

RANCANG BANGUN MESIN GULUNG TRANSFORMATOR OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER

Iman Fushshilat, Yoyo Somantri, Maman Somantri

Program Studi Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI

Jl. Dr. Setiabudhi No.207 Bandung

Email: iman.fushshilat@student.upi.edu

Diterima : 06 Januari 2014

Disetujui : 28 Maret 2014

Dipublikasikan : Maret 2014

ABSTRAK

Industri pembuatan alat pengubah besaran tegangan dan arus listrik atau transformator yang lebih dikenal dengan singkatan trafo merupakan industri yang berkembang di Indonesia. Saat ini beberapa industri pembuatan trafo masih menggunakan mesin gulung trafo manual yang cara kerja utamanya masih menggunakan tangan untuk memutar tuas gulungan pada mesin gulung trafo manual, meskipun sebenarnya saat ini sudah banyak dijual mesin gulung trafo otomatis buatan luar negeri dengan merk-merk tertentu namun harga dari mesin tersebut relatif mahal. Tujuan penelitian ini yaitu membuat suatu mesin yang berfungsi untuk membantu pekerjaan menggulung transformator secara otomatis berbasis mikrokontroler yang mempunyai kinerja yang baik dan dapat dibuat dengan biaya yang murah. Metodologi penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen. Hasil penelitian ini menghasilkan sebuah mesin yang dapat membantu pekerjaan menggulung trafo dalam proses pembuatan trafo yang mampu bekerja secara otomatis, dan dilengkapi dengan fitur input nilai setting putaran, program memori, display elektronik, dan pengereman secara otomatis menggunakan sistem elektronik. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu: mesin gulung transformator otomatis berbasis mikrokontroler menunjukkan kinerja yang cukup baik dengan tingkat ketelitian sebesar 98,55 % , dan tingkat kesalahan (error) selisih putaran sebesar 1,46 %. Nilai penyimpangan rata rata selisih putaran sebesar 0,209 putaran dengan nilai rata rata kesalahan putaran terbesar bernilai 0,36 putaran. Faktor konsumsi daya listrik yang rendah yakni sebesar 48,8 W serta biaya pembuatan alat yang relatif murah menjadikan keunggulan bagi mesin gulung transformator berbasis mikrokontroler yang telah dirancang.

Kata kunci: transformator, otomatisasi, kontrol, mesin gulung, mikrokontroler

ABSTRACT

Industrial manufacture of electrical energy conversion or transformer acronym with trafo is a growing industry in Indonesia. Until right now several transformer manufacture industry still use manual transformer winding machine which still use hand for rotate lever winder in manual transformer winding machine, but in actually right now has sold quite a lot of automatic transformer winding machine with certain brands made by other country but the price of these machines is expensive. Purpose of this research is to make a machine to help winding transformer with automaticall using microcontroler base which has good performance and can be made with low cost. Methodology of this research using experimental research. Result of this research producted an engine that can help the work of winding transformer in the transformer manufacturing process which able to work automatically, with build in feature for input value of setting point, memory program, electronic display, and automatic breaking system use electronically. Conclusion of this research, automatic transformer winding machine based microcontroller that has been made shows good performance with a level of accuracy is 98.55%, and the level error of turn or error margin of turn is 1.46%. Value of turn average deviation is 0,209, with the biggest turn deviation is 0,36. Factor of low power electric consumption which is 48,8 W and low cost for making this machine conclude an advantage for the automatic transformer winding machine based microcontroller which has been designed.

Keywords: transformers, automation, control, winding machine, microcontroller

PENDAHULUAN

Sebagai negara berkembang, Indonesia mempunyai beragam sektor industri, salah satunya industri manufaktur. Industri manufaktur adalah suatu kegiatan ekonomi yang melakukan kegiatan mengubah suatu barang dasar secara mekanis, kimia atau dengan tangan sehingga menjadi barang jadi atau setengah jadi dan atau barang yang kurang nilainya menjadi barang yang lebih tinggi nilainya, termasuk dalam kegiatan ini adalah kegiatan jasa industri dan pekerjaan perakitan (*assembling*) [1]. Menurut Menteri dalam negeri pertumbuhan industri manufaktur di Indonesia pada tahun 2013 ditargetkan 7,14 % [2]. Salah satu contoh jenis industri manufaktur yang berkembang di Indonesia adalah industri pembuatan transformator atau yang lebih dikenal dengan singkatan trafo yaitu alat pengubah besaran tegangan dan arus listrik. Saat ini beberapa industri pembuatan trafo masih menggunakan mesin gulung trafo manual yang cara kerja utamanya masih menggunakan tangan untuk memutar tuas gulungan pada mesin gulung trafo manual, meskipun sebenarnya saat ini sudah banyak dijual mesin gulung trafo otomatis buatan luar negeri dengan merk-merk tertentu, namun harga dari mesin mesin tersebut relatif mahal.

Tujuan penelitian ini yaitu merancang mesin gulung transformator otomatis untuk mempermudah proses pembuatan transformator, dimana mesin gulung transformator otomatis yang dirancang sudah berbasis mikrokontroler yang menggunakan sistem otomatisasi elektronik yang mempunyai kualitas dan performa yang baik dan dapat dibuat dengan biaya ekonomis, sehingga diharapkan alat yang dirancang ini dapat diimplementasikan di industri pembuatan trafo, khususnya untuk industri usaha kecil dan menengah dengan harapan hasil produksi dari industri pembuatan trafo tersebut menjadi meningkat dan mempunyai kualitas yang baik.

Transformator adalah *device* pasif elektrik yang berfungsi untuk mengubah besar arus dan tegangan listrik [3]. fungsi transformator ini sangat diperlukan sekali dalam sebuah sistem atau rangkaian elektronika, transformator berperan dalam menyalurkan tenaga atau daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan yang rendah atau sebaliknya [4]. Selain berperan dalam sistem distribusi listrik yaitu sebagai pengubah tegangan dan arus listrik, aplikasi dari transformator banyak digunakan diperalatan elektronik seperti TV, Komputer, Radio, Printer, *Charger Handphone*, dan lain lain.

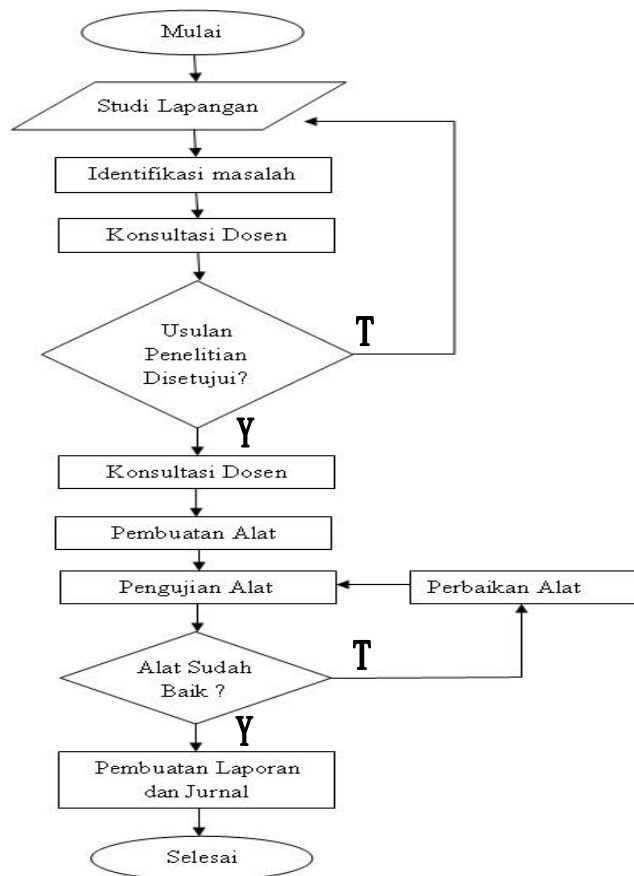
Mikrokontroler merupakan suatu terobosan baru teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer, sebagai teknologi baru yaitu teknologi semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak namun hanya membutuhkan ruang yang kecil, mikrokontroler hadir untuk memenuhi selera industri dan para konsumen akan kebutuhan alat bantu yang lebih baik dan canggih [4]. Mikrokontroler adalah suatu mikroprosesor plus, yang merupakan otak dari suatu sistem elektronika seperti halnya mikroprosesor sebagai otak komputer, nilai plus bagi mikrokontroler adalah terdapatnya memori dan port input, output dalam suatu kemasan *Integrated Circuit (IC)* [5]. Mikrokontroler dapat dipandang sebagai suatu sistem dimana perancang dapat mengatur perilaku dari mikrokontroler tersebut melalui program [6].

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen. Tahapan metode eksperimen pada penelitian ini diuraikan sebagai berikut: Studi lapangan dan identifikasi masalah, Studi literatur, Konsultasi dengan pakar, Perancangan dan pembuatan alat, Melakukan pengujian di lapangan. Menganalisa hasil pengujian, Melakukan perbaikan alat jika terjadi kesalahan atau tujuan belum terpenuhi, Melakukan pengujian ulang dan kembali melakukan perbaikan jika masih terdapat kesalahan, dan yang terakhir pembuatan laporan dan jurnal. Pada tahap studi lapangan dan identifikasi masalah dilakukan proses observasi dan analisis

terhadap permasalahan yang muncul di lapangan, studi literatur dilakukan untuk menambah referensi yang berkaitan dengan pembuatan alat yang merupakan pemecahan masalah yang telah teridentifikasi.

Pada tahap konsultasi dengan pakar direalisasikan dalam bentuk konsultasi dengan dosen yang merupakan ahli di bidang elektro dan elektronika maupun dari segi tata cara penelitian dan penulisan karya ilmiah, dilanjutkan dengan tahap perancangan dan pembuatan Alat, pada tahap ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu pembuatan hardware alat meliputi hardware elektronik dan hardware mekanik. Bagian lain dari tahap perancangan dan pembuatan adalah bagian pembuatan firmware yang dibuat untuk mengatur kerja dari mikrokontroler yang merupakan otak dari sistem hardware alat mesin gulung trafo otomatis berbasis mikrokontroler, tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap alat yang telah dibuat di lapangan, pengujian dilakukan di salah satu industri pembuatan trafo di kawasan cimareme kota cimahi yaitu CV Bakat Perdana Mandiri. pada tahap ini alat yang telah dibuat di ujicobakan langsung dengan menggunakan bahan-bahan dan alat yang digunakan di industri pembuatan trafo tersebut, untuk mengetahui tingkat kinerja dari alat yang telah dirancang secara maksimal. Setelah melakukan pengujian dilanjutkan dengan analisa data hasil pengujian, pada tahap ini data hasil pengujian diolah sedemikian rupa sehingga menghasilkan sebuah simpulan sementara mengenai kinerja dari alat yang telah dibuat, jika dari simpulan tersebut didapat bahwa alat belum memenuhi standar khususnya standar yang dipakai di industri pembuatan trafo yang digunakan untuk pengujian alat, maka dilakukan proses perbaikan terhadap alat kemudian melakukan pengujian alat sampai didapat kesimpulan bahwa alat sudah menunjukkan kinerja yang baik dan memenuhi standar produksi di tempat pengujian alat. Berikut merupakan gambar diagram alir penelitian:

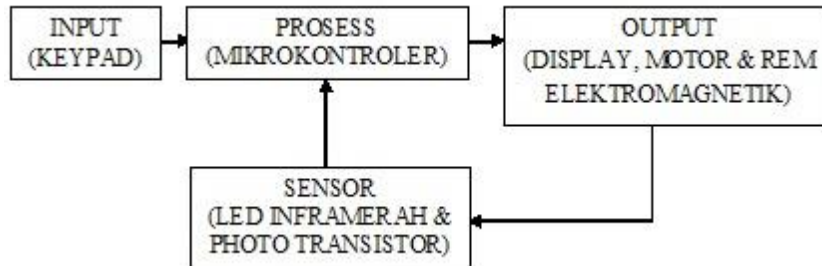


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

PERANCANGAN SISTEM

Diagram Blok

Berikut merupakan gambar diagram blok mesin gulung transformator otomatis berbasis mikrokontroler.



Gambar 2. Diagram Blok Mesin Gulung Transformator Otomatis Berbasis Mikrokontroler

1. Input

Bagian Input adalah bagian yang berfungsi sebagai antarmuka antara manusia dengan sistem dari mesin gulung transformator otomatis berbasis mikrokontroler, pada realisasinya bagian input ini direpresentasikan dengan sebuah keypad, dimana pengguna dapat memasukan perintah berupa nilai setting jumlah gulungan, menentukan mode program yang aktif, serta perintah untuk mejalankan dan menghentikan mesin gulung transformator berbasis mikrkontroler.

2. Proses

Bagian proses merupakan bagian yang berfungsi sebagai pengolah data sekaligus mengontrol jalannya kerja sistem. Pada bagian ini data dari bagian input diolah sedemikian rupa dan disimpan dalam memori sebagai program dari nilai kondisi output yang diinginkan, yang nantinya akan dijadikan sebagai nilai acuan pembanding dari nilai yang telah dicapai aktuator, adapun otak dari bagian proses ini adalah sebuah mikrokontroler AT89S52.

3. Sensor

Bagian sensor berfungsi sebagai *feed back*, yaitu sebagai device yang berfungsi memantau kondisi output dan melaporkan kondisi tersebut kepada bagian proses.,Bagian sensor ini terdiri dari beberapa kompoen penyusun yaitu: 2 buah photo transistor sebagai *receiver*, led infra merah sebagai *transmitter*, dan resistor sebagai pembatas arus. Cara kerja bagian sensor ini memanfaatkan cahaya dari led infra merah yang mana sinar infra merah diterima oleh oleh photo transistor, yang kemudian akan menghasilkan logika logika 0 dan 1 pada output kolektor photo transistor.

4. Output

Pada bagian output terdiri atas tiga macam komponen, yakni *display seven segment*, motor DC serta rem elektromagnetik. *Seven Segment* berfungsi untuk menampilkan data numerik baik itu nilai setting putaran, nilai hasil putaran serta data mode program yang aktif, sementara motor DC berfungsi sebagai aktuator, dimana poros dari motor DC ini akan dihubungkan dengan sistem mekanik dari mesin gulung yang nantinya akan dihubungkan langsung ke beban yang berupa kawat email yang akan digulung untuk dijadikan transformator.

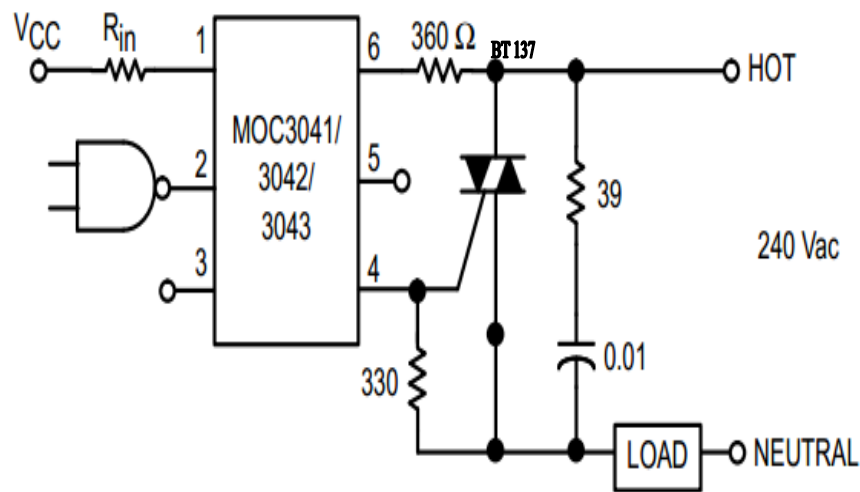
Rem elektromagnetik berfungsi sebagai alat pengereman poros aktuator yang terhubung dengan poros motor, sehingga saat mesin dijalankan poros aktuator akan berhenti tepat ketika jumlah putaran sudah mencapai nilai seting putaran yang telah ditentukan dalam program, adapun pengaturan tegangan AC dapat menggunakan rangkaian *solid state relay* [8] yang dapat dipergunakan sebagai pengatur rem elektromagnetik. Pengaturan kecepatan motor DC sebagai aktuator memanfaatkan IC 556 yang dioperasikan sebagai multivibrator *astable* dan *monostable* sebagai pembangkit gelombang kotak[9] .

Spesifikasi Alat

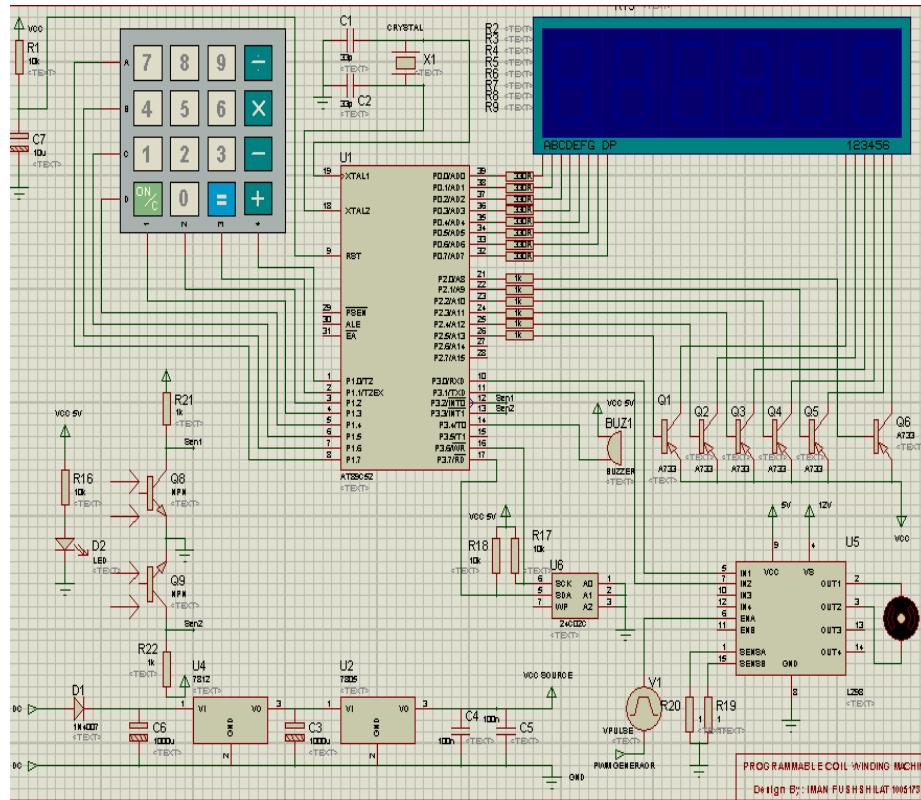
1. Beroperasi menggunakan tegangan listrik AC 220V dengan konsumsi arus 0,22 A, dengan demikian estimasi penggunaan daya listrik oleh mesin gulung otomatis berbasis mikrokontroler ini sebesar 48,8 W.
2. Ukuran dimensi panjang x lebar x tinggi sebesar 25 cm x 25,5 cm x 22,5 cm dengan berat total alat mencapai 14 kg.
3. Kecepatan putaran mencapai 1.750 rpm.
4. Mampu menghitung sampai 999,9 putaran.
5. Mempunyai resolusi pembacaan putaran sebesar 0,1 putaran.
6. Mempunyai 10 tempat memori untuk penyimpanan program putaran yang bersifat *nonvolatile*.
7. Menggunakan display *seven segmen common anode* berukuran 0,5 Inch.
8. Interfacing input program dan pengoprasian alat menggunakan keypad matrix 4x4 dan *foot switch*.

Perancangan Hardware

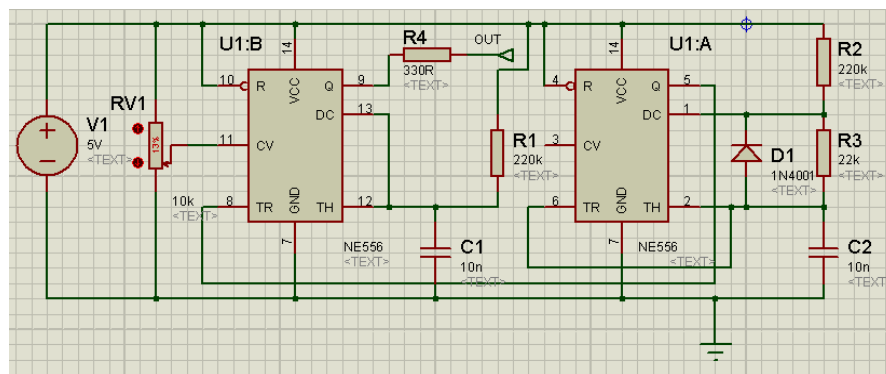
Perancangan hardware di representasikan dalam skematik rangkaian rangkaian yang digunakan dalam mesin gulung transformator otomatis berbasis mikrokontroler yang terdiri dari rangkaian solid state relay, rangkaian kontroler, dan rangkaian pengatur kecepatan motor DC. Berikut merupakan gambar rangkaian rangkaian tersebut.



Gambar 3. Rangkaian *Solid State Relay* Sebagai Saklar tegangan AC.



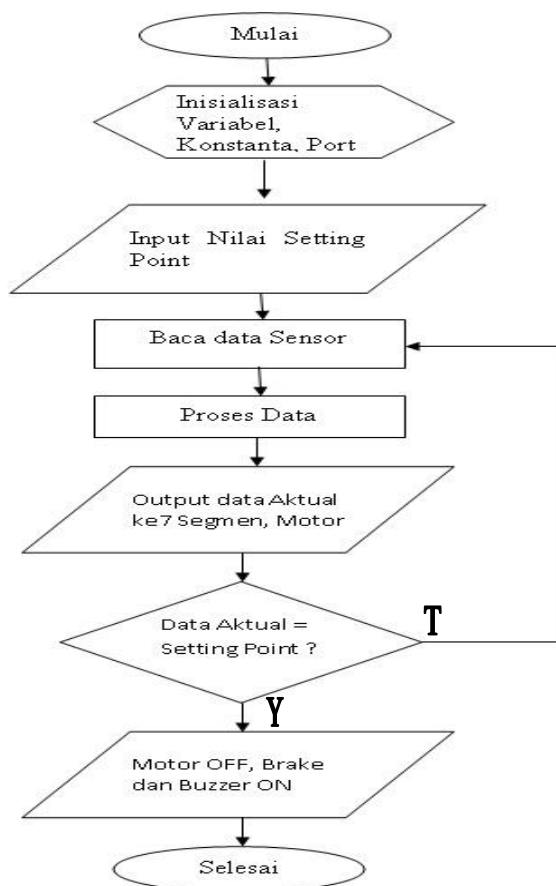
Gambar 4. Skematik Hardware Kontroler Elektronik Mesin Gulung Transformator Otomatis Berbasis Mikrokontroler



Gambar 5. Rangkaian pengatur kecepatan Motor DC.

Perancangan Firmware

Firmware merupakan sebuah program yang berfungsi untuk mengendalikan Hardware, perancangan dan pembuatan Firmware dari mesin gulung transformator otomatis berbasis mikrokontroler ini menggunakan software Micro V7, dengan bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa assembly untuk jenis mikrokontroler AT89S52. Berikut merupakan diagram alir program mesin gulung transformator otomatis berbasis mikrokontroler:



Gambar 6. Diagram Alir Program Mesin Gulung Transformator Otomatis Berbasis Mikrokontroler

1. Inisialisasi Variabel, Konstanta dan Port

Bagian ini berisikan pendefinisian variabel yang merupakan penamaan alamat dari RAM mikrokontroler yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan data sementara untuk diolah dan diproses oleh program, kemudian pendefinisian konstanta yang merupakan penamaan nilai atau bilangan tertentu yang akan dipakai dalam program, kemudian pendefinisian port, yaitu penamaan port mikrokontroler yang digunakan agar dalam penulisan program port tersebut menjadi lebih mudah di kenali dan dihapal oleh penulis program, sehingga memudahkan penulisan program, selain itu didefinisikan juga mengenai mode, nilai dan fitur timer yang akan digunakan dalam program.

2. Input Nilai *Setting Point*

Bagian ini berfungsi untuk membaca logika-logika dari keypad melalui port data dari mikrokontroler kemudian diterjemahkannya menjadi data-data bilangan yang akan dijadikan nilai acuan atau *setting point* putaran yang dikehendaki oleh pengguna mesin gulung transformator otomatis berbasis mikrokontroler.

3. Pembacaan Sensor

Bagian ini diimplementasikan dengan sebuah subrutin program yang berfungsi untuk membaca pulsa pulsa yang dihasilkan oleh sensor kemudian diterjemahkannya menjadi nilai nilai yang mendefinisikan kondisi putaran motor.

4. Proses Data

Bagian ini merupakan program utama atau dapat disebut juga dengan bagian *looping* utama, yang diulang secara berkelanjutan selama mikrokontroler diberi tegangan, pada bagian ini seluruh dari bagian program atau subrutin program akan dipanggil.

5. Output Data

Bagian ini bertugas untuk menerima data data yang telah diproses dari bagian proses untuk kemudian data tersebut dijadikan acuan untuk mengontrol jalannya aktuator, dan sebagian data lain yang diperuntukan untuk ditampilkan dalam display *seven segment*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Ketelitian Alat

Ketelitian menyatakan tingkat kesesuaian atau dekatnya suatu hasil pengukuran terhadap harga sebenarnya [10]. Pengukuran mesin gulung transformator difokuskan pada ketelitian gulungan yang dihasilkan oleh putaran mesin gulung transformator berbasis mikrokontroler terhadap nilai setting putaran yang diinginkan. pengukuran dilakukan dengan cara melakukan percobaan langsung menggulung trafo dengan menggunakan berbagai jenis kawat email yang tersedia di pabrik pembuatan trafo CV Bakat Perdana Mandiri dengan berbagai macam setting putaran untuk gulungan yang dihasilkan.

Tabel 1. Pengukuran Ketelitian Putaran Mesin Gulung Transformator Berbasis Mikrokontroler

No	Ukuran (mm)	Putaran		24	0,2	10	10,3	49	0,25	2	2,1
		Setting	Aktual								
1	0,2	1	0,8	25	0,2	10	10,3	50	0,25	2	2,1
2	0,2	1	0,8	26	0,2	15	15,3	51	0,25	3	3,2
3	0,2	1	0,8	27	0,2	15	15,3	52	0,25	3	3,3
4	0,2	1	0,8	28	0,2	15	15,3	53	0,25	3	3,2
5	0,2	1	0,8	29	0,2	15	15,3	54	0,25	3	3,2
6	0,2	2	2,1	30	0,2	15	15,2	55	0,25	3	3,2
7	0,2	2	2,1	31	0,2	25	25,3	56	0,25	5	5,3
8	0,2	2	2,2	32	0,2	25	25,2	57	0,25	5	5,3
9	0,2	2	2,1	33	0,2	25	25,3	58	0,25	5	5,3
10	0,2	2	2,1	34	0,2	25	25,2	59	0,25	5	5,2
11	0,2	3	3,2	35	0,2	25	25,3	60	0,25	5	5,3
12	0,2	3	3,2	36	0,2	50	50,3	61	0,25	10	10,3
13	0,2	3	3,2	37	0,2	50	50,3	62	0,25	10	10,2
14	0,2	3	3,2	38	0,2	50	50,3	63	0,25	10	10,3
15	0,2	3	3,2	39	0,2	50	50,3	64	0,25	10	10,3
16	0,2	5	5,3	40	0,2	50	50,3	65	0,25	10	10,3
17	0,2	5	5,2	41	0,25	1	0,8	66	0,25	15	15,3
18	0,2	5	5,3	42	0,25	1	0,8	67	0,25	15	15,3
19	0,2	5	5,2	43	0,25	1	0,8	68	0,25	15	15,3
20	0,2	5	5,3	44	0,25	1	0,9	69	0,25	15	15,3
21	0,2	10	10,3	45	0,25	1	0,8	70	0,25	15	15,3
22	0,2	10	10,3	46	0,25	2	2,1	71	0,25	25	25,3
23	0,2	10	10,3	47	0,25	2	2,1	72	0,25	25	25,3
				48	0,25	2	2,1				

Tabel 1. Lanjutan Pengukuran Ketelitian Putaran Mesin Gulung Transformator Berbasis Mikrokontroler

No	Ukuran (mm)	Putaran		No	Ukuran (mm)	Putaran		No	Ukuran (mm)	Putaran	
		Seting	Aktual			Seting	Aktual			Seting	Aktual
73	0,25	25	25,2	117	0,3	50	50,3	161	0,8	1	0,8
74	0,25	25	25,3	118	0,3	50	50,3	162	0,8	1	0,9
75	0,25	25	25,3	119	0,3	50	50,3	163	0,8	1	0,8
76	0,25	50	50,3	120	0,3	50	50,3	164	0,8	1	0,8
77	0,25	50	50,3	121	0,4	1	0,8	165	0,8	1	0,8
78	0,25	50	50,3	122	0,4	1	0,8	166	0,8	2	2,1
79	0,25	50	50,3	123	0,4	1	0,9	167	0,8	2	2,1
80	0,25	50	50,3	124	0,4	1	0,8	168	0,8	2	2,2
81	0,3	1	0,8	125	0,4	1	0,8	169	0,8	2	2,1
82	0,3	1	0,8	126	0,4	2	2,1	170	0,8	2	2,1
83	0,3	1	0,9	127	0,4	2	2,2	171	0,8	3	3,2
84	0,3	1	0,9	128	0,4	2	2,2	172	0,8	3	3,2
85	0,3	1	0,8	129	0,4	2	2,1	173	0,8	3	3,2
86	0,3	2	2,1	130	0,4	2	2,1	174	0,8	3	3,3
87	0,3	2	2,1	131	0,4	3	3,2	175	0,8	3	3,2
88	0,3	2	2,2	132	0,4	3	3,2	176	0,8	5	5,3
89	0,3	2	2,1	133	0,4	3	3,2	177	0,8	5	5,4
90	0,3	2	2,1	134	0,4	3	3,2	178	0,8	5	5,3
91	0,3	3	3,2	135	0,4	3	3,2	179	0,8	5	5,3
92	0,3	3	3,3	136	0,4	5	5,3	180	0,8	5	5,3
93	0,3	3	3,2	137	0,4	5	5,3	181	0,8	10	10,3
94	0,3	3	3,3	138	0,4	5	5,3	182	0,8	10	10,3
95	0,3	3	3,2	139	0,4	5	5,3	183	0,8	10	10,3
96	0,3	5	5,3	140	0,4	5	5,3	184	0,8	10	10,3
97	0,3	5	5,3	141	0,4	10	10,3	185	0,8	10	10,3
98	0,3	5	5,3	142	0,4	10	10,3	186	0,8	15	15,3
99	0,3	5	5,3	143	0,4	10	10,3	187	0,8	15	15,3
100	0,3	5	5,3	144	0,4	10	10,3	188	0,8	15	15,3
101	0,3	10	10,3	145	0,4	10	10,3	189	0,8	15	15,3
102	0,3	10	10,3	146	0,4	15	15,3	190	0,8	15	15,3
103	0,3	10	10,2	147	0,4	15	15,3	191	0,8	25	25,3
104	0,3	10	10,3	148	0,4	15	15,3	192	0,8	25	25,3
105	0,3	10	10,3	149	0,4	15	15,3	193	0,8	25	25,3
106	0,3	15	15,3	150	0,4	15	15,3	194	0,8	25	25,3
107	0,3	15	15,2	151	0,4	25	25,3	195	0,8	25	25,4
108	0,3	15	15,3	152	0,4	25	25,3	196	0,8	50	50,3
109	0,3	15	15,3	153	0,4	25	25,3	197	0,8	50	50,3
110	0,3	15	15,3	154	0,4	25	25,3	198	0,8	50	50,3
111	0,3	25	25,3	155	0,4	25	25,3	199	0,8	50	50,3
112	0,3	25	25,2	156	0,4	50	50,3	200	0,8	50	50,3
113	0,3	25	25,3	157	0,4	50	50,3	Total Putaran		2775	2815,6
114	0,3	25	25,4	158	0,4	50	50,3				
115	0,3	25	25,3	159	0,4	50	50,3				
116	0,3	50	50,3	160	0,4	50	50,3				

Setting putaran merupakan data nilai putaran yang telah di set oleh pengguna untuk dijadikan nilai acuan putaran yang dikehendaki, sedangkan nilai putaran aktual adalah nilai putaran yang dihasilkan oleh mesin

gulung transformator berbasis mikrokontroler. Dari data tabel hasil ketelitian putaran mesin gulung transformator berbasis mikrokontroler, dapat dihitung selisih antara setting putaran dengan putaran aktual, persentase selisih putaran dari jumlah keseluruhan total putaran pada pengukuran, dan persentase ketelitian alat.

Jumlah Selisih Putaran = Jumlah putaran aktual – jumlah setting putaran = 2815,6 – 2775 = 40,6 putaran

$$\text{Persentase selisih putaran (\%)} = \frac{\text{Jumlah selisih putaran}}{\text{Jumlah Setting Putaran}} \times 100 = \frac{40,6}{2775} \times 100 = 1,46 \%$$

$$\text{Persentase Ketelitian (\%)} = \frac{\text{Jumlah Setting Putaran}}{\text{Jumlah Putaran Aktual}} \times 100 = \frac{2775}{2815,6} \times 100 = 98,55 \%$$

Sedangkan untuk mengetahui penyimpangan rata rata maka perlu dihitung jumlah rata rata putaran aktual disetiap setting putaran. Berikut merupakan tabel perbandingan setting putaran, dengan jumlah rata rata putaran aktual di setiap setting putaran dan selisih putaran antara setting putaran dengan jumlah rata rata putaran aktual di setiap setting putaran.

Tabel 2. Perbandingan Setting Putaran Dengan Jumlah Rata rata Putaran Aktual dan Selisih Putaran

No	Ukuran Kawat (mm)	Setting	Putaran Aktual rata rata	Selisih					
1	0,2	1	0,8	-0,2	21	0,3	10	10,28	0,28
2	0,2	2	2,12	0,12	22	0,3	15	15,28	0,28
3	0,2	3	3,2	0,2	23	0,3	25	25,3	0,3
4	0,2	5	5,26	0,26	24	0,3	50	50,34	0,34
5	0,2	10	10,30	0,3	25	0,4	1	0,84	-0,16
6	0,2	15	15,28	0,28	26	0,4	2	2,14	0,14
7	0,2	25	25,26	0,26	27	0,4	3	3,2	0,2
8	0,2	50	50,32	0,32	28	0,4	5	5,3	0,30
9	0,25	1	0,82	-0,18	29	0,4	10	10,3	0,3
10	0,25	2	2,1	0,10	30	0,4	15	15,3	0,30
11	0,25	3	3,22	0,22	31	0,4	25	25,3	0,3
12	0,25	5	5,28	0,28	32	0,4	50	50,36	0,36
13	0,25	10	10,28	0,28	33	0,8	1	0,82	-0,18
14	0,25	15	15,3	0,30	34	0,8	2	2,12	0,12
15	0,25	25	25,28	0,28	35	0,8	3	3,22	0,22
16	0,25	50	50,36	0,36	36	0,8	5	5,32	0,32
17	0,3	1	0,84	-0,16	37	0,8	10	10,3	0,3
18	0,3	2	2,12	0,12	38	0,8	15	15,3	0,30
19	0,3	3	3,24	0,24	39	0,8	25	25,32	0,32
20	0,3	5	5,3	0,30	40	0,8	50	50,36	0,36
					Total		555	563,38	8,38

Nilai putaran aktual rata rata pada masing masing jumlah putaran di setiap ukuran kawat email didapat dari persamaan sebagai berikut:

$$\text{Putaran aktual rata rata} = \frac{\text{Jumlah putaran aktual}}{\text{Frekuensi sampling data}}$$

Dimana Frekuensi sampling data merupakan banyaknya percobaan pengambilan data pada setiap masing masing jumlah putaran disetiap ukuran kawat email yaitu sebanyak 5 kali. Sedangkan jumlah putaran aktual adalah jumlah keseluruhan putaran aktual disetiap ukuran kawat email pada masing masing setting putaran. Sementara untuk nilai penyimpangan rata rata selisih putaran yang merupakan suatu indikasi ketepatan yang digunakan untuk pengukuran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Penyimpangan rata rata} = \frac{\text{Jumlah selisih putaran}}{\text{Jumlah data}} = \frac{8,38}{40} = 0,209 \text{ putaran}$$

Dari perhitungan dan data tabel perbandingan setting putaran dengan jumlah putaran rata rata aktual dan selisih putaran, didapat informasi nilai penyimpangan rata rata selisih putaran sebesar 0,209 putaran dengan nilai selisih putaran rata rata terbesar yang dihasilkan oleh mesin gulung transformator otomatis berbasis mikrokontroler yakni sebesar 0,36 putaran, menurut narasumber pemilik pabrik pembuatan trafo CV Bakat Perdana Mandiri menyatakan bahwa jumlah selisih putaran yang diijinkan adalah sebesar 0,5 putaran. Dengan demikian kinerja dari mesin gulung transformator otomatis yang telah dibuat ini menunjukkan kinerja yang cukup baik dan layak digunakan untuk proses produksi.

Analisis Harga dan Spesifikasi Alat

Berikut merupakan Tabel Rincian biaya pembuatan mesin gulung transformator otomatis berbasis mikrokontroler beserta perbandingan spesifikasi alat yang dibuat dengan mesin gulung transformator otomatis lain.

Tabel 3. Rincian biaya pembuatan mesin gulung transformator berbasis mikrokontroler

No	Unit	Harga (Rp)
1	Power Supply	150.000
2	Kontroler	350.000
3	Mekanik	150.000
4	Box	150.000
5	Motor Listrik	200.000
6	Rem Elektromagnetik	150.000
Total		1.150.000

Tabel 4. Perbandingan harga dan spesifikasi produk

No	Perbandingan	DAEA (Korea)	Palma (China)	Mesin Gulung yang dibuat
1	Harga	Rp 6.050.000	Rp 2.200.000	Rp 1.150.000
2	Konsumsi daya listrik	60 Watt	180 Watt	48,8Watt
3	Kecepatan	3000 rpm	2000 rpm	1750 rpm
4	Maximum putaran	9999,9	99999	999,9
5	Resolusi putaran	0,1	1	0,1
6	Maximum Diameter kawat	1,2 mm	0,8 mm	0,8 mm
7	Memori Program	10	10	10
8	Operasi Putaran	CW,CCW	CW	CW,CCW

Dari data tabel perbandingan harga dan spesifikasi, terlihat keunggulan dari mesin gulung transformator otomatis berbasis mikrokontroler yang telah dibuat adalah pada harga dan konsumsi daya listrik.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian alat dapat disimpulkan bahwa mesin gulung transformator otomatis berbasis mikrokontroler yang telah dirancang menunjukkan kinerja yang cukup baik dengan tingkat ketelitian sebesar 98,55 % , dan tingkat kesalahan atau error selisih putaran sebesar 1,46 %. Nilai penyimpangan rata rata selisih putaran sebesar 0,209 putaran dengan nilai kesalahan putaran terbesar bernilai 0,36 putaran. Disamping itu faktor konsumsi daya listrik yang rendah yakni sebesar 48,8 W serta biaya pembuatan alat yang relatif murah menjadikan keunggulan bagi mesin gulung transformator berbasis mikrokontroler yang telah dirancang.

SARAN

Sebagai rekomendasi, penulis menyarankan apabila pada kemudian hari ada pihak yang tertarik untuk melanjutkan studi awal penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Untuk meningkatkan tenaga putaran yang dihasilkan untuk menggulung kawat email transformator, diperlukan motor yang mempunyai daya yang lebih besar dari 48 Watt.
2. Untuk meningkatkan ketelitian putaran alat, dapat digunakan rem elektromagnetik yang mempunyai kualitas cengkraman yang lebih baik.
3. Sebagai pengembangan inovasi teknologi dapat ditambahkan beberapa spindel, sehingga dalam operasinya, mesin dapat menggulung beberapa transformator dalam satu siklus putaran.

REFERENSI

- [1] Berita Resmi Statistik. [Online]
Tersedia: http://sulut.bps.go.id/download.php?fileName=IBS_TR_II_11.pdf [23 Desember 2013]
- [2] Kemenperin (2013). Pertumbuhan Industri Manufaktur 2013 Ditarget 7,14%. *Majalah Industri, Edisi. 1, NO. 1, 2013: 7.*[Online] Tersedia: <http://kemenperin.go.id/download/3874> [23 Desember 2013]
- [3] Flanagan W, (1993), *Handbook of Transformer Design and Application, Second Edition*. New York: McGraw-Hill
- [4] Maman M (2013). *Pengertian dan Fungsi Transformator.*[Online]
Tersedia: <http://dasarelektroika.com/pengertian-dan-fungsi-transformator/> [23 Desember 2013]
- [5] Eka Putra A, (2003), *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: Gava Media
- [6] Wardhana L, (2006), *Belajar Sendiri Mikrokontroler Seri ATMega 8535*. Yogyakarta: Andi
- [7] Sulistianto N, (2008), *Pemrograman Mikrokontroler R8C/13*. Yogyakarta: Elekmedia Komputindo
- [8] Motorola (1995). *6 Pin DIP Zero Cross Opto Isolator Triac Drivers Output: USA*.
- [9] Rahul P.M, (2007), *Speed Control Of DC Motor Using PWM technique*. Saurtashtra University: Rajkot
- [10] Davic Cooper W, (1994), *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran, edisi ke 2*. Jakarta: Erlangga