

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap pengujian dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hasil dari perancangan yang telah dibuat pada Bab 3. Pengujian dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu pengujian karakteristik autotransformator, pengujian sensor (kalibrasi sensor) dan terakhir pengujian rangkaian secara keseluruhan.

4.1. Pengujian karakteristik Autotransformator Pada Kondisi Tanpa Pengendalian.

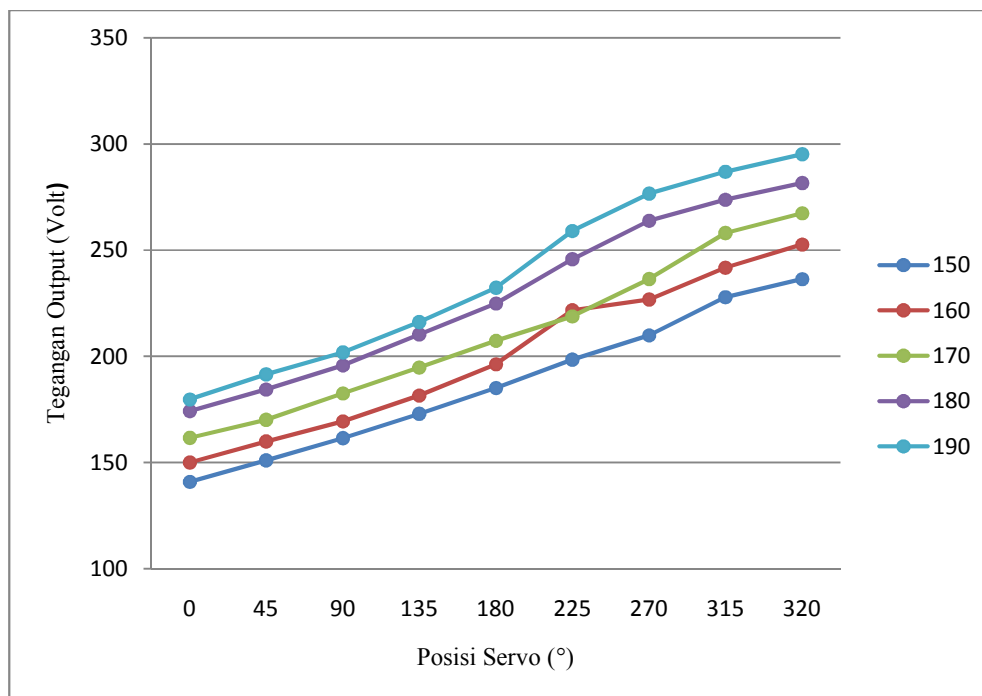
4.1.1. Pengujian Nilai Tegangan Autotransformator Berdasarkan Posisi *Tap* Autotransformator.

Pengujian yang pertama kali dilakukan adalah pengujian karakteristik autotransformator, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar *range* tegangan yang dapat diubah oleh autotransformator itu sendiri. Pada pengujian pertama kali dilakukan adalah memutar *tap* sejauh 320 derajat dan memberikan sumber sampai *output* tegangan mencapai 220V, dari pengujian tersebut diperoleh tegangan *input* minimum sebesar 141,3V, namun pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan bervariasi pada autotransformator sebesar 150V-190V dan kemudian memutar *as (tap)* autotransformator 320 derajat yang sebelumnya telah diposisikan per-45 derajat, hal itu dilakukan mengingat keterbatasan kualitas dari isolasi belitan autotransformator. Setelah dilakukan pengujian, karakteristik seperti terlihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakteristik Autotransformator

Sumber Tegangan	Tegangan <i>Output</i> (V)								
	Posisi Tap Autotransformator (°)								
	0	45	90	135	180	225	270	315	320
150	141,03	151,03	161,46	172,93	185,2	198,43	209,96	227,96	236,43
160	150,03	159,9	169,5	181,66	196,36	221,66	226,76	241,83	252,73
170	161,66	170,16	182,66	194,83	207,4	218,86	236,36	258,03	267,43
180	174,23	184,46	195,8	210,36	225	245,7	263,9	273,83	281,56
190	179,8	191,46	201,83	216,1	232,3	259,1	276,56	286,96	295,16

Tabel 4.1 merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan pada autotransformator, hasil yang diperoleh sesuai dengan prinsip transformator, tegangan keluaran tergantung dengan jumlah belitan. Autotransformator merupakan transformator belitan tunggal sehingga besarnya tegangan keluaran sebanding lurus dengan besar posisi *tap* pada autotransformator. Namun hasil tersebut tidak sepenuhnya pas mengingat keterbatasan ketelitian alat ukur, posisi yang sama untuk masing – masing *tap* pada autotransformator, dan hal tersebut juga dapat dipengaruhi sulitnya memperoleh tegangan yang stabil pada saat pengujian. Perbedaan nilai yang terlihat pun tidak terlalu besar, seperti yang terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik Karakteristik Tegangan Keluaran Autotransformator terhadap posisi (*tap*) Autotransformator

Dari Gambar 4.1 tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar sudut, maka makin besar tegangan *output* autotransformator yang diperoleh, hal itu disebabkan karena semakin besar sudut yang maka pergeseran *tap* semakin jauh dan jumlah belitannya pun semakin besar dan juga besar tegangan pada belitan semakin besar berbanding lurus dengan tegangan *input* yang digunakan. Sesuai

dengan hukum belitan pada trafo bahwa belitan pada sisi primer dan sisi sekunder berbanding lurus dengan tegangan pada sisi primer dan sekunder.

4.1.2. Pengujian Nilai Tegangan *Output* Autotransformator Yang Dikondisikan 220V Terhadap Posisi *Tap* Autotransformator.

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan tegangan *input* bervariasi mulai dari 150V sampai 190V dengan selisih tegangan 10V. Kemudian, pada masing – masing pengujian dengan variasi tegangan, tap autotransformator digeser sampai nilai tegangan *output* autotransformator mencapai tegangan 220V. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik posisi tap autotransformator dalam mencapai tegangan 220V. Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil yang ditulis pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Derajat Motor Servo Untuk Mencapai Tegangan 220 Volt.

Sumber Tegangan (Volt)	Besar sudut Posisi Servo (°)
150	303
160	252
170	229
180	167
190	148

Mengacu pada Tabel 4.1, maka dapat dihitung jumlah belitan yang mungkin dilewati tap autotransformator untuk mencapai tegangan 220V. Pada perhitungan manual yang telah dilakukan, diperoleh bahwa dengan pergeseran tap autotransformator sejauh 320° jumlah belitan yang terlewati adalah sebanyak 280 belitan, sehingga dengan mengacu pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 dapat dihitung jumlah belitan yang dilewati tap autotransformator pada masing – masing variasi sumber untuk mencapai tegangan 220V.

Perhitungannya adalah sebagai berikut ;

Untuk mendapatkan jumlah belitan pada posisi yang terdapat pada tabel 4.2 maka terlebih dahulu dihitung jumlah belitan yang terdapat pada posisi 45° hal itu bertujuan untuk mempermudah perhitungan belitan itu sendiri,

$$\frac{45^\circ}{320^\circ} = \frac{x \text{ belitan}}{280}$$

$$n_{belitan} = \frac{280 \text{ belitan}}{320^\circ} \times 45^\circ$$

$$n_{belitan} = 39 \text{ belitan}$$

Sehingga perhitungan untuk masing – masing variasi sumber tegangan untuk mencapai tegangan 220V adalah,

$$\frac{45^\circ}{303^\circ} = \frac{39 \text{ belitan}}{n \text{ belitan}}$$

$$n \text{ belitan} = \frac{303^\circ}{45^\circ} \times 39 \text{ belitan}$$

$$n \text{ belitan} = 263 \text{ belitan}$$

Dengan perhitungan yang sama maka diperoleh hasil perhitungan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Belitan Pada Saat Mencapai Tegangan 220V

Sumber Tegangan (Volt)	Besar sudut Posisi Servo (°)	$n_{belitan}$
150	303	263
160	252	218
170	229	198
180	167	145
190	148	126

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dilihat hubungan bahwa semakin besar sumber tegangan input yang digunakan, maka semakin kecil pergeseran motor servo dan itu berarti semakin sedikit jumlah belitan yang dilintasi tap autotransformator.

4.2. Pengujian Karakteristik Sensor Tegangan

Setelah melakukan pengujian karakteristik autotransformator, hal selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian sensor tegangan. Rangkaian sensor sendiri merupakan rangkaian *adaptor* sederhana dengan keluaran tegangan 4,5

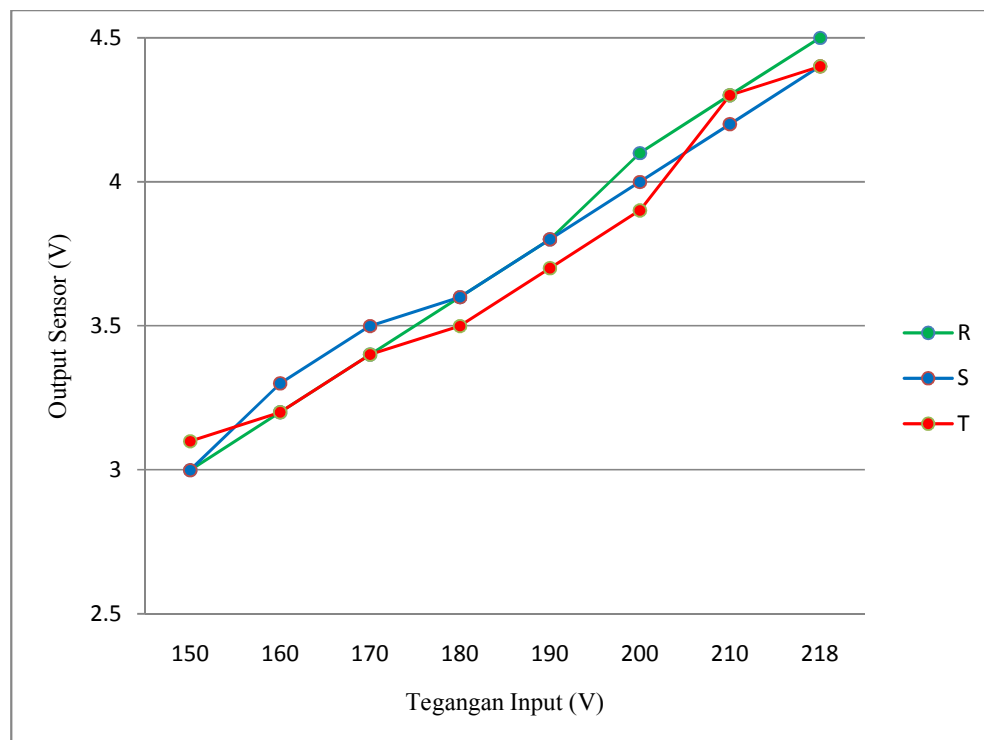
VDC. Konsep dari sensor ini adalah menggunakan perbandingan tegangan keluaran autotransformator dengan tegangan *output* sensor, yakni 4,5 VDC. Jika tegangan keluaran pada autotransformator 220 vac maka tegangan pada keluaran pada sensor adalah 4,5 VDC, dan jika tegangan keluaran pada autotransformator kurang dari 220 vac maka tegangan keluaran sensor juga akan turun, begitu seterusnya. Tegangan keluaran sensor yang digunakan sebesar 4,5 VDC dikarenakan keterbatasan (*datasheet*) pada mikrokontroler yang hanya mampu memikul tegangan maksimal 5 VDC, jika tegangan keluaran tersebut melebihi batas yang ditentukan maka dapat menyebabkan kerusakan pada mikrokontroler itu sendiri. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh data hasil pengujian sensor seperti pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 merupakan hasil dari pengujian sensor tegangan, tidak hanya itu, pada Tabel 4.4 juga dituliskan hasil atau *display* yang terlihat pada LCD. Tegangan sumber yang digunakan mulai dari 0V hingga 218V (tegangan maksimal pada keluaran *power supply*). Sulitnya memperoleh tegangan yang stabil pada pengujian ini menyebabkan hasil yang diperoleh pun sangat bervariasi. Hal tersebut terlihat pada perbedaan tegangan yang terlihat pada tampilan LCD, dengan tegangan sumber tegangan yang diberikan. *Error* yang terjadi disebabkan oleh data kalibrasi yang digunakan selalu berubah – ubah. Dari hasil pengujian sensor tegangan dapat diperoleh Grafik karakteristik tegangan sumber terhadap tegangan yang ditampilkan pada LCD dan tegangan keluaran sensor.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Karakteristik Tegangan Sensor

No	TEGANGAN SUMBER (VOLT)			TEGANGAN SENSOR (VOLT)		
	R	S	T	R	S	T
1	150,2	150,4	150,8	3,0	3,0	3,1
2	160,3	160,7	159,6	3,2	3,3	3,2
3	169,9	170,7	170,2	3,4	3,5	3,4
4	180,4	179,8	179,3	3,6	3,6	3,5
5	190,5	190,6	190,3	3,8	3,8	3,7
6	201,4	200,9	198,9	4,1	4,0	3,9
7	210,8	210,6	211,8	4,3	4,2	4,3
8	219,8	218,4	217,8	4,5	4,4	4,4

Perancangan sensor tegangan yang dipakai berada dalam kondisi baik, sehingga hasil pembacaan yang dilakukan oleh sensor tegangan pun baik dan hasil pada beberapa pengujian yang akan dilakukan juga sesuai dengan tujuan perancangan. Gambar 4.2, menunjukkan bahwa perubahan tegangan sumber yang terjadi berbanding lurus dengan keluaran pada sensor tegangan. Semakin naik tegangan *input* yang diberikan maka semakin naik pula tegangan *output* pada sensor tegangan. Pada Gambar 4.2 terlihat perbedaan grafik pada masing – masing fasa R, S dan T. Hal itu disebabkan karena pada saat pengujian tegangan *input* yang digunakan sering berubah – ubah sehingga hasil yang diperoleh mempunyai perbedaan yang signifikan.

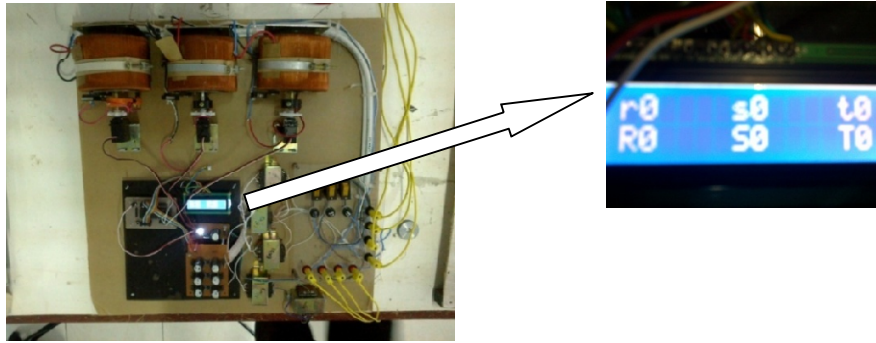


Gambar 4.2 Grafik Karakteristik Sensor Tegangan

4.3. Pengujian *Stabilizer* Dengan Pengendali Motor Servo

4.3.1. Pengujian Tanpa Beban.

Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan alat dengan sumber tegangan 150 V. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja alat pada saat sebelum dibebani. Gambar 4.3 merupakan rangkaian pada saat pengujian.



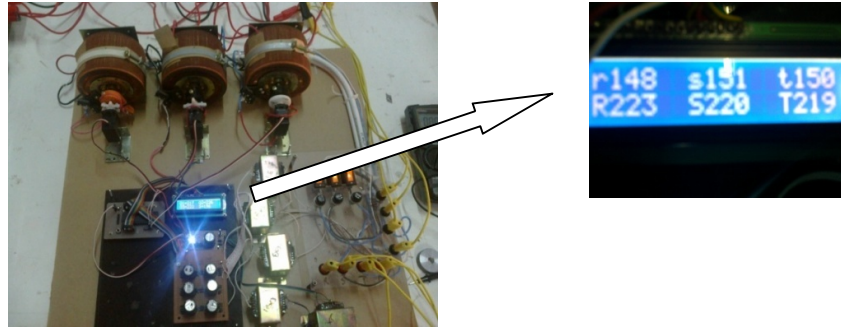
Gambar 4.3 Rangkaian Pengujian Sebelum Tegangan Sumber Diinputkan Ke Autotransformator.

Pada keadaan seperti terlihat pada Gambar 4.3, tegangan belum *diinputkan* ke dalam rangkaian, terkecuali sistem kontrol karena sistem kontrol menggunakan catu daya terpisah. Selanjutnya sumber tegangan diatur pada nilai 150 V, seperti pada Gambar 4.5 dan saklar di-*on*-kan, rangkaian mulai bekerja, sensor mulai membaca selisih tegangan yang terdapat pada sisi keluaran autotransformator sehingga dari koreksi tersebut timbul *error* yang kemudian *error* tersebut digunakan sebagai masukan sistem kontrol yang akan memerintahkan motor servo untuk memutar *tap* autotransformator sampai tegangan keluaran autotransformator berada pada nilai atau standar yang diperbolehkan.



Gambar 4.4 Sumber Tegangan Diatur pada 150V

Gambar 4.5 merupakan rangkaian pada saat alat sudah diberi tegangan, dari Gambar tersebut terlihat besar tegangan yang terdapat pada display LCD adalah 220V dengan *error* maksimum 0,9%. Hal tersebut menunjukkan bahwa sistem kontrol yang dibangun telah mampu memberikan perintah kepada servo untuk bergeser secara tepat.



Gambar 4.5 Pengujian Tanpa Beban

Dari hasil pengujian tanpa beban yang telah dilakukan diperoleh hasil yang ditulis dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Tanpa Beban

Tegangan <i>Input</i> (V)			Tegangan <i>Output</i> Pada <i>Display</i> LCD (V)			Tegangan <i>Output</i> Yang Diukur <i>Manual</i> (V)		
R	S	T	R	S	T	R	S	T
150,6	151,1	153,1	219	222	221	214,8	218,1	217,7
160,4	162,2	163,2	221	217	222	215,9	213,6	215,2
170,5	173,2	173,5	219	219	220	216,7	215,6	214,7
180,3	182,4	182,6	220	220	222	216,9	213,8	215,8
190,7	192,3	193,4	221	219	219	217,9	213,9	213,7

Pada Tabel 4.5 merupakan hasil pengujian tanpa beban, pada hasil yang diperoleh terlihat bahwa berapapun tegangan *input* yang digunakan, tegangan *output* yang dihasilkan mampu dijaga konstan pada *setpoint* yang diberikan yaitu 218V sampai 222V, seperti terlihat pada pada kolom tegangan *output* pada *display* LCD.

Setelah dilakukan pengujian maka selanjutnya dilakukan perhitungan *error* pembacaan nilai tegangan *output* LCD terhadap pengukuran manual yang dilakukan pada sisi tegangan *output* yang mengacu pada Tabel 4.5. Perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

Perhitungan pada fasa R,

$$= 219V - 214,8V$$

$$= 4,2$$

Error dalam (%),

$$e r r o r (\%) = \frac{e r r o r}{V_{L C D}} \times 100\%$$

$$= \frac{4,2V}{219V} \times 100\%$$

$$= 1,91\%$$

Perhitungan tersebut dilakukan untuk semua fasa R, S, T pada semua sumber tegangan *input*, sehingga diperoleh Tabel 4.6 sebagai hasil perhitungan *error*.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan *Error* Pembacaan Tegangan *Output* LCD Terhadap Pengukuran Tegangan *Output* Secara *Manual*.

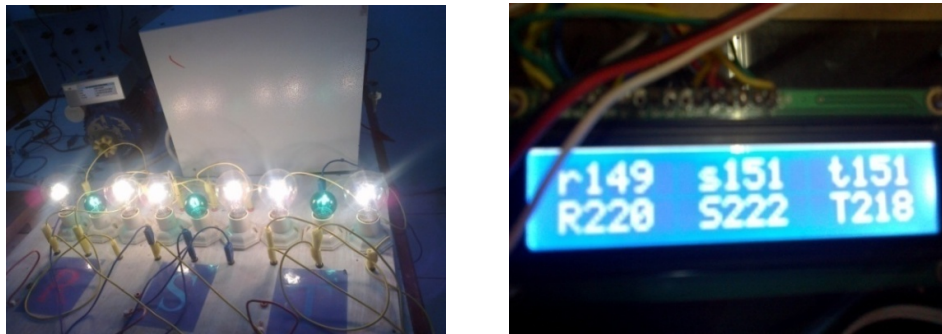
Tegangan <i>Input</i> (V)			Tegangan <i>Output</i> Pada <i>Display</i> LCD (V)			Tegangan <i>Output</i> Yang Diukur <i>Manual</i> (V)			<i>Error</i> Pembacaan LCD (%)		
R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
150,6	151,1	153,1	219	222	221	214,8	218,1	217,7	1,91	1,75	1,49
160,4	162,2	163,2	221	217	222	215,9	213,6	215,2	2,30	1,56	3,06
170,5	173,2	173,5	219	219	220	216,7	215,6	214,7	1,05	1,55	2,40
180,3	182,4	182,6	220	220	222	216,9	213,8	215,8	1,40	2,81	2,79
190,7	192,3	193,4	221	219	219	217,9	213,9	213,7	1,40	2,32	2,42

Pada pengujian tanpa beban dihitung juga besar *error* pembacaan antara *display* pembacaan LCD dengan nilai sebenarnya. *Error* yang didapat pada pengujian tanpa beban menunjukkan bahwa masih terdapat kesalahan pada saat kalibrasi peralatan sehingga nilai pembacaan yang terlihat pada *display* LCD tidak sama dengan nilai yang diukur secara *manual* menggunakan *voltmeter*. Dari *error* yang dihitung diperoleh *error* terbesar pada sumber tegangan *input* 160V fasa T, sebesar 3,06%. Hal tersebut dikarenakan sulitnya memperoleh tegangan yang stabil saat pengkalibrasian.

4.3.2. Pengujian Berbeban.

Pada pengujian ini, peralatan dihubungkan dengan beban lampu pijar, hal ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana alat tersebut dapat mempertahankan tegangan pada standar yang diperbolehkan.

Beban yang digunakan adalah 3 buah lampu pijar yang tersusun paralel pada setiap fasanya sebesar 50W. Dari hasil pengujian yang dilakukan tegangan yang terdapat pada beban lampu tetap mampu terjaga pada nilai 218V, nilai tersebut merupakan tegangan yang masih aman jika disuplai ke beban terutama peralatan listrik.



Gambar 4.6 Pengujian Berbeban Dengan Beban Lampu Pijar

Pada pengujian yang telah dilakukan, diperoleh hasil pengujian yang ditulis pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Dengan Beban Lampu Pijar

Tegangan <i>Input</i> (V)			Tegangan <i>Output</i> Pada <i>Display</i> LCD (V)			Tegangan <i>Output</i> Yang Diukur <i>Manual</i> (V)		
R	S	T	R	S	T	R	S	T
151,7	152,6	152,5	221	217	219	216,4	215,7	215,9
160,3	163,2	163,4	219	210	218	216,7	215,8	214,5
170,7	174,3	174,2	222	223	220	217	212,8	215,4
180,5	181,4	181,2	221	218	216	218,7	215,5	214,4
190,7	193,5	193,6	219	222	222	218,9	214,3	214,4

Setelah diperoleh data hasil pengujian pada Tabel 4.7 maka hal selanjutnya adalah melakukan perhitungan *error* tegangan *output* pada *display*

LCD terhadap pengukuran tegangan *output* yang dilakukan secara *manual*, dengan menggunakan *voltmeter*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui besar kesalahan yang terjadi pada pembacaan LCD. Perhitungan yang dilakukan sama dengan perhitungan *error* pada pengujian tanpa beban. Perhitungan *error* dilakukan pada masing – masing fasa, yakni fasa R, S, dan T, sehingga diperoleh Tabel 4.8 sebagai hasil perhitungan *error*.

Pada pengujian dengan beban lampu pijar, hasil yang diperoleh masih dalam batas yang aman untuk peralatan listrik. Pada Tabel 4.8 tegangan *output* mampu dijaga dengan *error* pembacaan LCD dengan nilai sebenarnya sebesar 4,57% pada sumber tegangan 170,7V pada fasa S, hal tersebut dikarenakan masih terdapat kesalahan pada saat kalibrasi peralatan yang menyebabkan nilai terukur dengan nilai pembacaan pada LCD tidak tepat.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan *Error* Pada Pengujian Dengan Beban Lampu Pijar

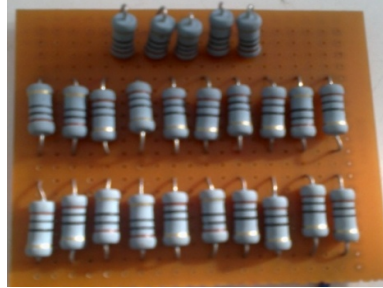
Tegangan <i>Input</i> (V)			Tegangan <i>Output</i> Pada <i>Display</i> LCD (V)			Tegangan <i>Output</i> Yang Diukur <i>Manual</i> (V)			<i>Error</i> Pembacaan LCD (%)		
R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
151,7	152,6	152,5	221	217	219	216,4	215,7	215,9	2,08	0,59	1,41
160,3	163,2	163,4	219	210	218	216,7	215,8	214,5	1,05	2,76	1,60
170,7	174,3	174,2	222	223	220	217	212,8	215,4	2,25	4,57	2,09
180,5	181,4	181,2	221	218	216	218,7	215,5	214,4	1,04	1,14	0,74
190,7	193,5	193,6	219	222	222	218,9	214,3	214,4	0,04	3,46	3,42

4.3.3. Pengujian Pada Tegangan *Input* Tidak Seimbang Yang Dikondisikan.

Pada pengujian ini tegangan *input* dikondisikan tidak seimbang, dengan peralatan diberi beban motor induksi tiga fasa. Dari pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil seperti pada Tabel 4.9.

Pada pengujian dengan sumber tidak seimbang, sumber tegangan tiga fasa dibuat tidak seimbang dengan menurunkan tegangan pada salah satu fasanya

dengan cara memberikan tahanan sebesar 10Ω seperti terlihat pada Gambar 4.7, dengan arus sumber dalam keadaan normal adalah 1A, maka diharapkan perbedaan tegangan pada salah satu fasanya adalah 10 V.



Gambar 4.7 Rangkaian Resistor Untuk Membuat Tegangan Tiga Fasa Tidak Seimbang

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Pada Tegangan *Input* Tidak Seimbang

Tegangan <i>Input</i> (V)			Arus I_{RN} (A)	Tegangan <i>Input</i> Pada <i>Display</i> LCD (V)			Tegangan <i>Output</i> Yang Diukur <i>Manual</i> (V)		
R	S	T		R	S	T	R	S	T
160	164,1	176,5	1,49	222	220	218	215,4	216,3	219,5
170	169,5	182,1	1,3	219	218	220	218,5	217,3	215,8
180	178,5	193	1,25	218	222	220	217,4	217,2	215,2
190	192,5	204,4	1,1	221	220	219	215,9	219,3	214,9
199	201,1	213,4	1,05	222	221	218	214,8	219,1	217,4

Tabel 4.9 merupakan tabel hasil pengujian pada sumber tidak seimbang. Tegangan di ukur dari fasa ke netral dengan fasa R sebagai acuan dalam menentukan besarnya variasi tegangan *input* yang digunakan. Berdasarkan Tabel 4.8 tegangan pada fasa T memiliki perbedaan sampai 16,5V jika dibandingkan dengan fasa R dan S, hal itu diperoleh dari selisih maksimal antara fasa T dengan fasa R yang digunakan sebagai acuan. Tabel 4.10 menunjukkan selisih tegangan *input* pada fasa T terhadap fasa R.

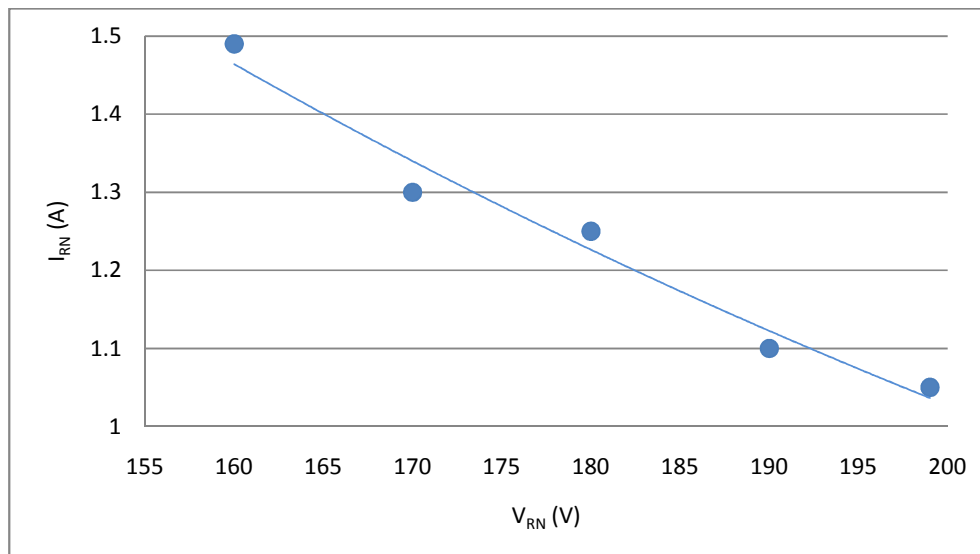
Arus yang terukur berbanding terbalik dengan besar tegangan yang diberikan, hal tersebut selaras dengan prinsip dasar transformator, yang menyatakan bahwa belitan primer dan sekunder berbanding lurus dengan tegangan pada sisi primer dan sekunder, dan berbanding terbalik dengan arus sisi

primer dan sekunder, itu terjadi untuk menjaga daya yang dikirimkan ke beban agar tetap konstan.

Tabel 4.10 Selisih Tegangan Antar Fasa R, S, Dan T.

Tegangan <i>Input</i> (V)			Selisih Antar Fasa (V)		
R	S	T	R terhadap S	S terhadap T	T terhadap R
160	164,1	176,5	4,1	12,4	16,5
170	169,5	182,1	0,5	12,6	12,1
180	178,5	193	1,5	14,5	13
190	192,5	204,4	2,5	11,9	14,4
199	201,1	213,4	2,1	12,3	14,4

Dari Tabel 4.9 maka dapat digambarkan grafik perbandingan antara tegangan (V_{RN}) dengan arus (I_{RN}) pada fasa R.



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan V_{RN} dengan I_{RN}

Gambar 4.8 menunjukkan grafik karakteristik yang menyatakan semakin besar tegangan pada sisi sumber maka semakin kecil pula arus pada sisi beban. Begitu juga pada posisi *tap* autotransformator, derajat penunjukan pada fasa T cenderung lebih kecil jika dibandingkan dengan fasa R dan S, hal itu dikarenakan tegangan *input* pada fasa T lebih besar yang mengacu pada Tabel 4.10 dan yang menyatakan bahwa besarnya tegangan *input* yang digunakan berbanding terbalik

dengan posisi *tap* autotransformator. Dari Tabel 4.9 juga dihitung *error* pembacaan LCD terhadap nilai sebenarnya, hal ini dilakukan untuk mengetahui besar persentase kesalahan pada pembacaan LCD terhadap nilai sebenarnya yang dihitung secara *manual* menggunakan *voltmeter*. Perhitungan *error* dilakukan pada masing – masing fasa, yakni fasa R, S, dan T.

Perhitungan tersebut dilakukan untuk semua fasa R, S, T pada semua sumber tegangan *input*, sehingga diperoleh Tabel 4.11 sebagai hasil perhitungan *error*. Tabel 4.11 merupakan tabel hasil perhitungan *error*, nilai *error* yang diperoleh bervariasi atau dengan kata lain tidak sama. Hal itu disebabkan nilai pada pembacaan pada LCD terhadap nilai yang diukur secara manual dengan *voltmeter* pun bervariasi. Nilai yang bervariasi itu disebabkan pada saat pengujian tegangan *input* yang digunakan sering berubah – ubah sehingga hasil yang diperoleh pun bervariasi. Namun, dengan melihat hasil *error* maksimal pada Tabel 4.11 diperoleh adalah 3,90%, hasil tersebut tidak terlalu besar, mengingat nilai tegangan *output* yang dihasilkan masih dalam batas 198V sampai 230V. Dengan demikian *stabilizer* mampu menjaga pada tegangan 220V dengan *error* maksimum 3,90%, pengujian ini membuktikan bahwa walaupun sumber yang diberikan tidak seimbang, tegangan *output* yang dihasilkan tetap mampu dipertahankan.

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan *Error* pada Pengujian Pada Tegangan *Input* Tidak Seimbang Keadaan Tanpa Beban.

Tegangan <i>Input</i> (V)			Tegangan <i>Output</i> Pada <i>Display</i> LCD (V)			Tegangan <i>Output</i> Yang Diukur <i>Manual</i> (V)			<i>Error</i> Pembacaan LCD (%)		
R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T
160	164,1	176,5	223	220	221	216,4	215,3	214,9	2,95	2,13	2,76
170	169,5	182,1	220	220	222	214,4	215,1	213,3	2,54	2,22	3,91
180	178,5	193	223	218	220	215,5	216,2	215,5	3,36	0,82	2,04
190	192,5	204,4	223	218	221	214,3	215,1	214,6	3,90	1,33	2,89
99	201,1	213,4	218	219	220	215,2	216,6	215,4	1,28	1,09	2,09

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan *Error* pada Pengujian Pada Tegangan *Input* Tidak Seimbang Keadaan Berbeban.

Tegangan <i>Input</i> (V)			Arus I_{RN} (A)	Tegangan <i>Output</i> Pada <i>Display</i> LCD (V)			Tegangan <i>Output</i> Yang Diukur <i>Manual</i> (V)			<i>Error</i> Pembacaan LCD (%)		
R	S	T		R	S	T	R	S	T	R	S	T
160	164,1	176,5	1,49	222	220	218	215,4	216,3	219,5	2,97	1,68	0,68
170	169,5	182,1	1,3	219	218	220	218,5	217,3	215,8	0,22	0,32	1,90
180	178,5	193	1,25	218	222	220	217,4	217,2	215,2	0,27	2,16	2,18
190	192,5	204,4	1,1	221	220	219	215,9	219,3	214,9	2,30	0,31	1,87
199	201,1	213,4	1,05	222	221	218	214,8	219,1	217,4	3,24	0,85	0,27

Tabel 4.12 merupakan tabel hasil pengujian dengan tegangan *input* tidak seimbang, namun pada tegangan *output* dibebani oleh motor induksi tiga fasa. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, hasil yang diperoleh tidak jauh berbeda dengan hasil pada Tabel 4.12, hanya saja pada pengujian dengan beban motor induksi terdapat arus yang semakin lama semakin turun, hal ini dikarenakan sistem menjaga daya yang dikirim ke beban tetap konstan dengan perubahan tegangan *input* yang diberikan.

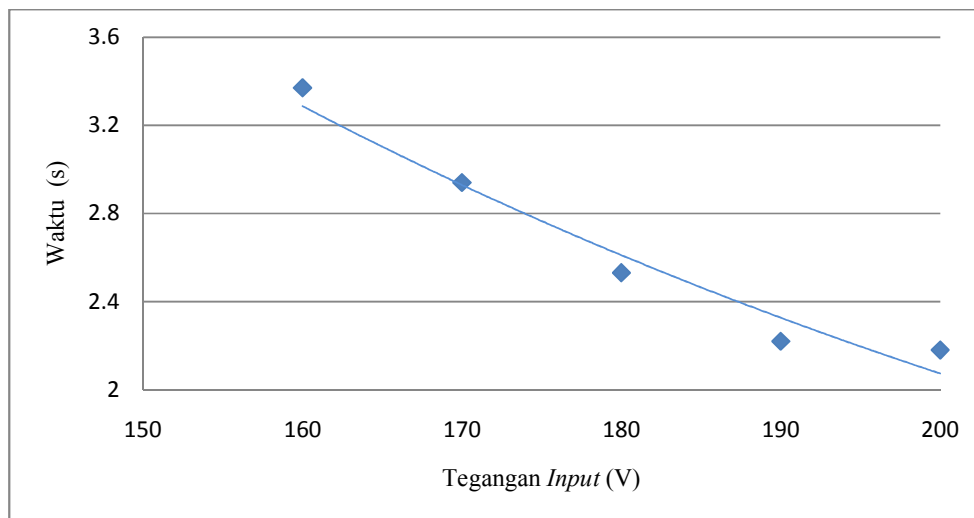
4.3.6. Pengujian *Rising Time* Motor Servo Pada Saat Mencapai Tegangan 220V.

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan tegangan *input* kemudian diukur waktu pada saat servo bergeser untuk mencapai tegangan 220V. Dari pengujian yang telah dilakukan, diperoleh Tabel 4.13 sebagai hasil pengujian *Rising time*.

Berdasarkan Tabel 4.13 terlihat bahwa semakin besar tegangan *input* yang digunakan maka semakin cepat waktu yang digunakan motor servo. Hal itu disebabkan semakin besar sumber tegangan *input* yang digunakan maka semakin kecil sudut yang akan dilakukan motor servo untuk memutar *tap* autotransformator sehingga waktu yang digunakan pun semakin sedikit. Gambar 4.10 menggambarkan grafik karakteristik *rising time* pada saat mencapai tegangan 220V.

Tabel 4.13 Hasil Pengujian *Rising Time* Motor Servo Pada Saat Mencapai Tegangan 220V

Sumber Tegangan <i>Input</i> (V)	Waktu (s)
160	3,37
170	2,94
180	2,53
190	2,22
200	2,18



Gambar 4.9 Grafik Karakteristik *Rising Time* Motor Servo

Berdasarkan Gambar 4.9 waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tegangan 220V berbanding terbalik terhadap sumber tegangan *input* yang diberikan. Waktu tercepat terjadi pada sumber tegangan *input* 200V, yaitu 2,18s. Hal tersebut dikarenakan motor servo hanya membutuhkan tambahan tegangan 20V untuk sampai pada nilai 220V sehingga pergeseran *tap* yang dilakukan tidak terlalu jauh, hal itu selaras dengan putaran motor servo yang bertugas sebagai penggeser *tap* autotransformator.

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. *Stabilizer* tiga fasa dengan kendali motor servo berbasis mikrokontroler ATmega 32 mampu menjaga tegangan output konstan sebesar 220V dengan *input* minimum 150V dengan *error* maksimum 0,9%.
2. *Stabilizer* masih mampu bekerja dengan baik ketika ketidakseimbangan mencapai 16,5V pada pengujian dengan tegangan *input* tidak seimbang yang dikondisikan.
3. Respon perbaikan tegangan pada pengujian *rise time* motor servo adalah 2,18s.

5.2. Saran

1. *Datasheet* belitan sebaiknya diketahui agar sistem kendali yang dibangun pada mikrokontroler lebih optimal.
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan metode yang lain, agar *error* yang diperoleh dapat lebih kecil dari 0.9% dan menghasilkan respon yang lebih cepat.
3. Diperlukan kalibrasi yang tepat agar hasil yang diperoleh lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bagus Fery Citarsa, Ida. 2011. Simulasi Penggunaan PI Controller Sebagai Penstabil Tegangan Generator DC Pada PLTA Angin Terhadap Perubahan Kecepatan Angin. Lombok : Jurnal. Universitas Mataram.
- [2] Arman Jaya, Irianto dan Setiadji. Implementasi Kontroler PID Pada AVR (*Automatic Voltage Regulator*) Untuk Pengaturan Tegangan Eksitasi Generator Sinkron 3 Fasa. Surabaya : Jurnal. Institut Teknologi Surabaya.
- [3] Fahlufi, Ahmad dkk. 2010. Transformer. Jakarta : Paper. Universitas Indonesia.
- [4] A. Rahman Hasibuan dan Naemah Mubarakah. Rangkaian Tiga Fasa. Medan : Paper. Universitas Sumatra Utara.
- [5] Zuhal. 2000. Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya. Jakarta: Gramedia.
- [6] Prayoga, Aditya dkk. 2010. Transformer. Jakarta : Paper. Universitas Indonesia.
- [7] Bernando, Rico. 2011. *Robot Berkaki Empat Pada Aplikasi Penjejak Cahaya*, Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- [8] Winoto, Ardi. 2010. Mikrokontroler AVR Atmega8/32/16/8535 dan pemrogramannya dengan bahasa C pada WinAVR. Bandung: Informatika.
- [9] www.atmel.com/literature
- [10] Setiawan, Afrie. 2011. 20 Aplikasi Mikrokontroler Atmega 8535 dan Atmega 16 menggunakan BASCOM-AVR. Yogyakarta: Andi Publisher.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

```

$regfile = "m32def.dat"

$crystal = 12000000

'-----
'DEKLARASI KONFIGURASI MOTOR SERVO
'-----

Config Servos = 3 , Servo1 = Portd.7 , Servo2 = Portd.6 , Servo3 =
Portd.5 , Reload = 10

Config Portd = Output

Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portb.4 , Db5 = Portb.5 , Db6 = Portb.6 , Db7
= Portb.7 , E = Portb.2 , Rs = Portb.0

Config Lcd = 16 * 2

Cursor Off

Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc

Start Adc

Enable Interrupts

Dim Adc1 As Word , Adc_convert1 As Integer , Adc_string1 As Integer
Dim Adc2 As Word , Adc_convert2 As Integer , Adc_string2 As Integer
Dim Adc3 As Word , Adc_convert3 As Integer , Adc_string3 As Integer
Dim Adc4 As Word , Adc_convert4 As Integer , Adc_string4 As Integer
Dim Adc5 As Word , Adc_convert5 As Integer , Adc_string5 As Integer
Dim Adc6 As Word , Adc_convert6 As Integer , Adc_string6 As Integer

Dim Error As Integer

Dim Error2 As Integer

Dim Error3 As Integer

Dim Arah As Integer

Dim Arah2 As Integer

Dim Arah3 As Integer

Dim Fuzzy As Integer

Dim Fuzzy2 As Integer

```

```
Dim Fuzzy3 As Integer
```

```
Servo(1) = 104
```

```
Servo(2) = 100
```

```
Servo(3) = 100
```

```
Portd = 255
```

```
Cls
```

```
Waitms 10
```

```
Locate 1 , 1
```

```
Lcd "-----"
```

```
Locate 2 , 2
```

```
Lcd "STABILIZER3FASA"
```

```
Waitms 1000
```

```
Cls
```

```
Do
```

```
Cls
```

```
Adc1 = Getadc(0)
```

```
Adc_convert1 = Adc1
```

```
Adc_convert1 = Adc_convert1 / 5.385
```

```
Adc_string1 = Adc_convert1 + 22
```

```
Adc_string1 = Adc_string1
```

```
Adc2 = Getadc(1)
```

```
Adc_convert2 = Adc2
```

```
Adc_convert2 = Adc_convert2 / 5.385
```

```
Adc_string2 = Adc_convert2 + 22
```

```
Adc_string2 = Adc_string2
```

```

Adc3 = Getadc(2)
Adc_convert3 = Adc3
Adc_convert3 = Adc_convert3 / 5.385
Adc_string3 = Adc_convert3 + 22
Adc_string3 = Adc_string3

Adc4 = Getadc(3)
Adc_convert4 = Adc4
Adc_convert4 = Adc_convert4 / 5.385
Adc_string4 = Adc_convert4 + 22
Adc_string4 = Adc_string4

Adc5 = Getadc(4)
Adc_convert5 = Adc5
Adc_convert5 = Adc_convert5 / 5.385
Adc_string5 = Adc_convert5 + 22
Adc_string5 = Adc_string5

Adc6 = Getadc(5)
Adc_convert6 = Adc6
Adc_convert6 = Adc_convert6 / 5.385
Adc_string6 = Adc_convert6 + 22
Adc_string6 = Adc_string6

Error = 220 - Adc_string2
Error2 = 220 - Adc_string4
Error3 = 220 - Adc_string6

If Adc_string2 > 220 Then
Arah = 80
End If

```

```
    If Adc_string2 < 220 Then
Arah = 200
End If
```

```
    If Adc_string4 > 220 Then
Arah2 = 80
End If
```

```
    If Adc_string4 < 220 Then
Arah2 = 200
End If
```

```
    If Adc_string6 > 220 Then
Arah3 = 80
End If
```

```
    If Adc_string6 < 220 Then
Arah3 = 200
End If
```

```
Fuzzy = Error * 8
Fuzzy2 = Error2 * 8
Fuzzy3 = Error3 * 8
```

```
If Fuzzy < 0 Then
Fuzzy = Fuzzy * -1
End If
```

```
If Fuzzy2 < 0 Then
Fuzzy2 = Fuzzy2 * -1
End If
```

```

If Fuzzy3 < 0 Then
Fuzzy3 = Fuzzy3 * -1
End If

    If Adc_string2 >= 218 And Adc_string2 <= 222 Then
Fuzzy = 0
    End If

    If Adc_string4 >= 218 And Adc_string4 <= 222 Then
Fuzzy2 = 0
    End If

    If Adc_string6 >= 218 And Adc_string6 <= 222 Then
Fuzzy3 = 0
    End If

If Error > 70 Then
Fuzzy = 0
End If

    If Error2 > 70 Then
Fuzzy2 = 0
    End If

    If Error3 > 70 Then
Fuzzy3 = 0
    End If

If Adc_string1 < 25 Then
Adc_string1 = 0
End If

If Adc_string2 < 25 Then

```

```
Adc_string2 = 0
```

```
End If
```

```
If Adc_string3 < 25 Then
```

```
Adc_string3 = 0
```

```
End If
```

```
If Adc_string4 < 25 Then
```

```
Adc_string4 = 0
```

```
End If
```

```
If Adc_string5 < 25 Then
```

```
Adc_string5 = 0
```

```
End If
```

```
If Adc_string6 < 25 Then
```

```
Adc_string6 = 0
```

```
End If
```

```
Locate 1 , 1
```

```
Lcd "r" ; Adc_string1
```

```
Locate 1 , 7
```

```
Lcd "s" ; Adc_string3
```

```
Locate 1 , 13
```

```
Lcd "t" ; Adc_string5
```

```
Locate 2 , 1
```

```
Lcd "R" ; Adc_string2
```

```
Locate 2 , 7
```

```
Lcd "S" ; Adc_string4
```

```
Locate 2 , 13
```

```
Lcd "T" ; Adc_string6
```

```
Waitms 1000
```



```
Servo(1) = Arah  
Waitms Fuzzy  
Servo(1) = 104  
Servo(2) = Arah2  
Waitms Fuzzy2  
Servo(2) = 100  
Servo(3) = Arah3  
Waitms Fuzzy3  
Servo(3) = 100
```

```
Loop
```

LAMPIRAN 2

SUMBER 150V

Perhitungan pada fasa R,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 219V - 214,8V \\ &= 4,2 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{4,2V}{219V} \times 100\% \\ &= 1,91\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa S,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 222V - 218,1V \\ &= 3,9 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{3,9V}{222V} \times 100\% \\ &= 1,75\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa T,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 221V - 217,7V \\ &= 3,3 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{3,3V}{221V} \times 100\% \\ &= 1,49\% \end{aligned}$$

SUMBER 160V

Perhitungan pada fasa R,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 221V - 215,9V \\ &= 5,1 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{5,1V}{221V} \times 100\% \\ &= 2,30\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa S,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 217V - 213,6V \\ &= 3,4 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{3,4V}{217V} \times 100\% \\ &= 1,56\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa T,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 222V - 215,2V \\ &= 6,8 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{6,8V}{222V} \times 100\% \\ &= 3,06\% \end{aligned}$$

SUMBER 170V

Perhitungan pada fasa R,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ = 219V - 216,7V \\ = 2,3 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error(\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{2,3V}{219V} \times 100\% \\ &= 1,05\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa S,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ = 219V - 215,6V \\ = 3,4 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error(\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{3,4V}{219V} \times 100\% \\ &= 1,55\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa T,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ = 220V - 214,7V \\ = 5,3 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error(\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{5,3V}{220V} \times 100\% \\ &= 1,2,40\% \end{aligned}$$

SUMBER 180V

Perhitungan pada fasa R,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ = 220V - 216,9V \\ = 3,1 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error(\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{3,1V}{220V} \times 100\% \\ &= 1,40\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa S,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ = 220V - 213,8V \\ = 6,2 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error(\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100 \\ &= \frac{6,2V}{220V} \times 100\% \\ &= 2,81\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa T,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ = 222V - 215,8V \\ = 6,2 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error(\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{6,2V}{222V} \times 100\% \\ &= 2,79\% \end{aligned}$$

SUMBER 190V

Perhitungan pada fasa R,

$$\begin{aligned} \text{error } \overline{V} - V_{Manual} \\ = 221V - 217,9V \\ = 3,1 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} \text{error } (\%) &= \frac{\text{error}}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{3,1V}{221V} \times 100\% \\ &= 1,40\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa S,

$$\begin{aligned} \text{error } \overline{V} - V_{Manual} \\ = 219V - 213,9V \\ = 5,1 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} \text{error } (\%) &= \frac{\text{error}}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{5,1V}{219V} \times 100\% \\ &= 2,32\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa T,

$$\begin{aligned} \text{error } \overline{V} - V_{Manual} \\ = 219V - 213,7V \\ = 5,3 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} \text{error } (\%) &= \frac{\text{error}}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{5,3V}{219V} \times 100\% \\ &= 2,42\% \end{aligned}$$

Pengujian Dengan Beban Lampu Pijar

SUMBER 150 V

Perhitungan pada fasa R,

$$\begin{aligned} \text{error } \overline{V} - V_{Manual} \\ = 221 - 216,4 \\ = 4,6 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} \text{error } \frac{\text{error}}{V_{LCD}} \times 100\% \\ = \frac{4,6}{221} \times 100\% \\ = 2,08\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa S,

$$\begin{aligned} \text{error } \overline{V} - V_{Manual} \\ = 217 - 215,7 \\ = 1,3 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} \text{error } \frac{\text{error}}{V_{LCD}} \times 100\% \\ = \frac{1,3}{217} \times 100\% \\ = 0,59\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa T,

$$\begin{aligned} \text{error } \overline{V} - V_{Manual} \\ = 219 - 215,7 \\ = 3,1 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} \text{error } \frac{\text{error}}{V_{LCD}} \times 100\% \\ = \frac{3,1}{219} \times 100\% \\ = 1,41\% \end{aligned}$$

SUMBER 160 V

Perhitungan pada fasa R,

$$\begin{aligned} error \bar{V}_{CD} - V_{Manual} \\ = 219 - 216,7 \\ = 2,3 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error \frac{error}{\bar{V}_{CD}} \times 100\% \\ = \frac{2,3}{219} \times 100\% \\ = 1,05\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa S,

$$\begin{aligned} error \bar{V}_{CD} - V_{Manual} \\ = 210 - 215,8 \\ = 5,8 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error \frac{error}{\bar{V}_{CD}} \times 100\% \\ = \frac{5,8}{210} \times 100\% \\ = 2,76\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa T,

$$\begin{aligned} error \bar{V}_{CD} - V_{Manual} \\ = 218 - 214,5 \\ = 3,5 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error \frac{error}{\bar{V}_{CD}} \times 100\% \\ = \frac{3,5}{218} \times 100\% \\ = 1,60\% \end{aligned}$$

SUMBER 170 V

Perhitungan pada fasa R,

$$\begin{aligned} error \bar{V}_{CD} - V_{Manual} \\ = 222 - 217 \\ = 5 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error \frac{error}{\bar{V}_{CD}} \times 100\% \\ = \frac{5}{222} \times 100\% \\ = 2,25\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa S,

$$\begin{aligned} error \bar{V}_{CD} - V_{Manual} \\ = 223 - 212,8 \\ = 10,2 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error \frac{error}{\bar{V}_{CD}} \times 100\% \\ = \frac{10,2}{223} \times 100\% \\ = 4,57\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa T,

$$\begin{aligned} error \bar{V}_{CD} - V_{Manual} \\ = 220 - 215,4 \\ = 4,6 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error \frac{error}{\bar{V}_{CD}} \times 100\% \\ = \frac{4,6}{220} \times 100\% \\ = 2,09\% \end{aligned}$$

SUMBER 180 V

Perhitungan pada fasa R,

$$\begin{aligned} error \bar{V}_C - V_{Manual} \\ = 221 - 218,7 \\ = 2,3 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ = \frac{2,3}{221} \times 100\% \\ = 1,04 \% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa S,

$$\begin{aligned} error \bar{V}_C - V_{Manual} \\ = 218 - 215,5 \\ = 2,5 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ = \frac{2,5}{218} \times 100\% \\ = 1,14 \% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa T,

$$\begin{aligned} error \bar{V}_C - V_{Manual} \\ = 216 - 214,4 \\ = 1,6 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ = \frac{1,6}{216} \times 100\% \\ = 0,74 \% \end{aligned}$$

SUMBER 190 V

Perhitungan pada fasa R,

$$\begin{aligned} error \bar{V}_C - V_{Manual} \\ = 219 - 218,9 \\ = 0,1 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ = \frac{0,1}{219} \times 100\% \\ = 0,04 \% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa S,

$$\begin{aligned} error \bar{V}_C - V_{Manual} \\ = 222 - 214,3 \\ = 7,7 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ = \frac{7,7}{222} \times 100\% \\ = 3,46 \% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa T, 17

$$\begin{aligned} error \bar{V}_C - V_{Manual} \\ = 222 - 214,4 \\ = 7,6 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ = \frac{7,6}{222} \times 100\% \\ = 3,42 \% \end{aligned}$$

Pengujian Dengan Sumber Tidak Seimbang

SUMBER 160V

Perhitungan pada fasa R,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 222V - 215,4V \\ &= 6,6 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{6,6V}{222V} \times 100\% \\ &= 2,97\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa S,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 220V - 216,31V \\ &= 3,7 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{3,7V}{220V} \times 100\% \\ &= 1,68\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa T,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 218V - 219,5V \\ &= 1,5 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{1,5V}{218V} \times 100\% \\ &= 0,68\% \end{aligned}$$

SUMBER 170V

Perhitungan pada fasa R,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 219V - 218,5V \\ &= 0,5 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{0,5V}{219V} \times 100\% \\ &= 0,22\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa S,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 218V - 217,3V \\ &= 0,7 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{0,7V}{218V} \times 100\% \\ &= 0,32\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa T,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 220V - 215,8V \\ &= 4,2 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{4,2V}{220V} \times 100\% \\ &= 1,90\% \end{aligned}$$

SUMBER 180V

Perhitungan pada fasa R,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 218V - 217,4V \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{0,6V}{218V} \times 100\% \\ &= 0,27\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa S,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 222V - 217,2V \\ &= 4,8 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{4,8V}{222V} \times 100\% \\ &= 2,16\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa T,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 220V - 215,2V \\ &= 4,8 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{4,8V}{220V} \times 100\% \\ &= 2,18\% \end{aligned}$$

SUMBER 190V

Perhitungan pada fasa R,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 221V - 215,9V \\ &= 5,1 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{5,1V}{221V} \times 100\% \\ &= 2,30\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa S,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 220V - 219,3V \\ &= 0,7 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{0,7V}{220V} \times 100\% \\ &= 0,31\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa T,

$$\begin{aligned} error \bar{V} - V_{Manual} \\ &= 219V - 214,9V \\ &= 4,1 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} error (\%) &= \frac{error}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{4,1V}{219V} \times 100\% \\ &= 1,87\% \end{aligned}$$

SUMBER 199V

Perhitungan pada fasa R,

$$\begin{aligned} \text{error } \overline{V} - V_{Manual} \\ &= 222V - 214,8V \\ &= 7,2 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} \text{error}(\%) &= \frac{\text{error}}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{7,2V}{219V} \times 100\% \\ &= 3,24\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa S,

$$\begin{aligned} \text{error } \overline{V} - V_{Manual} \\ &= 221V - 219,1V \\ &= 1,9 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\begin{aligned} \text{error}(\%) &= \frac{\text{error}}{V_{LCD}} \times 100\% \\ &= \frac{1,9V}{221V} \times 100\% \\ &= 0,85\% \end{aligned}$$

Perhitungan pada fasa T,

$$\begin{aligned} \text{error } \overline{V} - V_{Manual} \\ &= 218V - 217,4V \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

Error dalam (%),

$$\text{error}(\%) = \frac{\text{error}}{V_{LCD}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,6V}{218V} \times 100\% \\ &= 0,27\% \end{aligned}$$

LAMPIRAN 3

Pengujian Tanpa Beban.

Sumber Tegangan *Input* 0V



Sumber Tegangan *Input* 150V



Sumber Tegangan *Input* 160V



Sumber Tegangan *Input* 170V



Sumber Tegangan *Input* 180V



Sumber Tegangan *Input* 190V



Pengujian Berbeban.

Sumber Tegangan *Input* 0V



Sumber Tegangan *Input* 150V



Sumber Tegangan *Input* 160V



Sumber Tegangan *Input* 170V



Sumber Tegangan *Input* 180V



Sumber Tegangan *Input* 190V



LAMPIRAN 4

Features

- High-performance, Low-power Atmel® AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 × 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
 - 32Kbytes of In-System Self-programmable Flash program memory
 - 1024Bytes EEPROM
 - 2Kbytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
 - 2.7V - 5.5V for ATmega32L
 - 4.5V - 5.5V for ATmega32
- Speed Grades
 - 0 - 8MHz for ATmega32L
 - 0 - 16MHz for ATmega32
- Power Consumption at 1MHz, 3V, 25°C
 - Active: 1.1mA
 - Idle Mode: 0.35mA
 - Power-down Mode: < 1µA



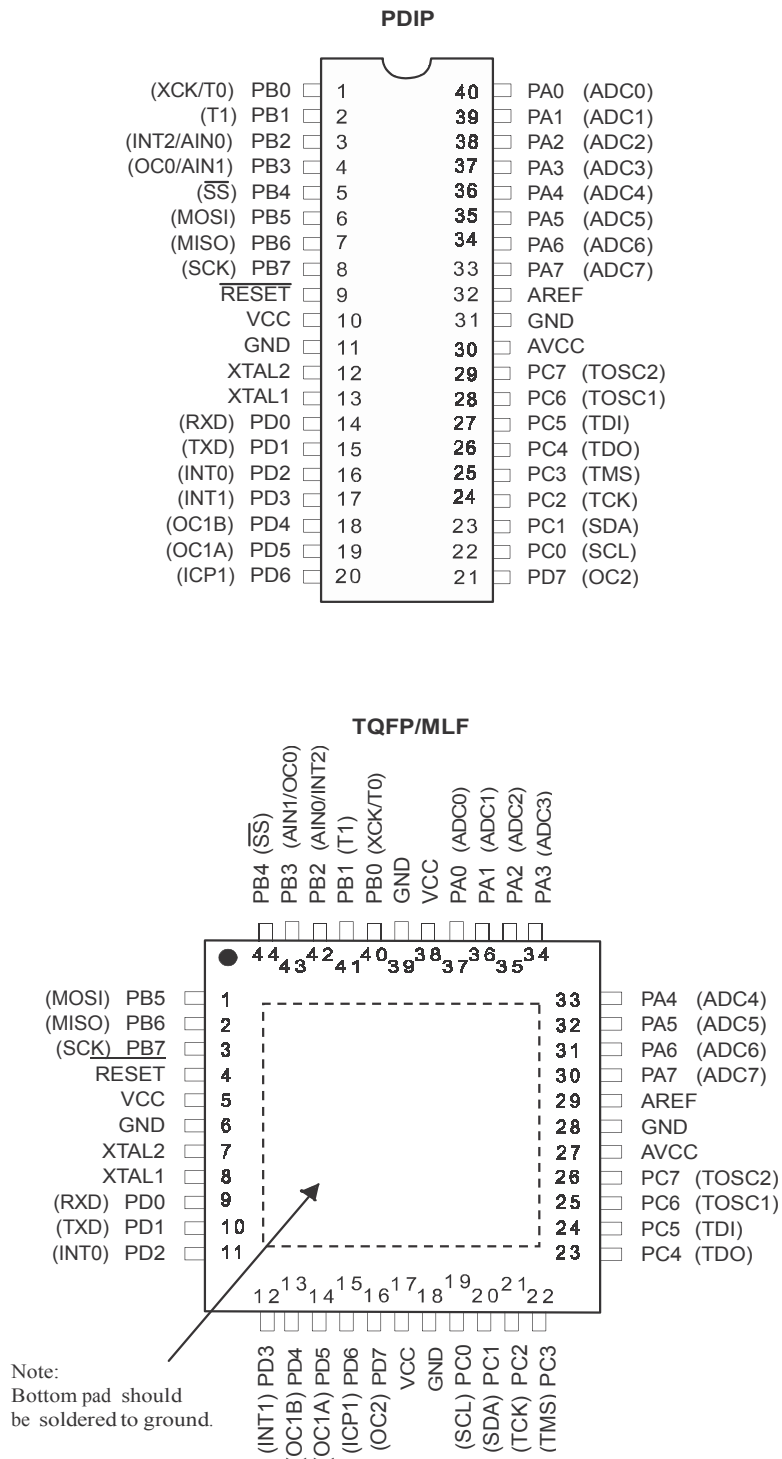
8-bit 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0
Microcontroller
with 32KBytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega32
ATmega32L



Pin Configurations

Figure 1. Pinout ATmega32

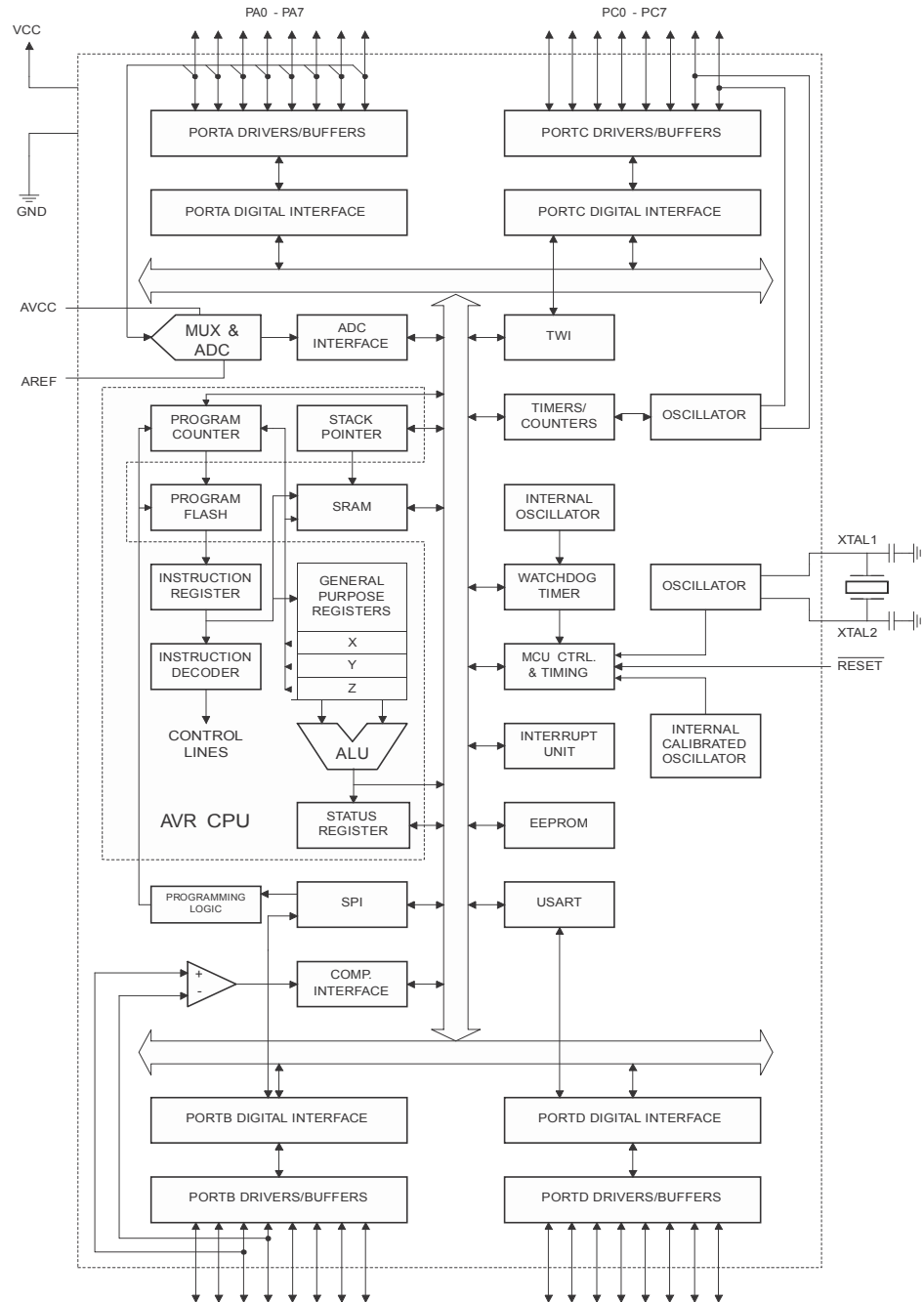


Overview

The Atmel®AVR®ATmega32 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega32 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram



The Atmel® AVR® AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega32 provides the following features: 32Kbytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 1024bytes EEPROM, 2Kbyte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, Internal and External Interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire interface, A/D Converter, SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next External Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the Asynchronous Timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega32 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The Atmel AVR ATmega32 is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

Pin Descriptions

VCC Digital supply voltage.

GND Ground.

Port A (PA7..PA0) Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Port B (PB7..PB0)	Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. Port B also serves the functions of various special features of the ATmega32 as listed on page 57.
Port C (PC7..PC0)	Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs. The TD0 pin is tri-stated unless TAP states that shift out data are entered. Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega32 as listed on page 60.
Port D (PD7..PD0)	Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. Port D also serves the functions of various special features of the ATmega32 as listed on page 62.
<u>RESET</u>	Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 15 on page 37. Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.
XTAL1	Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.
XTAL2	Output from the inverting Oscillator amplifier.
AVCC	AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter.
AREF	AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

Resources

A comprehensive set of development tools, application notes and datasheets are available for download on <http://www.atmel.com/avr>.

Data Retention

Reliability Qualification results show that the projected data retention failure rate is much less than 1 PPM over 20 years at 85°C or 100 years at 25°C.

About Code Examples

This documentation contains simple code examples that briefly show how to use various parts of the device. These code examples assume that the part specific header file is included before compilation. Be aware that not all C Compiler vendors include bit definitions in the header files and interrupt handling in C is compiler dependent. Please confirm with the C Compiler documentation for more details.

