

PEMILIHAN MEKANISME UNIT PENGGULUNGAN COIL PADA PERANCANGAN WINDING COIL MACHINE

Fransiska Karlentina Hapsari^{1*}, Galih Firdawan Bhakti², Daniel Mustika Dewantoro³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

*Email: fransiska.karlentina@atmi.ac.id

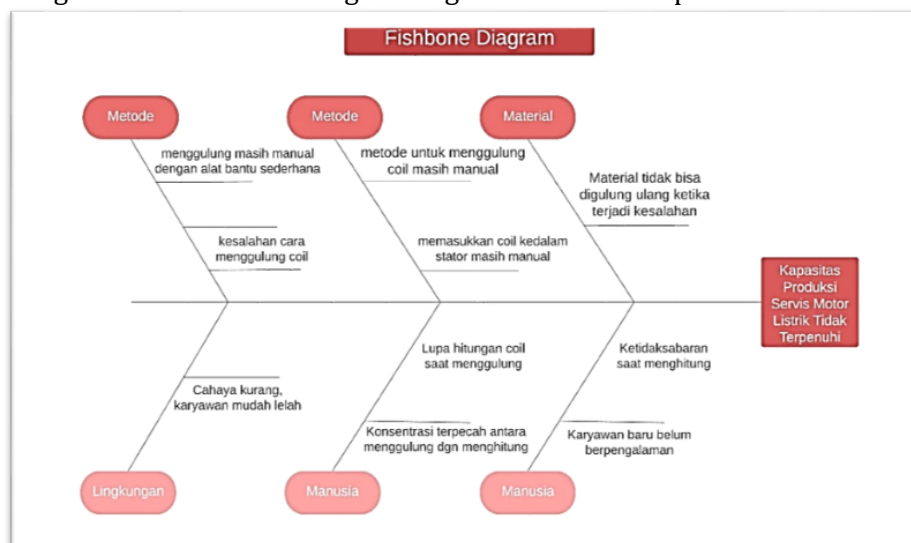
Abstrak

Permintaan servis motor listrik masih terus meningkat seiring dengan berkembangnya minat masyarakat untuk menyervis motor listrik yang sudah rusak daripada membeli baru. Kesulitan yang paling umum terjadi dalam proses servis motor listrik adalah pada tahap penggulungan kawat tembaga (kawat email) menjadi coil. Metode yang digunakan untuk menentukan jenis mekanisme terbaik untuk menggulung coil adalah dengan menggunakan metode morfologi disertai penilaian. Dari metode morfologi tersebut, didapati jenis mekanisme yang terbaik dengan nilai tertinggi yaitu mekanisme penggulung dengan winder menyerupai capit. Mekanisme penggulung dengan winder menyerupai capit lebih efisien dalam penggulungan karena lebih ringan sehingga dapat mencapai kecepatan tinggi dan lebih compact sehingga dapat menekan biaya material dan proses. Potensi mekanisme ini untuk menjadi sebuah alat bantu alternatif ditinjau dari segi fungsi yang dapat menggantikan manusia dalam proses menggulung coil sehingga lebih cepat dan presisi. Hal ini dikarenakan mekanisme yang dirancang menggunakan motor untuk menggulung coil sehingga proses yang terjadi lebih cepat dan sensor serta counter untuk menghitung jumlah gulungan yang telah dilakukan.

Kata kunci: coil, kawat email, motor listrik, penggulungan, winding coil machine

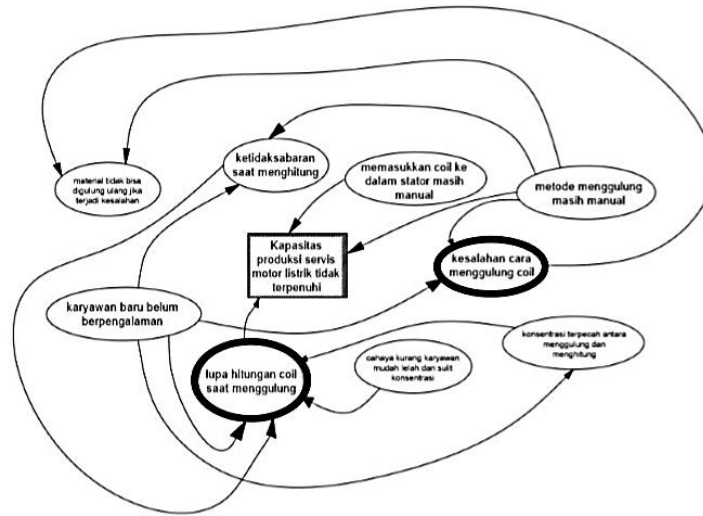
1. PENDAHULUAN

Motor listrik adalah salah satu produk yang sangat sering digunakan di kehidupan manusia. Motor listrik dalam penggunaannya sering mengalami beberapa masalah seperti penurunan kecepatan putar bahkan hingga mati total sehingga memaksa konsumen untuk membeli baru atau menyervis motor listrik mereka. Di kota Solo terdapat sebuah UKM yang bergerak di bidang jasa mereparasi dinamo/ motor listrik, khususnya di bagian spull atau proses penggulungan ulang coil dinamo yang mana di UKM tersebut masih menggunakan metode penggulungan yang dilakukan menggunakan alat bantu yang dioperasikan secara manual atau dengan kata lain masih sangat mengandalkan kemampuan manusia



Gambar 1 Fishbone Diagram

Dari *fishbone diagram* di atas, dapat dibuat sebuah diagram keterkaitan seperti pada gambar di bawah.



Gambar 2 Diagram Keterkaitan

Diagram keterkaitan di atas menjelaskan faktor apa saja yang menjadi penyebab utama dalam permasalahan di tempat usaha yang ada. Dapat dilihat bahwa kesalahan cara menggulung coil menyebabkan proses material rusak sehingga tidak dapat digulung kembali. Proses penggulangan yang masih dilakukan secara manual dan resiko kesalahan metode operator penggulangan coil bisa diatasi dengan menggunakan unit mekanisme penggulangan coil mesin kami yang mana dapat menggulung coil dengan waktu yang lebih cepat, lebih rapi, serta dilengkapi dengan sensor dan counter sehingga menghilangkan kemungkinan resiko lupa perhitungan, operator hanya cukup melakukan penggantian gulungan kawat email/kawat tembaga sewaktu habis dan hanya cukup menekan satu tombol untuk menjadikan sebuah coil siap proses.

1.1. Spesifikasi Input

Di bawah ini dijabarkan mengenai apa saja *input* yang dimasukkan ke dalam *unit* mekanisme penggulangan *coil* beserta spesifikasinya :

a. Kawat Tembaga

Kawat tembaga adalah satu-satunya input yang dimasukkan ke dalam *unit* mekanisme penggulangan *coil* ini. Ukuran diameter kawat tembaga yang dimasukkan pun bervariasi sesuai spesifikasi motor listrik yang diservis. Berikut adalah *range* ukuran diameter kawat tembaga yang digunakan untuk beberapa jenis tipe motor yang telah dipilih sebagai batasan masalah.

Tabel 1 Range ukuran diameter kawat

D kawat	D kawat
0.6	1.1
0.7	1.2
0.8	1.3
0.9	1.5

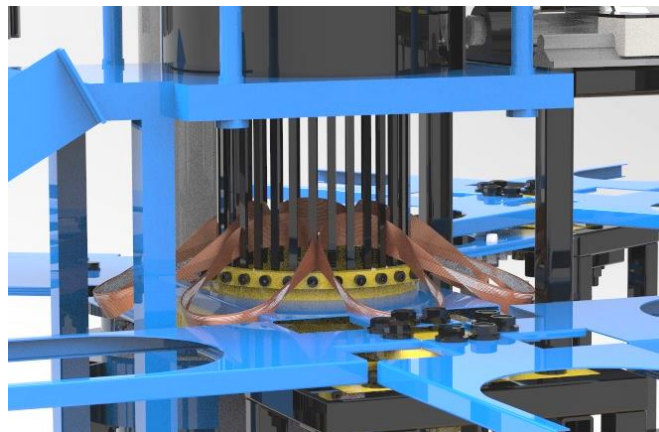
Berikut adalah contoh gambar dari *input* kawat tembaga atau *bronze wire* yang digunakan pada mesin. Kawat tembaga dimasukkan sebagai *input* dengan kondisi masih tergulung di dalam wadahnya.



Gambar 3 Kawat Tembaga

1.2. Spesifikasi *Output*

Mesin ini menghasilkan *output* berupa kawat tembaga yang sudah terbentuk menjadi *coil* yang nantinya siap untuk dimasukkan ke dalam *stator* kosong baik secara *manual* maupun diproses lebih lanjut pada unit lain.



Gambar 4 *Output* Unit Mekanisme Penggulung *Coil*

Perancangan *unit* mekanisme penggulungan *coil* memiliki batasan proses sebagai berikut :

1. Penggantian *input* berupa kawat tembaga atau *bronze wire* tidak perlu otomatis atau dengan kata lain dilakukan secara *manual* oleh operator saja.
2. Perhitungan jumlah perputaran *winder* saat menggulung *coil* dilakukan oleh *sensor* dan *counter*.

2. METODOLOGI

Proses perancangan *unit* mekanisme penggulung *coil* memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai sarana pendukung dan perlengkapan dalam proses perancangan serta penerapan metode pengumpulan data serta perumusan masalah.

2.1. Alat

Dalam merancang *unit* mekanisme penggulung *coil*, alat yang digunakan sebagai sarana dan perlengkapan yang membantu jalannya proses antara lain :

1. Laptop/ PC

Dalam proses perancangan *unit* mekanisme penggulung *coil* membutuhkan laptop/ PC dengan jenis *processor* AMD A10-7400P Radeon R6, 10 Compute Cores 4C+6G @2.50GHz (4 CPUs) dengan RAM *size* minimal 8 GB.

2. Software

Dalam proses perancangan *unit* mekanisme penggulung *coil* membutuhkan AutoCAD 2017 untuk *software design* dalam proses perancangan gambar 2D, Solidworks 2018 *Educational Version* untuk *software design* dalam proses perancangan gambar 3D serta Microsoft Word 2013 untuk proses penyusunan laporan.

2.2. Bahan

Dalam merancang *unit* mekanisme penggulung *coil*, bahan-bahan yang diperlukan untuk memulai proses perancangan antara lain :

1. Informasi Langsung dari Narasumber melalui Wawancara

Informasi-informasi yang dihimpun langsung dari narasumber melalui metode wawancara dapat digunakan sebagai penentu utama dari rancangan yang akan dibuat serta pelengkap materi dalam proses perancangan *unit* mekanisme penggulung *coil*.

2. Catatan Jurnal

Catatan jurnal dari seseorang bisa didapatkan melalui internet atau *website* resmi. Catatan jurnal nantinya dapat digunakan sebagai pembanding antara analisis perancangan dengan dasar-dasar teori yang sudah ada.

2.3. Metode Pengerjaan

Metode pengerjaan yang telah dihimpun dengan beberapa tahapan dituangkan ke dalam sebuah *flowchart* pada gambar di bawah ini.



Gambar 5 *Flowchart* proses pengerjaan

2.3.1. Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam proses perancangan *unit* mekanisme penggulung *coil* antara lain :

1. Metode Observasi dan Wawancara

Sumber referensi yang paling sering digunakan dalam menghimpun data serta informasi adalah melalui wawancara dengan narasumber terpercaya atau narasumber yang lebih berkompeten mengenai hal yang akan dirancang dan observasi dengan langsung turun ke lapangan. Wawancara dengan narasumber terpercaya meliputi praktisi, pakar bidang perancangan mesin, orang yang berkompeten di bidang perhitungan analisis, konstruksi serta kontrol.

2. Metode Pustaka

Sumber referensi lain yang dapat digunakan untuk menghimpun data serta informasi adalah melalui internet, buku-buku, katalog hingga referensi dari pembimbing dan laporan tugas akhir dari angkatan tahun sebelumnya.

2.3.2. Perancangan

Setelah semua data yang diperlukan guna melengkapi kebutuhan proses perancangan *unit* mekanisme pengguling *coil* telah terkumpul, maka dapat dilakukan proses perancangan yang pada dasarnya dibagi menjadi beberapa tahap, antara lain :

1. Penentuan Matriks Kebutuhan

Data-data yang telah dikumpulkan harus ditentukan terlebih dahulu keterkaitannya antara satu dengan yang lain sebelum memulai proses perancangan. Pada proses penentuan matriks kebutuhan diperlukan beberapa data pendukung seperti *requirement list* yang bisa didapatkan melalui wawancara guna mengetahui permintaan *customer*, *engineer characteristic* yang diperlukan untuk menjawab permintaan dari *customer* serta matriks kebutuhan yang dapat dihimpun guna menentukan hubungan antara *requirement list* dengan *engineer characteristic*.

2. Pemilihan Konsep

Pemilihan konsep dilakukan dengan metode oleh Stuart Pugh atau lebih sering didengar dengan sebutan *morphological method*, yaitu dengan membandingkan antara tiga atau lebih konsep yang dianggap mampu memenuhi *requirement list*.

3. Penilaian Konsep

Penilaian konsep dilakukan dengan menimbang kemampuan konsep tersebut dalam memenuhi *requirement list* serta menimbang akan kelebihan serta kekurangan dari masing-masing konsep yang telah ditentukan.

4. Penentuan Konsep Pemenang

Penentuan konsep pemenang ditentukan berdasarkan hasil dari penilaian menggunakan kriteria pembobotan serta kriteria penilaian. Hasil dari penilaian tersebut merupakan hasil akhir dari perancangan yang akan dibuat untuk kemudian dianggap sebagai konsep yang paling memenuhi *requirement list* dibandingkan konsep lainnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan konsep *unit* mekanisme penggulingan *coil* ini dilaksanakan dalam beberapa tahap, antara lain pembuatan perancangan morfologi, deskripsi konsep, kriteria pembobotan, kriteria penilaian serta penilaian ketiga buah konsep guna mendapatkan sebuah konsep pemenang yang paling memenuhi kebutuhan konsumen.

3.1. Penentuan Matriks Kebutuhan

Dalam membuat matriks kebutuhan, diperlukan beberapa elemen-elemen yang nantinya mendukung untuk menentukan keputusan akhir dari matriks kebutuhan, seperti; tingkat kepentingan pada *requirement list*, *engineering characteristic*, dan lain sebagainya.

Tabel 2 Tingkat kepentingan *requirement list*

<i>Reqierement List</i>	TK
Kapasitas produksi harian min. 4-5 unit motor listrik	5
Daya listrik mesin maksimal 1300 Watt	5
Ukuran mesin <i>compact</i> 3000x3000x3000 mm	5
Harga mesin maksimal Rp100.000.000,00	4
Mudah dioperasikan	4
<i>Winding coil</i> lebih dari satu jenis motor listrik (4-5 HP)	3
Rancangan dan warna futuristik serta menarik	2

Keterangan:

Berdasarkan data dari tabel di atas dapat disimpulkan bahwa permintaan *customer* yang memiliki tingkat kepentingan paling tinggi (dinilai lima (5)) antara lain kapasitas produksi harian servis motor listrik minimal empat sampai lima unit dalam satu hari, daya listrik mesin maksimal 1300 Watt, serta ukuran mesin yang *compact* maksimal 3000 x 3000 x 3000 mm. Permintaan *customer* yang bersifat rata-rata atau bernilai tiga (3) adalah dapat menyervis lebih dari satu jenis motor listrik (4-5 HP).

Dalam mencapai permintaan *customer* tersebut maka dibuatlah rumusan mengenai solusi yang dapat menjawab permintaan-permintaan tersebut.

Tabel 3 Engineering Characteristic

Engineering Characteristic
Kecepatan putaran <i>spinning</i> (rpm)
Daya listrik maksimal (watt)
Harga mesin (rupiah)
Sumber energi listrik
Jarak antar proses (menit)
Berat kawat tembaga (kg)
Berat stator <i>input</i> dari motor listrik (kg)
Ukuran mesin (mm)
Ukuran pipa <i>frame</i> (mm)
Lama waktu penggulangan (detik)

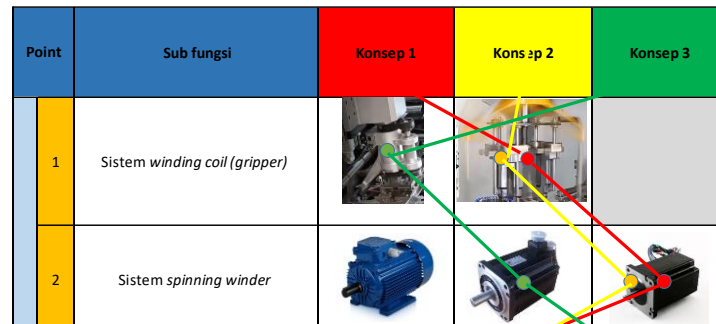
Setelah ditentukan semua *engineering characteristic* dari permintaan-permintaan yang telah dijabarkan oleh *customer*, maka langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah merumuskan hubungan yang terjadi antara *requirement list* dengan *engineer characteristic* pada sebuah tabel matriks kebutuhan.

The Voice of Engineer										
	Kecepatan <i>spinning</i> (rpm)	Kecepatan penggulangan (menit)	Daya listrik maksimal (watt)	Harga mesin (rupiah)	Sumber energi (listrik)	Jarak antar proses (menit)	Berat kawat tembaga (kg)	Berat Stator (kg)	Ukuran mesin (mm)	Ukuran pipa <i>frame</i> (mm)
Requiereement List	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Listrik maksimal 1300 watt	5									
Meningkatkan kapasitas produksi (4 - 5 unit)	5									
Ukuran mesin <i>compact</i>	5									
Harga mesin terjangkau (dibawah 100 juta)	4									
Mudah di operasikan	4									
Dapat menservis berbagai motor (4-5 HP)	3									
Desain dan warna futuristik	2									
Absolute Importance	30	93	49	66	49	45	35	8	55	47
Relative Importance (%)	6,29	19,50	10,27	13,84	10,27	9,43	7,34	1,68	11,53	9,85

Gambar 6 Daftar tingkat kepentingan

3.2. Perancangan Konsep *Unit* Mekanisme Penggulangan *Coil*

Rancangan morfologi *unit* mekanisme penggulangan *coil* yang dijabarkan pada tabel di bawah menjelaskan mengenai mekanisme penggulangan *coil* serta mekanisme untuk *transferring coil* yang telah selesai untuk diproses di *unit* selanjutnya.



Gambar 7 Desain morfologi mekanisme penggulangan

Konsep yang dihasilkan pada perancangan morfologi di atas dinyatakan dalam titik yang saling dihubungkan oleh garis yang mana konsep pertama digambarkan dengan garis berwarna merah, konsep kedua digambarkan dengan warna kuning dan konsep ketiga digambarkan dengan garis berwarna hijau.

3.3. Penilaian Konsep *Unit* Mekanisme Penggulangan *Coil*

Penilaian konsep *unit* mekanisme penggulangan *coil* ini dilakukan dalam tiga tahap, antara lain perhitungan kriteria pembobotan, penentuan kriteria penilaian serta penilaian ketiga konsep.

1. Pembobotan Faktor Penilaian

Penilaian ketiga konsep yang telah ditentukan oleh perancang *unit* mekanisme penggulangan *coil* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Pembobotan Faktor Penilaian

PEMBOBOTAN PROSES	Kriteria Penilaian							
	Kecepatan spinning motor (rpm)	Ukuran mesin (mm)	Kecepatan memasukkan coil (detik)	Sumber energi listrik (Watt)	Jarak antar proses (detik)	Berat kawat tembaga (kg)	Berat Stator (kg)	Ukuran pipa frame (mm)
Kecepatan spinning motor (rpm)	1	0	0	1	2	1	1	0
Ukuran mesin (mm)	1	1	2	0	1	0	1	2
Kecepatan memasukkan coil (detik)	2	0	1	1	2	1	0	0
Sumber energi listrik (Watt)	1	0	0	1	0	1	1	0
Jarak antar proses (detik)	2	1	1	0	1	0	0	1
Berat kawat tembaga (kg)	0	1	0	1	1	1	0	1
Berat Stator (kg)	0	1	2	1	1	0	1	1
Ukuran pipa frame (mm)	0	2	2	0	1	0	2	1
Jumlah	7	6	8	5	9	4	6	6
Bobot	0.625	1	1	0.5	0.88	0.375	1	0.88

2. Kriteria Penilaian

Kriteria penilaian ketiga konsep yang telah ditentukan oleh perancang *unit* mekanisme penggulangan *coil* dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5 Kriteria penilaian *unit* mekanisme penggulangan *coil*

Konsep Sistem Proses		Nilai				
No	Kriteria	5	4	3	2	1

1	Daya listrik (watt)	<450 W	450 - 700 W	700 - 900 W	900 - 1300 W	>1300 W
2	Ukuran mesin	≥1000x1000 x1000 mm	≥1500x1500 x1500 mm	≥1800x1800 x1800 mm	≥2500x2500 x2500 mm	3000x3000x3000 mm
3	Kecepatan memasukkan <i>coil</i>	1s	2s	3s	4s	5s
4	Kemudahan <i>maintenance</i>	Tanpa alat bantu dan alat khusus	Membutuhkan alat bantu namun tanpa alat khusus	Membutuhkan alat khusus namun tanpa alat bantu	Membutuhkan alat bantu beserta alat khusus	Butuh alat bantu khusus serta diharuskan membongkar konstruksi

3. Penilaian Konsep

Penilaian ketiga konsep yang telah ditentukan oleh perancang *unit* mekanisme penggulungan *coil* dapat dilihat pada tabel 6.

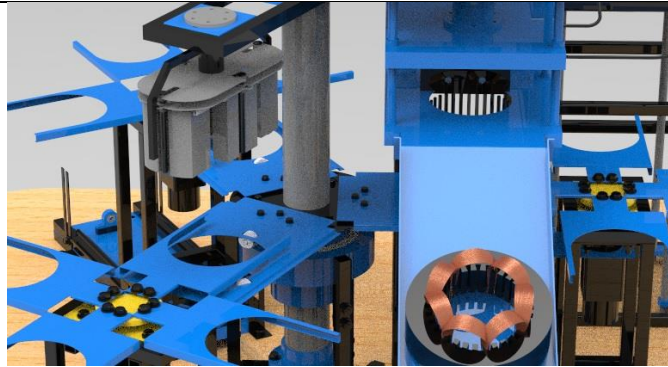
Tabel 1.6 Penilaian Konsep

No	Kriteria	Bobot	Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3	
			Nilai	Total	Nilai	Total	Nilai	Total
1	Kecepatan <i>spinning</i> motor (rpm)	0.625	5	3.125	5	3.125	4	2.5
2	Ukuran mesin (mm)	1	3	3	3	3	4	4
3	Kecepatan memasukkan <i>coil</i> (detik)	1	4	4	4	4	5	5
4	Sumber energi (Watt)	0.5	3	1.5	2	1	2	1
5	Jarak antar proses (detik)	0.88	4	3.52	2	1.76	2	1.76
6	Berat kawat tembaga (kg)	0.38	3	1.14	3	1.14	3	1.14
7	Berat stator (kg)	1	3	3	3	3	3	3
8	Ukuran pipa <i>frame</i> (mm)	0.88	4	3.52	4	3.52	4	3.52
Total		6.265	29	22.805	26	20.545	23	21.92
Peringkat			Peringkat 1		Peringkat 3		Peringkat 2	

Pada tabel 6 dapat disimpulkan bahwa konsep pertama yaitu mekanisme penggulung dengan *winder* menyerupai caprit menjadi konsep pemenang untuk *unit* mekanisme penggulungan *coil* dikarenakan mendapatkan nilai total tertinggi serta mendapatkan peringkat pertama sehingga dianggap sudah mampu mencukupi kebutuhan *customer* berdasarkan permintaan pada *requirement list*.

3.4. Deskripsi Konsep Mekanisme Penggulung *Coil* dengan *Winder* Menyerupai *Caprit*

Mekanisme penggulung *coil* dengan *winder* menyerupai caprit menggunakan mekanisme penggulung yang berputar pada porosnya dengan putaran (rpm) yang tinggi guna menggulung *coil*. Motor yang digunakan untuk menggerakkan penggulung berupa motor listrik. Operator hanya tinggal melakukan *setting* pada bagian *input* kawat kemudian menekan tombol untuk memulai proses.



Gambar 1.8 Unit Mekanisme Penggulung Coil

4. KESIMPULAN

Dari seluruh penjabaran dan pembahasan mengenai pemilihan mekanisme *unit* penggulangan *coil* pada perancangan *Winding Coil Machine*, diambil kesimpulan bahwa unit penggulangan yang dipakai pada perancangan *Winding Coil Machine* adalah mekanisme penggulangan dengan *winder* menyerupai capit karena merupakan konsep terbaik dari proses pemilihan morfologi dan dinilai berhasil menyelesaikan beberapa masalah. Masalah-masalah tersebut di antaranya pemenuhan permintaan *customer* melalui *requirement list* untuk servis motor listrik dengan cara menambah kapasitas produksi usaha, mengatasi keterlambatan penyelesaian motor listrik karena proses servis menjadi lebih cepat karena menggunakan mesin, mengatasi ketergantungan kemampuan manusia dalam menggulung *coil* yang riskan lupa maupun kurang rapi. *Unit* ini juga telah memenuhi permintaan lain seperti dapat menyervis lebih dari satu jenis motor listrik dengan batasan 4-5 HP serta memenuhi ukuran maksimal mesin yaitu 3000x3000x3000 mm dengan ukuran mesin 1500x1500x1500 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Caruso, M., Tommaso, A. O. D., Marignetti, F., Miceli, R. dan Galluzo, G. R., 2018, A General Mathematical Formulation for Winding Layout Arrangement of Electrical Machines, *Energies*, Palermo, diakses tgl 24 Januari.
- Rizwan, Khan dan Moin, Sk., 2010, Multi-phase Alternative Current Machine Winding Design, *International Journal of Engineering, Science and Technology*, Qatar, diakses tanggal 27 Mei.