 V	0,6 V	1,2 V	
1	15,02 V	-15,47 V	9,31 V	29,89 V	-30,15 V	0,57 V	1,31 V	“OK”
2	12,26 V	-15,47 V	9,31 V	29,89 V	-30,15 V	0,57 V	1,31 V	“NO GOOD”
3	15,02 V	-12,40 V	9,31 V	29,89 V	-30,15 V	0,57 V	1,31 V	“NO GOOD”
4	12,21 V	-12,44 V	9,31 V	29,89 V	-30,15 V	0,57 V	1,31 V	“NO GOOD”
5	15,02 V	-15,47 V	9,31 V	45,42V	-40,00 V	0,57 V	1,31 V	“NO GOOD”
6	15,02 V	-15,47 V	9,31 V	29,89 V	-30,15 V	0,52 V	1,31 V	“NO GOOD”

-12 Volt. Titik yang tidak sesuai dengan spesifikasi tegangan pada PCB nomor 4 pada tabel 7 adalah titik -15 Volt memiliki tegangan -12 Volt dan titik 15 Volt pada PCB memiliki tegangan 12 Volt. Titik yang tidak sesuai dengan spesifikasi tegangan pada PCB nomor 5 pada tabel 7 adalah titik 30 Volt memiliki tegangan 45 Volt dan titik -30 Volt memiliki tegangan -45 Volt. Titik yang tidak sesuai dengan spesifikasi tegangan pada PCB nomor 6 pada tabel 7 adalah titik 0,6 Volt menghasilkan tegangan 0,52 Volt. Hasil pengukuran pada 6 PCB power amplifier dapat dilihat pada tabel 7.

Berdasarkan dari pengujian pada tabel 7, status quality control yang didapatkan sesuai dengan kondisi PCB power amplifier. Hasil pengukuran pada saat pengujian quality control juga sesuai dengan kondisi PCB power amplifier dimana titik pengukuran yang tidak sesuai dengan spesifikasi tegangan sesuai dengan kondisi PCB power amplifier yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Pada hasil pengukuran PCB power amplifier nomor 5 pada tabel 7, Hasil pengukuran tegangan -30 Volt adalah -40 Volt dimana tegangan yang seharusnya ditampilkan adalah -45 Volt. Hal ini dikarenakan tegangan terendah yang dikonfigurasi pada Arduino Mega adalah -40 Volt sehingga membuat Arduino Mega tidak bisa mengukur tegangan dibawah -40 Volt. Konfigurasi tegangan terendah hanya dipasang hingga -40 Volt karena mengikuti spesifikasi tegangan PCB power amplifier dimana tegangan terendahnya adalah -30 Volt. Pengujian ini membuktikan bahwa proses quality control pada Arduino Mega berjalan dengan akurat.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan dari pengujian yang telah dilakukan, terdapat beberapa kesimpulan yang didapatkan. Pertama, pengukuran tegangan pada beberapa titik pengukuran di PCB power amplifier berhasil dilakukan dengan menggunakan jig PCB yang dihubungkan dengan PCB rangkaian pengukuran tegangan untuk mengubah tegangan yang diukur menjadi tegangan yang bisa dibaca oleh Arduino Mega yaitu 0 Volt hingga 5 Volt dan PCB tersebut dihubungkan dengan Arduino Mega untuk melakukan pengukuran tegangan dimana hasil pengukuran tegangannya memiliki error di bawah 4 % kecuali pada pengukuran tegangan 0,6 Volt dan 1,2 Volt memiliki error di bawah 10 % serta hasil pengukuran tegangan ditampilkan pada software Better Serial Plotter.

Kedua, Arduino Mega tidak dapat secara akurat membaca dan menampilkan hasil pembacaan gelombang sinus dengan frekuensi 1 KHz sebagai frekuensi tengah sistem audio karena Arduino dan software Better Serial Plotter tidak dapat mengukur dan menampilkan gelombang sinus dengan frekuensi 1 KHz secara akurat.

Ketiga, Arduino Mega tidak dapat secara akurat melakukan pengukuran arus dimana hal ini berhubungan dengan ketidakakuratan Arduino Mega pada saat pembacaan

gelombang sinus dengan frekuensi 1 KHz karena arus yang diukur memiliki frekuensi 1 KHz.

Keempat, pengecekan quality control pada PCB power amplifier yang dilakukan oleh Arduino Mega berjalan dengan akurat dimana hasil pengukuran tegangannya dibatasi dengan tegangan maksimal dan tegangan minimal yang dibaca dari micro-SD Card dan hasil pengecekan quality control ditampilkan pada LCD 16x2 I2C.

Modul uji ini memiliki potensi untuk dikembangkan dan menemukan solusi dari beberapa pengujian yang gagal dengan mengikuti saran sebagai berikut: Sebaiknya menggunakan mikroprosesor yang lebih canggih dari Arduino Mega untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat terutama pada pembacaan gelombang dan pengukuran arus pada gelombang sinus dengan frekuensi 1 KHz dan sebaiknya membuat software sendiri untuk menerima data dari Arduino Mega agar bisa meneliti lebih lanjut dalam menampilkan gelombang sinus dengan frekuensi 1 KHz.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Guitono, L., Khoswanto, H., & T.D.S, Y. *Peningkatan daya power amplifier vacuum tube dengan konfigurasi paralel* [Universitas Kristen Petra]. 2005. Available at <https://dewey.petra.ac.id/catalog/digital/detail?id=1947>
- [2] Lawlor-Wright, T., & Gallagher, C. “Development of a printed circuit board design for in-circuit test advisory system”. *Computers in Industry*, 33(2-3), 253-259, 1997. Available at [https://doi.org/10.1016/S0166-3615\(97\)00031-6](https://doi.org/10.1016/S0166-3615(97)00031-6)
- [3] Lumbantobing, H., & Nopriadi. “Perancangan Alat Identifikasi Lokasi Rak Fixture Berbasis Raspberry Pada Pt Pciei Batam”. *Jurnal Comasie*, 5(6), 100-109, 2021
- [4] Sulitsya, E.. “Kajian Penggunaan Arduino dan Komputer Sebagai Osiloskop”. *Jurnal Fisika Indonesia*, 21(1), 9-15, 2017