

Mesin Pemotong Busa Hardcase Produk Mikrofon

Handry Khoswanto^{1,*}, Jaselino Kevin Radityatama Gunawan², Roche Alimin³

¹Program Studi Program Profesi Insinyur Universitas Kristen Petra, Surabaya, Jawa Timur

²Program Studi Teknik Elektro Universitas Kristen Petra, Surabaya, Jawa Timur

³Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra, Surabaya, Jawa Timur

Email: handry@petra.ac.id (korespondensi)

Implementasi mesin ini dilakukan untuk memenuhi solusi kebutuhan dari CV. ABC terhadap produksi busa peredam untuk Hardcase mikrofon. Sebelumnya, CV. ABC telah memiliki mesin pemotong busa secara manual, tetapi hasil produksi kurang akurat dan relatif tidak stabil. Oleh karena itu dibutuhkan mesin pemotong busa ini yang dapat menjadi solusi dari permasalahan ini.

Mesin pemotong busa ini menggunakan 5 buah motor stepper yang menggerakkan pemotong sumbu x, y dan z. Controller menggunakan Atmega 2560.

Berdasarkan hasil pengujian, Mesin pemotong busa memiliki penyimpangan titik koordinat yang lebih kecil, akurasi diameter lebih presisi 97%, tetapi memiliki waktu pengerjaan yang sedikit lebih lama daripada menggunakan mesin pemotong busa manual.

Pendahuluan

CV ABC merupakan perusahaan yang bergerak pada industri Sound System. Tidak hanya menjual peralatan dan aksesoris Sound System, CV ABC juga memproduksi sendiri beberapa barang yang dijual. Salah barang yang diproduksi sendiri adalah busa peredam *hardcase* mikrofon. Busa peredam berbentuk balok dan diberi beberapa lubang yang berbentuk seperti batang mikrofon atau seperti kerucut tumpul dengan diameter atas 3 cm dan diameter bawah 2 cm. Bentuk lubang pemotongan disesuaikan dengan bentuk batang mikrofon untuk meminimalisir pergerakan yang terjadi di dalam *Hardcase*[1].

Untuk memproduksi busa peredam *Hardcase* mikrofon, CV ABC memiliki mesin manual untuk memotong busa. Busa dipotong menyerupai bentuk batang mikrofon menggunakan alat pemotong berupa kawat nikrom yang diberi tegangan atau biasa disebut *Hot Wire Cutting*. Busa dan kawat nikrom masih digerakkan dan diputar secara manual untuk memotong busa menyerupai bentuk batang mikrofon yang berbentuk seperti kerucut tumpul. Hasil alat manual tersebut kurang memuaskan dan kurang konsisten. Untuk mengoperasikan mesin manual tersebut, dibutuhkan keterampilan dan pengalaman yang cukup.

Oleh karena itu, maka dalam penelitian ini akan dibuat mesin pemotong busa otomatis. Mesin ini masih menggunakan kawat nikrom untuk memotong busa, tetapi dengan menggunakan sistem CNC (*Computer Numerical Control*). Dengan menggunakan sistem CNC busa dan kawat pemotong dapat bergerak dan memutar secara otomatis. Busa dapat bergerak sesuai dengan titik koordinat pemotongan secara otomatis secara horizontal pada sumbu x dan y. pemotong yang berupa kawat nikrom dapat bergerak secara otomatis secara vertikal pada sumbu z. Pemotong juga dapat berputar secara otomatis pada porosnya untuk melakukan pemotongan dalam bentuk kerucut tumpul.

Selain dapat menggerakkan dan memutar busa secara otomatis, penggunaan sistem berbasis CNC

memiliki beberapa kelebihan lain. Mesin berbasis CNC dapat dioperasikan terus menerus. Operator tidak memerlukan keterampilan khusus dan cenderung mudah dipelajari. Kualitas dan kapasitas produksi menjadi lebih akurat dan stabil. Dengan satu mesin berbasis CNC dapat memproduksi berbagai variasi ukuran dan model, sehingga mempermudah pengembangan produk kedepannya [2].



Gambar 1. Mesin Pemotong Manual

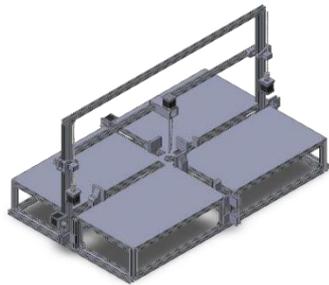
Metode

Untuk membuat mesin CNC pemotong busa, perlu dilakukan beberapa perancangan. Untuk merancang rangka dan mekanik perlu disesuaikan dengan produk yang akan dibuat. Hardware yang digunakan harus disesuaikan dengan keperluan dari mekanik mesin. Kontroler pada *hardware* memerlukan *firmware* untuk

memproses program G-code. G-code merupakan program yang akan dijalankan oleh sistem CNC, dan dapat dibuat menggunakan Software pada komputer.

A. Perancangan Mekanik

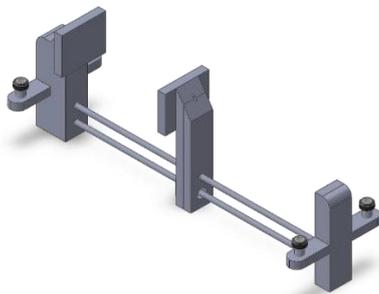
Mekanik dari mesin dirancang berdasarkan ukuran busa yang akan dipotong serta bentuk pemotongan yang akan dilakukan. Untuk menggerakkan busa, digunakan *clamp*, sedangkan untuk menggerakkan pemotong berupa kawat nikrom menggunakan *gantri*. Desain mekanik secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 2. Desain Mekanik Secara Keseluruhan

A.1) Clamp

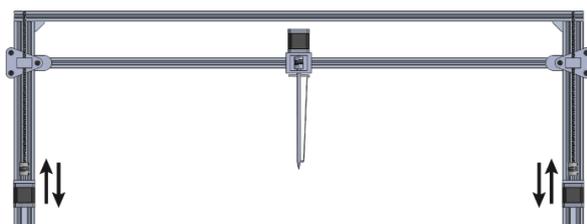
Clamp digunakan untuk menggerakkan busa secara *horizontal* pada sumbu x dan y. *Clamp* dapat diatur panjang dan lebarnya untuk menyesuaikan ukuran busa. Ukuran busa yang dapat diproses adalah 8 cm x 8cm sampai dengan 50 cm x 30 cm. Desain *clamp* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mekanik Clamp Pemegang Busa

A.2) Gantri

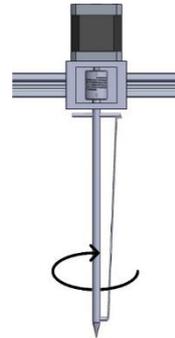
Gantri digunakan untuk menggerakkan pemotong berupa kawat nikrom secara vertikal pada sumbu Z. *Gantri* dapat bergerak secara vertikal dengan tinggi 17 cm agar pemotong dapat menembus busa yang memiliki tinggi 12cm. Desain gantri dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Desain Mekanik Gantri

A.3) Pemotong dengan Nikrom

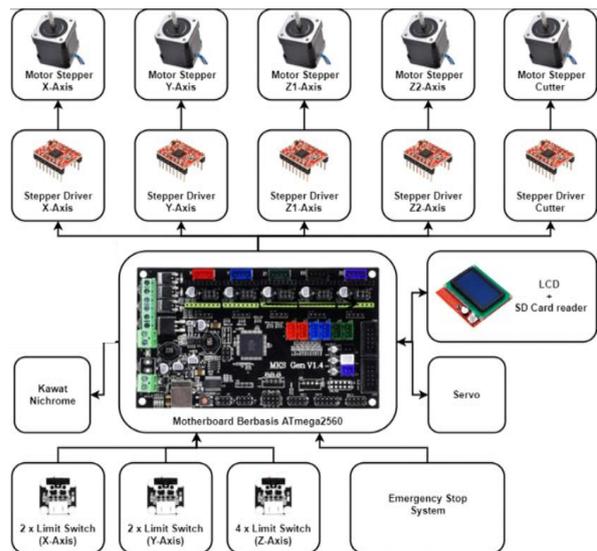
Pemotong digunakan untuk memotong busa dengan lubang bentuk kerucut tumpul menggunakan kawat nikrom yang diberi tegangan listrik. Tegangan yang diberikan terhadap kawat nikrom sebanding dengan suhu kawat nikrom [3]. Diameter pada lingkaran atas sebesar 3cm, sedangkan pada lingkaran bawah sebesar 2 cm. Pemotong dapat berputar pada porosnya agar dapat memotong busa untuk membentuk lubang seperti kerucut tumpul. Desain pemotong dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemotong Nikrom Pemanas

B. Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* kontroler dirancang berdasarkan kebutuhan dari mekanik mesin. Kebutuhan utama dari mekanik mesin adalah 5 buah motor stepper beserta *driver*-nya untuk menggerakkan *clamp*, *gantri*, dan pemotong. Dibutuhkan juga MOSFET untuk memberikan atau memutus tegangan listrik pada kawat nikrom pemotong. Selain yang sudah disebutkan di atas, mesin ini juga memerlukan *limit switch* untuk melakukan *homing*. Servo DC untuk menggerakkan penahan sisa potongan saat pemotong diangkat. *Motherboard* berbasis Atmega2560 untuk mengintegrasikan semua *hardware* yang digunakan. Desain *hardware* yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 6.



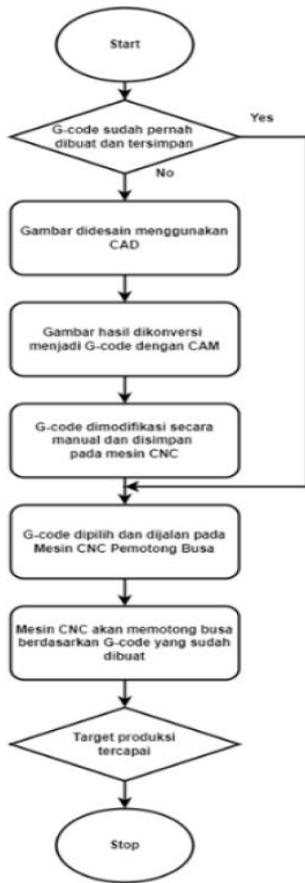
Gambar 6. Rangkaian Controller dan Driver Stepper Motor

C. Perancangan Firmware

Firmware yang digunakan ada Marlin. Marlin adalah Firmware yang umumnya digunakan untuk 3D Printing. Hasil kerja menjelaskan bahwa dengan firmware marlin dapat disesuaikan parameternya dan diunggah ke dalam motherboard berbasis Atmega2560. Firmware akan membaca G-code yang berada pada SD Card untuk mengatur hardware dalam menggerakkan mekanik mesin.

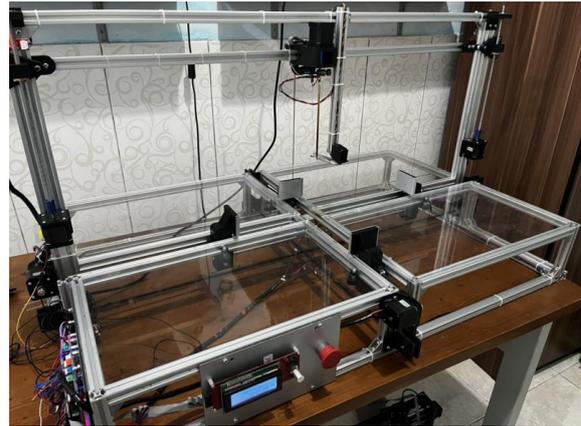
D. Pembuatan G-code

G-code dapat dibuat menggunakan Software CAD (Computer Aided Design) dan CAM (Computer Aided Machining) di komputer. Pada jurnal ini, digunakan software CorelDraw sebagai Software CAD dan Software ArtCam sebagai Software CAM. Untuk memperjelas proses pembuatan G-code dari awal sampai dengan menjalankan G-code, dapat melihat Flowchart pada Gambar 7.



Gambar 7. Flowchart pembuatan sampai dengan menjalankan G-code

Berikut hasil mekanik secara keseluruhan dari mesin pemotong busa dapat ditampilkan pada gambar 8.



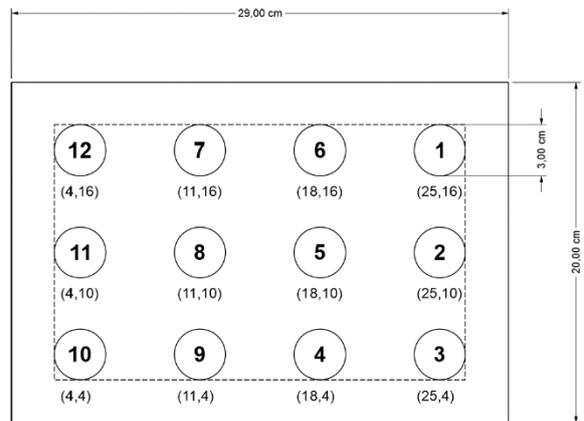
Gambar 8. Mekanik Pemotong Busa

Hasil Kerja/Analisa

Berikut pengujian yang mesin CNC pemotong busa yang telah dibuat:

A. Pengujian parameter optimal mesin CNC

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan dan kecepatan sudut yang optimal. Tegangan merupakan nilai tegangan yang diberikan pada kawat nikrom, sedangkan kecepatan sudut adalah kecepatan putar pemotong pada porosnya. Indikator yang menunjukkan keoptimalan pemotongan adalah akurasi diameter pemotongan. Pengujian akan dilakukan dalam beberapa skenario. Setiap variasi parameter akan diuji dengan ukuran busa, jumlah pemotongan, dan koordinat pemotongan yang sama. Ukuran busa yang akan dipotong, jumlah pemotongan, dan koordinat pemotongan yang digunakan sesuai dengan salah satu model yang sudah diproduksi dan dipasarkan oleh CV ABC. Untuk lebih jelasnya dapat melihat model pada Gambar 9. Ukuran busa yang akan dipotong memiliki dimensi yaitu: panjang 29 cm, lebar 21 cm, dan tinggi 12 cm. Setiap variasi parameter akan diuji dengan melakukan 12 kali pemotongan dan 12 koordinat yang berbeda. Setiap hasil pemotongan dari berbagai variasi parameter akan diukur diameternya menggunakan jangka sorong. Setiap hasil pengukuran, diameter lubang yang paling tidak mendekati 3 cm akan dicatat. Parameter yang menghasilkan presentase kesalahan yang paling kecil menjadi indikator parameter yang optimal.



Gambar 9. Ukuran Busa yang Dipotong (Model 1)



Gambar 10. Busa hasil Pemotongan

Koordinat dan urutan dari pemotongan dapat dilihat daripada Gambar 9. Sedangkan hasil potong dapat dilihat pada gambar 10. Urutan pemotongan berpengaruh pada hasil masing-masing pemotongannya, karena setiap proses pemotongan akan meninggalkan residu pada pada kawat pemotong yang mempengaruhi panas dari kawat pemotong. Oleh karena itu, kawat pemotong harus dibersihkan terlebih dahulu sebelum menguji setiap variasi parameter.

Berikut hasil pengukuran akurasi diameter tegangan dan kecepatan sudut:

Tabel 1. Pengukuran akurasi diameter tegangan dan kecepatan sudut

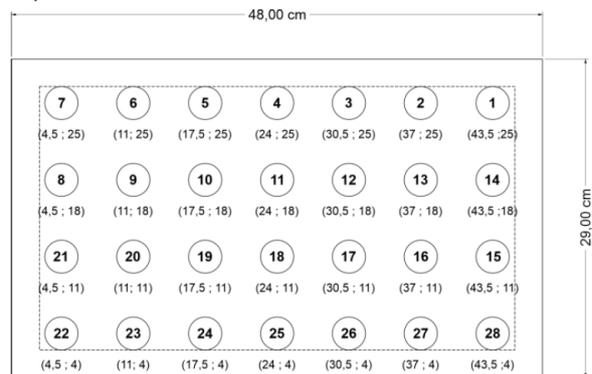
| No | Voltase (V) | Kecepatan Sudut (rpm) | Akurasi |
|----|-------------|-----------------------|---------|
| a. | 4,4 | 1 | 87,3% |
| b. | | 1,05 | 89,0% |
| c. | | 1,1 | 87,4% |
| d. | | 1,15 | 85,0% |
| e. | 4,5 | 1 | 95,3% |
| f. | | 1,05 | 89,6% |
| g. | | 1,1 | 87,3% |
| h. | | 1,15 | 89,3% |
| i. | 4,6 | 1 | 95,9% |
| j. | | 1,05 | 94,8% |
| k. | | 1,1 | 94,3% |
| l. | | 1,15 | 89,1% |
| m. | 4,7 | 1 | 97,0% |
| n. | | 1,05 | 96,6% |
| o. | | 1,1 | 95,5% |
| p. | | 1,15 | 96,4% |

Melihat dari Tabel 1, untuk mendapat proses yang optimal, parameter yang harus digunakan adalah voltase pada kawat sebesar 4,7 V dengan kecepatan sudut sumbu pemotong sebesar 1 rpm, karena memiliki akurasi yang paling tinggi, yaitu 97%. Berdasarkan hasil tersebut juga dapat diketahui voltase cenderung berbanding lurus dengan tingkat akurasi, sedangkan kecepatan potong cenderung berbanding terbalik dengan tingkat akurasi. Akan tetapi, pada salah satu

pemotongan, tepatnya pada pengujian dengan parameter voltase 4,6 V dan kecepatan sudut 1,15 rpm pada urutan pemotongan yang ke-12, busa yang dipotong terbakar. Busa yang terbakar menunjukkan bahwa dengan menggunakan voltase yang tinggi juga dapat membuat busa terbakar dan memperkecil tingkat akurasi secara signifikan.

B. Pengujian hasil produksi mesin CNC dan mesin manual

Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan penyimpangan koordinat titik pemotongan, akurasi diameter lubang, dan waktu produksi. Penyimpangan koordinat titik pemotongan merupakan penyimpangan titik koordinat mesin CNC pada titik koordinat target dalam sentimeter. Akurasi diameter lubang merupakan presentase akurasi diameter dari pemotongan lubang berdasarkan diameter target. Waktu produksi adalah waktu yang dibutuhkan oleh mesin untuk menyelesaikan seluruh pemotongan pada sebuah G-code. Pengujian akan dilakukan dalam beberapa skenario. Data pengujian diambil dari hasil pemotongan menggunakan mesin CNC pemotong busa dan mesin pemotong busa manual. Pengujian menggunakan 2 buah model busa yang memiliki jumlah pemotongan dan koordinat yang berbeda, yaitu model 1 pada Gambar 9 dan model 2 pada Gambar 10. Parameter yang digunakan pada mesin CNC yaitu tegangan kawat 4,6 V dan kecepatan putar 1 rpm.



Gambar 11. Ukuran Busa yang Dipotong (Model 2)

Tabel 2. Hasil Pengukuran Diameter Model 1

| Nomor Lubang | Diameter Target (cm) | Diameter Lubang Mesin CNC (cm) | Diameter Lubang Mesin Manual (cm) | Error Mesin CNC (cm) | Error Mesin Manual (cm) |
|-----------------|----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | 3 | 2,89 | 3,39 | 0,11 | 0,39 |
| 2 | 3 | 2,96 | 3,24 | 0,04 | 0,24 |
| 3 | 3 | 2,95 | 3,26 | 0,05 | 0,26 |
| 4 | 3 | 2,95 | 3,4 | 0,05 | 0,4 |
| 5 | 3 | 2,94 | 3,38 | 0,06 | 0,38 |
| 6 | 3 | 2,89 | 3,16 | 0,11 | 0,16 |
| 7 | 3 | 2,88 | 3,39 | 0,12 | 0,39 |
| 8 | 3 | 2,89 | 3,13 | 0,11 | 0,13 |
| 9 | 3 | 2,89 | 3,16 | 0,11 | 0,16 |
| 10 | 3 | 2,91 | 3,29 | 0,09 | 0,29 |
| 11 | 3 | 2,88 | 3,29 | 0,12 | 0,29 |
| 12 | 3 | 2,88 | 3,19 | 0,12 | 0,19 |
| Total Error | | | | 1,09 | 3,28 |
| Rata-Rata Error | | | | 0,09 | 0,27 |
| Akurasi | | | | 96,97% | 90,89% |

Tabel 3. Hasil Pengukuran Diameter Model 2

| Nomor Lubang | Diameter Target (cm) | Diameter Lubang Mesin CNC (cm) | Diameter Lubang Mesin Manual (cm) | Error Mesin CNC (cm) | Error Mesin Manual (cm) |
|----------------------|----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | 3 | 2,97 | 3,35 | 0,03 | 0,35 |
| 2 | 3 | 2,89 | 3,36 | 0,11 | 0,36 |
| 3 | 3 | 2,96 | 3,26 | 0,04 | 0,26 |
| 4 | 3 | 2,94 | 3,37 | 0,06 | 0,37 |
| 5 | 3 | 2,92 | 3,29 | 0,08 | 0,29 |
| 6 | 3 | 2,96 | 3,38 | 0,04 | 0,38 |
| 7 | 3 | 2,96 | 3,2 | 0,04 | 0,2 |
| 8 | 3 | 2,85 | 3,15 | 0,15 | 0,15 |
| 9 | 3 | 2,88 | 3,23 | 0,12 | 0,23 |
| 10 | 3 | 2,85 | 3,21 | 0,15 | 0,21 |
| 11 | 3 | 2,93 | 3,18 | 0,07 | 0,18 |
| 12 | 3 | 2,89 | 3,38 | 0,11 | 0,38 |
| 13 | 3 | 2,91 | 3,22 | 0,09 | 0,22 |
| 14 | 3 | 2,94 | 3,26 | 0,06 | 0,26 |
| 15 | 3 | 2,92 | 3,26 | 0,08 | 0,26 |
| 16 | 3 | 2,92 | 3,44 | 0,08 | 0,44 |
| 17 | 3 | 2,89 | 3,26 | 0,11 | 0,26 |
| 18 | 3 | 2,94 | 3,27 | 0,06 | 0,27 |
| 19 | 3 | 2,88 | 3,27 | 0,12 | 0,27 |
| 20 | 3 | 2,87 | 3,37 | 0,13 | 0,37 |
| 21 | 3 | 2,84 | 3,34 | 0,16 | 0,34 |
| 22 | 3 | 2,89 | 3,23 | 0,11 | 0,23 |
| 23 | 3 | 2,94 | 3,25 | 0,06 | 0,25 |
| 24 | 3 | 2,92 | 3,25 | 0,08 | 0,25 |
| 25 | 3 | 2,88 | 3,19 | 0,12 | 0,19 |
| 26 | 3 | 2,87 | 3,37 | 0,13 | 0,37 |
| 27 | 3 | 2,84 | 3,16 | 0,16 | 0,16 |
| 28 | 3 | 2,86 | 3,2 | 0,14 | 0,2 |
| Total Error (cm) | | | | 2,69 | 7,7 |
| Rata-Rata Error (cm) | | | | 0,10 | 0,28 |
| Akurasi | | | | 96,80% | 90,83% |

Perbandingan penyimpangan koordinat titik pemotongan, akurasi diameter lubang, dan waktu pengerjaan pada hasil pemotongan model 1 dan 2 antara mesin CNC pemotong busa dengan mesin pemotong busa manual dapat dilihat pada Table. pada tabel 4 tersebut dapat diketahui bahwa mesin CNC pemotong busa memiliki penyimpangan yang lebih kecil, akurasi diameter yang lebih presisi dan waktu pengerjaan yang sedikit lebih lama daripada menggunakan mesin pemotong busa manual.

Tabel 4. Perbandingan Mesin Manual dan CNC

| Model | Mesin | Penyimpangan Koordinat | Akurasi Diameter | Waktu Pengerjaan |
|-------|--------|------------------------|------------------|------------------|
| 1 | CNC | 0,028 | 96,96% | 00:18:29 |
| | Manual | 0,098 | 90,89% | 00:43:03 |
| 2 | CNC | 0,095 | 96,80% | 00:16:20 |
| | Manual | 0,607 | 90,83% | 00:38:11 |

Kesimpulan

- Mesin CNC pemotong busa dapat bekerja dengan optimal dalam memotong busa yang diproduksi oleh CV ABC dengan parameter tegangan pada kawat sebesar 4,7 V dan kecepatan putaran sumbu pemotong sebesar 1 rpm. Dengan catatan pada model pemotongan busa yang dipakai terdapat 12 lubang.
- Akurasi keberhasilan sebesar 96.97% menggunakan Mesin CNC dan 90,89% menggunakan alat manual.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada orang-orang berperan penting yang membantu dalam proyek penulis. Ucapan terimakasih juga dapat ditujukan kepada instansi yang mendanai proyek penulis.

Referensi (*Harvard Style*)

- CP Cases, "foam-insert-protection," [Online]. Available: <https://cpcases.com/foam-engineering/foam-insert-protection/>.
- C. B. D. C. N. Ion Cosmin Gherghea, Best Practices to Increase Manufacturing, MATEC Web of Conferences, vol. 290, no. 07007, pp. 1-9, 2019.
- J. Zhou, T. R. Ohno and C. A. Wolden, High-temperature stability of nichrome in reactive environments, Journal of Vacuum Science & Technology A Vacuum Surfaces and Films, vol. 21, no. 3, pp. 756-761, 2003.
- A. Abeysinghe, S. Abeysiriwardena, R. Nanayakkarasam, W. Wimalasiri, S. Tennakoon and T. D. Lalitharatne, Development of a numerically controlled hot wire foam cutting machine for wing mould construction, in Conference: 2016 Moratuwa Engineering Research Conference (MERCon), 2016.