

## **BAB IV**

### **HASIL PERANCANGAN MESIN ECM *SINGLE AXIS***

Dalam bab ini akan membahas mengenai hasil perancangan mesin ECM *single axis* meliputi perancangan sistem mekanik, analisis tegangan sistem mekanik, perancangan sistem sirkulasi elektrolit, dan perancangan sistem elektrik. Perancangan mesin ECM *single axis* menggunakan *software Solidworks*.

#### **4.1. Perancangan Sistem Mekanik ECM *Single Axis***

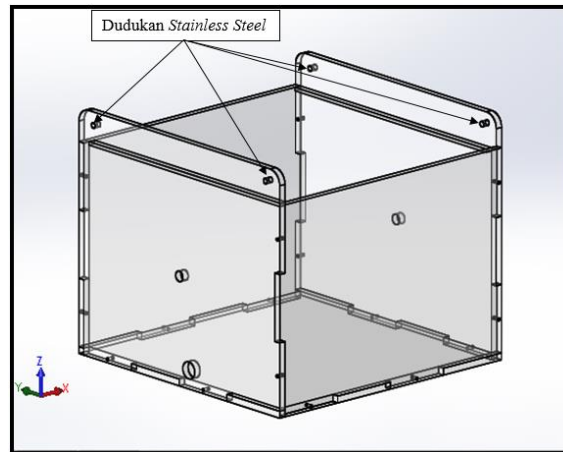
Pada sub - bab ini akan membahas mengenai hasil perancangan sistem mekanik mesin ECM *single axis* meliputi detail perancangan setiap komponen yang terdapat pada sistem mekanik, proses *assembly* setiap komponen dan analisis tegangan pada sistem mekanik perancangan mesin ECM *single axis*. Terdapat 3 sumbu utama pada sistem mekanik mesin ECM *single axis* yang di desain oleh penulis, yaitu sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z berikut adalah hasil perancangan sistem mekanik mesin ECM *single axis* pada setiap sumbu.

##### **4.1.1. Perancangan Rangka ECM *Single Axis***

Pada perancangan mesin, hal yang harus dipertimbangkan pertama kali adalah rangka, bagaimana sebuah rangka bisa *flexible*, ringan, tahan karat dan mampu menahan beban yang dihasilkan dari sistem penggerak dan *carriage*. Rangka mesin ECM *single axis* semuanya dirancang menggunakan *software Solidworks*. Berikut adalah detail dimensi dari rangka mesin ECM *single axis* yang telah penulis desain.

##### **1. Rangka Sumbu X**

Bagian pertama yang penulis rancang adalah rangka sumbu X. Penulis menggambarkan rangka sumbu X mesin ECM *single axis* yang dapat dilihat pada Gambar 4.1. Rangka sumbu X berfungsi sebagai bak pemesinan serta sebagai penompang rangka sumbu Y, dan rangka sumbu Z.



Gambar 4.1. Gambar 3D rangka sumbu X (detail gambar susunan dapat dilihat pada halaman lampiran).

Pada Gambar 4.1 tersebut dapat dilihat bahwa terdapat empat buah lubang pada bagian atas rangka sumbu X yang berfungsi sebagai dudukan *stainless steel* pejal dengan diameter 8 mm. Volume rangka sumbu X yang didesain:

$$V = p \times \ell \times t$$

$$V = \text{Volume} \quad p = \text{Panjang}$$

$$\ell = \text{Lebar} \quad t = \text{Tinggi}$$

$$V = 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$$

$$= 8 \text{ L}$$

Akan tetapi untuk mencegah adanya pantulan larutan elektrolit ke luar yang bisa menyebabkan terkorosinya komponen di sekitarnya maka rangka sumbu X didesain menjadi:

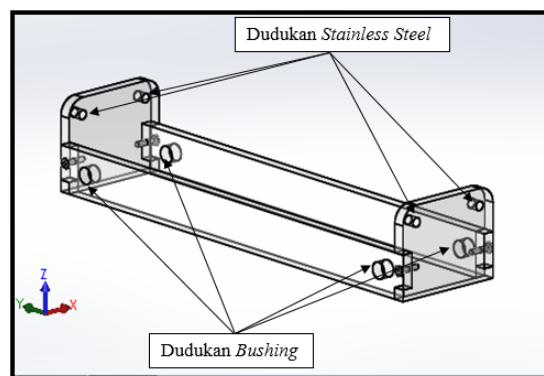
$$V = 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$$

$$= 48 \text{ L}$$

Bahan yang digunakan untuk rangka sumbu X adalah akrilik. Setiap sisi komponen rangka sumbu X dibuat dengan pola *puzzle* supaya ikatannya lebih kuat. Dalam perakitan setiap komponen rangka sumbu X menggunakan baut *head flat stainless steel* ukuran M4 x 20 mm supaya bisa dibongkar pasang apabila ingin melakukan perawatan.

## 2. Rangka sumbu Y

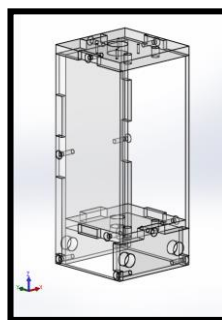
Setelah merancang rangka sumbu X, perancangan selanjutnya adalah merancang rangka sumbu Y. Detail dimensi rangka sumbu Y dapat dilihat pada Gambar 4.2. Terdapat empat buah lubang dengan diameter 14,6 mm berfungsi sebagai dudukan *bushing* dan empat buah lubang dengan diameter 8 mm berfungsi sebagai dudukan *stainless steel* pejal untuk menompang rangka sumbu Z.



Gambar 4.2. Rangka sumbu Y (detail gambar susunan dapat dilihat pada halaman lampiran).

## 3. Rangka sumbu Z

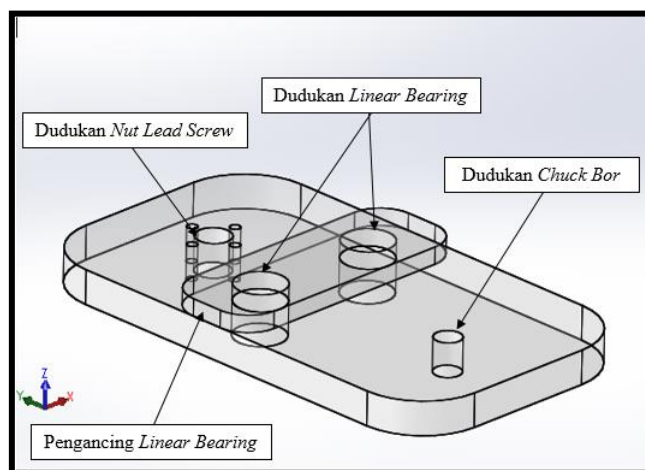
Setelah merancang rangka sumbu Y, perancangan selanjutnya adalah merancang rangka sumbu Z. Pada rangka sumbu Z terdapat beberapa komponen yaitu dudukan motor *stepper*, dudukan *flange bearing*, dudukan *bushing* dan dudukan *stainless steel* pejal. Detail dimensi rangka sumbu Z dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Rangka sumbu Z (Detail gambar susunan dapat dilihat pada halaman lampiran).

#### 4. Dudukan *Tool*

Dudukan *tool* berfungsi sebagai penyangga *tool* supaya *tool* bisa tegak lurus terhadap benda kerja. Pada dudukan *tool* terdapat tiga dudukan diantaranya dudukan *linear bearing*, dudukan *chuck bor*, dan dudukan *nut*. *Chuck bor* berfungsi untuk mencekam *tool* yang akan digunakan sehingga *tool* bisa ganti dengan *tool* yang lain. Di dudukan *tool* terdapat juga pengancing *linear bearing* yang berfungsi untuk mengunci *linear bearing* supaya *linear bearing* tidak bergeser. Detail dimensi dudukan *tool* dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Dudukan *tool* (Detail gambar teknik dapat dilihat pada halaman lampiran).

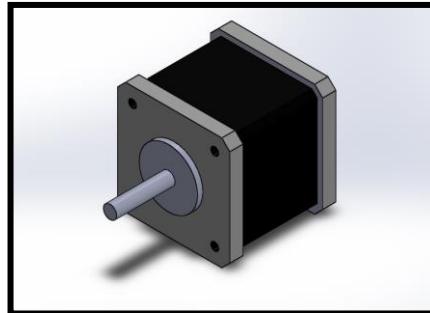
#### 4.1.2. Komponen Penggerak Mesin ECM *Single Axis*

Setelah merancang rangka mesin ECM *single axis*, tahap selanjutnya adalah merancang komponen – komponen penggerak mesin ECM *single axis*. Adapun komponen penggerak mesin ECM *single axis* yaitu motor *stepper*, *lead screw*, *linear bearing*, *flange bearing*, dan *coupling coupler*.

##### 1. Motor *Stepper*

Mesin ECM *single axis* yang penulis rancang memiliki 3 sumbu utama yaitu sumbu X, Y dan Z. Pada sumbu Z dipasang motor *stepper* yang berfungsi untuk menggerakkan *tool* sedangkan sumbu X dan Y digerakkan

secara manual karena penulis hanya membuat mesin ECM *single axis* yang berfungsi untuk proses pemakanan secara vertikal saja. Motor *stepper* yang dirancang oleh penulis ditunjukkan pada Gambar 4.5, pada gambar tersebut dapat dilihat terdapat empat lubang berdiameter 3 mm yang nantinya akan dihubungkan dengan dudukan motor *stepper*.



Gambar 4.5. Motor *stepper*.

## 2. *Lead Screw*

*Lead screw* adalah pengubah gerakan dengan memanfaatkan gaya tekan akibat perputaran pada ulir. Gaya inilah yang menyebabkan pergeseran pada axisnya. Prinsipnya sama seperti pasangan mur dan baut biasa, ketika mur diputar maka akan mendapatkan pergerakan linear dari bautnya. Pada rangka mesin ECM *single axis* yang dirancang oleh penulis terdapat satu pasang *lead screw* dengan *nut* yang terpasang pada sumbu Y. Detail dimensi *lead screw* dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. *Lead screw*.

### 3. *Linear Bearing*

*Linear bearing* adalah bantalan yang dirancang untuk memberikan gerak bebas dalam satu dimensi seperti ditunjukkan pada Gambar 4.7. *Linear bearing* dapat meningkatkan akurasi, kecepatan dan menghemat tenaga dari proses pemesinan. *Linear bearing* biasanya berpasangan dengan *stainless steel* pejal, ukuran *stainless steel* pejal disesuaikan dengan ukuran diameter *linear bearing*.



Gambar 4.7. *Linear bearing*.

### 4. *Flange Bearing*

*Flange Bearing* adalah suatu komponen yang berfungsi untuk mengurangi gesekan pada *machine* atau komponen - komponen yang bergerak dan saling menekan antara satu dengan yang lainnya. *Flange bearing* digunakan untuk menahan/menyangga komponen - komponen yang bergerak. Perbedaan *flange bearing* dengan *bearing* biasa terdapat pada *outer race* seperti bentuk kuping yang berfungsi untuk menahan *flange bearing* supaya tidak bergeser. *Flange bearing* seperti pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. *Flange bearing*.

### 5. *Coupling Coupler*

*Coupling coupler* berfungsi untuk untuk menghubungkan dua poros bersamaan pada ujungnya untuk tujuan mentransmisikan daya. Pada sistem penggerak ECM *single axis coupling coupler* berfungsi untuk menghubungkan poros motor *stepper* dengan *lead screw*. *Coupling coupler* biasanya tidak memungkinkan pemutusan poros selama operasi, namun ada torsi yang membatasi *coupling coupler* yang bisa tergelincir atau terputus saat beberapa batas torsi terlampaui. *Coupling coupler* ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. *Coupling coupler*.

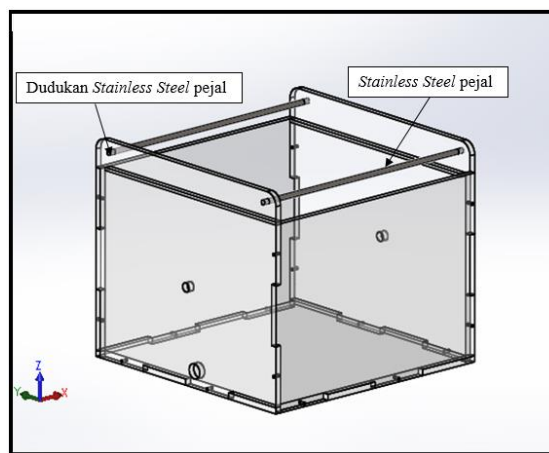
#### 4.1.3. *Assembly Rangka dan Komponen Penggerak Mesin ECM single axis*

Setelah merancang komponen sistem mekanik mesin ECM *single axis* langkah selanjutnya adalah *assembly* setiap komponen menjadi satu kesatuan.

Dalam sub - bab ini akan dijelaskan tahap – tahap *assembly* sistem mekanik ECM *single axis*.

### 1. *Assembly* Sumbu X, Y, Z dengan Komponen Penggerak, dan Dudukan Benda Kerja.

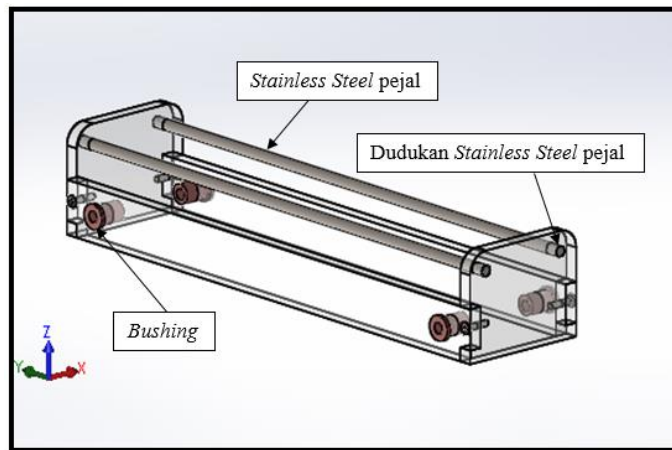
Langkah pertama dalam tahap *Assembly* adalah menggabungkan rangka setiap sumbu, yaitu sumbu X, Y, Z dengan komponen penggerak, dan dudukan benda kerja, langkah ini dimaksudkan supaya lebih memudahkan penulis untuk proses *assembly* selanjutnya. Detail *assembly* rangka sumbu X dapat dilihat pada Gambar 4.10, *assembly* sumbu Y dapat dilihat pada Gambar 4.11, *assembly* sumbu Z dengan komponen penggerak dapat dilihat pada Gambar 4.12, dan *assembly* dudukan benda kerja dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.10. Gambar hasil *assembly* rangka sumbu X. (Detail gambar teknik dapat dilihat pada halaman lampiran).

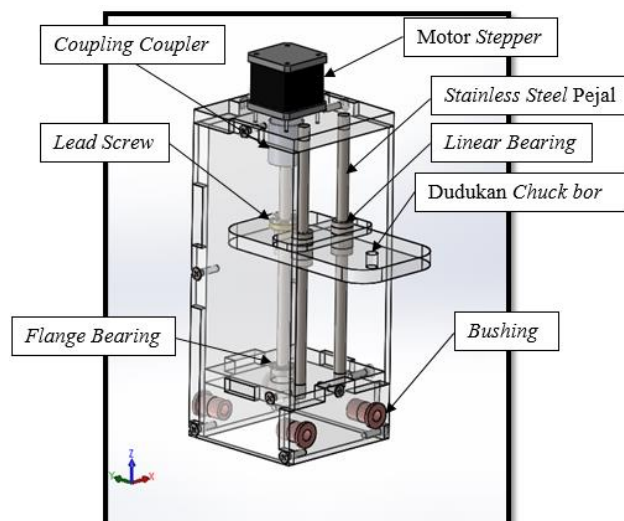
Gambar 4.10 terdapat dua buah *stainless steel* pejal berdiameter 8 mm yang dipasang pada dudukan *stainless steel* pejal. *Stainless steel* pejal pada rangka sumbu X berfungsi sebagai *rel guide* rangka sumbu Y serta sebagai penompang rangka sumbu Y dan Z.





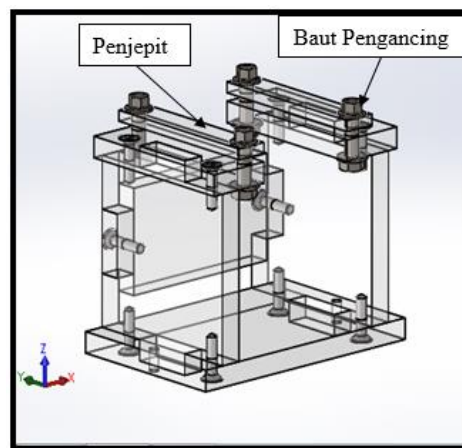
Gambar 4.11. Gambar hasil assembly rangka sumbu Y. (Detail gambar teknik dapat dilihat pada halaman lampiran).

Gambar 4.11 terdapat empat buah *bushing* berbahan kuningan yang berfungsi sebagai bantalan sumbu X dan sebagai slider rangka sumbu Y. Ada dua buah *stainless steel* pejal pada rangka sumbu Y yang berfungsi sebagai *rel guide* rangka sumbu Z serta sebagai penompang rangka sumbu Z.



Gambar 4.12. Gambar hasil *assembly* rangka sumbu Z dengan komponen penggerak. (detail gambar teknik dapat dilihat pada halaman lampiran).

Berdasarkan Gambar 4.12 terdapat beberapa komponen diantaranya rangka sumbu Z, motor *stepper*, *stainless steel* pejal, *linear bearing*, dudukan *chuck bor*, *bushing*, *coupling coupler*, *lead screw*, dan *flange bearing*. *Stainless steel* pejal pada rangka sumbu Z berfungsi sebagai *rel guide* dan penompang dudukan *tool*.



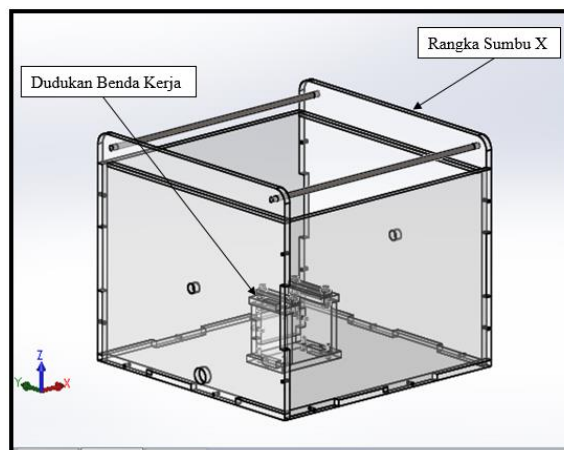
Gambar 4.13. Gambar hasil *assembly* dudukan benda kerja. (detail gambar teknik dapat dilihat pada halaman lampiran).

Dudukan benda kerja terdiri dari beberapa komponen diantaranya penjepit, baut pengancing, dan dudukan benda kerja. Penjepit berfungsi untuk menahan benda kerja supaya tidak mengalami pergeseran ketika proses permesinan berlangsung. Baut pengancing berfungsi untuk mengunci dan membuka penjepit.

Gambar 4.10, Gambar 4.11, Gambar 4.12 dan Gambar 4.13 diatas merupakan detail dimensi sistem mekanik yang telah di *Assembly*. Pada rangka sumbu Z terdapat motor *stepper* yang terpasang pada dudukan motor *stepper* dengan empat baut pengancing. Motor *stepper* berfungsi sebagai penggerak utama sistem mekanik mesin ECM *single axis*, selanjutnya motor *stepper* dihubungkan dengan *lead screw* menggunakan *coupling coupler* sehingga dudukan *chuck bor* yang terbaut dengan *nut lead screw* akan bergerak ke atas dan ke bawah.

## 2. *Assembly Sistem Mekanik Mesin ECM Single axis*

Setelah melakukan tahap *assembly* rangka sumbu X, rangka sumbu Y, rangka sumbu Z dengan komponen penggerak dan dudukan benda kerja, langkah selanjutnya adalah menggabungkan keseluruhan komponen menjadi satu kesatuan yaitu menggabungkan rangka sumbu X dengan dudukan benda kerja, rangka sumbu X dengan rangka sumbu Y, dan rangka sumbu Y dengan rangka sumbu Z.

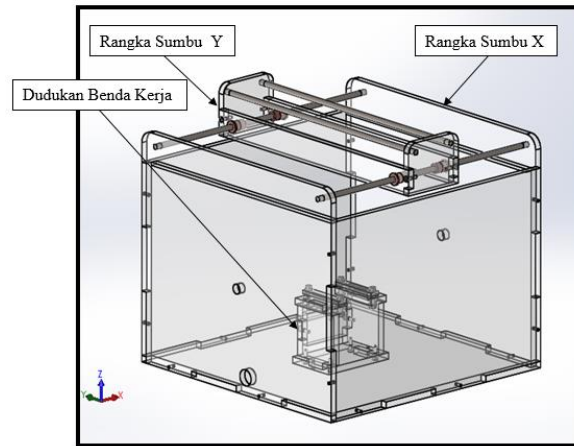


Gambar 4.14. *Assembly* dudukan benda kerja dengan rangka sumbu X.

Gambar 4.14 menunjukkan hasil *assembly* dari dudukan benda kerja dengan rangka sumbu X, dudukan benda kerja berfungsi sebagai tempat mencekamnya benda kerja, dudukan benda kerja dirancang lebih tinggi dari permukaan dasar rangka sumbu X karena dalam proses pemesinan benda kerja kondisinya tidak terendam.

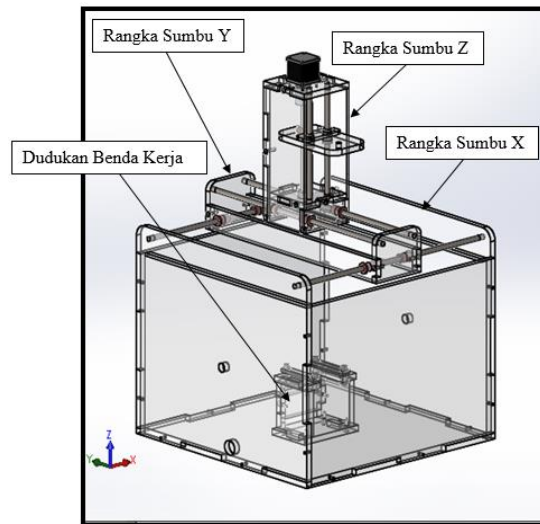
Setelah menggabungkan dudukan benda kerja dengan rangka sumbu X *assembly* selanjutnya yaitu menggabungkan rangka sumbu Y dengan rangka sumbu X yang telah di *assembly* dengan dudukan benda kerja. Rangka sumbu Y digabungkan dengan menggunakan baut *flat head* berukuran M4 berbahan *stainless steel*. Pada rangka sumbu Y terdapat empat buah *bushing* yang dipasangkan dengan dua buah *stainless steel* pada sumbu X. Penggabungan *bushing* rangka sumbu Z dengan *stainless*

*steel* sumbu X bisa menggerakkan rangka sumbu Y ke kiri dan ke kanan. Detail *assembly* sumbu Y dengan rangka sumbu X bisa dilihat pada Gambar 4.15.



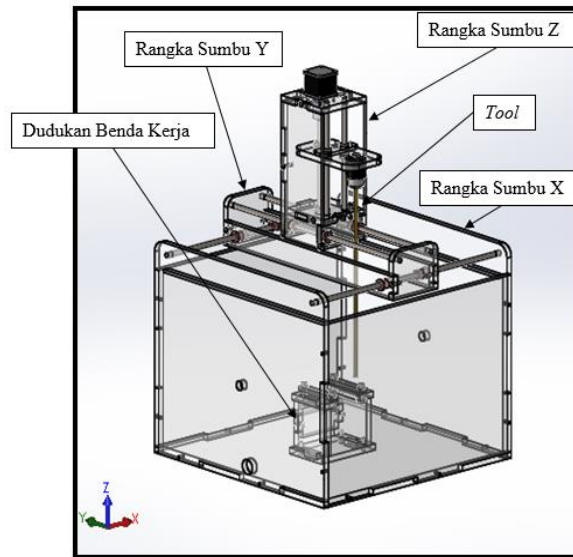
Gambar 4.15. *Assembly* rangka sumbu Y dengan rangka sumbu X.

*Assembly* selanjutnya adalah memasang rangka sumbu Z dengan rangka sumbu Y, pada rangka sumbu Z terdapat empat buah *bushing* yang akan dipasangkan dengan *stainless steel* pejal sumbu Y yang berfungsi untuk menggerakkan rangka sumbu Z ke depan dan ke belakang. Hasil *assembly* antara rangka sumbu Z dengan rangka sumbu Y dapat dilihat pada Gambar 4.16, dapat dilihat terdapat motor *stepper* yang dipasang pada sumbu Z. Motor *stepper* dihubungkan dengan *lead screw* menggunakan *coupling coupler* sehingga bila motor *stepper* berputar maka dudukan *tool* akan naik atau turun.



Gambar 4.16. *Assembly* dudukan benda kerja dengan rangka sumbu X, rangka sumbu Y dan rangka sumbu Z.

*Assembly* selanjutnya adalah memasang *tool* pada sumbu Z. *Tool* dipasang pada sumbu Z melalui perantara dudukan *tool*. Pada dudukan *tool* tersebut terdapat empat buah lubang untuk dihubungkan dengan *linear bearing*, *chuck bor* dan *nut* yang sudah terpasang pada rangka sumbu Z. setelah dudukan *tool* terpasang selanjutnya memasangkan *tool holder* (*chuck bor*) yang berfungsi untuk menggenggam *tool* supaya *tool* dapat tegak lurus dengan meja kerja selanjutnya *tool* dipasangkan pada *chuck bor*. Pemasangan *tool* merupakan tahap akhir dari proses *assembly* sistem mekanik. Hasil *assembly* antara dudukan benda kerja dengan rangka sumbu X, rangka sumbu Y, rangka sumbu Z dan *tool* dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17. *Assembly* dudukan benda kerja dengan rangka sumbu X, rangka sumbu Y, rangka sumbu Z dan *tool*.

Gambar 4.17 di atas merupakan hasil akhir dari proses *assembly* sistem mekanik mesin ECM *single axis*. Volume dan luas dari mesin ECM *single axis* masing - masing sebesar  $0.048 \text{ m}^3$  dan  $0.016 \text{ m}^2$ . Pada Gambar 4.17 dapat dilihat bahwa sumbu Z dalam keadaan diam, tegak lurus terhadap meja kerja, jika motor *stepper* yang terpasang pada sumbu Z berputar searah dengan jarum jam maka *tool* akan bergerak ke atas sedangkan jika *motor stepper* berputar berlawanan dengan arah jarum jam maka *tool* akan bergerak ke bawah. Dari hasil akhir proses *assembly*, maka penulis dapat mengambil kesimpulan bahwa, fungsi dari sumbu X dan sumbu Y adalah untuk *positioning tool* supaya tegak lurus dengan benda kerja sedangkan sumbu Z berfungsi untuk mengatur jarak *tool* dengan benda kerja.

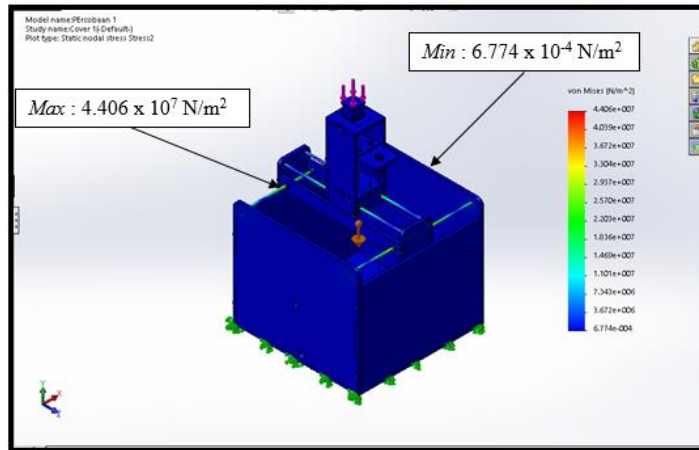
#### 4.1.4. Analisis Tegangan Pada Sistem Mekanik ECM

Langkah selanjutnya adalah melakukan *stress analysis* pada sistem mekanik menggunakan *software Solidworks*, menghitung besarnya *von mises* saat terbeban, *displacement* yang terjadi pada saat pembebanan dan *safety factor* dari mesin ECM *single axis*. Studi ini membantu untuk menghindari gagalnya desain

karena pembebanan berlebih dan diperoleh rasa aman karena dikhawatirkan *displacement* yang terjadi akibat berat dari komponen setiap sumbu akan membuat mesin tidak dapat bergerak. Gaya yang bekerja pada konstruksi mesin ECM *single axis* adalah gaya berat dari material yang dipakai. Pada tahap ini akan diketahui bagian – bagian dari konstruksi yang mengalami *von mises* maksimal, *displacement* maksimal, dan *safety factor* agar dapat disimpulkan desain mesin ECM *single axis* ini layak atau tidak untuk dibuat. Agar lebih memperoleh rasa aman, maka penulis menambahkan gaya sebesar 50 N pada sisi atas (terletak pada motor stepper). Hasil dari *stress analysis* pada *software Solidworks* terbagi menjadi 3, diantaranya sebagai berikut:

1. *Von Mises*

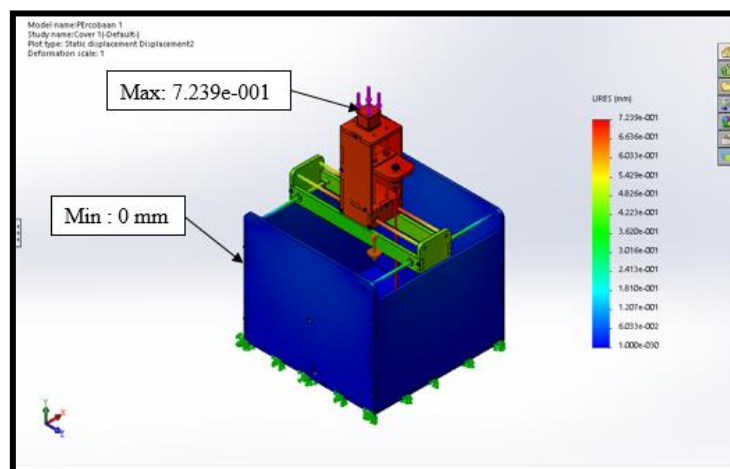
Metode *Von Mises* memiliki keakuratan prediksi lebih besar dibanding metode lain, karena melibatkan tegangan tiga dimensi. Tegangan *Von mises* itu sendiri merupakan kriteria kegagalan untuk material ulet. Untuk menentukan konstruksi dari material tersebut dinyatakan aman atau tidak dapat menggunakan hasil analisis ini dimana jika tegangan *von mises* lebih kecil dari *Yield Strenght* material yang digunakan maka kekuatan struktur tersebut aman. *Von mises* minimum yang terdeteksi adalah  $6.774 \times 10^{-4}$  N/m<sup>2</sup>, sedangkan *von mises* maksimum yang terdeteksi adalah  $4.406 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>. Pada Gambar 4.18 dapat dilihat bagian yang mendapatkan *von mises* maksimum adalah bagian *stainless steel* pejal yang berbahan AISI 316 *annealed stainless steel bar* (SS) dengan *yield strength* sebesar  $13.7 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup> maka desain mesin ECM *single axis* aman karena *von mises* lebih kecil dibandingkan dengan *yield strength*.



Gambar 4.18. Nilai *von mises* yang didapat

## 2. *Displacement*

Hasil *stress analysis* menunjukkan bahwa *displacement* maksimal pada bagian berwarna merah yang terjadi adalah  $7.239 \times 10^{-1}$  mm, sedangkan *displacement* minimum terdapat pada bagian berwarna biru adalah 0 mm sehingga konstruksi mesin ECM *single axis* dikatakan aman dan layak untuk dibuat karena *displacement* yang terjadi kecil. Hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 4.19.



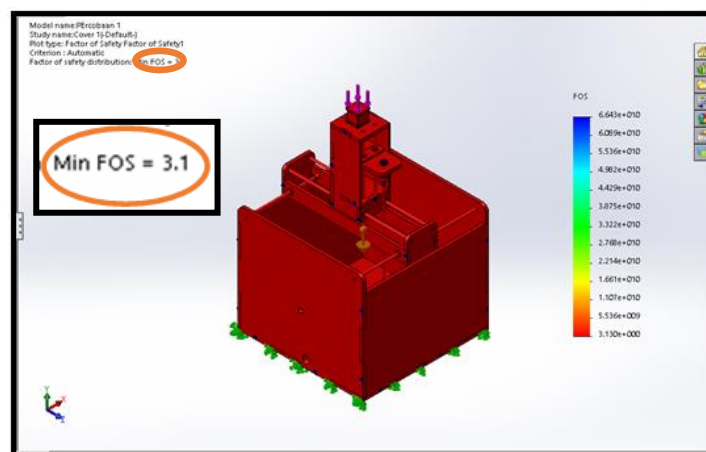
Gambar 4.19. Nilai *displacement* yang didapat



### 3. *Safety Factor*

*Safety factor* merupakan faktor yang digunakan untuk mengevaluasi dari suatu bagian mesin. Untuk menghindari terjadinya keruntuhan struktur (*structure failure*) maka kekuatan sebenarnya dari suatu bahan haruslah melebihi kekuatan yang dibutuhkan. Perbandingan dari kekuatan sebenarnya terhadap kekuatan yang dibutuhkan disebut *safety factor*.

*Safety factor* harus lebih besar dari 1 untuk menghindari terjadinya kegagalan atau keruntuhan struktur. Nilai kisaran *safety factor* berkisar antara 1 sampai 10. Keruntuhan struktur dapat berarti patah atau runtuhnya sama sekali suatu struktur atau dapat berarti bahwa deformasinya telah melampaui beberapa harga batas sehingga strukturnya tidak lagi mampu memperlihatkan fungsinya yang diharapkan. *Safety factor* yang didapat pada hasil analisa adalah 3,1 sehingga bisa dikatakan desain mesin ECM *single axis* aman dan siap untuk dibuat. Gambar 4.20 menunjukkan hasil analisa.

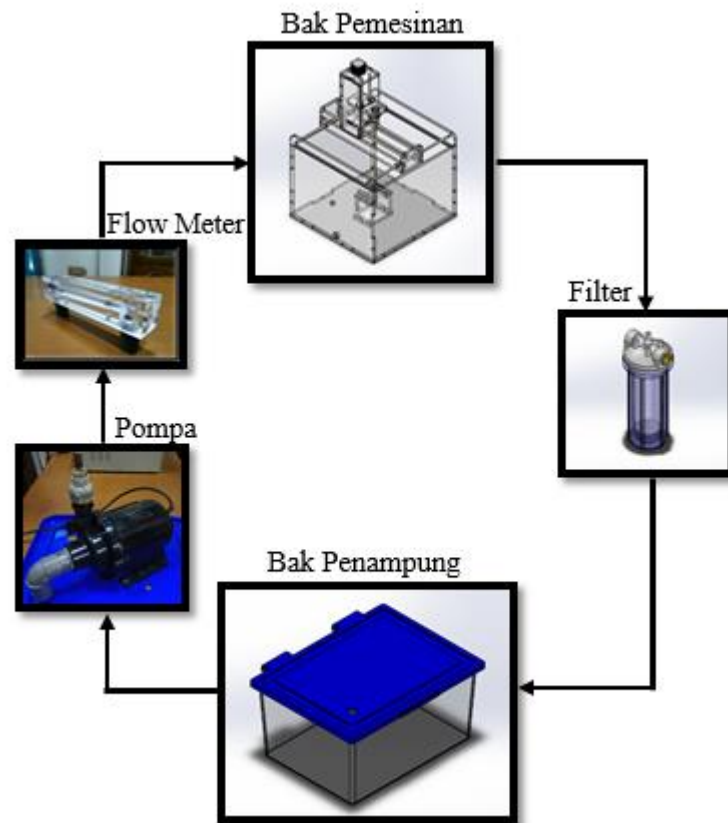


Gambar 4.20. *Safety factor*

#### 4.2. Perancangan Sistem Sirkulasi Elektrolit Mesin ECM *Single axis*

Setelah melakukan perancangan sistem mekanik, perancangan selanjutnya adalah merancang sistem sirkulasi elektrolit mesin ECM *single axis*. Langkah pertama untuk merancang sistem sirkulasi elektrolit adalah membuat skema

sistem saluran elektrolit dan menentukan komponen apa saja yang dibutuhkan. Skema dari sistem sirkulasi larutan elektrolit dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4.21. Skema sistem sirkulasi larutan elektrolit.

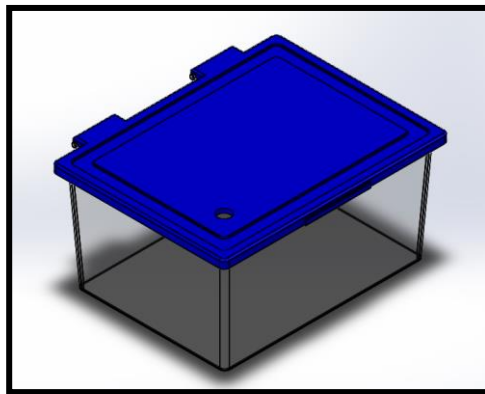
Setelah skema sistem sirkulasi larutan elektrolit dibuat maka langkah selanjutnya adalah menentukan komponen - komponen yang dibutuhkan sistem sirkulasi elektrolit mesin ECM *single axis*.

#### 4.2.1. Komponen Sistem Sirkulasi Elektrolit

Pada sub - bab ini akan dijelaskan komponen – komponen apa saja yang dipakai dalam sistem sirkulasi elektrolit.

##### 1. Bak Penampung

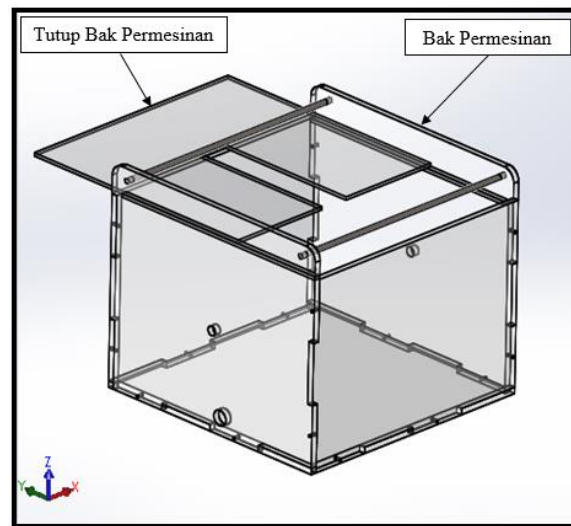
Komponen yang pertama adalah bak penampung, berfungsi sebagai penampung cairan elektrolit, elektrolit yang digunakan pada mesin ECM *single axis* 14 liter elektrolit. Untuk itu bak penampung didesain dengan ukuran panjang 31.4 cm, lebar 24.8 cm, dan tinggi 17.8 cm supaya bisa menampung 14 liter air. Adapun ukuran bak penampung dapat dilihat pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22. Bak penampung.

## 2. Bak Pemesinan

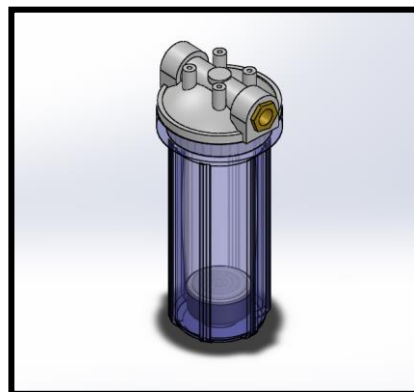
Komponen yang kedua adalah bak pemesinan, berfungsi untuk menampung sementara larutan elektrolit dan geram - geram hasil pemesinan sebelum mengalir ke filter dan bak penampung. Bak pemesinan dirancang juga sebagai penompang rangka sumbu X, Y, Z dan sebagai dudukan tempat benda kerja. Bak pemesinan dirancang supaya bisa menampung larutan elektrolit sebesar 48 L. Pada bak pemesinan dibuat tutup bak permesinan supaya larutan elektrolit tidak terpentol keluar yang bisa menyebabkan komponen - komponen di sekitarnya terkorosi seperti pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23. Bak pemesian.

### 3. Filter

Komponen yang ketiga filter, berfungsi untuk menyaring larutan elektrolit dari bak permesinan dengan geram - geram hasil pemesian sebelum masuk ke bak penampung. Filter dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24. Filter

### 4. Pompa

Komponen yang keempat adalah pompa, berfungsi untuk memompa cairan elektrolit dari bak penampung menuju ke bak pemesian, adapun

spesifikasi pompa yang akan digunakan pada sistem sirkulasi elektrolit dapat dilihat pada tabel 4.1 dan gambar pompa ditunjukkan pada Gambar 4.25.

Tabel 4.1. Spesifikasi pompa

Tegangan	220V 50 Hz 250W
H.max	9 m
F.max	10000 L/H



Gambar 4.25. Pompa yang akan digunakan.

Pada pompa dipasang *voltage regulator* yang berfungsi untuk mengatur tegangan yang masuk ke pompa sehingga kecepatan aliran larutan elektrolit bisa diatur.

### 5. *Flow meter*

*Flow meter* pada mesin ECM berfungsi sebagai alat ukur laju aliran elektrolit yang berasal dari pompa. Detail gambar *flow meter* dapat dilihat pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26. *Flow meter*

## 6. Selang elektrolit

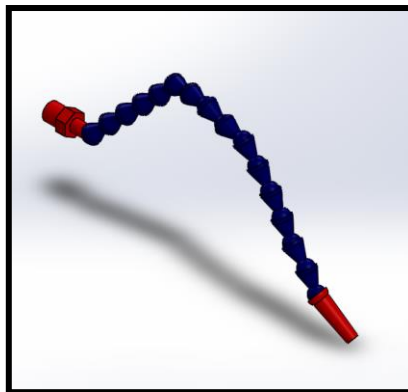
Selang elektrolit berfungsi sebagai penghubung antara bak penampung, bak pemesian, dan *flow meter*. Selang elektrolit berfungsi juga untuk mengalirkan elektrolit (bersih) yang berasal dari bak penampung ke *flow meter* dan bak pemesian. Detail gambar selang elektrolit ditunjukkan pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27. Selang elektrolit.

## 7. *Hose Flexible*

*Hose flexible* berfungsi sebagai *nozzle* dan selang yang dapat diatur bentuknya sehingga arah aliran larutan elektrolit bisa divariasikan. *Hose flexible* yang digunakan berukuran  $\frac{1}{4}$  inch yang dipasang pada kedua sisi bak pemesian. Gambar *hose fleksibel* dapat dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28. *Hose fleksibel*.

### 8. Kran Polivinil Klorida (PVC)

Kran PVC berfungsi untuk membuka dan menutup larutan elektrolit dari bak pemesian ke filter. Pada saat pembersihan filter, kran PVC harus dalam keadaan menutup supaya larutan yang ada di dalam bak penampung tidak mengalir. Gambar kran PVC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.29.



Gambar 4.29. Kran PVC.

### 9. *Elbow*

*Elbow* yang digunakan pada mesin ECM *single axis* berukuran  $\frac{1}{2}$  inch menyesuaikan dengan ukuran pipa PVC. *Elbow* berfungsi untuk mengubah arah aliran larutan elektrolit dari bak pemesian menuju filter dan bak penampung. Detail gambar *elbow* seperti pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30. *Elbow*

### 10. Pipa PVC

Pipa PVC berfungsi untuk menyalurkan larutan elektrolit dari bak pemesian ke filter dan dari filter menuju bak penampung. Pipa PVC yang digunakan berdiameter  $\frac{1}{2}$  inch dapat dilihat pada Gambar 4.31.



Gambar 4.31. Pipa PVC

### 11. Sok Drat Luar PVC

Sok drat luar PVC berfungsi sebagai penghubung dari klem bak pemesian dengan pipa PVC. Sok drat luar PVC berdiameter  $\frac{1}{2}$  inch seperti pada Gambar 4.32.



Gambar 4.32. Sok drat luar PVC



## 12. Kran Kuningan

Kran kuningan dengan ukuran  $\frac{1}{4}$  inch berfungsi untuk membuka dan menutup larutan elektrolit dari bak penampung menuju bak pemesian. Jumlah kran kuningan yang dipasang di setiap sisi bak pemesian ada dua buah sehingga bisa divariasikan jumlah aliran larutan elektrolit. Detail gambar kran kuningan ditunjukkan pada Gambar 4.33.



Gambar 4.33. Kran kuningan.

## 13. Klem Tangki PVC

Klem tangki PVC berfungsi untuk menghubungkan bak pemesian dengan sok drat luar dan mencegah kebocoran pada sambungan tersebut. Gambar klem tangki PVC seperti pada Gambar 4.34.



Gambar 4.34. Klem tangki PVC.

#### 14. Klem Selang

Klem selang berfungsi untuk mengancing selang supaya tidak terjadi kebocoran. Klem selang dapat dilihat pada Gambar 4.35.



Gambar 4.35. Klem selang.

#### 15. Meja Pendukung

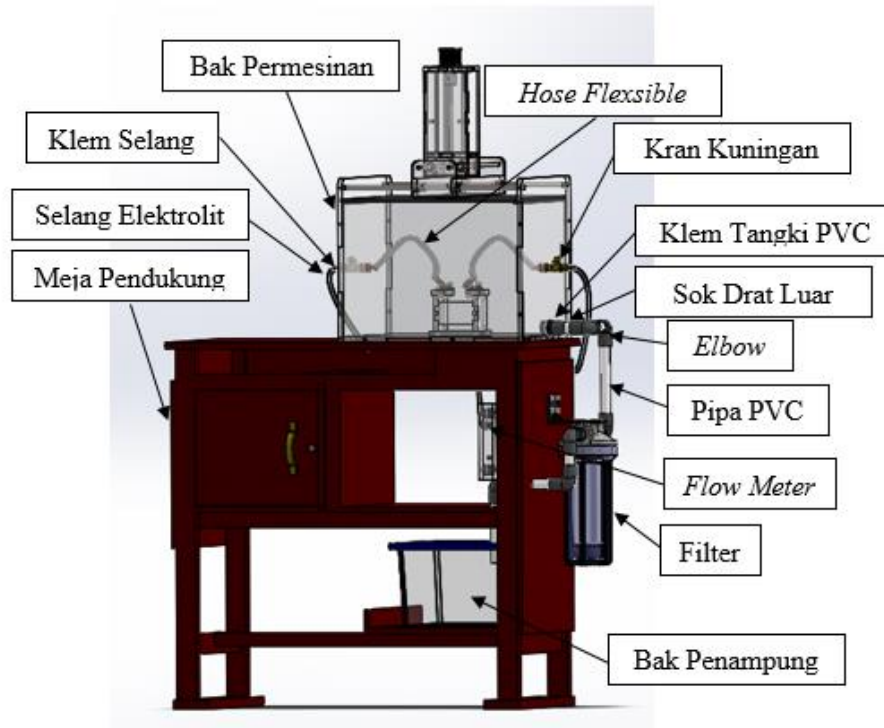
Meja pendukung berfungsi sebagai penopang komponen - komponen sistem sirkulasi larutan elektrolit. Meja pendukung berbahan kayu supaya tahan terhadap korosi dan ringan. Meja pendukung juga berfungsi untuk menopang sistem mekanik dan sistem elektrik. Meja pendukung mempunyai dimensi dengan panjang 82 cm, lebar 48,5 cm, dan tinggi 81 cm. Detail meja pendukung dapat dilihat pada Gambar 4.36.



Gambar 4.36. Meja pendukung.

#### 4.2.2. *Assembly* Sistem Sirkulasi Elektrolit

Setelah mengetahui komponen – komponen yang akan dipakai dalam sistem sirkulasi elektrolit, langkah selanjutnya adalah *assembly* setiap komponen menjadi satu kesatuan. Dalam sub - bab ini akan menjelaskan bagaimana hasil *assembly* sistem sirkulasi elektrolit dan cara kerja sistem sirkulasi elektrolit.



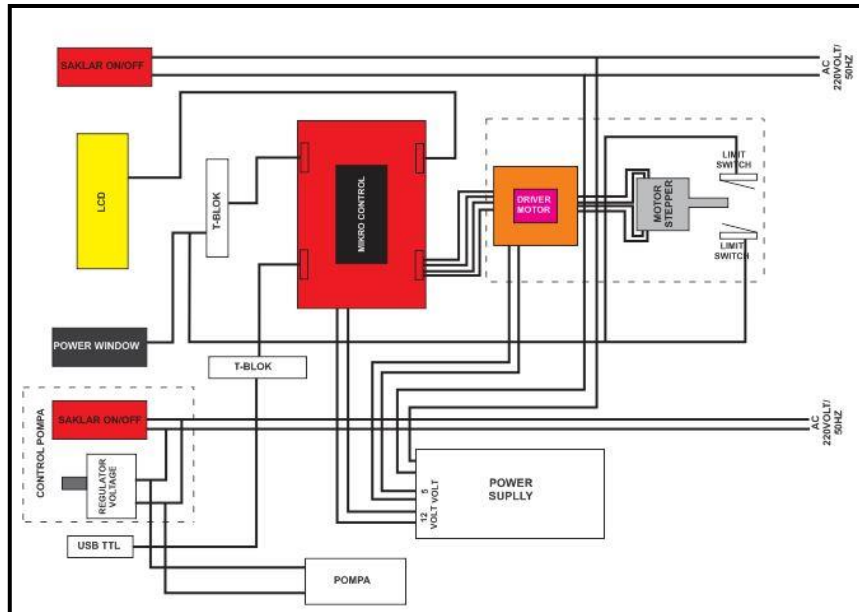
Gambar 4.37. Sistem sirkulasi larutan elektrolit.

Gambar 4.37 merupakan hasil *assembly* sistem sirkulasi elektrolit mesin ECM *single axis*. Bak penampung dipasang pada posisi paling bawah di dalamnya terpasang pompa yang akan mengalirkan elektrolit (bersih) menuju *flow meter* dan bak pemesian, dari bak pemesian elektrolit (kotor) akan dialirkan ke filter untuk disaring supaya elektrolit yang dialirkan ke bak penampung sudah kembali bersih.

#### 4.3. Perancangan Sistem Elektrik ECM *Single Axis*

Setelah melakukan perancangan sistem mekanik dan sistem sirkulasi elektrolit, perancangan selanjutnya adalah merancang sistem elektrik pada mesin ECM *single axis*. Langkah pertama untuk merancang sistem elektrik adalah membuat skema kelistrikan dan menentukan komponen apa saja yang dibutuhkan.

Skema dari sistem elektrik dapat dilihat pada Gambar 4.38.



Gambar 4.38. Skema kelistrikan sistem elektrik.

Setelah skema sistem kelistrikan dibuat maka langkah selanjutnya adalah menentukan komponen - komponen yang dibutuhkan mesin ECM *single axis* diantaranya adalah satu perangkat *power supply* ECM, *power supply microcontroller*, motor *stepper*, *microcontroller*, *stepper motor driver*, *voltage regulator*, dan kotak kelistrikan.

#### 4.3.1. Pemilihan *Power Supply* ECM

*Power supply* merupakan komponen yang paling penting pada mesin ECM, karena sistem pemakanan pada proses pemesinan ECM ini adalah aliran listrik yang mengalir antara elektrolit *tool* dan benda kerja. Jika *power supply* tidak ada maka proses pemesinan ECM tidak dapat dilanjutkan. *Power supply* harus memiliki *electrical output rating* 0 – 30 A DC dan Voltage 0 – 60 V. Oleh karena itu, penulis memutuskan untuk memilih *power supply* dengan spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Spesifikasi *power supply* yang penulis rancang.

Input	230 V
Output	0 – 30 A DC
Voltage	0 – 60 V

#### 4.3.2. Pemilihan *Power Supply Microcontroller*

Untuk menghidupkan *microcontroller* dibutuhkan komponen tambahan yaitu *power supply* yang sesuai dengan spesifikasi *microcontroller* tersebut. *Power supply* yang dipakai pada mesin ECM *Single Axis* ini adalah D – 60 A/ *Nema 17 CNC stepper motor*. *Microcontroller* mempunyai *voltage* berkisar 12 – 36 Volt, maka *power supply* yang digunakan harus sesuai dengan spesifikasi tersebut, jika tidak akan membuat umur *microcontroller* relatif lebih pendek. Spesifikasi *power supply* yang akan dipakai dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Spesifikasi *power supply microcontroller*.

<i>Type</i>	DC
<i>Input AC</i>	220 Volt
Tegangan dual <i>output</i>	12 Volt dan 5 Volt DC
Arus <i>output</i>	3 A dan 6 A
DC output Power	60 Watt

#### 4.3.3. Pemilihan *Motor Stepper*

Motor *stepper* adalah salah satu jenis motor dc yang berfungsi untuk menggerakkan *tool* mesin ECM *single axis* sehingga jarak *tool* dengan benda kerja bisa diatur. Motor *stepper* yang digunakan pada mesin ECM *single axis* harus bisa mengangkat beban dari *tool*, dudukan *tool*, dudukan *chuck tool*, dan pengunci dudukan *tool* yang diasumsikan seberat 0,5 kg. Oleh karena itu, dipilih motor *stepper* dengan spesifikasi dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Spesifikasi motor *stepper*.

<i>Phase</i>	2
<i>Step Angle</i>	1.8°
<i>Motor length</i>	40 mm
<i>voltage</i>	12 V
<i>Rated Current</i>	1.7 A
<i>Rated Power</i>	5 W
<i>Holding torque</i>	4.2 kg.cm
<i>Temperature Rise</i>	80°C max

#### 4.3.4. Pemilihan *Microcontroller*

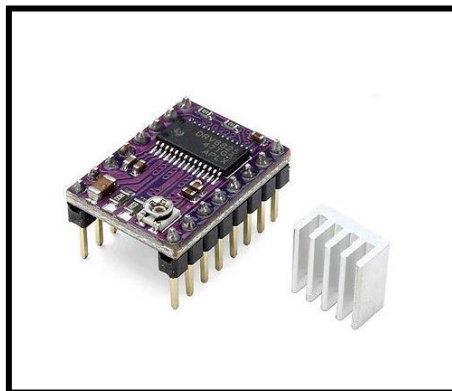
Pada perancangan sistem kelistrikan mesin ECM *single axis* itu dibuat simpel dan tanpa menggunakan seperangkat komputer untuk mengoperasikannya sehingga penulis menggunakan *microcontroler AT Mega 16 type A* sebagai prosessor mesin ECM *single axis*. *Microcontroler AT Mega 16 type A* ini berfungsi untuk menyimpan dan menjalankan program - program yang dibuat oleh aplikasi Bascom AVR seperti program pengaturan kecepatan motor *stepper*, *timer*, sensor jarak, *limit switch*, arah putaran motor *stepper*, pengaturan otomatis atau manual, dan *display* pemograman. Pada *microcontroller* ini juga bisa dipasang USB *Conector* sehingga bisa mengubah kecepatan putaran motor *stepper*, dan *timer* ketika proses pemakanan dengan laptop yang sudah terinstal aplikasi Bascom AVR. Detail gambar *Microcontroller AT Mega 16 type A* dapat dilihat pada Gambar 4.39.



Gambar 4.39. *Microcontroller AT mega 16 type A.*

#### 4.3.5. Pemilihan *Stepper Motor Driver*

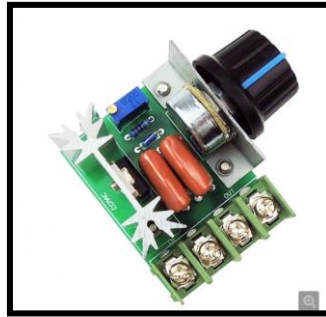
*Stepper motor driver* berfungsi untuk mengatur langkah resolusi motor *stepper*. Pada mesin ECM *single axis* menggunakan DRV8825 *stepper motor driver* karena *stepper motor driver* jenis ini mempunyai langkah resolusi sampai 1/32 langkah sehingga motor *stepper* bisa diatur minimal kecepatannya sampai 0.02 mm/s dan putarannya menjadi halus serta tidak ada getaran yang besar. Detail gambar DRV8825 *stepper motor driver* dapat dilihat pada Gambar 4.40.



Gambar 4.40. *DRV8825 stepper motor driver.*

#### 4.3.6. *Regulated Voltage*

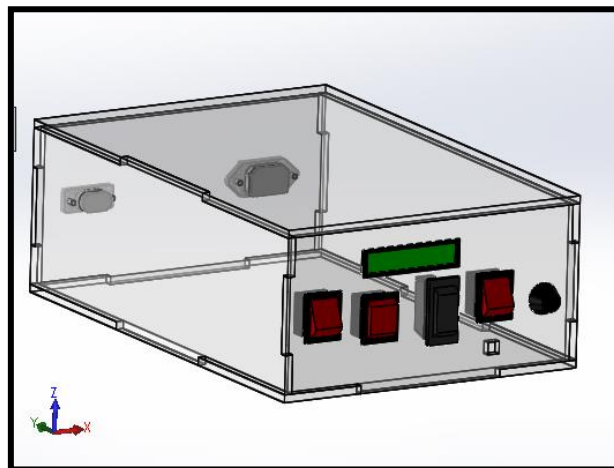
*Regulated Voltage* berfungsi untuk mengatur arus tegangan yang masuk ke pompa listrik 220V AC. Sehingga laju aliran larutan elektrolit bisa divariasikan. Detail gambar *regulated voltage* ditunjukkan pada Gambar 4.41.



Gambar 4.41. *Regulated voltage*

#### 4.3.7. Kotak Kelistrikan

Kotak kelistrikan berfungsi sebagai wadah sistem kelistrikan mesin ECM *single axis* dan melindungi sistem kelistrikan dari larutan elektrolit. Pada bagian depan kotak kelistrikan terdapat beberapa komponen diantaranya tombol *on off power supply microcontroller*, tombol pengaturan *auto* atau *manual*, tombol naik turun, lcd, tombol *on off* pompa, dan potensio *voltage regulator* pompa seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.42.

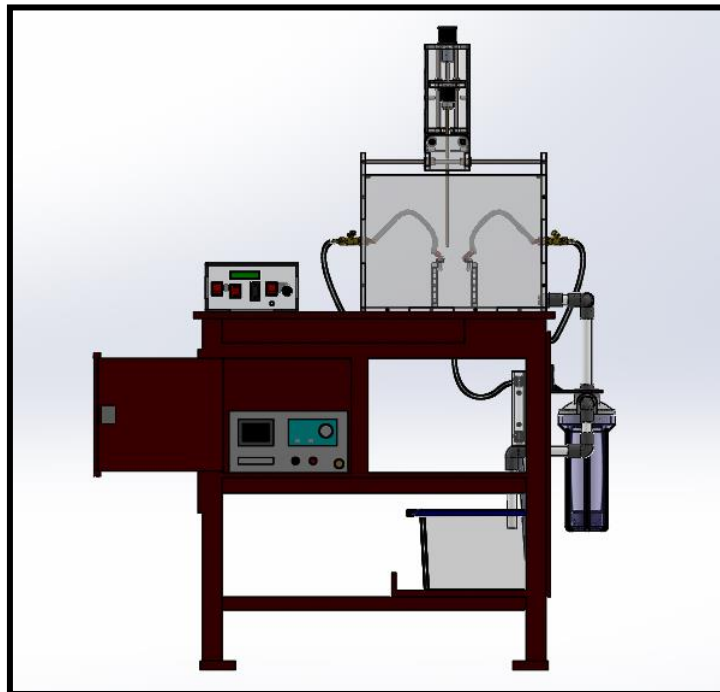


Gambar 4.42. Kotak Kelistrikan



#### 4.3.8. *Assembly Sistem Elektrik*

Setelah mengetahui komponen – komponen yang akan dipakai dalam system elektrik, langkah selanjutnya adalah *assembly* setiap komponen menjadi satu kesatuan. Dalam sub - bab ini akan menjelaskan bagaimana hasil *assembly* sistem elektrik dan cara kerja sistem elektrik.



Gambar 4.43. Sistem elektrik.

Gambar 4.43 merupakan hasil *assembly* sistem elektrik mesin ECM *single axis*. *Power supply* ECM berada di dalam lemari meja pendukung supaya terlindung dari larutan elektrolit yang bisa menyebabkan korosi. Cara kerja dari sistem elektrik yang pertama hidupkan *microcontoller* dengan menekan tombol *on off power supply microcontoller*. Setelah hidup *microcontoller*, langkah selanjutnya adalah mengatur jarak *tool* dengan benda kerja. Kemudian setelah jarak *tool* dengan benda kerja sesuai yang diinginkan maka hidupkan pompa untuk menyemprotkan larutan elektrolit. Kemudian hidupkan *power supply* ECM untuk memulai pemesinan.