



**PENERAPAN *IoT* DALAM RANCANG BANGUN
SISTEM PROTEKSI MOTOR INDUKSI TIGA FASA
DARI GANGGUAN BEBAN LEBIH BERBASIS
MIKROKONTROLLER**

Skripsi

**diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektro**

Oleh

Abdul Wakhid

NIM.5301414053

**PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2020**

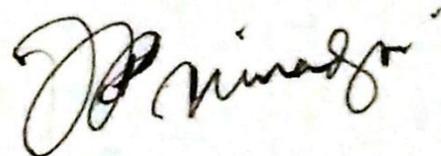
PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama : Abdul Wakhid
NIM : 5301414053
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro
Judul : Penerapan *IoT* dalam Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa dari Gangguan Beban Lebih berbasis Mikrokontroler

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 06 Februari 2020

Dosen pembimbing



Drs. Yohanes Primadiyono M.T.

NIP. 196209021987031002

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul "Penerapan IoT pada Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa dari Gangguan Beban Lebih Berbasis Mikrokontroller" telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 25 Februari 2020.

Oleh

Nama : Abdul Wakhid
NIM : 5301414053
Program Studi : S-1 Pendidikan Teknik Elektro

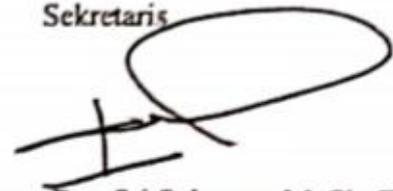
Panitia

Ketua



Ir. Ulfah Mediaty Arief, M. T., IPM.
NIP. 196605051997022001

Sekretaris



Drs. Sri Sukamta, M. Si., IPM
NIP. 196708181992031004

Penguji 1



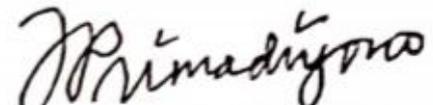
Dr. Ir. I Made Sudana, M. Pd.
NIP. 195605081984031004

Penguji 2



Tatyanton Andrasto, S.T., M.T.
NIP. 196803161999031001

Penguji 3/ Pembimbing



Drs. Yohanes Primadiyono, M. T.
NIP. 196209021987031002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang



Dr. Nur Qudus M.T.
NIP. 196911301994031001

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 06 Februari 2020

Yang membuat pernyataan,



Abdul Wakhid

NIM. 5301414053

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“ Orang akan tetap pandai selama dia terus belajar. Bila dia berhenti belajar karena merasa sudah pandai, mulailah dia bodoh.”

(KH. Ahmad Mustofa Bisri/ Gus Mus)

“ Seperti bersyukur orang Jawa, masih ada untung di setiap kesialan. Ambil hikmahnya.”

(Penulis)

PERSEMBAHAN

Dengan penuh syukur dan terima kasih, skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orangtuaku (Bapak Sunarsis & Ibu Suparmi) serta Adikku (Siti Mahmudah), yang senantiasa selalu memberikan do'a dan dukungan, kalian adalah segalanya.
2. UKM Teater SS yang telah menjadi rumah kedua saya saat menempuh studi di Unnes.
3. Teman- teman PTE '14 yang memberikan dukungan dan bantuan saat dibutuhkan.
4. Para sahabat yang tidak bisa disebutkan satu persatu, tanpa kalian semua saya takkan menjadi apa-apa.

ABSTRAK

Abdul Wakhid, 2020, “ Penerapan IoT dalam Rancang Bangun Sistem Proteksi Motor Induksi dari Gangguan Beban Lebih berbasis Mikrokontroler.”, Drs. Yohanes Primadiyono, M.T. Pendidikan Teknik Elektro.

Di sektor industri saat ini, motor listrik sudah menjadi kebutuhan pokok bagi para pelaku industri untuk mendukung proses produksinya. Penggunaan motor listrik dipilih karena mempunyai sifat mudah dioperasikan dan tidak menimbulkan polusi suara dibanding dengan penggunaan tenaga motor diesel atau motor bakar. Motor listrik digunakan untuk menggerakkan beban atau sebagai penggerak pengangkatan beban. Sistem proteksi motor induksi tiga fasa dipasang untuk melindungi motor pada saat bekerja sehingga meminimalisir kerusakan yang diakibatkan dari gangguan-gangguan yang muncul. Saat ini sistem proteksi motor induksi masih tergolong manual, maka diperlukan sebuah sistem proteksi otomatis sehingga dapat menjaga motor induksi tetap bekerja dan minim gangguan. Sistem ini menggunakan mikrokontroler, sensor arus dan sensor suhu. Modul Wifi sebagai transmisi data, Relay SSR sebagai pemutus daya, serta blynk apps sebagai aplikasi pemonitorannya karena memiliki keunggulan dan kemudahan dalam pengoperasiannya. Metode penelitian yang digunakan adalah metode Penelitian dan Pengembangan. Pengujian yang dilakukan adalah dengan kalibrasi sensor, dan uji kinerja sistem. Hasil pengujian yang didapatkan dari pengukuran manual dan yang ditampilkan pada android memiliki persentase error kurang lebih 1,85% pada uji coba keseluruhan alat.

Kata – kata kunci : Motor Induksi Tiga Fasa, Sistem Proteksi, Mikrokontroler

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Penerapan IoT dalam Rancang Bangun Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa dari Gangguan Beban Lebih berbasis Mikrokontroler”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang. Sholawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat-Nya di yaumul akhir nanti, Aamiin.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada :

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum. selaku Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, M.T, selaku Dekan Fakultas Dekan Teknik, dan Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T., IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Drs. Yohanes Primadiyono, M.T. sebagai Dosen Pembimbing Skripsi atas perkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan karya ini.
4. Drs. Ir. I Made Sudana, M.Pd., IPM. sebagai Dosen Penguji 1 yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan,

pernyataan, komentar, tanggapan, serta menambah bobot dan kualitas karya tulis saya.

5. Tatyantoro Andrasto, S.T., M.T. sebagai Dosen Penguji 2 yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pernyataan, komentar, tanggapan, serta menambah bobot dan kualitas karya tulis saya.
6. Semua dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
7. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat untuk masyarakat lainnya.

Semarang, 6 Februari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	8
1.3. Pembatasan Masalah	9
1.4. Rumusan Masalah	9
1.5. Tujuan Penelitian.....	9
1.6. Manfaat Penelitian.....	10
1.7. Penegasan Istilah	10
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	13
2.1. Kajian Pustaka	13
2.2. Landasan Teori	15

2.2.1. Motor Induksi	15
2.2.1.1. Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa	16
2.2.1.2. Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa	19
2.2.1.3. Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi Tiga Fasa	22
2.2.1.4. Rugi-rugi Daya pada Motor Induksi Tiga Fasa	26
2.2.1.5. Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa	27
2.2.1.6. Ketidakstabilan Tegangan	29
2.2.1.7. Gangguan Arus Lebih pada Motor Induksi Tiga Fasa	30
2.2.1.8. Kenaikan Suhu dan Kelas Isolasi Motor Induksi Tiga Fasa .	31
2.2.2. Internet of Things	33
2.2.2.1. Desain dan Arsitektur IoT	35
2.2.2.2. Perbedaan IoT dan Jaringan Tradisional	36
2.2.2.3. Teknologi Kunci Internet of Things	38
2.2.2.4. Arsitektur Dasar Internet of Things dengan Embedded System.....	39
2.2.3. Mikrokontroler	40
2.2.4. Sensor Suhu	44
2.2.4.1. Termistor	45
2.2.4.2. Kurva Karakteristik Termistor	46
2.2.5. Sensor Arus	47
2.2.5.1. Sensor Efek-Hall	48
2.2.5.2. Pengukuran Tegangan Efek Hall	48
2.3. Kerangka Berfikir	51
BAB III METODE PENELITIAN	52

3.1. Tujuan Operasional Penelitian	52
3.2. Tempat & Waktu Penelitian	52
3.3. Desain Penelitian	52
3.4. Prosedur Penelitian	53
3.4.1. Planning (Perencanaan)	54
3.4.2. Analysis (Analisa)	54
3.4.3. Design (Perancangan)	55
3.4.3.1. Perancangan perangkat keras (Hardware)	55
3.4.3.2. Perancangan perangkat lunak (Software)	64
3.4.4. Construct (Pembangunan)	65
3.4.5. Applied (Penerapan)	66
3.5. Teknik Pengumpulan Data	66
3.5.1. Pengujian komponen-komponen elektronika	66
3.5.2. Pengujian keandalan aplikasi blynk pada smartphone	67
3.5.3. Pengujian seluruh sistem	67
3.6. Teknik Analisis Data	68
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	69
4.1. Hasil Penelitian	69
4.1.1. Hasil Perancangan Prototipe Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa	69
4.1.2. Hasil Penelitian Laboratorium dan Analisis Data	71
4.1.2.1. Pengujian Fungsional Sensor Suhu DHT11	72
4.1.2.2. Pengujian Fungsional Sensor Arus ACS712	73

4.1.2.3. Pengujian Jarak Modul Wifi ESP2866 dan Fungsional	
Aplikasi Blynk	75
4.1.2.4. Pengujian Prototipe pada Motor Induksi Tiga Fasa Tanpa	
Beban	76
4.1.2.5. Pengujian Prototipe pada Motor Induksi Tiga Fasa	
Berbeban.....	79
4.2. Pembahasan	84
4.2.1. Pembahasan Hasil Perancangan Alat	84
4.2.2. Pembahasan Hasil Uji Prototipe	85
4.2.2.1. Pembahasan Hasil Uji Prototipe pada Motor Induksi Tanpa	
Beban	88
4.2.2.2. Pembahasan Hasil Uji Prototipe pada Motor Induksi	
Berbeban.....	88
BAB V PENUTUP	97
5.1. Simpulan.....	97
5.2. Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN	101

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Metode Pengukuran Efisiensi Motor Induksi IEEE	28
Tabel 2.2 Insulation Class and Temperature Rise Motor Induksi	31
Tabel 2.3 Persamaan dan perbedaan antara IoT, Internet, dan WSN	36
Tabel 2.4 Alur kerangka berfikir	51
Tabel 3.1 Pemasangan komponen pada pin mikrokontroler	63
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu DHT11.....	72
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor Arus	74
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Jarak Modul Wifi ESP2866	75
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Prototipe pada Motor Induksi Tanpa Beban	76
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Prototipe pada Motor Induksi Berbeban	80
Tabel 4.6 Port-port penghubung antara Arduino dan Modul ESP2688	83
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Arus pada Motor Induksi Tanpa Beban	87
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Arus pada Motor Induksi berbeban	90
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Prototipe setelah penurunan nilai Iset	93
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Prototipe setelah modifikasi suhu	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bentuk fisik motor induksi 3 fasa	15
Gambar 2.2. Gambaran umum konstruksi motor induksi 3 fasa	16
Gambar 2.3. Penampang stator motor induksi	17
Gambar 2.4. Penampang rotor kutub silinder	19
Gambar 2.5. Penampang rotor kutub menonjol	19
Gambar 2.6. Medan putar motor induksi	20
Gambar 2.7. Diagram sinusodial fluks pada kumparan motor induksi	21
Gambar 2.8. Rangkaian Ekivalen Stator	24
Gambar 2.9 Rangkaian Ekivalen per-Fasa Rotor Motor Induksi Keadaan Diam..	25
Gambar 2.10 Ilustrasi rugi-rugi daya pada motor induksi	26
Gambar 2.11 Ilustrasi Aliran Aktif Motor Induksi	27
Gambar 2.12 Diagram 3 dimensi IoT	36
Gambar 2.13 Cara kerja IoT	38
Gambar 2.14 Diagram Arsitektur IoT dengan Embedded System	40
Gambar 2.15 Kurva karakteristik termistor	47
Gambar 2.16 Rangkaian pengukuran tegangan hall	49
Gambar 3.1 Diagram blok fungsional sistem	56
Gambar 3.2 Blynk Apps	61
Gambar 3.3 Rangkaian bagian utama sistem	63
Gambar 3.4 Flowcart program	65
Gambar 4.1 Hasil Rancangan Bagian Hardware Prototipe Sistem	70
Gambar 4.2 Tampilan Sistem Proteksi Motor Induksi pada Aplikasi Blynk	71

Gambar 4.3 Grafik pengaruh suhu terhadap nilai resistansi termistor	73
Gambar 4.4a Grafik hubungan tegangan masukan dengan arus pada masing-masing fasa terbaca amperemeter	77
Gambar 4.4b Grafik hubungan tegangan masukan dengan arus pada masing-masing fasa terbaca blynk apps	78
Gambar 4.5 Grafik hubungan tegangan masukan dengan suhu pada motor induksi.....	79
Gambar 4.6 Grafik besaran arus terhadap beberapa jenis beban	81
Gambar 4.7 Diagram blok pengujian prototipe yang dipasang pada motor induksi tiga fasa tanpa beban	85
Gambar 4.8 Rangkaian Daya Pengujian Motor tanpa Beban	86
Gambar 4.9 Diagram blok pengujian prototipe yang dipasang pada motor induksi tiga fasa berbeban	88
Gambar 4.10 Rangkaian Daya Pengujian Motor beban Generator	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Syntax Program Arduino IDE	102
Lampiran 2. Nameplate Motor Induksi Tiga Fasa	108
Lampiran 3. Datasheet Alat	109
Lampiran 4. Lembar Usulan Dosen Pembimbing	126
Lampiran 5. Lembar SK Dosen Pembimbing	127
Lampiran 6. Lembar Surat Tugas Dosen Penguji Seminar Proposal	128
Lampiran 7. Lembar Surat Ijin Pemakaian Laboratorium	129
Lampiran 8. Lembar Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana	130

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini kita telah memasuki era revolusi industri generasi ke empat atau lebih sering disebut Industry 4.0. Revolusi industri ini ditandai dengan semakin meningkatnya konektivitas, interaksi, dan batas antara manusia, mesin, dan sumber daya lainnya yang semakin konvergen melalui teknologi informasi dan komunikasi. Revolusi industri generasi pertama ditandai oleh penggunaan mesin uap untuk menggantikan tenaga manusia dan hewan. Generasi kedua, melalui penerapan konsep produksi massal dan mulai dimanfaatkannya tenaga listrik. Generasi ketiga, ditandai dengan penggunaan teknologi otomasi dalam kegiatan industri. Generasi keempat, penggunaan teknologi komunikasi dan informasi sepenuhnya dalam berbagai aspek dan bidang.

Menurut Menteri Perindustrian dalam situs resmi Kementerian Perindustrian <https://kemenperin.go.id/artikel/18967/Making-Indonesia-4.0:-Strategi-RI-Masuki-Revolusi-Industri-Ke-4/> menyatakan bahwa pada revolusi industri keempat, menjadi lompatan besar bagi sektor industri, dimana teknologi informasi dan komunikasi dimanfaatkan sepenuhnya. Tidak hanya dalam proses produksi, melainkan juga di seluruh rantai nilai industri sehingga melahirkan model bisnis yang baru dengan basis digital guna mencapai efisiensi yang tinggi dan kualitas produk yang lebih baik. Oleh sebab itu, perlu adanya beberapa pembenahan terutama di sektor penguasaan teknologi dimana ini menjadi kunci dari terwujudnya Industry 4.0.

Ada lima teknologi utama untuk menopang pembangunan sistem Industry 4.0, yaitu Internet of Things, Artificial Intelligence, Human-Machine Interface, Teknologi Robotik dan Sensor, serta Teknologi 3D Printing.

Perkembangan teknologi saat ini semakin pesat, khususnya dalam bidang teknologi informasi dan komunikasi. Salah satu teknologi yang populer adalah perangkat mobile seperti Smartphone. Kebutuhan akan smartphone semakin tinggi hal ini disebabkan karena sistem operasi yang terdapat pada smartphone adalah sistem operasi Android (Febri dan R. Kartono, 2018: 64).

Dalam perkembangannya saat ini, android dapat dimanfaatkan sebagai penunjang penggunaan teknologi Internet of Things (IoT).

Menurut Qusay I. Sarhan, (2018 :40) menyatakan bahwa :

Internet of things (IoT) is the promising and future internet. The IoT is a network of connected sensors, actuators, and everyday objects that are used in various domains, such as healthcare, airports, and military. As it connects everything around us to the internet.

Internet of Things merupakan suatu konsep dimana suatu objek tertentu punya kemampuan untuk mentransfer data lewat jaringan tanpa memerlukan adanya interaksi dari manusia ke manusia ataupun dari manusia ke perangkat komputer. Internet of Things yang lebih sering disebut dengan singkatan IoT ini sudah berkembang pesat mulai dari konvergensi teknologi nirkabel, micro-electromechanical systems (MEMS), dan juga Internet.

Internet of Things (IoT) muncul dengan prospek yang jauh lebih bagus dengan membawa teknologi terbaru. Teknologi ini bukan yang pertama di bidang

komputasi awan (cloud computing) tetapi telah banyak digunakan dimana- mana di bidang komputasi (Zainab et al., 2015 :37).

IoT bekerja dengan memanfaatkan suatu argumentasi pemrograman, dimana tiap-tiap perintah argumen tersebut bisa menghasilkan suatu interaksi antar mesin yang telah terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan tanpa terbatas jarak berapapun jauhnya. Internet menjadi penghubung interaksi antara kedua mesin. Fungsi manusia dalam hal ini hanyalah sebagai pengatur dan pengawas dari mesin- mesin yang bekerja secara langsung.

Untuk pengaplikasiannya sendiri, IoT sangat fleksibel dan dapat diterapkan di berbagai sektor, seperti sektor pertanian, sektor energi, sektor otomasi industri, sektor medik dan kesehatan serta sektor transportasi. Dalam sektor otomasi industri, IoT dapat difungsikan sebagai pemantau sekaligus pengontrol sistem mekanik dan elektrik pada mesin- mesin produksi. IoT dapat memantau secara real-time aktifitas mesin-mesin produksi, seperti penggunaan daya. IoT juga dapat digunakan sebagai alarm jika sewaktu-waktu mesin produksi terjadi masalah.

Di sektor industri saat ini, sudah menjadi kebutuhan pokok bagi para pelaku industri untuk mendukung proses produksinya menggunakan motor listrik. Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang berfungsi sebagai alat konversi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Secara umum motor listrik dapat dioperasikan baik dengan menghubungkan motor secara langsung kerangkaian pencatu maupun dengan menggunakan tegangan yang sudah dikurangi ke motor selama periode start.

Motor listrik banyak digunakan di industri kecil maupun industri besar. Penggunaan motor listrik dipilih karena mempunyai sifat mudah dioperasikan dan tidak menimbulkan polusi suara dibanding dengan penggunaan tenaga motor diesel atau motor bakar. Motor listrik digunakan untuk menggerakkan beban atau sebagai penggerak pengangkatan beban. Mesin beban seperti mesin bubut, mesin skrap, mesin potong dan mesin lainnya mempunyai karakteristik putaran yang berbeda-beda menurut keperluan (Sutarno, 2010: 123).

Menurut Mochtar Wijaya, (2001: 155) menyatakan bahwa penggunaan motor induksi sebagai motor listrik cukup banyak digunakan karena memiliki beberapa keuntungan, diantaranya :

(1) Bentuknya sederhana, konstruksinya cukup kuat. (2) Biayanya murah dan dapat diandalkan. (3) Efisiensi tinggi pada keadaan normal, tidak memerlukan sikat sehingga rugi-rugi gesekan dapat diminimalisir. (4) Perawatan yang minimum. (5) Pada waktu mulai tidak memerlukan peralatan khusus.

Dengan adanya efisiensi sedemikian rupa sehingga motor induksi tiga fasa sangat diminati di dunia perindustrian.

Dalam pengoperasian motor induksi tiga fasa harus mempunyai tingkat keandalan tinggi sehingga dapat menjaga kestabilan dan kontinuitas. Masalah Kestabilan dan kontinuitas sangat berpengaruh dalam proses produksi. Jika terjadi gangguan pada salah satu motor saja sehingga berhenti, dapat dipastikan proses produksi terganggu dan akan mengakibatkan kerugian yang besar baik dari peralatannya maupun produksinya.

Dalam penggunaan motor induksi tiga fasa, ternyata terdapat beberapa permasalahan yang dapat mengakibatkan kerusakan baik secara permanen atau

sementara pada motor induksi tiga fasa tersebut. Permasalahan yang terjadi diantaranya arus start yang besar (over current), kelebihan beban (over load), arus hubung singkat (short circuit), ketidak seimbangan antar fasa (unbalance), jatuh tegangan (drop voltage).

Beban lebih atau yang disebut dengan overload terjadi bila beban melebihi batas kemampuan dari motor induksi tiga fasa. Arus stator sering dipakai sebagai gambaran seberapa besar beban/load motor. Secara umum, besar arus tidak boleh lebih dari yang tercantum di name plate motor I_n atau $I_{full\ load}$. Panas yang timbul dalam winding adalah fungsi kuadrat arus, jadi bertambah sedikit saja mengakibatkan peningkatan panas besar.

Jika motor induksi tiga fasa dioperasikan dengan beban yang melebihi dari kemampuan motor tersebut, maka akan mengakibatkan motor tersebut mengalami kelebihan panas atau "Overheat", dan dalam waktu tertentu akan mengakibatkan rusaknya isolasi kawat gulungan dan motor induksi tersebut akan rusak atau gulungan terbakar. Disamping itu jika motor induksi dioperasikan dengan beban yang berlebihan, maka suhu akan meningkat melebihi batasan normal, dan akibatnya bearing akan panas dan pelumas kering, dan berakibat bearing akan rusak yang kemudian juga akan mengakibatkan kerusakan pada gulungan motor listrik tersebut.

Sistem proteksi motor induksi tiga fasa dipasang untuk melindungi motor pada saat bekerja sehingga meminimalisir kerusakan yang diakibatkan dari gangguan-gangguan yang muncul. Sistem proteksi motor induksi tiga fasa di sebagian besar industri biasanya menggunakan Thermal Overload Relay (TOR)

yang dilengkapi dengan Timer Start-Trip. Namun proteksi arus lebih dengan menggunakan Timer Start-Trip memiliki kelemahan, yaitu: masih dikendalikan kontaktor, tidak memiliki sistem monitoring, usia pemakaian pendek dan ketika alat Timer Start-Trip mengalami kerusakan pada saat motor beroperasi maka motor tidak trip. Hal tersebut menyebabkan proteksi ini tidak bisa bekerja dan mengakibatkan motor sering mengalami kerusakan (Ricardo et al.,2017 : 1).

Seiring dengan pertumbuhan dan perkembangan teknologi, peralatan kontrol-pun mengalami hal yang sama berkembang dengan sangat pesat, salah satu contohnya adalah mikrokontroller. Hal ini membuat banyak industri untuk melakukan perubahan peralatan dari manual ke otomatisasi. Salah satu aplikasi dari penggunaan mikrokontroller yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai perangkat proteksi otomatis. Implementasi penggunaan mikrokontroller ini dilakukan dengan menggunakan instruksi seperti operasi aritmatik, operasi logika dan register yang tersedia pada mikrokontroller.

Perangkat proteksi otomatis pada motor induksi tiga fasa menggunakan sensor arus. Sensor ini difungsikan sebagai langkah antisipasi agar tidak terjadi arus lebih (over current) dalam pemakaian motor induksi tiga fasa. Jika sewaktu-waktu motor induksi tiga fasa mengalami gangguan maka secara otomatis mikrokontroller akan menghentikan motor atau membuat sistem proteksi manual trip seketika. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi kerusakan akibat kurangnya sistem proteksi pada saat motor bekerja.

Sistem proteksi otomatis agar dapat berfungsi dengan optimal perlu adanya sistem monitoring yang terintegrasi. Sistem ini difungsikan sebagai pemantau arus

dan tegangan yang masuk pada motor induksi tiga fasa. Sistem pemantauan atau monitoring menggunakan media telekomunikasi yaitu dengan Teknologi Wireless. Sistem pemantauan arus dan bertujuan untuk memudahkan melihat besarnya arus dan tegangan yang ada pada jaringan melalui aplikasi yang telah terintegrasi. Mikrokontroler sebagai unit prosesor yang akan berintegrasi ke sensor dan komponen elektronika serta arduino mega digunakan sebagai mikrokontroler yang akan membaca inputan dari sensor yang kemudian akan dikirimkan melalui wireless ke aplikasi penerima yang ada pada smartphone.

Dalam dunia industri saat ini alat monitoring selalu dibutuhkan dalam segala aktifitas pekerjaan, tak terkecuali monitoring pada motor induksi. Monitoring yang masih menggunakan cara konvensional dengan melakukan pengukuran langsung. Hal ini menyebabkan monitoring tidak efisien dan cenderung menghabiskan banyak waktu dan tenaga karena harus dilakukan setiap saat. Untuk itu diperlukan peralatan yang mampu memonitoring motor induksi dengan data tegangan, suhu, kecepatan, daya dan arus yang dapat dikirimkan ke user melalui smartphone.

Beberapa penelitian tentang proteksi motor induksi tiga fasa yang telah dilakukan, beberapa diantaranya masih menggunakan teknologi manual yang masih membutuhkan tenaga manusia dalam pengoperasiannya. Priyo Budi Sembodo pada tahun 2013 melakukan penelitian dengan judul “ Studi Perencanaan Proteksi Motor Listrik 3 Fasa”. Kemudian di tahun 2015 Andri Tukananto dengan penelitiannya yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Proteksi Arus Lebih Motor 3 Fasa dengan Timer Start-Trip”. Natalis Hengky Ricardo pada 2017 melakukan penelitian di PLTD Siantar dengan judul “ Rancang Bangun Sistem Proteksi Arus Lebih Motor Induksi Tiga Fasa berbasis Mikrokontroller Atmega16 ”. Dimana dari ketiga

penelitian tersebut, semuanya masih menggunakan teknologi manual yang tentunya masih membutuhkan tenaga manusia dalam mengoperasikannya. Hal ini dirasa kurang efisien dari segi waktu dan tenaga.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan diatas, penulis mempunyai gagasan untuk membuat sebuah rancangan alat proteksi sekaligus monitoring motor induksi tiga fasa berbasis mikrokontroller arduino yang terintegrasi dengan teknologi wireless.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, permasalahan yang dapat diidentifikasi adalah sebagai berikut :

1. Munculnya gangguan overheating pada motor induksi tiga fasa karena faktor pembebanan lebih dan usia pemakaian.
2. Pemakaian teknologi lama pada sistem proteksi memungkinkan peluang terjadinya gangguan pada motor induksi semakin besar.
3. Sebagian besar industri masih menggunakan sistem proteksi manual dimana ketika terjadi masalah tidak dapat ditangani secara sigap. Monitoring motor induksi yang dilakukan dengan pengukuran manual tidak efisien waktu dan tenaga.

1.3 Pembatasan Masalah

Untuk membatasi materi yang akan dibicarakan, maka penulis membuat batasan cakupan masalah yang akan dibahas. Hal ini bertujuan supaya isi dan pembahasan menjadi lebih terarah dan dapat mencapai hasil yang diharapkan. Adapun batasan masalah pada penulisan skripsi ini adalah :

1. Membahas gangguan yang terjadi pada pemakaian motor induksi tiga fasa.
2. Gangguan yang dibahas berfokus pada overheating motor induksi tiga fasa yang disebabkan beban lebih.
3. Penggunaan Mikrokontroler sebagai pengendali utama rancangan sistem proteksi.
4. Penerapan teknologi wireless pada perancangan sistem proteksi.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, masalah yang dapat dirumuskan yaitu :

1. Bagaimana cara motor induksi tiga fasa agar terhindar dari gangguan overheating saat beroperasi.
2. Bagaimana cara mikrokontroler membaca arus dan suhu pada saat motor induksi tiga fasa beroperasi.
3. Bagaimana cara mikrokontroler mengendalikan sistem saat terjadi gangguan.

1.5 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu :

1. Memahami cara memproteksi motor induksi tiga fasa dengan mikrokontroler.
2. Menghasilkan prototype sistem proteksi motor induksi tiga fasa dari gangguan overheating yang disebabkan beban lebih.

1.6 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat untuk berbagai pihak, diantaranya :

1. Bagi peneliti, penelitian ini memberikan gambaran yang jelas mengenai sistem proteksi motor induksi tiga fasa berbasis mikrokontroller arduino mega 2560 untuk meningkatkan proteksi motor induksi tiga fasa tersebut.
2. Bagi masyarakat, hasil penelitian ini menjadi tambaha ilmu dan menjadi masukan dalam hal mengembangkan alat proteksi motor induksi.
3. Bagi kampus, sebagai salah satu bentuk sumbangan yang semoga berguna untuk menggugah minat belajar mahasiswa untuk menciptakan hal-hal yang berguna bagi masyarakat.

1.7 Penegasan Istilah

Tujuan peneliti memberikan penegasan beberapa istilah pada skripsi ini adalah untuk memperjelas dan memperkecil lingkup persoalan yang diteliti, penegasan istilah yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan sebuah konsep dimana suatu objek memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer. Konsep ini memiliki tujuan memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus.

2. Motor Induksi

Motor induksi adalah salah satu jenis dari motor-motor listrik yang bekerja berdasarkan induksi elektromagnet. Motor induksi memiliki sebuah sumber energi listrik yaitu di sisi stator, sedangkan sistem kelistrikan di sisi rotornya di induksikan melalui celah udara dari stator dengan media elektromagnet. Adapun penggunaan motor induksi di industri ini adalah sebagai penggerak, seperti untuk blower, kompresor, pompa, penggerak utama proses produksi atau mill, peralatan workshop seperti mesin-mesin bor, grinda, crane, dan sebagainya (Arindya R. 2013:).

3. Sensor Arus

Sensor arus adalah perangkat yang mendeteksi arus listrik (AC atau DC) di kawat, dan menghasilkan sinyal sebanding dengan itu. Sinyal yang dihasilkan bisa tegangan analog atau arus atau bahkan digital. Hal ini dapat kemudian digunakan untuk menampilkan arus yang akan diukur dalam ammeter atau dapat disimpan untuk analisis lebih lanjut dalam sistem akuisisi data atau dapat dimanfaatkan untuk tujuan kontrol.

4. Wireless

Wireless adalah jaringan tanpa kabel atau lebih sering disebut nirkabel yaitu jaringan yang memanfaatkan udara sebagai media transmisi untuk mengantarkan gelombang elektromagnetik. Wireless sudah ditemukan sejak para ilmuwan menemukan radio dan juga radar yang dioperasikan menggunakan wireless. Beberapa model peralatan yang menggunakan wireless diantaranya adalah GPRS

untuk navigasi, telepon selular, alat-alat komputer, remote control, satelit televisi, dan wireless LAN.

5. Mikroprocessor

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil (“special purpose computers”) di dalam satu IC yang berisi CPU, memori, timer, saluran komunikasi serial dan paralel, port input/output, ADC. Mikrokontroler digunakan untuk suatu tugas dan menjalankan suatu program.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Motor induksi merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa gerak. Energi mekanik ini digunakan dalam beberapa alat misalnya pompa air, konveyor, blower dan lainnya. Dalam dunia penggerak atau daya, motor induksi memiliki peranan yang penting dan menjadi keperluan utama dari sebagian besar industri.

Motor induksi tiga fasa merupakan jenis motor banyak dipilih dalam penggunaan alat produksi karena banyak keuntungan diantaranya harga lebih murah, konstruksi sederhana dan mudah dalam perawatan. Saat start motor induksi 3 fasa mengalami lonjakan arus nominal 5 sampai 7 kali arus normal, hal ini dapat mengganggu sistem instalasi lain yang bekerja. Walaupun kejadian ini dalam waktu singkat namun sangat fatal jika pembatas daya PLN tidak sesuai arus lonjakan, akan berkerja memutuskan aliran daya kebeban.

Sumber tegangan yang digunakan untuk menyuplai mesin industri ada 3 penghantar yaitu fasa R, S, dan T. Pada saat mesin produksi bekerja dan salah satu fasa atau lebih tidak terhubung, maka akan timbul adanya ketidak seimbangan antara fasa menyebabkan panas yang berlebihan dan merusak mesin itu sendiri.

Penelitian mengenai sistem proteksi motor induksi baik satu fasa maupun tiga fasa dengan mikrokontroller telah banyak dilakukan. Beberapa penelitian yang berkaitan dengan topik tersebut antara lain dilakukan oleh Budi Priyo Sembodo (2013) dengan judul “ Studi Perencanaan Proteksi Motor Listrik 3 Fasa ” yang

dimuat dalam jurnal Wahana volume 58. Penelitian ini bertujuan membuat alat untuk mengamankan peralatan listrik yang mana peralatan tersebut dilihat dan harga yang sangat mahal seperti motor listrik inverter (Budi, 2013: 1).

Andri Tukananto (2015) melakukan penelitian berjudul “ Rancang Bangun Sistem Proteksi Arus Lebih Motor 3 Fasa dengan Timer Start-Trip ”. Tujuan penelitian tersebut adalah untuk membuat sistem proteksi motor induksi tiga fasa pada pompa air pendingin generator di PLTD Siantar. Jenis penelitian dan desain produk yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki persamaan yaitu sama-sama penelitian pengembangan (Research Development).

Natalis Hengky Ricardo (2017) berhasil melakukan sebuah penelitian yang berjudul “ Rancang Bangun Sistem Proteksi Arus Lebih Motor Induksi Tiga Fasa berbasis Mikrokontroler Atmega16 ”. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan Andri Tukanto yang sama-sama merupakan mahasiswa teknik elektro Universitas Tanjung Pura. Jika Andri Tukanto masih menggunakan sistem proteksi manual dengan timer, maka Natalis Hengky sudah menggunakan Mikrokontroler Atmega 16A.

Dari beberapa penelitian yang ada, saat ini masih belum banyak penelitian tentang pembuatan rancangan sistem proteksi motor induksi tiga fasa yang terintegrasi dengan wifi. Kebanyakan penelitian terdahulu berhenti pada penggunaan mikrokontroler sebagai proteksi saja tanpa bisa memonitoring setiap saat. Tujuan penggunaan teknologi wifi ini adalah untuk menggantikan tugas manusia pada saat melakukan pengecekan dan pengukuran keadaan motor pada saat beroperasi. Hal ini diharapkan dapat lebih menghemat waktu dan tenaga yang dapat

digunakan untuk kegiatan lainnya. Penggunaan teknologi ini juga diharapkan dapat menjadi alarm awal sehingga pada saat terjadi suatu gangguan dapat dengan sigap diatasi.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang putaran rotornya tidak sama dengan putaran medan putar pada stator, dengan kata lain putaran rotor dengan putaran medan pada stator terdapat selisih putaran yang disebut slip (Septianto, et al., 2015: 398).

Motor induksi banyak digunakan dalam industri dengan skala besar maupun kecil, dan dalam rumah tangga. Motor induksi ini pada umumnya memiliki satu suplai tenaga yang mengeksitasi belitan stator. Belitan rotornya tidak terhubung langsung dengan sumber tenaga listrik, melainkan belitan ini dieksitasi oleh induksi dari perubahan medan magnetik yang disebabkan oleh arus pada belitan stator.



Gambar 2.1 Bentuk fisik motor induksi 3 fasa¹

¹ Siswoyo, *Teknik Listrik Industri Jilid 2* (Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK, 2008), hal.5-7

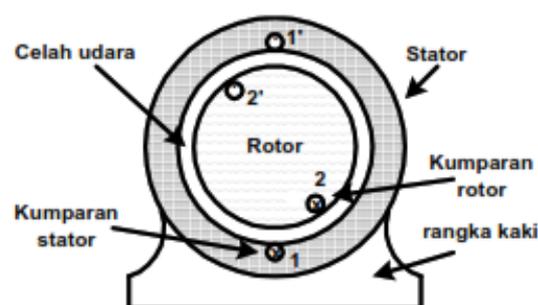
Menurut Mochtar Wijaya, (2001: 155) menyatakan bahwa penggunaan motor induksi sebagai motor listrik cukup banyak digunakan karena memiliki beberapa keuntungan, diantaranya :

(1) Bentuknya sederhana, konstruksinya cukup kuat. (2) Biayanya murah dan dapat diandalkan. (3) Efisiensi tinggi pada keadaan normal, tidak memerlukan sikat sehingga rugi-rugi gesekan dapat diminimalisir. (4) Perawatan yang minimum. (5) Pada waktu mulai tidak memerlukan peralatan khusus.

2.2.1.1 Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi tiga fasa merupakan motor ac yang paling banyak digunakan dalam industri karena konstruksinya yang kuat dan karakteristik kerjanya yang baik. Secara umum motor induksi tiga fasa dibagi atas dua bagian yaitu :

1. Stator : Bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya.
2. Rotor : Merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.

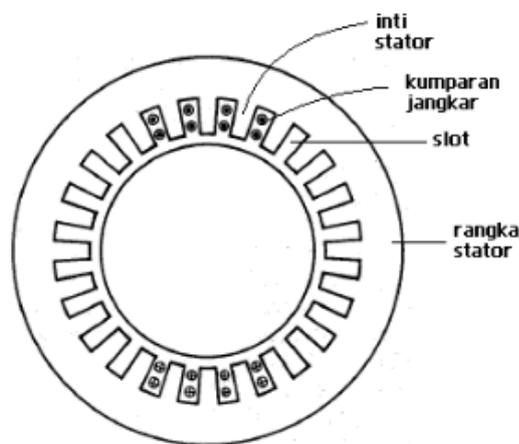


Gambar 2.2 Gambaran umum konstruksi motor induksi 3 fasa²

² Wanda Saputra, "Motor AC", diakses dari : <https://wandasaputra93.wordpress.com/2015/01/10/motor-ac/>, pada tanggal 29 Agustus 2019 pukul 11.30

Konstruksi stator motor induksi pada dasarnya terdiri dari bahagian-bahagian sebagai berikut :

1. Rumah stator (rangka stator) dari besi tuang.
2. Inti stator dari besi lunak atau baja silikon.
3. Alur, bahannya sama dengan inti, dimana alur ini merupakan tempat meletakkan belitan (kumparan stator).
4. Belitan (kumparan) stator dari tembaga.



Gambar 2.3 Penampang stator motor induksi³

Pada bagian stator terdapat beberapa slot yang merupakan tempat kawat (konduktor) dari tiga kumparan tiga fasa yang disebut kumparan stator, yang masing – masing kumparan mendapat suplai arus tiga fasa. Jika kumparan stator mendapatkan suplai arus tiga fasa, maka pada kumparan tersebut akan timbul fluks magnet putar. Karena adanya fluks magnet putar pada kumparan stator, mengakibatkan rotor berputar karena adanya induksi magnet dengan kecepatan putar rotor sinkron dengan kecepatan putar stator.

³ Plcdroid, “Pengertian Motor Induksi”, diakses dari: <https://www.plcdroid.com/2019/03/motor-induksi.html>, pada tanggal 29 Agustus 2019 pukul 11.45

$$N_s = \frac{120 f}{P} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana,

N_s = Jumlah lilitan stator

f = frekuensi (Hz)

P = Daya (watt)

Rangkaian stator motor induksi didesain dengan baik dengan tujuan yaitu :

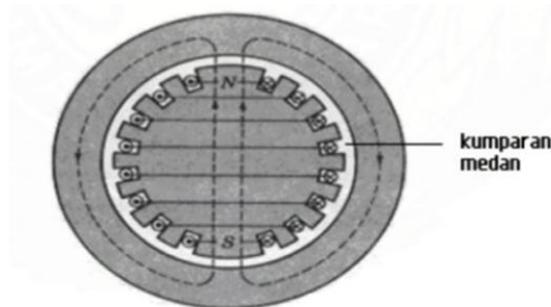
- a. Sebagai penutup inti dan kumparannya.
- b. Melindungi bagian-bagian dalam motor yang bergerak (rotor) dari kontak langsung dengan manusia dan gangguan objek atau gangguan udara terbuka.
- c. Menyalurkan torsi ke bagian peralatan pendukung motor induksi.
- d. Sebagai sarana ventilasi udara sehingga pendinginan lebih efektif .

Berdasarkan bentuknya ada dua jenis rotor pada motor induksi yaitu :

1. Rotor Kutub Silinder (Non-Salient Pole Rotor)

Rotor tipe ini dibuat dari plat baja berbentuk silinder yang mempunyai sejumlah slot sebagai tempat kumparan. Karena adanya slot-slot dan kumparan medan yang terletak pada rotor mengakibatkan jumlah kutub sedikit. Selain itu motor ini memiliki putaran yang tinggi pada frekuensi yang konstan. Tipe rotor biasanya berdiameter kecil dan sumbunya sangat panjang (Thant & Myo, 2019: 191).

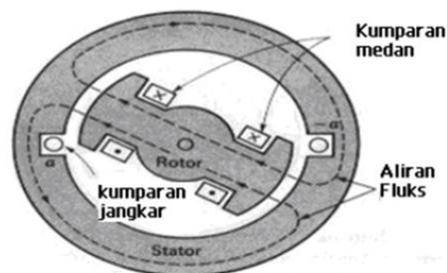
Konstruksinya memberikan keseimbangan mekanis yang lebih baik karena rugi-rugi anginnya lebih kecil dibandingkan rotor kutub menonjol.



Gambar 2.4 Penampang rotor kutub silinder⁴

2. Rotor Kutub Menonjol (Salient Pole Rotor)

Rotor tipe ini mempunyai kutub yang jumlahnya banyak dan putarannya rendah. Kutub menonjol ditandai dengan rotor berdiameter besar dan panjang sumbunya pendek. Kumparan dibelitkan pada tangkai kutub, dimana kutub kutub diberi laminasi untuk mengurangi panas yang ditimbulkan oleh arus.



Gambar 2.5 Penampang rotor kutub menonjol⁵

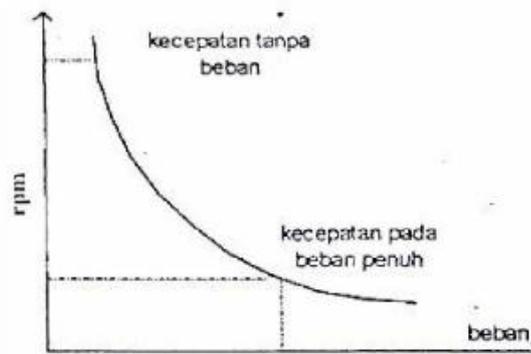
2.2.1.2 Karakteristik Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi tiga fasa mempunyai karakteristik seri karena berputar pada kecepatan rata-rata bila bebannya juga rata-rata, dan apabila bebannya dikurangi

⁴ Suyono, "Mesin-Mesin AC dan DC", diakses dari: <http://blog.ub.ac.id/noyonoy/2014/06/08/mesin-mesin-ac-dan-dc-3/>, pada tanggal 29 Agustus pukul 14.15

⁵ Suyono, "Mesin-Mesin AC dan DC", diakses dari: <http://blog.ub.ac.id/noyonoy/2014/06/08/mesin-mesin-ac-dan-dc-3/>, pada tanggal 29 Agustus pukul 14.7

maka kecepatannya akan naik. Motor ini mempunyai sifat sifat-sifat yang sama seperti motor DC seri. Pada pembebanan ringan motor berputar dengan cepat dan menghasilkan kopel yang kecil. Tetapi pada keadaan pembebanan yang berat, maka motornya berputar secara perlahan-lahan dengan torsi yang besar. Jadi, motor mengatur kecepatannya sesuai dengan beban yang dihubungkan ke motor tersebut. Motor jenis ini banyak ditemui antara lain pada: dinamo mesin jahit rumah, mesin bor, mixer, dan lainnya (Titis Wijatmiko, 2007: 7).



Gambar 2.6 Karakteristik kecepatan motor induksi tiga fasa

Untuk motor yang sama bila dihubungkan sumber tegangan AC umumnya didapatkan putaran lebih tinggi. Putaran motor universal biasanya tinggi, apalagi dalam keadaan tanpa beban (lihat gambar 2.8). Maka dari itu, biasanya motor universal dihubungkan langsung dengan beban sehingga putaran motor yang tinggi bisa berkurang dengan pembebanan tersebut.

Prinsip kerja motor induksi mudah dimengerti dibandingkan dengan prinsip kerja motor DC. Berdasarkan persamaan torsi

$$T = k I_a \Phi$$

dengan :

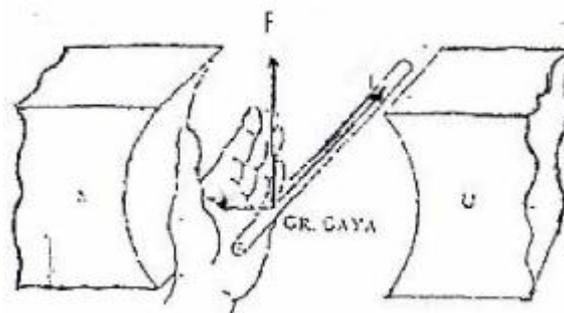
$$T = \text{momen kopel (Nm)}$$

k = angka konstanta pembanding

I_a = arus jangkar (ampere)

Φ = fluks magnet ($\text{kg/A}\cdot\text{s}^2$ atau tesla)

Bila motor dihubungkan dengan sumber tegangan AC, pada saat $\frac{1}{2}$ periode positif, motor berputar berlawanan dengan arah putaran jarum jam. Pada $\frac{1}{2}$ periode negatif, dan menurut “hukum tangan kiri” dinyatakan: apabila tangan kiri terbuka diletakkan diantara kutub U dan S, maka garis-garis gaya yang keluar dari kutub utara menembus telapak tangan kiri dan arus didalam kawat mengalir searah dengan arah keempat jari, sehingga kawat tersebut akan mendapat gaya yang arahnya sesuai dengan ibu jari, seperti terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.7 Hukum tangan kiri⁶

Motor tetap berputar berlawanan dengan arah putaran jarum jam, karena perubahan arah arus pada kumparan penguat saatnya bersamaan dengan perubahan arah arus pada rotor. Dalam hal ini arus jangkar menjadi negatif ($-I_a$) dan fluks magnet menjadi ($-\Phi$). Jadi $T = k (-I_a) (-\Phi)$ nilainya tetap sama dengan keadaan pertama (positif). Dengan demikian, meskipun dihubungkan dengan sumber tegangan AC, arah putaran tidak berubah. Bila arus bolak balik diberikan pada

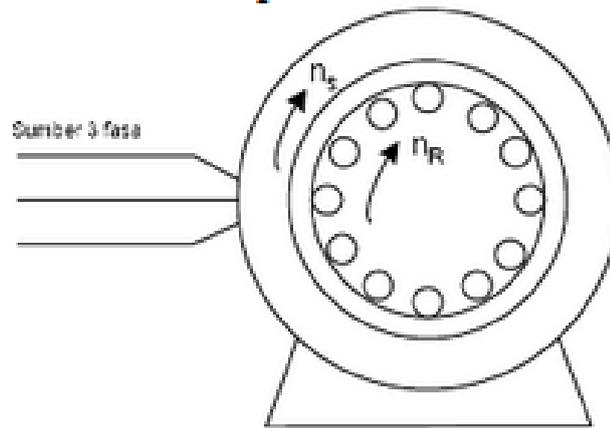
⁶ Wijatmiko, “Rancang Bangun Alat Pengatur Kecepatan Motor Universal pada Sewing Machine Motor”, Hal. 8

motor universal, kuat medan stator dan rotor akan berubah-ubah dalam fasa waktu yang tepat. Keduanya akan berubah arah pada saat yang sama, akibatnya torsi akan selalu pada arah yang sama meskipun terjadi pembentukan sinyal magnetis dua kali frekuensi jala-jala listrik dan torsi rata-rata akan dihasilkan.

2.2.1.3 Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Jika pada belitan stator diberi tegangan tiga fasa, maka pada belitan stator akan mengalir arus tiga fasa, arus ini menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron (n_s). Medan magnet ini akan memotong belitan rotor, sehingga pada belitan rotor akan diinduksikan tegangan seperti halnya tegangan yang diinduksikan dalam lilitan sekunder transformator oleh fluksi yang dihasilkan arus pada belitan primer.

Rangkaian rotor merupakan rangkaian tertutup, baik melalui cincin ujung atau hambatan luar. Tegangan induksi pada rotor akan menghasilkan arus yang mengalir pada belitan rotor. Arus yang mengalir pada belitan rotor berada dalam medan magnet yang dihasilkan stator, sehingga pada belitan rotor akan dihasilkan gaya (F). Gaya ini akan menghasilkan torsi (τ) dan jika torsi yang dihasilkan lebih besar dari torsi beban, maka rotor akan berputar dengan kecepatan (n_r) yang searah dengan medan putar stator.



Gambar 2.8 Medan putar motor induksi⁷

Zuhal (2000: 105) untuk memperjelas prinsip kerja motor induksi tiga fasa, maka dapat dijabarkan dalam langkah-langkah sebagai berikut:

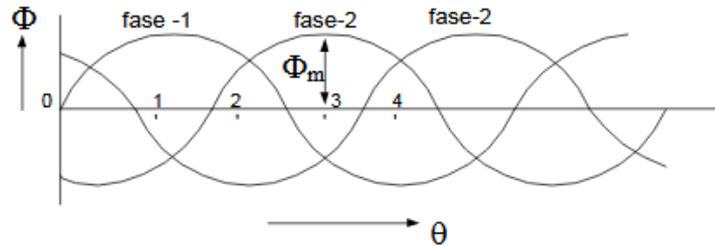
1. Ketika tegangan tiga fasa yang seimbang diberikan pada belitan stator, maka belitan stator akan menghasilkan arus yang mengalir pada tiap-tiap fasanya.
2. Arus pada setiap fasa stator akan menghasilkan fluksi yang berubah terhadap waktu.
3. Amplitudo fluksi yang dihasilkan pada fasa stator berubah secara sinusoidal dan arahnya tegak lurus terhadap belitan.
4. Penjumlahan dari ketiga fluksi pada belitan stator disebut medan putar yang berputar dengan kecepatan sinkron (n_s), besarnya nilai n_s ditentukan oleh jumlah kutub p dan frekuensi f yang dirumuskan dengan

$$n_s = \frac{120 \times f}{p} \text{ (rpm)} \dots\dots\dots (2.2)$$

⁷ Zuhal, *Dasar-Dasar Mesin Listrik dan Elektronika Daya* (Jakarta: Gramedia, 2000) hal. 105

5. Akibat fluksi yang berputar tersebut maka timbul tegangan induksi pada belitan stator yang besarnya dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$e_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt} \text{ (volt) atau } E_1 = 4,44fN_1\phi_{max} \text{ (volt) (2.3)}$$



Gambar 2.9 Diagram sinusodial fluksi pada kumparan motor induksi

6. Fluksi yang berputar tersebut juga memotong belitan rotor. Akibatnya pada belitan rotor akan dihasilkan tegangan induksi (ggl) sebesar E_2 yang besarnya dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$e_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt} \text{ (volt) (2.4)}$$

$$E_2 = 4,44fN_2\phi_{max} \text{ (volt) (2.5)}$$

Dimana:

E_2 = tegangan induksi pada rotor saat rotor dalam keadaan diam (volt)

N_2 = jumlah lilitan kumparan rotor

ϕ_{max} = fluks maksimum (Wb)

7. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup, maka tegangan induksi tersebut akan menghasilkan arus I_2 .
8. Arus I_2 ini berada pada medan magnet yang dihasilkan oleh stator, sehingga pada belitan rotor akan dihasilkan gaya (F).

9. Gaya (F) ini akan menghasilkan torsi (τ), jika torsi yang dihasilkan ini lebih besar dari torsi beban, maka rotor akan berputar dengan kecepatan n_s yang searah dengan medan putar stator.

10. Ada perbedaan kecepatan medan putar pada stator (n_s) dengan kecepatan putaran rotor (n_r), perbedaan ini disebut slip (s) yang dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

11. Setelah rotor dalam keadaan berputar, besarnya tegangan yang diinduksikan pada belitan rotor akan dipengaruhi atau tergantung terhadap slip (s). Tegangan induksi pada rotor dalam keadaan ini dapat dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$E_{2s} = 4,44sfN_2\Phi_{max}(\text{volt}) \dots\dots\dots (2.7)$$

$$E_{2s} = sE_2 \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana

E_{2s} = tegangan pada rotor dalam keadaan berputar (volt)

$f_2 = sf$ = frekuensi rotor (frekuensi tegangan induksi pada rotor dalam keadaan berputar)

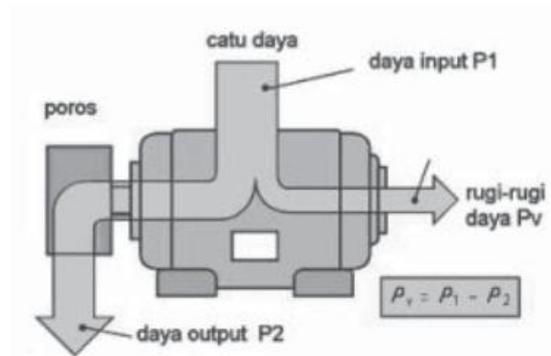
12. Akibat adanya slip (s), maka nilai frekuensi pada rotor (f_2) dan reaktansi rotor (X_2) akan dipengaruhi oleh slip, yang dapat dinyatakan dengan $s.f$ dan $s.X_2$.

13. Jika kecepatan putaran rotor (n_r) sama dengan kecepatan medan putar stator (n_s), maka slip bernilai nol, tidak ada fluks yang memotong belitan rotor sehingga pada belitan rotor tidak diinduksikan tegangan, maka

tidak ada arus yang mengalir pada belitan rotor, sehingga rotor tidak berputar, karena tidak ada gaya yang terjadi pada rotor.

2.2.1.4 Rugi-rugi Daya pada Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi memiliki rugi-rugi daya karena di dalam motor induksi terdapat komponen hambatan tembaga dari belitan stator dan rotor, dan komponen induktor belitan stator dan rotor. Rugi-rugi pada motor induksi ini adalah rugi-rugi tetap dan rugi. Gambaran ilustrasi penjabaran rugi-rugi daya yang terjadi pada motor induksi diperlihatkan pada gambar 2.10 (Zuhal, 2000: 54).



Gambar 2.10 Ilustrasi rugi-rugi daya pada motor induksi⁸

1. Rugi-rugi Tetap

Rugi-rugi ini terdiri dari :

- a. Rugi-rugi inti stator (stator core losses)

$$P_{core} = 3E_1^2 G_c = 3 \frac{E_1^2}{R_c} \dots\dots\dots (2.11)$$

- b. Rugi-rugi gesek dan angin (friction and windage losses), (P_{FW})

2. Rugi-rugi variabel (variable losses)

Rugi-rugi ini terdiri dari :

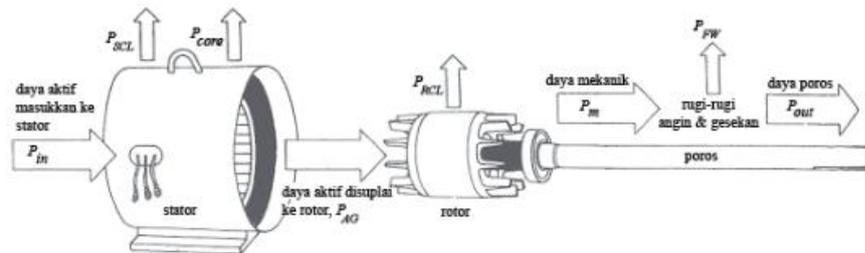
- a. Rugi-rugi tembaga stator (stator copper losses)

⁸ Nounna Dhila, "Motor Induksi 3 Fasa", diakses dari : https://www.academia.edu/9930554/MOTOR_INDUKSI_3_PHASA, pada tanggal 29 Agustus 2019 pukul 15.10

$$P_{SCL} = 3I_1^2 R_1 \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

b. Rugi-rugi tembaga rotor (rotor copper losses)

$$P_{RCL} = 3I_2^2 R_2 \quad \dots\dots\dots (2.13)$$



Gambar 2.11 Ilustrasi Aliran Aktif Motor Induksi⁹

dimana,

P_{in} = daya aktif masukan ke stator (Watt)

P_{SCL} = rugi-rugi tembaga stator (Watt)

P_{core} = rugi-rugi inti stator (Watt)

P_{AG} = daya celah udara (Watt)

P_{RCL} = rugi-rugi tembaga rotor (Watt)

P_m = daya yang dikonversikan dari bentuk listrik ke mekanik (Watt)

P_{FW} = rugi-rugi gesek dan angin (Watt)

P_{out} = daya poros/keluaran (Watt)

2.2.1.5 Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa

Efisiensi motor induksi didefinisikan sebagai ukuran keefektifan motor induksi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang dinyatakan sebagai perbandingan/rasio daya output dengan daya input (Samuel, 2016: 34).

⁹ Martinus Dhisa, "Mencari Rugi-Rugi dari Motor Induksi", diakses dari: <http://martinusdhisa.blogspot.com/2016/04/mencari-rugi-rugi-pada-motor-induksi.html>, pada tanggal 30 Agustus 2019 pukul 10.30

Definisi NEMA terhadap efisiensi energi adalah bahwa efisiensi merupakan perbandingan atau rasio dari daya keluaran yang berguna terhadap daya input total dan biasanya dinyatakan dalam persen. Juga sering dinyatakan dengan perbandingan antara keluaran dengan keluaran dengan keluaran ditambah rugi-rugi, yang dirumuskan dalam persamaan :

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \cdot 100\% \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

dengan, η = efisiensi motor (%)

Efisiensi pada motor induksi tiga fasa dinyatakan dalam bentuk persen. Ini merupakan sebuah indikasi seberapa banyak input energi listrik yang diubah menjadi output berupa energi mekanik. Efisiensi nominal dari motor adalah 93,6%. Apabila persentasenya lebih tinggi berarti efisiensi motor lebih besar, yang berarti lebih banyak daya listrik input yang diubah menjadi Hp mekanik.

IEEE mempunyai standar metode untuk mencari nilai efisiensi motor induksi. Tiap standar memiliki metode yang berbeda, metode tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Metode Pengukuran Efisiensi Motor Induksi IEEE

No	Metode	Keterangan
1	A	Pengukuran langsung pada masukan dan keluaran
2	B	Pengukuran langsung pada masukan dan keluaran dengan menghitung tiap rugi-rugi dan pengukuran tak langsung pada rugi-rugi stray
3	C	Menduplikat mesin dengan tiap rugi-rugi dan pengukuran tak langsung pada rugi-rugi stray
4	E	Pengukuran daya listrik saat ada beban dengan tiap rugi-rugi yang ada dan pengukuran langsung rugi-rugi stray
5	E1	Pengukuran daya listrik saat ada beban dengan tiap rugi-rugi yang ada dan asumsi nilai rugi stray
6	F	Rangkaian ekivalen dengan pengukuran langsung pada rugi-rugi stray
7	F1	Rangkaian ekivalen dengan asumsi pada rugi-rugi stray.

8	C/F	Rangkaian ekivalen yang dikalibrasikan pertitik beban metode C dengan pengukuran tak langsung rugi-rugi stray
9	E/F	Rangkaian Ekivalen yang dikalibrasikan pertitik beban Metode E dengan pengukuran langsung rugi-rugi stray
10	E1/F1	Rangkaian ekivalen yang di kalibrasikan pertitik beban Metode E dengan asumsi nilai rugi-rugi stray

2.2.1.6 Ketidakstabilan Tegangan

Salah satu permasalahan pada sistem tenaga listrik adalah stabilitas tegangan. Stabilitas tegangan adalah kemampuan sistem tenaga untuk menjaga nilai tegangan pada batas operasi yang ditentukan di semua bus pada sistem tenaga. Ketidakstabilan tegangan terjadi akibat gangguan, perubahan beban, dan perubahan kondisi pada sistem.

Undervoltage dan overvoltage adalah selisih antara tegangan ujung pengiriman dan tegangan ujung penerimaan. Pada saluran bolak-balik besarnya tergantung dari impedansi dan admintansi saluran serta pada beban dan faktor daya.

Rugi tegangan dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$\Delta V = I_S \times (R_S + jX_S) = I \times Z \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

$$\Delta V = V_S - V_R \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

Maka besar nilai persentase (%) rugi tegangan adalah :

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

dengan,

$$\Delta V (\%) = \text{Rugi Tegangan dalam}$$

$$V = \text{Tegangan kerja (V)}$$

$$\Delta V = \text{Rugi tegangan (V)}$$

2.2.1.7 Gangguan Arus Lebih pada Motor Induksi Tiga Fasa

Gangguan Arus Lebih (Overcurrent) merupakan gangguan dimana arus yang mengalir pada suatu rangkaian melebihi dari arus normal ketika beban penuh yang mengalir pada rangkaian motor tersebut. Pada rangkaian listrik untuk sebuah motor, arus lebih (overcurrent) yang timbul merupakan arus yang mengalir kepada rangkaian yang besarnya melebihi arus normal motor tersebut ketika motor dibebani penuh atau lebih dikenal dengan Full Load Amps (FLA). Proteksi beban lebih (arus lebih) dimaksudkan untuk melindungi motor dan perlengkapan kendali motor, terhadap pemanasan berlebihan sebagai akibat beban lebih atau sebagai akibat motor tak dapat diasut (PUIL 2000).

Gangguan arus lebih akan menyebabkan panas pada kumparan motor sehingga dalam jangka waktu yang lama akan menurunkan kemampuan isolasi motor. Potensi terjadinya gangguan karena menurunnya kekuatan isolasi motor akan meningkat dan dapat mengakibatkan kebakaran (Tiyono, 2013: 40). Arus nominal atau kapasitas arus adalah arus kerja alat listrik atau komponen atau mesin listrik sehingga yang akan dapat berkerja normal tanpa mengalami gangguan atau efek apapun, untuk menentukan arus nominal dan arus setting pada motor dapat ditentukan pada perhitung dengan persamaan :

$$I_n = \frac{P}{V \times \sqrt{3} \cos \phi} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$I_{set} = I_n \times 110\% \dots\dots\dots (2.19)$$

$$P_{in} = \frac{P_{out}}{\eta} \dots\dots\dots (2.20)$$

dimana,

I_n	= Arus Nominal (A)
I_{set}	= Arus Setting (A)
P_{in}	= Daya input pada motor (Watt)
P_{out}	= Daya output pada motor (Watt)
V	= Tegangan Pada Motor (V)
$\cos \phi$	= Nilai cosphi yang ada pada name plate motor
η	= Efeisiensi

2.2.1.8 Kenaikan Suhu dan Kelas Isolasi Motor Induksi Tiga Fasa

National Electrical Manufacturing Association (NEMA) mendefinisikan temperature rise adalah kenaikan temperatur diatas temperature ambient. Temperature ambient yaitu temperatur udara disekeliling motor atau dapat dikatakan sebagai suhu ruangan. Penjumlahan dari temperature rise dan temperature ambient adalah panas keseluruhan panas pada motor. Kelas isolasi temperature pada motor induksi dijelaskan oleh tabel berikut (temperature ambient tidak lebih dari 40°C) :

Tabel 2.2 Insulation Class and Temperature Rise Motor Induksi

Medium Induction Electric Motors		Insulation Class and Temperature Rise (C)			
		A	B	F	H
Motor Type		A	B	F	H
1	Electric motors with 1.0 service factor (SF) other than those in 3 or 4.	60	80	105	125
2	All electric motors with 1.15 or higher SF	70	90	115	–
3	Totally-enclosed non-ventilated electric motors with 1.0 SF	65	85	110	130
4	Electric motors with encapsulated windings and with 1.0 SF, all enclosures	65	85	110	–

NEMA menentukan peringkat suhu isolasi motor berdasarkan huruf. Kelas isolasi dinotasikan sebagai Kelas: A = 105 ° C, B = 130 ° C, F = 155 ° C, dan H = 180 ° C. Lebih lanjut, NEMA menentukan kenaikan suhu yang diizinkan untuk motor pada beban penuh (dan pada faktor layanan, jika berlaku)

didasarkan pada suhu referensi sekitar 40°C , dan ditentukan oleh "metode resistansi", di mana hambatan belitan diukur dengan bridge setelah motor mencapai kesetimbangan termal di bawah beban. NEMA mengizinkan suhu naik (pada beban penuh) untuk 1,0 S.F. motor adalah $A = 60^{\circ}\text{C}$, $B = 80^{\circ}\text{C}$, $F = 105^{\circ}\text{C}$, dan $H = 125^{\circ}\text{C}$. Praktik umum yang sering digunakan untuk menentukan apakah motor bekerja dalam keadaan baik yaitu dengan menyentuh permukaannya (surface /body motor). Surface temperature motor induksi biasanya berjalan antara 30°C dibawah suhu lilitan motor (<http://www.drivesandautomation.co.uk/useful-information/nema-insulation-classes/>).

Jika motor induksi tiga fasa dioperasikan dengan beban yang melebihi dari kemampuan motor tersebut, maka akan mengakibatkan motor tersebut mengalami kelebihan panas atau "Overheat", dan dalam waktu tertentu akan mengakibatkan rusaknya isolasi kawat gulungan dan motor induksi tersebut akan rusak atau gulungan terbakar. Disamping itu jika motor induksi dioperasikan dengan beban yang berlebihan, maka suhu akan meningkat melebihi batasan normal, dan akibatnya bearing akan panas dan pelumas kering, dan berakibat bearing akan rusak yang kemudian juga akan mengakibatkan kerusakan pada gulungan motor listrik tersebut.

Panas berlebih yang berlangsung lama pada lilitan/gulungan akan menyebabkan stress pada lilitan dan isolasi kawat menjadi rapuh. Jika dibiarkan terlalu lama akan menyebabkan isolasi pada lilitan akan retak. Jika gejala ini disertai dengan munculnya partial discharge maka proses penuaan isolasi akan semakin cepat. Berdasarkan penelitian NEMA usia dari isolasi winding akan

berkurang setengahnya setiap kenaikan 10°C dari kondisi normal kerja motor. Akan tetapi jika motor harus beroperasi 40°C di atas temperature normal maka umur isolasinya menjadi 1/16 dari umur normal yang diperkirakan. Oleh sebab itu motor- motor listrik yang digunakan pada dunia industri menggunakan alat proteksi untuk mengatasi panas lebih pada motor seperti thermal overload relay. Sehingga apabila terjadi overheating pada motor relai akan segera bekerja sehingga dapat meminimalkan kerusakan pada isolasi motor.

2.2.2 Internet of Things

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi internet yang menjanjikan dimasa depan. IoT merupakan jaringan yang menghubungkan sensor, aktuator dan benda sehari-hari yang digunakan dalam berbagai domain, seperti layanan kesehatan, transportasi dan militer. IoT menghubungkan segala sesuatu disekitar kita dengan internet (Sarhan, 2018: 40).

Mudjanarko (2017 :151) berpendapat definisi lain tentang Internet of Things (IoT) yaitu sebuah konsep atau skenario dimana suatu objek memiliki kemampuan untuk mengirim data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke komputer.

Internet of Things telah berkembang dari konvergensi teknologi nirkabel, micro electromechanical systems (MEMS), dan Internet. "A Things" pada Internet of Things dapat didefinisikan sebagai subjek misalkan orang dengan monitor implant jantung, hewan peternakan dengan transponder biochip, sebuah mobil yang telah dilengkapi built-in sensor untuk memperingatkan pengemudi ketika tekanan ban rendah. Sejauh ini, IoT paling erat hubungannya dengan komunikasi machine-

to machine (M2M) di bidang manufaktur dan listrik, perminyakan dan gas. Produk dibangun dengan kemampuan komunikasi M2M yang sering disebut dengan sistem cerdas atau "smart". (contoh: smart label, smart meter, smart grid sensor).

Meskipun konsep ini kurang populer hingga tahun 1999, namun IoT telah dikembangkan selama beberapa dekade. Alat IoT pertama misalnya, adalah mesin Coke di Carnegie Mellon University di awal 1980-an. Para programmer dapat terhubung ke mesin melalui Internet, memeriksa status mesin dan menentukan apakah ada atau tidak minuman dingin yang menunggu mereka, tanpa harus pergi ke mesin tersebut. Istilah IoT (Internet of Things) mulai dikenal tahun 1999 yang saat itu disebutkan pertama kalinya dalam sebuah presentasi oleh Kevin Ashton, co-founder and executive director of the Auto-ID Center di MIT.

Pada tahun 2000, brand ternama LG mengumumkan rencananya untuk membuat dan merilis teknologi IoT yaitu lemari pintar. Lemari pintar ini mampu menentukan apakah ada stok makanan yang perlu diisi ulang dalam lemarnya. Kemudian, di tahun 2003, FRID yang sebelumnya telah disebutkan, mulai ditempatkan pada posisi penting dalam masa pengembangan teknologi di Amerika, melalui Program Savi. Pada tahun yang sama pula, perusahaan ritel raksasa Walmart mulai menyebarkan RFID di semua cabang tokonya yang tersedia di berbagai belahan dunia. IoT menjadi lebih terkenal di tahun 2005, yaitu pada saat media-media ternama semacam The Guardian dan Boston Globe mulai mengutip banyak sekali artikel ilmiah dan proses pengembangan IoT. Hingga tahun 2008, berbagai macam perusahaan setuju untuk meluncurkan IPSO untuk memasarkan penggunaan IP dalam jaringan bagi "Smart Object" yang juga bertujuan mengaktifkan IoT itu sendiri (Zainab, et al., 2015: 38).

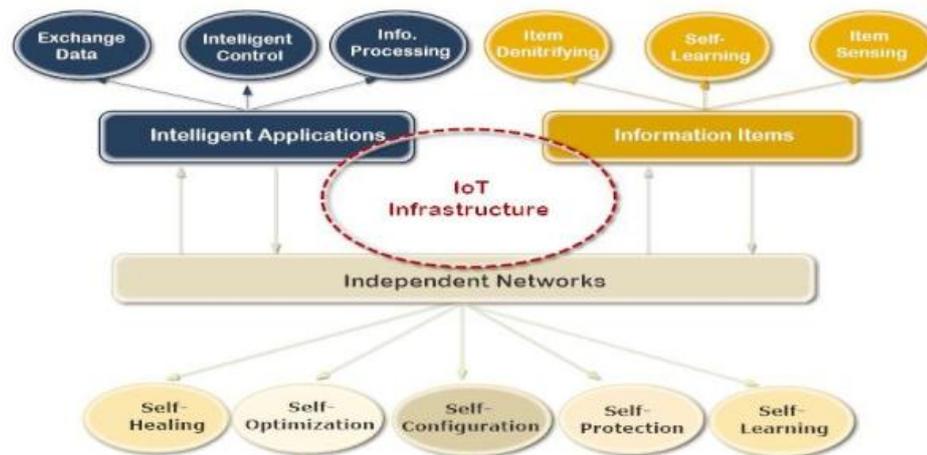
2.2.2.1 Desain dan Arsitektur IoT

Desain arsitektur yang baik menjadi batu fondasi untuk membangun sistem IoT bagus. Arsitektur yang bagus membantu untuk mengatasi banyak masalah di lingkungan IoT seperti skalabilitas, perutean, jaringan, dll.

Huansheng (dalam Zainab, et al., 2015: 38) Biasanya, pendekatan arsitektur IoT berdasarkan tiga dimensi utama adalah:

1. Item informasi : termasuk semua item yang terhubung ke lingkungan IoT mungkin merasakan item, mengidentifikasi item dan item kontrol.
2. Jaringan independen : yang mencakup beberapa fitur seperti konfigurasi diri, perlindungan diri, adaptasi diri, dan optimalisasi diri;
3. Aplikasi cerdas : yang memiliki perilaku cerdas melalui Internet secara umum. Perilaku cerdas memungkinkan kontrol cerdas, pertukaran metode data melalui item jaringan, pemrosesan data, semua aplikasi yang terkait dengan IoT dapat diklasifikasikan menurut dimensi ini.

Perpotongan antara dimensi-dimensi ini menciptakan ruang baru bernama infrastruktur IoT, yang menyediakan sistem pendukung untuk melayani hal-hal khusus, yang dapat menyediakan berbagai layanan seperti identifikasi barang, identifikasi lokasi, dan perlindungan data. Gambar 2.12 menggambarkan tiga dimensi IoT dan hubungan di antara keduanya.



Gambar 2.12 Diagram 3 dimensi IoT¹⁰

2.2.2.2 Perbedaan IoT dan Jaringan Tradisional

Pada awalnya, teknologi IoT telah merusak banyak ide jaringan tradisional dan memulai era baru teknologi telekomunikasi. Dapat dianggap IoT sebagai jaringan ekstensi dan ekspansi yang berbasis Internet, tetapi berbeda dari jaringan tradisional atau yang disebut Internet orang dan WSN (Wireless Sensor Network) meskipun dianggap sebagai tulang punggung untuk membangun blok IoT.

Persamaan utama untuk mewakili lingkungan IoT adalah "*Lingkungan IoT = Internet + WSN*", itu adalah pernyataan umum yang digunakan untuk mengekspresikan lingkungan IoT. Untuk menganalisis dan menilai kebenaran pernyataan ini, harus ditentukan persamaan dan perbedaan antara IoT, Internet, dan WSN sesuai tabel 2.2 (Zainab, et al., 2015: 39).

Tabel 2.3 Persamaan dan perbedaan antara IoT, Internet, dan WSN

Characteristics	IoT	Internet	WSN
Comm. Protocol	Lightweight Comm. protocols.	(TCP/IP)	Lightweight Comm. protocols.
Scale degree of Area	Cover wide area	Cover wide area	Cover local area

¹⁰ Zainab, "*Internet of Things (IoT): Definitions, Challenges and Recent Research Directions*", International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Vol. 128, No.1, 2015, hal. 39

Networking Approach	Determine backbone	Determine backbone	Self-organization
Identify objects	Must	Can not	Can
Type of nodes	Active and passive	Active	Active
Network design	WSN+ dynamic smart things+ Internet surrounded by intelligent environment	Set of networks contains set of Fixed objects	Dynamic smart objects
Behavior	Dynamically	Fixed	Dynamically
Networking Time	Timing synchronization	Unlimited	Unlimited

Dari pengetahuan sebelumnya tentang lingkungan IoT dapat dinilai pada pandangan ini adalah salah, karena ada dua alasan dasar untuk menolak pandangan ini. Pertama, IoT mungkin tidak perlu menggunakan IP dalam semua kasus untuk mengatasi sesuatu hal, karena sifat IoT membutuhkan protokol komunikasi yang ringan, kompleksitas protokol TCP / IP tidak cocok, khususnya ketika bekerja dengan hal-hal kecil yang cerdas.

Kedua, lingkungan IoT terutama didasarkan pada objek pintar yang terhubung tidak seperti jaringan tradisional. Itulah yang membuat mereka beralih dari hanya perluasan Internet, juga perilaku IoT tergantung pada penciptaan sistem yang dapat dioperasikan, berdasarkan argumen ini, dapat dikoreksi pernyataan sebelumnya:

“ IoT = Internet + WSN + Item Cerdas dikelilingi oleh Lingkungan yang cerdas ”

IoT mendukung serangkaian fitur yang berguna seperti interoperabilitas, konfigurasi diri, adaptasi diri, dan perlindungan diri. Lingkungan cerdas adalah cara untuk memastikan adanya tingkat minimum elemen yang disebutkan sebelumnya dalam jaringan (Zainab, et al., 2015: 40).

2.2.2.3 Cara Kerja Internet of Things

IoT bekerja dengan memanfaatkan suatu argumentasi pemrograman, di mana tiap-tiap perintah argumen tersebut dapat menghasilkan suatu interaksi antar mesin yang telah terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan tanpa dibatasi oleh jarak yang jauh. Internet menjadi penghubung antara kedua interaksi mesin tersebut. Manusia dalam IoT tugasnya hanyalah menjadi pengatur dan pengawas dari mesin-mesin yang bekerja secara langsung tersebut.



Gambar 2.13 Cara kerja IoT¹¹

Unsur-unsur pembentuk IoT yang mendasar adalah:

- 1. Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence/AI)**, IoT membuat hampir semua mesin yang ada menjadi “Smart” (pintar). Ini berarti IoT bisa meningkatkan segala aspek kehidupan kita dengan pengembangan teknologi yang didasarkan pada AI. Pengembangan teknologi yang ada dilakukan dengan pengumpulan data, algoritma kecerdasan buatan, dan

¹¹ D-Net, “ Apa itu Internet of Things? “, diakses dari : <https://blog.dnetprovider.id/2018/03/06/posts-apa-itu-internet-of-things/>, diakses pada tanggal 1 Maret 2020 pukul 19.30

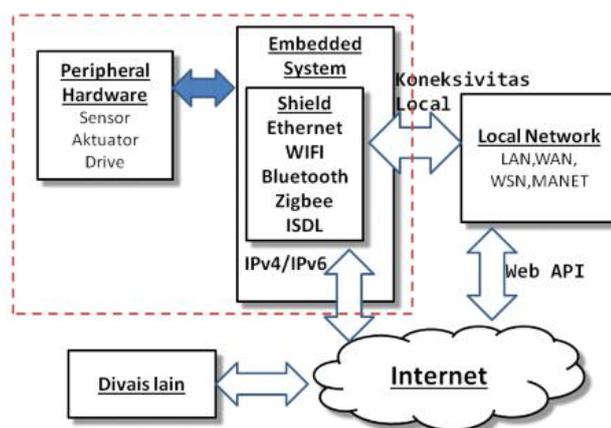
jaringan yang tersedia. Contohnya sederhana seperti meningkatkan atau mengembangkan perangkat lemari es/kulkas sehingga dapat mendeteksi jika stok susu dan sereal sudah hampir habis, bahkan bisa juga membuat pesanan ke supermarket secara otomatis jika stok akan habis.

2. **Konektivitas dalam IoT**, ada kemungkinan untuk membuat atau membuka jaringan baru, dan jaringan khusus IoT. Jaringan ini tidak lagi terikat hanya dengan penyedia utamanya saja. Jaringannya tidak harus berskala besar dan mahal, bisa tersedia pada skala yang jauh lebih kecil dan lebih murah. IoT bisa menciptakan jaringan kecil di antara perangkat sistem.
3. **Sensor** merupakan pembeda yang membuat IoT unik dibanding mesin canggih lainnya. Sensor ini mampu mendefinisikan instrumen, yang mengubah IoT dari jaringan standar dan cenderung pasif dalam perangkat, sehingga menjadi suatu sistem aktif yang dapat diintegrasikan ke dunia nyata dalam kehidupan sehari-hari.
4. **Keterlibatan Aktif (Active Engagement)**, IoT mengenalkan paradigma yang baru bagi konten aktif, produk, maupun keterlibatan layanan.
5. **Perangkat Berukuran Kecil**. IoT memanfaatkan perangkat-perangkat kecil yang dibuat khusus agar menghasilkan ketepatan, skalabilitas, dan fleksibilitas yang baik.

2.2.2.4 Arsitektur Dasar Internet of Things dengan Embedded System

Embedded System merupakan sebuah divais mikrokontroler dari keluarga RISC, sebagai contoh Intel MCS-96, PIC16F84, Atmel 8051, Motorola 68H11, dan lain sebagainya (Sulistyanto, et al., 2015: 20).

Arsitektur Internet of Thing terdiri dari hardware khusus, sistem software, Web API, protocol yang bersama membuat lingkungan yang mulus dimana divais embedded pintar dapat terkoneksi ke internet semisal data sensor dapat diakses dan sistem control dapat digerakkan melalui internet (Gambar 2.14).



Gambar 2.14 Diagram Arsitektur IoT dengan Embedded System¹²

Divais dapat terhubung ke internet menggunakan berbagai cara seperti Ethernet, WIFI, Bluetooth, dan sebagainya. Divais mungkin juga tidak teknokesi dengan internet secara langsung, namun dikelompokkan dalam kluster (sebagai contoh jaringan sensor) dan terhubung ke base station (terhubung ke internet).

Divais-divais ini harus ditemukan secara unik, sehingga dibutuhkan alamat IP yang unik. Perkiraan jumlah divais IoT yang online terus bertambah mencapai 20 milyar (IPv4 hanya mendukung sampai 4 milyar nomor IP), sehingga secara esensi divais memiliki skema IPv6.

2.2.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu chip IC, sehingga sering disebut

¹² Sulistyanto, "Implementasi IoT (Internet of Things) dalam pembelajaran di Universitas Kanjuruhan Malang", SMARTICS Journal Vol. 1, No. 1, 2015, hal.22

single chip mikrokomputer. Mikrokontroler merupakan sistem komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik. Elemen mikrokontroler tersebut diantaranya adalah:

1. Pemroses (processor)
2. Memori
3. Input dan output

Pada mikrokontroler, beberapa chip digabungkan dalam satu papan rangkaian. Perangkat ini sangat ideal untuk mengerjakan sesuatu yang bersifat khusus, sehingga aplikasi yang diisikan ke dalam komputer ini adalah aplikasi yang bersifat dedicated. Jika dilihat dari harga, mikrokontroler memiliki harga yang lebih murah dibandingkan dengan komputer lainnya, karena perangkatnya relatif sederhana.

Mikrokontroler telah banyak digunakan pada berbagai macam peralatan rumah tangga seperti mesin cuci. Sebagai pengendali sederhana, mikrokontroler telah banyak digunakan dalam dunia medik, pengaturan lalu-lintas, dan masih banyak lagi. Contoh alat ini diantaranya adalah komputer yang digunakan pada mobil untuk mengatur kestabilan mesin, alat untuk pengatur lampu lalu lintas.

Secara teknis ada dua macam mikrokontroler yaitu RISC dan CISC, dan masing-masing mempunyai keturunan/keluarga sendiri-sendiri. RISC kependekan dari Reduced Instruction Set Computer : instruksi terbatas tapi memiliki fasilitas yang lebih banyak. CISC kependekan dari Complex Instruction Set Computer : instruksi bisa dikatakan lebih lengkap tapi dengan fasilitas secukupnya. Tentang jenisnya banyak sekali ada keluarga Motorola dengan seri 68xx, keluarga MCS51

yang diproduksi Atmel, Philip, Dallas, keluarga PIC dari Microchip, Renesas, Zilog (Chamim, 2010: 431).

Pemrograman Dasar Mikrokontroler

Pemrograman pada mikrokontroler menggunakan bahasa pemrograman C++. Pada dasarnya penggunaan bahasa C++ pada mikrokontroler sama dengan penggunaannya pada dekstop. Ada dua bagian utama yang selalu ada pada setiap sketch arduino yaitu :

- ❖ *void setup ()*

Berisi kode program yang hanya dijalankan sekali sesaat setelah *microcontroller* dijalankan atau di-*reset*. Merupakan bagian persiapan atau *inisialisasi* program.

- ❖ *void loop ()*

Berisi kode program yang akan dijalankan terus-menerus. Merupakan untuk program utama.

Selain dua bagian utama, ada instruksi – instruksi lain seperti *if*, *if-else*, *for* dan sebagainya.

- ❖ Instruksi percabangan *if* dan *if-else*

Instruksi (*if*) dan (*if-else*) akan menguji apakah kondisi tertentu dipenuhi atau tidak. Jika tidak dipenuhi, maka instruksi berikutnya akan dilompati, tetapi jika dipenuhi, maka instruksi berikutnya akan dijalankan.

- ❖ Instruksi perulangan *for-loop*

Perulangan (for-loop) akan membuat perulangan pada bloknnya dalam jumlah tertentu, yaitu sebanyak nilai counter-nya.

❖ I/O Digital

1. pinMode()

Ditempatkan di void setup(), digunakan untuk mengatur sebuah kaki I/O digital, untuk dijadikan INPUT atau OUTPUT, dengan format penulisan sebagai berikut :

```
pinMode(4,OUTPUT); // menjadikan D4 sebagai OUTPUT.
```

2. digitalRead()

Digunakan untuk membaca sinyal digital yang masuk, digunakan instruksi digitalRead(), dengan format penulisan sebagai berikut :

```
int tombol=digitalRead(5); //membaca sinyal masuk di D5
```

3. digitalWrite()

Digunakan untuk mengeluarkan sinyal digital, dengan format penulisan sebagai berikut :

```
digitalWrite(6,HIGH); //mengeluarkan sinyal HIGH di D6
```

❖ Serial Komunikasi

1. Instruksi serial.available()

Digunakan untuk mendapatkan jumlah karakter atau byte yang telah diterima di serial port.

2. Instruksi serial.read()

Digunakan untuk membaca data yang telah diterima di serial port.

3. Instruksi serial.write()

Digunakan untuk menulis data yang telah diterima di serial port.

4. Instruksi `serial.print()`

Digunakan untuk mencetak data ke serial port.

5. Instruksi `serial.begin()`

Digunakan untuk mengatur baudrate atau kecepatan (9600).

2.2.4 Sensor Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mengatur proses kehidupan dan proses penyerapan organisme. Tidak hanya itu, banyak proses produksi yang sangat dipengaruhi oleh parameter yang satu ini. Beberapa contoh proses produksi semen, proses produksi pembuatan pupuk, proses casting logam, dan sebagainya. Jika parameter ini diabaikan, maka hasil dari sebuah proses produksi akan menjadi buruk.

Dalam mengukur suhu udara, harus diperlukan sebuah alat ukur yaitu sebuah termometer suhu udara. Dalam dunia elektronika yang berfokus pada elektronika digital, pengukuran suatu parameter selalu dilakukan dengan menggunakan sebuah sensor.

Syaiful Karim (2013: 19), Sensor suhu merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan panas/temperature/suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu. Contohnya; bimetal, termistor, termokopel, RTD, photo transistor, photo dioda, photo multiplier, photovoltaik, infrared pyrometer, hygrometer, dsb.

Sensor ini bekerjanya karena adanya perubahan suhu disekitar sensor, hasil pendeteksian berupa sinyal bukan listrik diubah menjadi sinyal listrik, biasanya berupa tegangan listrik. Dan umumnya setiap perubahan dalam 10° C menghasilkan tegangan listrik sebesar 1mV dc.

2.2.4.1 Termistor

Termistor atau hambatan thermal adalah komponen semikonduktor yang memiliki karakter sebagai hambatan dengan koefisien hambatan temperatur yang tinggi, yang biasanya negatif. Ada 2 jenis termistor yang sering kita jumpai dalam perangkat elektronika yaitu NTC (Negative Thermal Coeffisien) dan PTC (Positive Thermal Coeffisien). Umumnya hambatan termistor pada temperatur ruang dapat berkurang 6% untuk setiap kenaikan temperatur sebesar 1°C. Kepekaan yang tinggi terhadap perubahan temperatur ini membuat termistor sangat sesuai untuk pengukuran, pengontrolan dan kompensasi temperatur secara presisi.

Termistor terbuat dari campuran oksida-oksida logam yang diendapkan seperti: mangan (Mn), nikel (Ni), cobalt (Co), tembaga (Cu), besi (Fe) dan uranium (U). Rangkuman hambatannya adalah dari 0,5 W sampai 75 W dan tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran. Ukuran paling kecil berbentuk manik-manik (beads) dengan diameter 0,15 mm sampai 1,25 mm, bentuk piringan (disk) atau cincin (washer) dengan ukuran 2,5 mm sampai 25 mm. Cincin-cincin dapat ditumpukan dan di tempatkan secara seri atau paralel guna memperbesar disipasi daya (Syaiful Karim, 2013: 26).

Dalam operasinya termistor memanfaatkan perubahan resistivitas terhadap temperatur, dan umumnya nilai hambatannya turun terhadap temperatur secara eksponensial untuk jenis NTC (Negative Thermal Coefficien) dan nilai hambatannya naik terhadap temperatur secara eksponensial untuk jenis PTC (Positive Thermal Coefficien).

Karakteristik penting dari termistor adalah nilai "B". Nilai B merupakan konstanta material yang ditentukan oleh material keramik dari mana ia dibuat dan

menggambarkan gradien kurva resistif (R/T) pada rentang suhu tertentu antara dua titik suhu. Setiap bahan termistor akan memiliki konstanta material yang berbeda dan oleh karena itu hambatannya pun juga berbeda terhadap kurva suhu.

Kemudian nilai B akan menentukan nilai resistif termistor pada suhu pertama atau titik dasar, (yang biasanya 25°C), yang disebut T1, dan nilai resistif termistor pada titik suhu kedua, misalnya 100°C, disebut T2. Oleh karena itu nilai B akan menentukan konstanta material termistor antara kisaran T1 dan T2. Itu adalah B T1/T2 atau B 25/100 dengan nilai termistor B khas NTC yang diberikan antara 3000 dan sekitar 5000. Berikut merupakan persamaan dari nilai B pada termistor

$$B_{T1/T2} = \frac{T_2 \times T_1}{T_2 - T_1} \times \ln \left(\frac{R_1}{R_2} \right) \dots\dots\dots(2.20)$$

dimana,

T1 = titik suhu pertama di Kelvin

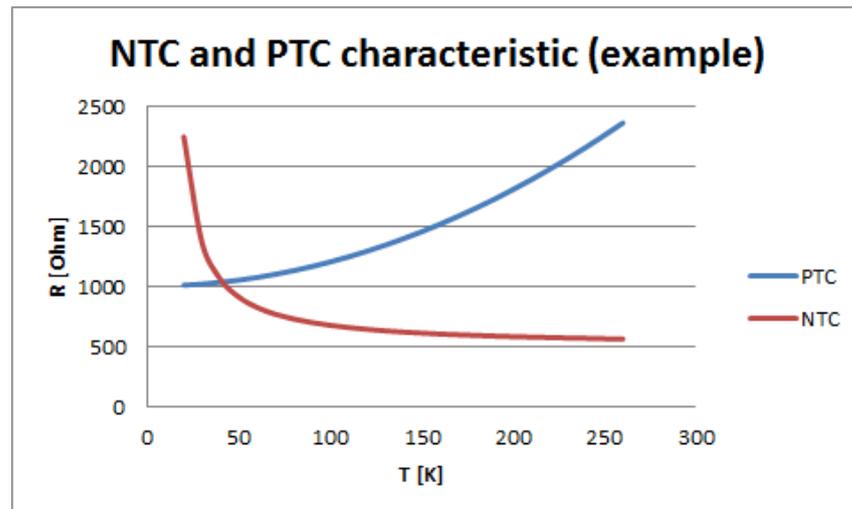
T2 = titik suhu kedua di Kelvin

R1 = resistansi termistor pada suhu T1 dalam Ohm

R2 = resistansi termistor pada suhu T2 dalam Ohm

2.2.4.2 Kurva Karakteristik Termistor

Karakteristik termistor berikut memperlihatkan hubungan antara temperatur dan resistansi seperti tampak pada gambar berikut.



Gambar 2.15 Kurva karakteristik termistor¹³

Perhatikan bahwa garis merah memiliki koefisien suhu negatif (NTC), yaitu hambatannya menurun dengan meningkatnya suhu, berbanding terbalik dengan garis biru yang memiliki koefisien suhu positif (PTC) hambatannya naik dengan meningkatnya suhu.

2.2.5 Sensor Arus

Sensor arus merupakan perangkat atau komponen atau alat untuk mendeteksi arus pada listrik di dalam sebuah kabel, dan menghasilkan sinyal proporsional dengan besarnya nilai arus yang terdeteksi. Sinyal yang dihasilkan dapat berupa tegangan analog atau pun tegangan data digital. Sinyal ini dapat dijadikan sebagai alat ukur arus atau besaran arus yang dapat disimpan dalam sebuah penyimpanan seperti server untuk dianalisa atau digunakan sebagai alat control.

Ada beberapa jenis sensor arus yaitu diantaranya Sensor Magnetic Fluxgate, Sensor Efek-Hall dan Digital Clamp Amperemeter.

¹³ Backhoff Information System, "Basic Principles of RTD Technologies", diakses dari: <https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/el32xx/1495734667.html&id=>, pada tanggal 2 September 2019 pukul 09.30

2.2.5.1 Sensor Efek-Hall

Untuk mengukur suatu daya listrik, yang paling penting adalah pengukuran arusnya. Sensor Efek Hall adalah komponen jenis transduser yang dapat mengubah informasi magnetik menjadi sinyal listrik untuk pemrosesan rangkaian elektronik selanjutnya. Sensor Efek Hall dirancang untuk merasakan adanya objek magnetis dengan perubahan posisinya. Perubahan medan magnet yang terus menerus menyebabkan timbulnya pulsa yang kemudian dapat ditentukan frekuensinya, sensor jenis ini biasa digunakan sebagai pengukur kecepatan.

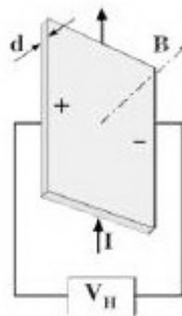
Sensor Hall Effect digunakan untuk mendeteksi kedekatan (proximity), kehadiran atau ketidakhadiran suatu objek magnetis (yang) menggunakan suatu jarak kritis. Pada dasarnya ada dua tipe Half-Effect Sensor, yaitu tipe linear dan tipe on-off. Tipe linear digunakan untuk mengukur medan magnet secara linear, mengukur arus DC dan AC pada konduktor dan fungsi-fungsi lainnya. Sedangkan tipe on-off digunakan sebagai limit switch, sensor keberadaan (presence sensors), dsb. Sensor ini memberikan logika output sebagai interface gerbang logika secara langsung atau mengendalikan beban dengan buffer amplifier.

2.2.5.2 Pengukuran Tegangan Efek Hall

Efek Hall tergantung pada beda potensial (tegangan Hall) pada sisi yang berlawanan dari sebuah lembar tipis material konduktor atau semikonduktor dimana arus listrik mengalir, dihasilkan oleh medan magnet yang tegak lurus dengan elemeh Hall. Perbandingan tegangan yang dihasilkan oleh jumlah arus dikenal dengan hambatan Hall, dan tergantung pada karakteristik bahan. Dr. Edwin Hall menemukan efek ini pada tahun 1879 (Elektronika-dasar, 2019,

<http://elektronika-dasar.web.id/definisi-dan-fungsi-sensor-efek-hall>, 15 Oktober 2019).

Efek Hall dihasilkan oleh arus pada konduktor. Arus terdiri atas banyak beban kecil yang membawa partikel-partikel (biasanya elektron) dan membawa gaya Lorentz pada medan magnet. Beberapa beban ini berakhir di sisi – sisi konduktor. Ini hanya berlaku pada konduktor besar dimana jarak antara dua sisi cukup besar. Salah satu yang paling penting dari Hall Effect adalah perbedaan antara beban positif bergerak dalam satu arah dan beban negatif bergerak pada kebalikannya. Hall Effect memberikan bukti nyata bahwa arus listrik pada logam dibawa oleh elektron yang bergerak, bukan oleh proton. Yang cukup menarik, Hall Effect juga menunjukkan bahwa dalam beberapa substansi (terutama semikonduktor), lebih cocok bila kita berpikir arus sebagai “holes” positif yang bergerak daripada elektron.



Gambar 2.16 Rangkaian pengukuran tegangan hall

Dengan mengukur tegangan Hall yang melalui bahan, kita dapat menentukan kekuatan medan magnet yang ada. Hal ini bisa dirumuskan :

$$V_H = \frac{I \cdot B}{n \cdot e \cdot d} \dots\dots\dots(2.21)$$

dimana,

V_H = tegangan yang melalui lebar pelat

I = arus yang melalui panjang pelat

B = medan magnet

d = tebal pelat

e = elektron

n = kerapatan elektron pembawa

Dalam keberadaan kekuatan medan magnetik yang besar dan temperatur rendah, kita dapat meneliti quantum Hall effect, yang dimana adalah kuantisasi hambatan Hall.

2.3 Kerangka Berfikir

Dalam dunia industri saat ini alat monitoring selalu dibutuhkan untuk menjalankan segala aktifitas dan pekerjaan, salah satunya alat monitoring pada motor induksi. Monitoring yang masih menggunakan cara konvensional dengan cara pengukuran secara langsung. Hal ini menyebabkan monitoring tidak efisien serta memerlukan banyak waktu dan tenaga karena harus dilakukan setiap saat. Untuk itu diperlukan peralatan yang mampu memonitoring motor induksi dengan data suhu dan arus yang dapat dikirimkan ke user secara real time dan bisa diakses kapan saja dengan smartphone.

Berdasarkan masalah diatas, maka penulis merancang sebuah alat pemantau motor induksi dengan data arus dan suhu secara realtime yang dapat diakses setiap saat menggunakan smartphone. Diharapkan perancangan alat ini dapat bermanfaat dan diterapkan langsung dalam dunia industri maupun dunia perkuliahan.

Berdasarkan kajian teori tersebut, maka dapat dibuat kerangka berpikir sebagai berikut :

Tabel 2.4 Alur kerangka berfikir

Masalah	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Munculnya gangguan overheating pada motor induksi tiga fasa karena faktor usia pemakaian. ❖ Pemakaian teknologi lama pada sistem proteksi memungkinkan peluang terjadinya gangguan pada motor induksi semakin besar. ❖ Sebagian besar industri masih menggunakan sistem proteksi manual dimana ketika terjadi masalah tidak dapat ditangani secara sigap. ❖ Monitoring motor induksi yang dilakukan dengan pengukuran manual tidak efisien waktu dan tenaga.
Solusi	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Merancang sistem proteksi motor induksi dari overheating. ❖ Merancang sistem proteksi motor induksi dengan teknologi terbaru. ❖ Merancang sistem proteksi motor induksi otomatis. ❖ Merancang sistem monitoring motor induksi secara real time dengan teknologi wireless.
Kondisi Akhir	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Rancangan sistem proteksi motor induksi dari gangguan overheating berbasis mikrokontroler arduino mega 2560 yang terintegrasi dengan IoT.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tujuan Operasional Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, maka penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu rancangan sistem proteksi motor induksi tiga fasa dari gangguan overheating yang mengimplementasikan teknologi IoT untuk mempermudah proses pengawasan kinerja mesin-mesin industri. Selain itu, untuk mengetahui apakah sistem monitoring motor induksi tiga fasa tersebut dapat dan layak diimplementasikan langsung dalam dunia industri.

3.2 Tempat & Waktu Penelitian

- a. Tempat pembuatan : Lab. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro
Universitas Negeri Semarang
- b. Tempat pengujian : Lab. Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro
Universitas Negeri Semarang
- c. Waktu pembuatan : Oktober 2019
- d. Waktu pengujian : Desember 2019

3.3 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Forward Engineering yang merupakan bagian dari penelitian rekayasa. Adapun hasil dari penelitian ini yaitu dengan membuat produk berupa alat monitoring motor induksi tiga fasa dengan data arus, tegangan dan daya yang dapat diakses secara realtime melalui amartphone.

Instrumen dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, mulai dari planning (perencanaan), analysis (analisa), design (perancangan), construct (pembangunan), applied (penerapan). Adapun penelitian rekayasa dapat berupa :

- a. **Forward Engineering:** rekayasa secara life cycle yang dimulai dari tahapan plan, analysis, construct, hingga applied, atau pada tahapan-tahapan rekayasa tersebut dilakukan kustomisasi menjadi lebih singkat, tetapi secara prinsip tetap berdasarkan pada siklus hidup secara life cycle.
- b. **Reverse Engineering:** merupakan rekayasa dari produk, sistem, atau prototipe yang sudah ada menjadi blue print, formula atau model, atau pada tahapan-tahapan rekayasa yang sudah di kustomisasi. Rekayasa dilakukan mulai dari abstraksi yang lebih rendah menuju ke setingkat atau beberapa tingkat lebih tinggi .
- c. **Re-engineering:** perubahan dan pengorganisasian kembali komponen-komponen sistem yang dapat dilakukan terhadap hasil desain atau implementasi saja atau pada keseluruhan tahapan/abstraksi sistem, tanpa menghilangkan keseluruhan komponen lama agar diperoleh metode, formula model, prototipe, produk sistem, atau tools dengan tingkat kesempurnaan dan standar yang lebih tinggi (Jazi dan Aris, 2009: 119).

3.4 Prosedur Penelitian

Menurut Jazi Eko Istiyanto, (2009:119) alur prosedur penelitian rekayasa yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Planning/ Perencanaan,
2. Analysis/Analisa,

3. Design/ Perencanaan,
4. Construct/ Pembangunan, dan
5. Applied/ Penerapan.

3.4.1 Planning (Perencanaan)

Hal pertama yang dilakukan dalam tahapan planning adalah identifikasi masalah. Pada penelitian ini, ditemukan permasalahan di dunia industri yaitu sistem monitoring mesin industri yang masih konvensional. Hal tersebut dianggap sebagai masalah karena kegiatan tersebut membutuhkan waktu dan tenaga yang banyak sehingga dirasa kurang efisien.

Langkah selanjutnya adalah mengumpulkan data dan informasi sebagai bahan perencanaan produk. Pada tahap ini, dilakukan dengan cara observasi untuk mengumpulkan data/ informasi mengenai alat monitoring otomatis. Setelah dilakukan pencarian, rancangan ditetapkan bahwa produk yang dibuat pada penelitian ini adalah alat monitoring motor induksi dengan menggunakan teknologi IoT.

Setelah semuanya data yang dikumpulkan dirasa cukup, tahap selanjutnya yaitu mempersiapkan dan membuat list alat dan bahan yang dibutuhkan dalam perancangan alat dan penelitian.

3.4.2 Analysis (Analisa)

Tahap ini merupakan tahap analisa pembuatan alat, dari mulai pencarian judul, referensi-referensi yang didapat, hingga keanalisis rangkaian. Dalam tahap-tahap analisa alat-alat ini terdapat beberapa pertimbangan antara lain:

a. Pertimbangan Desain Rancangan

Dalam pembuatan alat ini, desain rangkaian yang digunakan merupakan salah satu syarat untuk diijinkannya dalam pembuatan alat ini. Di mana hasil yang akan dibuat dalam penelitian ini merupakan pengamatan dan pengembangan dari sistem monitoring otomatis.

b. Pertimbangan Harga Komponen

Harga dan keadaan komponen-komponen di pasaran merupakan hal yang perlu dipertimbangkan dalam proses pembuatan rancangan. Di mana rangkaian sudah siap dibuat, namun ada komponen yang susah didapat atau harganya yang mahal, akhirnya pembuatan alat tersebut menjadi terhambat dan bisa juga gagal. Oleh karena itu karena harga dan keadaan komponen-komponen di pasaran merupakan juga hal yang perlu dipertimbangkan dalam pembuatan suatu alat.

c. Pertimbangan Kegunaan

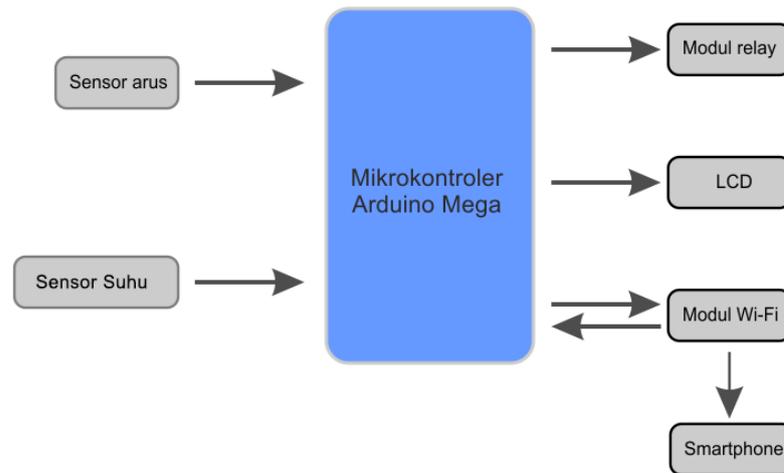
Sama halnya dengan keaslian alat, kegunaan atau manfaat dari rancangan alat ini merupakan salah satu syarat untuk diijinkan dalam penelitian ini. Dengan adanya pertimbangan ini hasil rancangan dapat berguna bagi pihak yang bersangkutan.

3.4.3 Design (Perancangan)

Dalam perancangan alat ini dilakukan dalam dua bagian, yaitu Perancangan perangkat keras (Hardware) dan Perancangan perangkat lunak (Software).

3.4.3.1 Perancangan perangkat keras (Hardware)

Dalam perancangan perangkat keras ini dibuat dalam bentuk diagram blok seperti yang terlihat pada gambar 3.1 dibawah ini



Gambar 3.1 Diagram blok fungsional sistem

Terdapat tujuh bagian utama sistem, yaitu mikrokontroler Arduino Mega 2560, sensor arus ACS712, sensor suhu DHT11, modul relay, LCD, modul Wi-Fi ESP2866 nodeMCU, dan blynk apps (smartphone). Masing-masing bagian memiliki fungsi yang berbeda. Adapun penjelasan masing-masing bagian adalah sebagai berikut :

1. Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Mikrokontroler Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berdasarkan ATmega2560. Mikrokontroler ini memiliki 54 pin input / output digital (dimana 14 dapat digunakan sebagai output PWM), 16 input analog, 4 UART (port serial perangkat keras), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, header ICSP, dan tombol reset. Arduino Mega ini sudah berisi semua yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler, cukup hubungkan ke komputer dengan kabel USB atau nyalakan dengan adaptor AC ke DC atau baterai untuk memulai.

Spesifikasi Arduino Mega :

Mikrokontroler	: ATmega 2560
Tegangan operasi	: 5V
Tegangan (batas)	: 6V – 20V
Pin I/O digital	: 54 (14 pin memberikan keluaran PWM)
Pin input analog	: 16
Arus DC per I / O Pin	: 40 mA
Arus DC untuk Pin	: 50 mA
3.3V	
Flash Memory	: 256 KB dimana yang 8 KB digunakan sebagai bootloader
SRAM 8 KB EEPROM	: 4 KB
Clock Speed	: 16 Hz

2. Modul Wifi ESP2866

ESP8266 disebut sebagai System On Chip (SOC) yang memiliki kemampuan untuk terhubung dengan jaringan TCP/IP via Wi-Fi selain kemampuan layaknya mikrokontroler sebagai sebuah “otak” dan pengendali di dalam dunia elektronika embedded. Adapun bagian-bagian dari modul wifi ESP-01 antara lain :

- ❖ VCC Terhubung dengan catu daya 3.3V
- ❖ GPIO0 dan GPIO2 adalah port general purpose.
- ❖ U0RXD(GPIO2) : Port receiver untuk komunikasi serial
- ❖ U0TXD (GPIO1_) : Port transceiver untuk komunikasi serial
- ❖ CH_PD: Chip Enable. Harus bernilai 3.3V untuk operasi normal
- ❖ EXT_RSTB: harus bernilai 3.3V untuk operasi normal dan 0V untuk reset
- ❖ GND : Ground

3. Sensor Arus ACS712 20A

Sensor arus ACS712 digunakan untuk mendeteksi arus pada suatu kawat/kabel dalam instalasi listrik. Sensor ini dapat digunakan untuk mengukur arus searah (DC) dan arus bolak-balik (AC) menggunakan prinsip *Hall Effect*. Sensor yang memiliki prinsip *Hall Effect* dirancang untuk mendeteksi objek magnetis dengan perubahan posisi. Adanya perubahan medan magnet secara terus menerus menimbulkan adanya pulsa yang kemudian dapat diambil frekuensinya. Sensor arus ini dapat membaca baik arus dc maupun ac sampai dengan 20 ampere. Sensor ACS712 20A mengeluarkan tegangan 2,5 volt jika tidak ada arus.

4. Sensor Suhu DHT11

Modul Sensor digital DHT11 digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembaban. Hasil pembacaan dapat langsung dibaca oleh arduino maupun mikrokontroler lain melalui antarmuka 1-wire.

Spesifikasi:

- Range Kelembaban: 20% - 95%
- Error Kelembaban: $\pm 5\%$
- Range Temperatur: 0°C - 50°C
- Error Pengukuran Temperatur: $\pm 2^\circ$
- Tegangan Kerja 3.3 V - 5 V
- Output Digital

5. Modul Relay SSR 380V 8A

Solid State Relay (SSR) digunakan sebagai saklar elektronik. Relay ini tidak memiliki bagian yang bergerak. Relay ini dikenal sebagai relay statis karena tidak

memiliki bagian yang bergerak. Jenis relay ini tidak menggunakan koil magnetik atau komponen mekanik melainkan menggunakan perangkat elektronik analog untuk membuat karakteristik relai dan arus masuk atau bentuk gelombang tegangan dimonitor oleh sirkuit analog, bukan didigitalkan. Relay ini bekerja di rentang tegangan AC 24 V sampai 380 V dan maksimal arusnya sampai 8A. Relay ini dapat dikontrol mikrokontroller baik arduino maupun raspberry dengan tegangan input 5V sampai 12V.

6. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (Liquid Crystal Display) atau penampil kristal cair adalah suatu media yang dapat menampilkan suatu karakter huruf, angka, maupun simbol dengan menggunakan kristal cair sebagai komponen utama penampil. LCD dibuat dengan teknologi CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekitarnya terhadap frontlit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. Material LCD meliputi lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. LCD digunakan pada perangkat elektronik yang menampilkan gambar atau karakter seperti televisi, komputer, kalkulaor, jam digital, dan alat ukur digital.

LCD 16x2 dapat menampilkan huruf, angka, dan simbol sebanyak 16 kolom dan 2 baris, LCD dapat beroperasi dengan tegangan sumber 5 VDC dan memiliki 16 pin interface dengan fungsi masing-masing.

7. Blynk Apps

Blynk merupakan aplikasi yang dapat berjalan pada sistem operasi iOS maupun Android sebagai kendali pada modul Arduino, Raspberry Pi, ESP8266 dan perangkat sejenis lainnya melalui internet (Blynk, 2017). Blynk adalah dashboard digital dengan fasilitas antarmuka grafis dalam pembuatan projectnya. Penambahan komponen pada Blynk Apps dengan cara Drag and Drop sehingga memudahkan dalam penambahan komponen Input/output tanpa perlu kemampuan pemrograman Android maupun iOS.

Blynk diciptakan dengan tujuan untuk control dan monitoring hardware secara jarak jauh menggunakan komunikasi data internet ataupun intranet (jaringan LAN). Kemampuannya untuk menyimpan data dan menampilkan data secara visual baik menggunakan angka, warna ataupun grafis semakin memudahkan dalam pembuatan project dibidang Internet of Things.

Aplikasi ini mampu mengontrol hardware dari jarak jauh. Ada 3 layanan blynk yang disediakan, yaitu:

- a. Blynk App, berfungsi untuk membuat *project* aplikasi menggunakan bermacam variasi *widget* yang telah disediakan. Namun, batas penggunaan widget dalam satu akun hanya 2000 *energy*. *Energy* tersebut dapat ditambah dengan membelinya melalui *playstore*.

Terdapat 4 jenis kategori komponen yang berdasar pada Aplikasi Blynk

- Controller digunakan untuk mengirimkan data atau perintah ke Hardware.

- Display digunakan untuk menampilkan data yang berasal dari hardware ke smartphone.
- Notification digunakan untuk mengirim pesan dan notifikasi.
- Interface Pengaturan tampilan pada aplikasi Blynk dapat berupa menu ataupun tab.
- Others beberapa komponen yang tidak masuk dalam 3 kategori sebelumnya diantaranya Bridge, RTC, Bluetooth



Gambar 3.2 Blynk Apps¹⁴

- Blynk server, berfungsi untuk meng-*handle project* pada blynk app dan berkomunikasi antara *smartphone* dengan *hardware* yang dibuat. Blynk server (Blynk Cloud) dapat digunakan secara jaringan lokal dan bersifat *open source*.
- Blynk libraries, berfungsi untuk memudahkan komunikasi antara *hardware* dengan server dan seluruh proses perintah input serta output.

Dalam pembuatan rancangan alat, mikrokontroler Arduino Mega 2560 digunakan sebagai pengendali utama. Mikrokontroler ini merupakan salah satu

¹⁴ Geektips, “Internet of Things for Non-Programmers with Arduino, Blynk, and ESP8266-12F”, diakses dari : <http://www.geektips.com/arduino-blynk-esp8266-iot-for-nonprogrammers/#more-124> , pada tanggal 2 September 2019 pukul 10.00

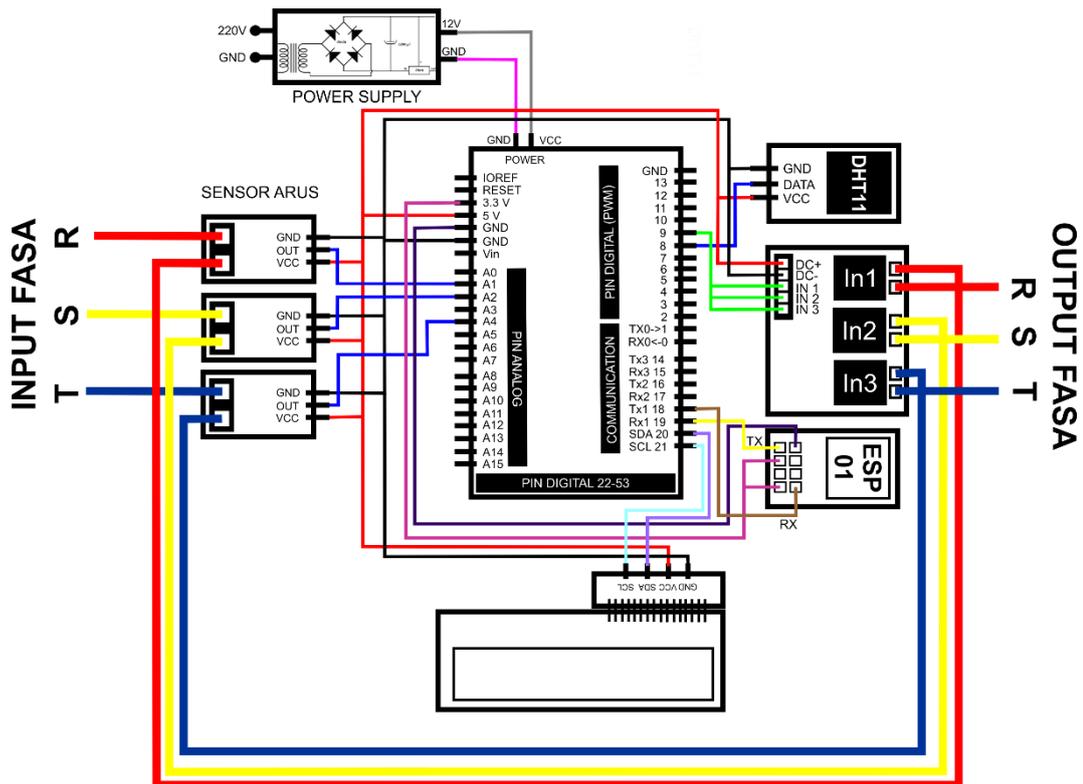
keluaran atmel yang mempunyai arsitektur Reduce Instruction Set Computer (RISC), arsitektur yang memiliki sedikit jumlah instruksi dan memiliki banyak register.

Sensor arus yang digunakan adalah ACS712 20A yang mampu membaca arus dari 0 Ampere hingga 20 Ampere dengan tegangan keluaran sensor 100mV/A. Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan peristiwa hall effect yang bekerja menggunakan prinsip gaya Lorentz. Sensor ini juga memiliki tegangan kerja 5V dan memiliki resistansi internal sebesar 1.2 m Ω .

Untuk membaca nilai suhu digunakan sensor DHT11. Sensor ini memiliki keluaran sinyal digital yang dikalibrasi dengan sensor suhu dan kelembaban. Hal ini membuat stabilitas kinerja sensor menjadi sangat baik dalam jangka panjang.

Agar sistem dapat melakukan proteksi, maka digunakan perangkat relay sebagai aktuator. Dimana relay merupakan saklar elektronik yang dapat membuka atau menutup rangkaian dengan menggunakan kontrol dari rangkaian elektronik lain. Sebuah relay tersusun atas kumparan, pegas, saklar, dan 2 kontak elektronik (normally close dan normally open).

Adapun rangkaian dari sistem utama ditunjukkan seperti dibawah ini :



Gambar 3.3 Rangkaian bagian utama sistem

Berikut daftar pemasangan komponen pada pin mikrokontroler (arduino mega 2560) ditunjukkan pada tabel 3.1 dibawah ini :

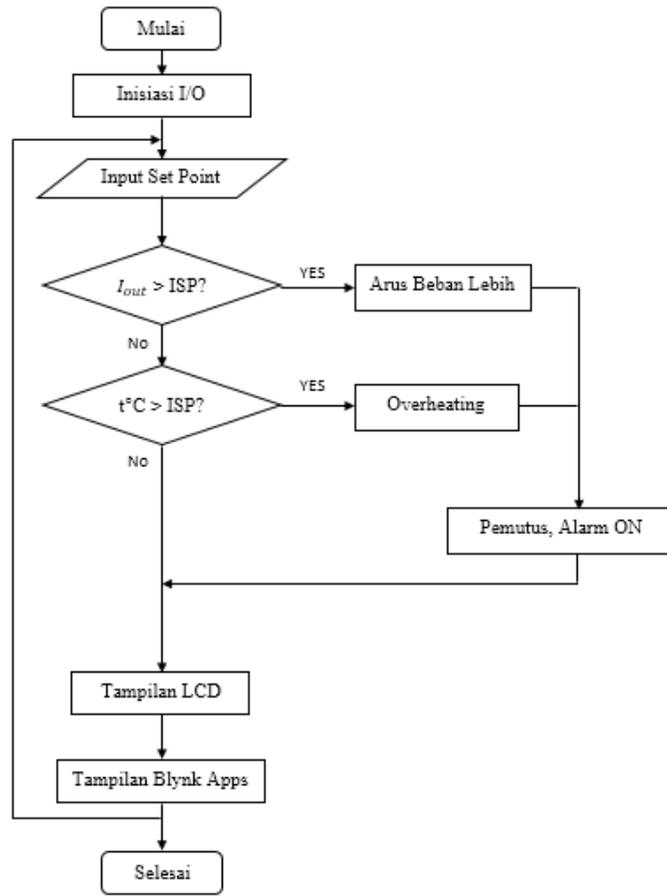
Tabel 3.1 Pemasangan komponen pada pin mikrokontroler

Nama Komponen	Pin Komponen	Pin Mikrokontroler
Sensor Arus ACS 712 (1)	GND	GND
	OUT	A1
	VCC	5V
Sensor Arus ACS 712 (2)	GND	GND
	OUT	A2
	VCC	5V
Sensor Arus ACS 712 (3)	GND	GND
	OUT	A4
	VCC	5V
Sensor Suhu DHT11	GND	GND
	DATA	8
	VCC	5V
Relay SSR 380V 8A	DC+	5V
	DC-	GND
	In1	9
	In2	9

	In3	9
Modul Wifi ESP-01	VCC	3,3V
	CH_PD	3,3V
	U0RXD	TX1 18
	U0TXD	RX1 19
	GND	GND
LCD 2X16 I2C	GND	GND
	VCC	5V
	SDA	SDA 20
	SCL	SCL 21

3.4.3.2 Perancangan perangkat lunak (Software)

Perancangan perangkat lunak pada penelitian ini merupakan alur dari kode program yang akan digunakan agar sistem dapat bekerja dengan baik. Tahap pertama yang dijalankan oleh perangkat lunak yang dirancang yaitu mendeklarasi semua variabel yang digunakan. Selanjutnya membaca nilai arus dan suhu. Hasil pembacaan sensor selanjutnya akan diproses yang kemudian ditampilkan pada LCD dan juga dikirim ke modul Wi-Fi sehingga dapat diakses melalui aplikasi blynk apps. Apabila hasil pembacaan nilai arus dan tegangan tidak sesuai dengan standar pemakaian motor induksi, maka akan diberikan logika low pada inputan modul relay, sehingga relay aktif. Selanjutnya, sistem akan mengirimkan pesan alert pada user yang terhubung. Alur kode program yang akan digunakan ditampilkan pada gambar dibawah ini



Gambar 3.4 Flowcart program

3.4.4 Construct

Tahapan pertama dari pembangunan alat ini yaitu validasi rancangan. Tahap ini merupakan proses kegiatan untuk menilai secara rasional apakah rancangan produk efektif atau tidak untuk digunakan. Pada penelitian ini validasi dilakukan oleh pakar /ahli. Dan penulis mempercayakan kepada dosen pembimbing untuk menilai secara rasional rancangan yang sudah dibuat.

Setelah dilakukan validasi produk maka dapat diketahui kelemahannya. Jika produk telah sesuai menurut para ahli maka tidak perlu diperbaiki. Berdasarkan desain yang diajukan kepada pakar/ahli desain dianggap sudah sesuai dan dapat

dilanjutkan ke tahap selanjutnya yaitu pembuatan alat sesuai dengan desain yang tervalidasi.

Pengujian dilakukan setelah semua proses pembuatan alat dikerjakan, pengujian dilakukan secara bertahap guna mencari kesalahan maupun kekurangan kerja pada alat tersebut. Setelah dilakukan pengujian alat selanjutnya melakukan uji kelayakan yang dilakukan oleh dosen ahli/ pakar.

Setelah alat di uji coba dan di uji kelayakan, jika didapatkan kekurangan maka segera dilakukan penyempurnaan.

3.4.5 Applied (Penerapan)

Setelah alat diuji dan dianggap layak serta bekerja sesuai dengan fungsi dan rancangan, dilakukan penerapan produk yaitu mengaplikasikan alat monitoring otomatis motor induksi tiga fasa ini dalam dunia industri. Namun dalam penelitian ini tidak dilakukan hal tersebut, penelitian ini dianggap selesai hingga alat dapat bekerja sesuai rencana dan layak untuk di implementasikan dalam dunia industri.

3.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik penumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara melakukan pengujian pada beberapa komponen dalam alat. Pengujian ini dimaksudkan untuk memperoleh beberapa data. Data yang telah didapatkan digunakan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dan keandalan alat yang telah di uji coba.

Adapun tahapan dari pengumpulan data pada penelitian sebagai berikut :

3.5.1 Pengujian komponen-komponen elektronika

Pengujian menggunakan metode pengujian blackbox, dimana semua kebutuhan komponen utama dalam sistem diuji secara fungsionalitasnya, Pengujian

komponen-komponen ini meliputi pengujian fungsional sensor suhu DHT11 dan pengujian fungsional sensor arus ACS712. Pengujian ini dilakukan untuk mengecek spesifikasi fungsional dari masing-masing komponen tanpa menggunakan kode desain produk penelitian. Pengujian dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana fungsi, masukan dan keluaran sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan dalam merancang alat.

3.5.2 Pengujian keandalan aplikasi blynk pada smartphone

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui jarak maksimum aplikasi blynk masih dapat menerima data yang dikirim dari mikrokontroler melalui modul wifi. Selain untuk mengetahui jarak terjauh, pengujian ini juga untuk mengetahui delay rata-rata data yang dikirim sampai di aplikasi blynk.

3.5.3 Pengujian seluruh sistem

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan mengaplikasikan prototipe sistem ke motor induksi tiga fasa. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah sistem yang dirancang dapat berfungsi dengan baik atau tidak bila diterapkan di motor induksi tiga fasa. Data yang didapatkan akan dibandingkan dengan data pengukuran manual. Dari perbandingan data akan diketahui sejauh mana tingkat akurasi alat yang telah dibuat.

Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan alat yang telah dirancang dengan rangkaian motor induksi tiga fasa. Adapun pengujiannya antara lain :

1. Pengujian motor induksi beban nol/ tanpa beban

2. Pengujian motor induksi beban generator, yaitu dengan menghubungkan motor dengan generator ac yang selanjutnya generator ac diberi beban lampu pijar, kapasitor dan trafo tl.

3.6 Teknik Analisis Data

Setelah data diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah menganalisis data. Analisis data ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil dari pengukuran sensor, dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran dari sensor dengan hasil pengukuran yang dilakukan secara manual ataupun dengan alat ukur yang sudah terstandarisasi. Jika selisih antara hasil pengukuran sensor dengan alat ukur kecil, maka sensor dapat dikatakan berjalan dengan baik.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

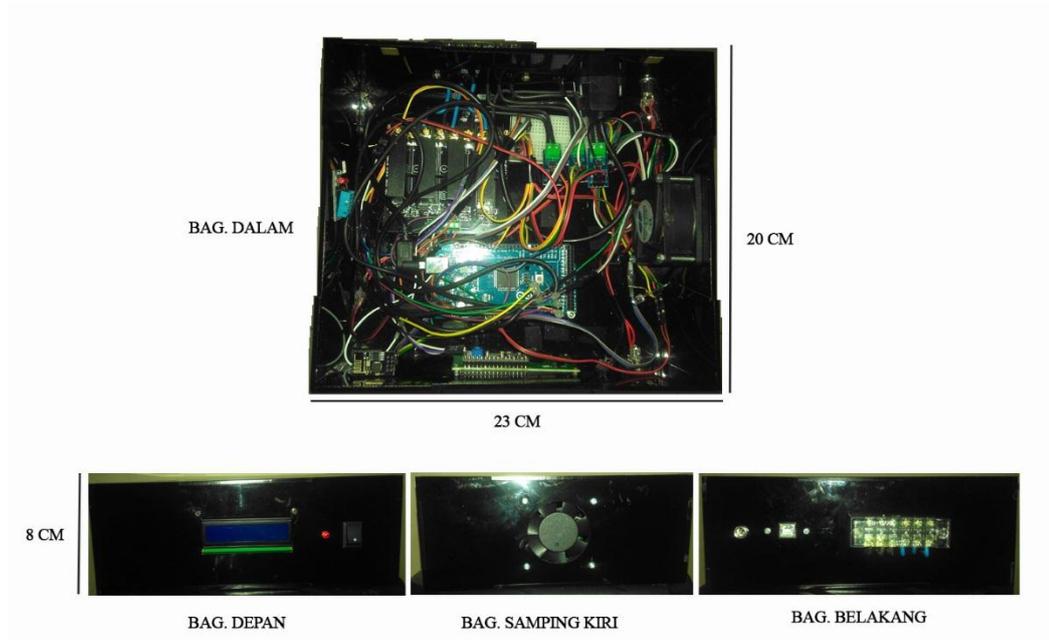
1.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan dan mengetahui unjuk kerja salah satu alternatif sistem proteksi pada motor induksi tiga fasa. Dengan menggunakan pengendalian mikrokontroller dan komunikasi data dua arah dengan aplikasi blynk diharapkan akan mempermudah proses monitoring dan pengamanan pada saat motor induksi tiga fasa terjadi gangguan.

Dalam perancangan prototipe terdapat dua bagian utama yang mendukung sistem pada saat beroperasi, yaitu bagian hardware yang terdiri komponen-komponen alat, antara lain : a) Arduino Mega 2560. b) Modul Wifi ESP2866. c) Sensor Suhu DHT11. d) Sensor Arus ACS712. e) Relay SSR. f) LCD 2x16. g) Box untuk perangkat elektronika. Kemudian bagian kedua yaitu bagian software yang terdiri program pada mikrokontroller dan program pada aplikasi blynk.

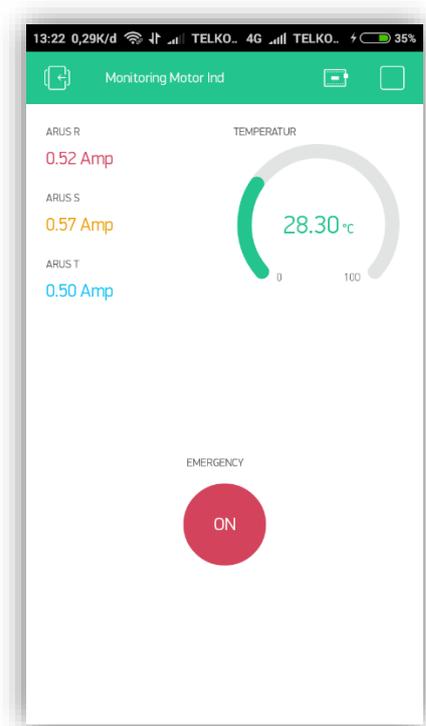
4.1.1 Hasil Perancangan Prototipe Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa

Hasil perancangan prototipe sistem proteksi motor induksi tiga fasa ini menghasilkan alat yang dapat memonitor secara realtime arus yang mengalir serta suhu motor induksi saat beroperasi. Prototipe alat ini juga dapat mematikan motor induksi secara otomatis jika dalam beroperasi arus dan suhu-nya melebihi batas normal. Adapun hasil rancangan prototipe sistem proteksi motor induksi tiga fasa ditunjukkan seperti gambar dibawah ini :



Gambar 4.1 Hasil Rancangan Bagian Hardware Prototipe Sistem

Pada perancangan yang selanjutnya yaitu membuat *user interface* pada aplikasi blynk sebagai sarana monitoring arus dan suhu pada motor induksi tiga fasa. Pada aplikasi tersebut terdapat dua bagian. Bagian yang pertama berisi empat label tampilan yang terdiri dari tiga label tampilan monitor arus dan satu label tampilan monitor suhu. Bagian yang kedua terdapat tombol emergency bilamana dapat digunakan/diaktifkan ketika suhu atau arus mengalami kenaikan secara signifikan tetapi belum mencapai setting point. Adapun *user interface* aplikasi blynk dapat terlihat pada gambar 4.2 dibawah ini :



Gambar 4.2 Tampilan Sistem Proteksi Motor Induksi pada Aplikasi Blynk

Tahap selanjutnya adalah tahap pengujian sistem. Masing-masing komponen dan modul dalam sistem yang diuji akan mendapatkan sebuah hasil penelitian. Kemudian hasil penelitian yang didapat akan dibandingkan dengan tujuan dari skripsi apakah sudah sesuai atau belum.

4.1.2 Hasil Penelitian Laboratorium dan Analisis Data

Penelitian alat pada laboratorium ini bertujuan untuk menguji unjuk kerja prototipe sistem proteksi motor induksi otomatis yang telah dirancang. Pertama-tama masing-masing komponen dan modul dalam sistem diuji untuk mendapatkan sebuah hasil. Setelah hasilnya dirasa sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, selanjutnya komponen disatukan menjadi satu sistem proteksi otomatis. Sistem proteksi otomatis diuji dengan menerapkannya pada motor induksi tiga fasa untuk

mengetahui hasil apakah prototipe sistem proteksi otomatis dapat bekerja dengan baik pada motor induksi atau tidak.

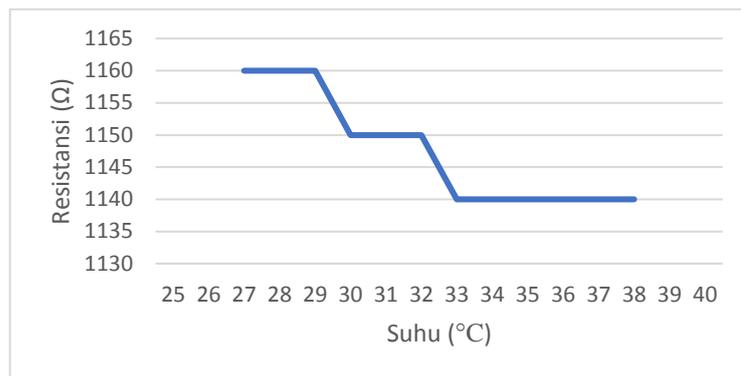
4.1.2.1 Pengujian Fungsional Sensor Suhu DHT11

Pengujian fungsional sensor suhu ini dimaksudkan untuk memberikan perintah pada mikrokontroler jika suhu melebihi batas setting point maka pemutus daya akan aktif. Pengujian ini juga untuk memastikan bawasannya apakah sensor dht11 yang merupakan salah satu jenis termistor ini sesuai dengan teori bahwa semakin besar nilai suhu maka semakin kecil nilai resistansinya. Pengujian ini dilakukan dengan menempelkan sensor pada bodi motor induksi tiga fasa.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu DHT11

No	Setting Point (°C)	Suhu Terbaca blynk (°C)	Nilai Hambatan Termistor (Ω)	Pemutus Daya
1	35	27,50	1,16 kΩ	Tidak Trip
2	35	28,50	1,16 kΩ	Tidak Trip
3	35	29,50	1,16 kΩ	Tidak Trip
4	35	30,50	1,15 kΩ	Tidak Trip
5	35	32,00	1,15 kΩ	Tidak Trip
6	35	33,00	1,14 kΩ	Tidak Trip
7	35	34,00	1,14 kΩ	Tidak Trip
8	35	35,00	1,14 kΩ	Trip
9	35	36,00	1,14 kΩ	Trip
10	35	37,00	1,14 kΩ	Trip

Berdasarkan tabel 4.1 diatas dapat diperoleh informasi bahwa setiap suhu naik maka terjadi penurunan nilai resistansi. Hal ini sesuai dengan teori yang telah dijelaskan pada bab 2 bagian termistor jenis NTC. Hal ini juga dapat dilihat dari grafik dibawah ini :



Gambar 4.3 Grafik pengaruh suhu terhadap nilai resistansi termistor

Pada saat suhu berada di kisaran antara 27,50°C sampai dengan 29,50°C memiliki nilai resistansi yang sama yaitu 1,16kΩ. Ini terjadi karena pada saat pengukuran menggunakan alat ukur yang memiliki resolusi rendah dengan skala yang besar. Sehingga nilai yang didapat tidak sampai detail. Hal inipun terjadi pada saat suhu berada pada titik 30,50°C dan 32,00°C yang memiliki nilai resistansi sebesar 1,15 kΩ, pada saat suhu 33°C sampai 37°C yang memiliki nilai 1,14 kΩ.

Selain berfungsi sebagai monitor, output dari sensor suhu ini juga menjadi salah satu patokan untuk memfungsikan pemutus daya (relay). Pada Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa setting point maksimal untuk suhu yaitu 35. Ketika suhu sama dengan atau lebih besar dari angka itu maka mikrokontroler akan mengirim perintah untuk mengaktifkan pemutus daya. Maka pada saat suhu di titik 35, 36, dan 37 pemutus daya akan mengalami trip.

4.1.2.2 Pengujian Fungsional Sensor Arus ACS712

Pada pengujian sensor arus dilakukan pengukuran nilai arus pada motor induksi tiga fasa yang dihubungkan secara seri sebelum dihubungkan keterminal motor induksi tersebut. Setiap pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai sensor arus ACS712 dengan Amperemeter.

Pengujian sensor dilakukan dengan menggunakan variasi input tegangan pada motor induksi tiga fasa tanpa beban (beban nol). Terdapat sepuluh step dalam pemvariasian, dimana setiap step bertambah bernilai 40 volt. Untuk mengambil sinyal arus digunakan sensor arus ACS712 20A yang dipasang seri disetiap fasa (R, S, T). Output dari sensor arus ACS712 masuk ke pin ADC mikrokontroler (A1,A2,A3).

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor Arus

No	Tegangan Masukan (V)	Arus Terbaca Multimeter (A)			Arus Terbaca Blynk Apps (A)			Persentase error (%)
		I_R	I_S	I_T	I_R	I_S	I_T	
1	0	0	0	0	0,00	0,00	0,0	0
2	40	0,12	0,12	0,10	0,12	0,13	0,10	2,65
3	80	0,13	0,14	0,12	0,14	0,14	0,13	4,61
4	120	0,16	0,18	0,16	0,17	0,19	0,15	2,40
5	160	0,19	0,22	0,20	0,20	0,21	0,20	0
6	200	0,23	0,25	0,23	0,24	0,25	0,23	1,20
7	240	0,27	0,29	0,26	0,27	0,29	0,27	1,09
8	280	0,30	0,32	0,30	0,31	0,33	0,31	3,28
9	320	0,34	0,36	0,33	0,35	0,38	0,33	1,00
10	360	0,36	0,39	0,37	0,39	0,42	0,39	2,70

Berdasarkan tabel 4.2 diatas dapat diperoleh persentase error dengan mengambil salah satu nilai pada tabel pengujian diatas.

$$Error = \left[\frac{\text{nilai pada blynk} - \text{nilai pada amperemeter}}{\text{nilai pada amperemeter}} \right] \times 100\%$$

$$Error = \left[\frac{0,24 - 0,23}{0,23} \right] \times 100\%$$

$$Error = 4,34\%$$

Hasil error nilai arus yang diperoleh sebesar 4,34%.

Perhitungan diatas merupakan contoh, adapun untuk nilai error yang terdapat pada tabel diatas merupakan hasil rata-rata dari nilai arus r, s, dan t. Adapun

untuk nilai error tertinggi yaitu pada kisaran 4,61% pada saat voltage regulator untuk mengatur nilai tegangan masuk pada kisaran 80 volt. Dari hasil pengujian dan perhitungan perbandingan pengukuran tersebut dapat dikatakan bahwa pembacaan arus hampir mendekati sama dengan pembacaan menggunakan alat ukur amperemeter yang digunakan sebagai pembanding.

4.1.2.3 Pengujian Jarak Modul Wifi ESP2866 dan Fungsional Aplikasi Blynk

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh jarak dan besarnya data yang dikirim terhadap kecepatan data sampai pada user. Adapun hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Jarak Modul Wifi ESP2866

No	Jarak (meter)	Jenis Data	Memory Usage (bytes)	Waktu Tunda (detik)
1	1 meter	Kontrol suhu dan relay	1494 bytes	0 detik
2	5 meter	Kontrol suhu dan relay	1494 bytes	1 detik
3	10 meter	Kontrol suhu dan relay	1494 bytes	1 detik
4	20 meter	Kontrol suhu dan relay	1494 bytes	2 detik
5	1 meter	Kontrol arus dan relay	2079 bytes	1 detik
6	5 meter	Kontrol arus dan relay	2079 bytes	2 detik
7	10 meter	Kontrol arus dan relay	2079 bytes	2 detik
8	20 meter	Kontrol arus dan relay	2079 bytes	3 detik
9	1 meter	Kontrol arus, suhu dan relay	2482 bytes	2 detik
10	5 meter	Kontrol arus, suhu dan relay	2482 bytes	2 detik
11	10 meter	Kontrol arus, suhu dan relay	2482 bytes	3 detik
12	20 meter	Kontrol arus, suhu dan relay	2482 bytes	4 detik

Dari tabel diatas diketahui bahwa ada dua faktor yang mempengaruhi cepat atau lambatnya data sampai pada pengguna, yaitu faktor jarak dan faktor besarnya data itu sendiri. Ambil saja contoh pada jarak satu meter dengan data

sebesar 1494 bytes tidak ada jeda waktu saat data sampai kepada pengguna. Sedangkan pada saat jarak sepuluh meter dengan data sebesar 2482 bytes pengguna harus menunggu selama tiga detik baru data sampai. Ini menandakan bahwa semakin jauh jarak maka semakin besar waktu tunda-nya, begitupula semakin besar data yang dikirim maka semakin lama juga waktu tunda-nya.

Dalam teorinya sistem telekomunikasi nirkabel menggunakan udara sebagai medium transmisinya akan mengalami perubahan daya pada gelombang yang merambat. Perbandingan antara daya gelombang yang dikirim oleh antena dengan daya gelombang yang diterima oleh penerima dapat disebut sebagai *path loss*. Perhitungan *path loss* sangat bergantung dengan kondisi media transmisi dari gelombang yang dikirimkan, dan jarak antara antena pengirim dengan penerima. Kedua parameter tadi akan sangat mempengaruhi besarnya kecepatan akses yang didapatkan.

4.1.2.4 Pengujian Prototipe pada Motor Induksi Tiga Fasa Tanpa Beban

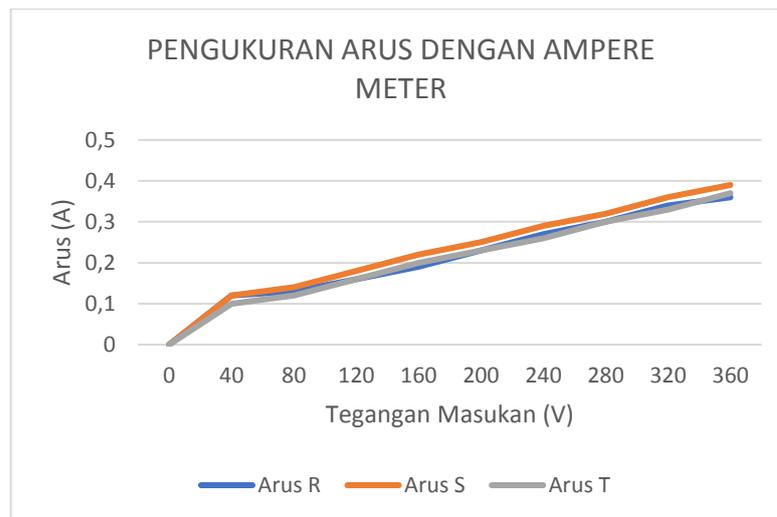
Pengujian ini dilakukan dengan mem-variasi tegangan masukan menggunakan *voltage regulator*/ autotrafo tiga fasa. Prototipe sistem dipasang diantara autotrafo dan motor induksi tiga fasa. Setting point untuk arus 2,5 A dan setting point untuk suhu 35°C. Adapun hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Prototipe pada Motor Induksi Tanpa Beban

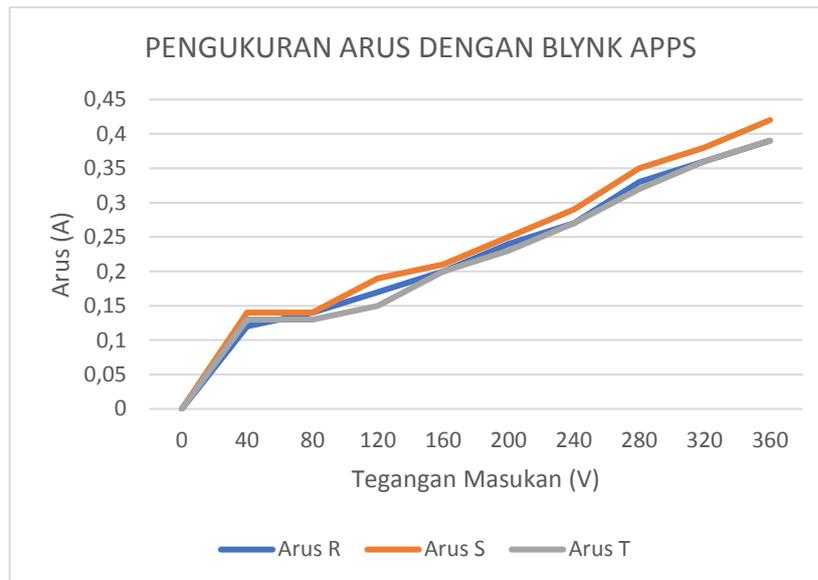
No	Tegangan Masukan (V)	Arus Terbaca Multimeter (A)			Arus Terbaca Blynk Apps (A)			Suhu Terbaca (°C)	Pemutus Daya
		I_R	I_S	I_T	I_R	I_S	I_T		
1	0	0	0	0	0	0	0	28,1	Tidak trip
2	40	0,12	0,12	0,10	0,12	0,14	0,13	28,1	Tidak trip

3	80	0,13	0,14	0,12	0,14	0,14	0,13	28,2	Tidak trip
4	120	0,16	0,18	0,16	0,17	0,19	0,15	28,2	Tidak trip
5	160	0,19	0,22	0,20	0,20	0,21	0,20	28,2	Tidak trip
6	200	0,23	0,25	0,23	0,24	0,25	0,23	28,2	Tidak trip
7	240	0,27	0,29	0,26	0,27	0,29	0,27	28,3	Tidak trip
8	280	0,30	0,32	0,30	0,31	0,33	0,31	28,3	Tidak trip
9	320	0,34	0,36	0,33	0,36	0,38	0,36	28,4	Tidak trip
10	360	0,36	0,39	0,37	0,39	0,42	0,39	28,4	Tidak trip

Dari tabel 4.4 didapat grafik hubungan antara tegangan masukan dari voltage regulator dengan arus yang masuk pada motor induksi, baik arus yang terbaca oleh amperemeter maupun yang terbaca oleh aplikasi blynk.



Gambar 4.4a Grafik hubungan tegangan masukan dengan arus pada masing-masing fasa terbaca amperemeter.



Gambar 4.4b Grafik hubungan tegangan masukan dengan arus pada masing-masing fasa terbaca blynk apps.

Dari grafik 4.2 dapat dibaca bahwa terdapat kenaikan yang arus yang cukup konstan mulai dari tegangan masukan 80 volt sampai dengan 360 volt. Arus yang termonitor cukup kecil baik pembacaan oleh ampere meter maupun aplikasi blynk. Padahal motor induksi yang digunakan mempunyai I_n sebesar 2,3A pada nameplate-nya. Dengan nilai I_n sebesar itu maka dapat dicari untuk setting point pada gangguan arus lebih yaitu :

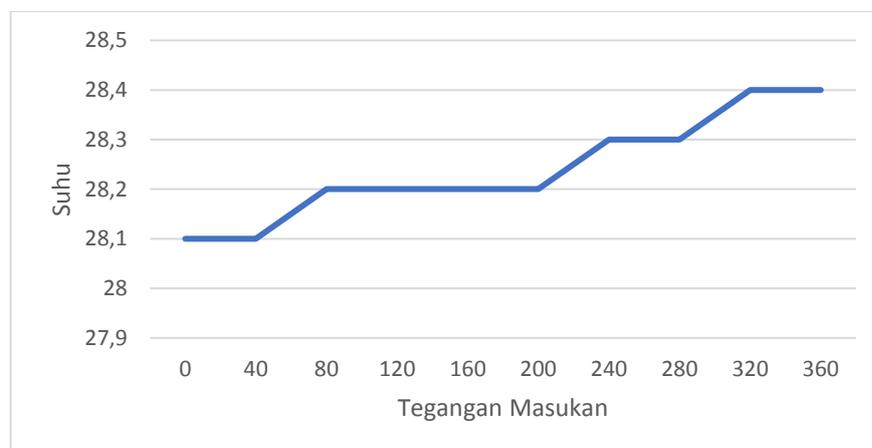
$$I_{set} = 110\% \times I_n$$

$$I_{set} = 110\% \times 2,3A$$

$$I_{set} = 2,53A$$

Dengan nilai setting point sebesar 2,5A padahal arus yang termonitor tidak sampai sebesar itu maka dalam pengujian ini tidak sekalipun pemutus daya aktif. Kecilnya arus dipengaruhi karena motor induksi dalam keadaan tanpa beban/ beban nol.

Selain itu dari tabel 4.4 juga didapat grafik hubungan antara tegangan masukan dengan suhu pada motor induksi yang dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 4.5 Grafik hubungan tegangan masukan dengan suhu pada motor induksi

Dari grafik 4.3 kita bisa melihat bahwa ada kenaikan suhu pada saat terjadi kenaikan tegangan meskipun nilainya relatif kecil. Dalam perubahan tegangan sepuluh kali dengan varian yang bedanya jauh suhu yang termonitor hanya terjadi perubahan sangat kecil yaitu $0,5^{\circ}\text{C}$ dari perubahan tegangan 0 volt sampai 360 volt. Penyebab dari kecilnya perubahan suhu pada pengujian ini sebenarnya sama dengan arus yang sudah terlebih dahulu dibahas yaitu motor induksi dalam keadaan nol beban sehingga kerja dari motor induksi itu sendiri ringan. Dengan begitu motor induksi bekerja dalam keadaan normal dan cenderung stabil yang menyebabkan suhu dari motor induksi cenderung sama dengan suhu ruang.

4.1.2.5 Pengujian Prototipe pada Motor Induksi Tiga Fasa Beban Generator

Pengujian prototipe sistem proteksi motor induksi tiga fasa beban generator dilakukan dengan cara meghubungkan motor induksi tersebut pada generator arus bolak balik yang nanti-nya generator diberi beban berupa lampu pijar

200watt (beban R), trafo 40watt (beban L) dan kapasitor (beban C). Setting point untuk arus 4,0 A dan setting point untuk suhu 49°C. Adapun hasilnya seperti dibawah ini :

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Prototipe pada Motor Induksi beban Generator

No	Tegangan Masukan	Tegangan generator	Beban Generator		Arus terbaca blynk			Suhu Terbaca	Pemutus Daya
			Jenis Beban	Jumlah	I_R	I_S	I_T		
1	380	220	Kapasitor MF 4 μ F \pm 10%	1 buah	0,83	0,91	0,85	29,0	Tidak trip
2	380	220		2 buah	0,94	0,98	0,92	29,1	Tidak trip
3	380	220		3 buah	1,05	1,16	1,12	29,1	Tidak trip
4	380	220		4 buah	1,18	1,30	1,27	29,2	Tidak trip
5	380	220	Lampu Pijar 200watt	1 buah	1,28	1,35	1,29	29,3	Tidak trip
6	380	220		2 buah	1,47	1,59	1,42	30,1	Tidak trip
7	380	220		3 buah	1,62	1,70	1,60	30,9	Tidak trip
8	380	220		4 buah	1,80	1,86	1,78	31,5	Tidak trip
9	380	220	Ballast Trafo TL 36/40watt	1 buah	0,56	0,60	0,54	28,8	Tidak trip
10	380	220		2 buah	0,81	0,87	0,75	28,9	Tidak trip
11	380	220		3 buah	1,03	1,07	0,98	28,9	Tidak trip
12	380	220		4 buah	1,12	1,19	1,15	29,0	Tidak trip

Pengujian pada kali ini menggunakan motor induksi tiga fasa yang sudah tercouple dengan generator ac. Meskipun begitu, untuk membangkitkan tegangan pada generator ac tersebut butuh tambahan dioda penyearah yang disuplay tegangan dari autotrafo satu fasa.

Dalam pengujian alat, motor induksi yang digunakan memiliki spesifikasi pada nameplate yaitu nilai arus nominalnya 3,7A dan kelas isolasinya B yang berarti peningkatan temperature pada saat beban puncak sebesar 80°C. Tetapi

karena spesifikasi sensor hanya dapat mengukur suhu dari 0 sampai 50°C saja, maka untuk setting point suhu pada angka 49.

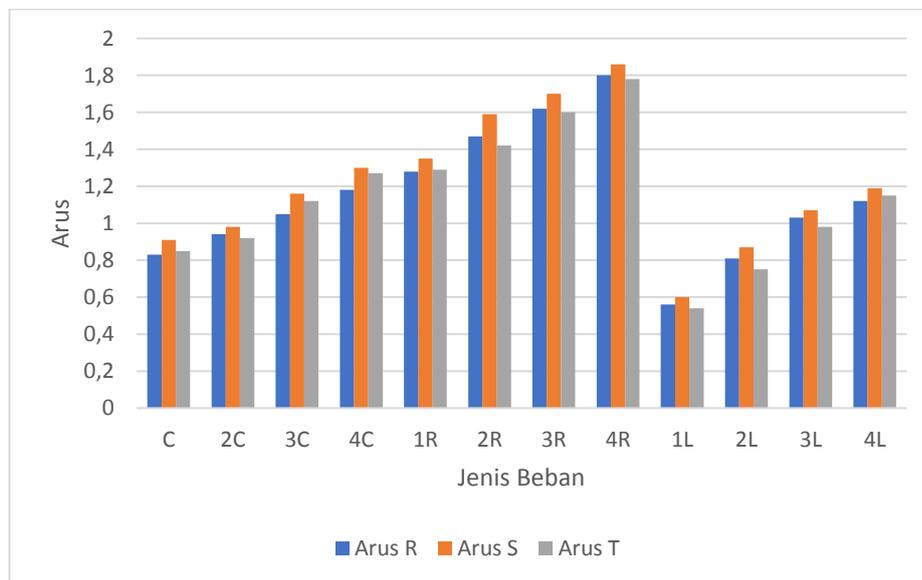
Dengan nilai I_n sebesar 3,7A maka dapat dicari untuk setting point pada gangguan arus lebih yaitu:

$$I_{set} = 110\% \times I_n$$

$$I_{set} = 110\% \times 3,7A$$

$$I_{set} = 4,07A$$

Maka dari hasil perhitungan mencari arus setting, yang berarti batas arus yang dilewati tidak boleh lebih. Jika nilai Arus pada motor induksi lebih dari arus setting atau nilai suhu melebihi batas maksimum maka akan terjadi trip setelah waktu tunda trip selesai berkerja. Pada saat pemutus daya berkerja menjadi NO (Normally open) yang awalnya NC (Normally close) sehingga memutuskan supply tegangan ke motor induksi tiga fasa.



Gambar 4.6 Grafik besaran arus terhadap beberapa jenis beban

Berdasarkan grafik diatas arus tertinggi terdapat pada jenis beban lampu pijar sebanyak empat buah yang dinyalakan bersamaan yaitu sebesar 1,86A pada

fasa S. Sedangkan nilai arus terendah pada beban jenis trafo t1 sebanyak empat buah juga yaitu 0,54A pada fasa T. Dari banyak data arus yang terdapat pada tabel 4.5 tidak ada satupun yang hampir menyentuh setting point, sehingga sampai 12 percobaan pengukuran pemutus daya tidak sekalipun aktif.

1.2 Pembahasan

4.2.1 Pembahasan Hasil Perancangan Alat

Penelitian ini telah menghasilkan sebuah prototipe sistem proteksi motor induksi tiga fasa otomatis. Prototipe ini terdapat dua bagian utama yaitu bagian hardware dan bagian kedua yaitu software-nya. Kedua bagian saling bersinergi dan tak dapat dipisahkan antara satu dengan lainnya sehingga membentuk sebuah rancang bangun sistem proteksi motor induksi yang layak diterapkan dalam industri.

Bagian hardware terdiri dari box berukuran panjang 23 cm lebar 20cm dan tinggi 8 cm, seperti yang terlihat pada gambar 4.1. Dalam box terdapat beberapa komponen elektronika terdiri dari komponen- komponen utama dan komponen-komponen pendukung. Komponen utama yang pertama yaitu Mikrokontroller tentunya. Peneliti menggunakan tipe Arduino Mega 2560 dengan pertimbangan spesifikasi yang sesuai dengan alat yang dibuat, memiliki kapasitas memory yang cukup besar dan juga memiliki pin i/o yng lengkap mulai dari pin analog, digital, pwm dan sebagainya.

Sensor menjadi komponen utama yang kedua. Adapun sensor yang dipakai dalam prototipe ada dua macam yaitu sensor suhu dengan tipe DHT11 dan sensor arus ACS712 sebanyak tiga buah untuk masing-masing fasa. Selanjutnya ada Relay SSR yang difungsikan sebagai pemutus daya. Relay ini dapat bekerja pada tegangan

sampai 380 volt sehingga aman untuk alternatif sistem proteksi motor induksi tiga fasa yang kebanyakan memakai tegangan 380 volt.

Komponen-komponen pendukung terdiri dari LCD 16x2 untuk menampilkan status suhu. Selain itu juga berfungsi sebagai alternatif monitor jika aplikasi blynk tidak dapat mengakses karena tidak adanya koneksi. Komponen selanjutnya yaitu kipas DC 9 volt, ini sangat bermanfaat untuk mendinginkan sistem karena bekerja secara terus-menerus.

Bagian software terdiri dari code program arduino untuk memberi perintah pada mikrokontroller dan user interface aplikasi blynk. Agar dapat saling transfer data antara mikrokontroller dengan aplikasi blynk diperlukan semacam penghubung. Adapun penghubungnya yaitu modul wifi esp2866. Dibawah ini tabel yang menjelaskan bagaimana menghubungkan antara mikrokontroller dengan modul wifi agar dapat terkoneksi dengan aplikasi blynk.

Tabel 4.6 Port-port penghubung antara Arduino dan Modul ESP2688

Port Arduino Mega	Port Modul Wifi ESP2866
PIN 3,3V	PIN VCC, PIN CH_PD
PIN GND	PIN GND
PIN RXD (D20)	PIN TXD
PIN TXD (D19)	PIN RXD

Tahap selanjutnya yaitu bagian pemrograman untuk menghubungkan antara mikrokontroller dengan aplikasi blynk. Biasanya ketika kita membuat project baru pada aplikasi blynk maka kita akan mendapatkan kode autentifikasi yang nantinya menjadi kunci program untuk menghubungkan antara keduanya. Berikut adalah potongan program untuk mengkoneksikannya :

```
#include <ESP8266_Lib.h>
#include <BlynkSimpleShieldEsp8266.h>
char auth[] = "qwRcYSvicCE5LFR5Vowg1-m1YXS65oOu";
char ssid[] = "wifimu";
char pass[] = "passwordmu";
```

Pada tampilan antarmuka aplikasi blynk yang sudah jadi dan terkoneksi dengan mikrokontroller seperti gambar 4.2 menampilkan tiga label nilai yaitu sebagai monitor arus masing-masing fasa dan satu gauge untuk monitor suhu.

4.2.2 Pembahasan Hasil Uji Prototipe

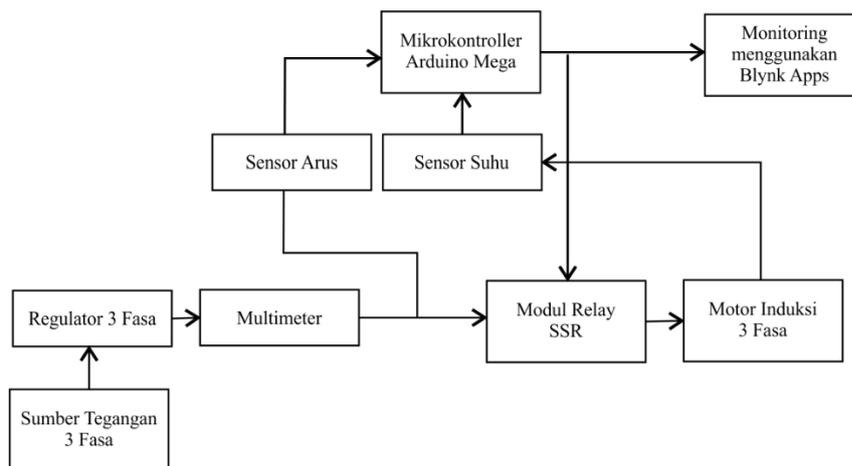
Pada penelitian ini telah dihasilkan prototipe sistem proteksi motor induksi tiga fasa otomatis berbasis arduino mega 2560 yang menerapkan teknologi IoT. Dengan prototipe ini motor induksi tiga fasa dapat di monitor suhu dan arusnya setiap saat kapanpun saat dibutuhkan. Sistem yang dilengkapi dengan proteksi otomatis ini menggunakan relay SSR sebagai pemutus dayanya. Hal ini sesuai dengan tujuan penelitian yang dilakukan yaitu membuat prototipe sistem proteksi motor induksi yang terintegrasi dengan teknologi IoT.

Pengujian pertama yaitu pada transfer data antara mikrokontroller dengan aplikasi blynk dengan menggunakan media modul Wifi ESP2866. Diperoleh hasil bahwa ada dua faktor yang mempengaruhi kecepatan penyampaian data yaitu faktor jarak dan faktor besarnya data itu sendiri. Berdasarkan tabel 4.3 didapatkan informasi bahwa semakin dekat dan semakin kecil data maka waktu tundanya-pun semakin cepat atau sebaliknya. Disini kita mendapati bahwa jarak terjauh yang masih memungkinkan antara mikrokontroller dan aplikasi blynk masih terkoneksi

yaitu 20 meter, setelah melebihi jarak tersebut kemungkinan masih bisa terkoneksi tetapi tentu saja dengan waktu tunda yang begitu lama.

4.2.2.1 Pembahasan Hasil Uji Prototipe pada Motor Induksi Tanpa Beban

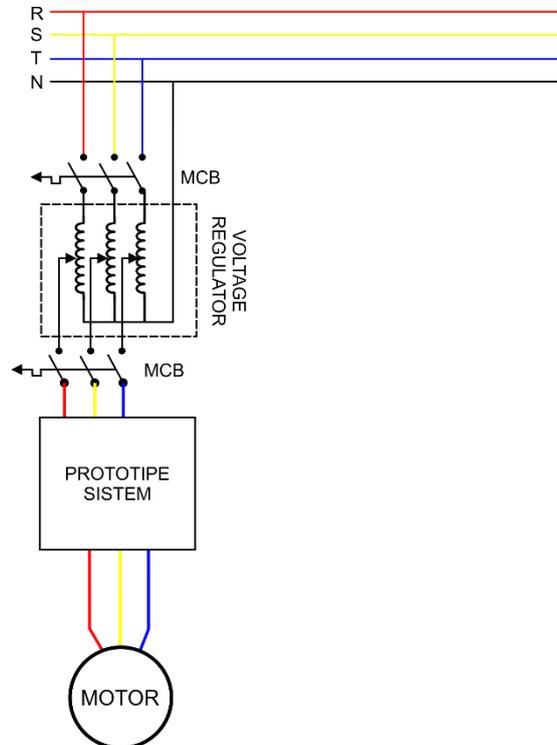
Pengujian prototipe yang dipasang pada motor induksi tiga fasa pada beban nol/tanpa beban berfungsi untuk menguji seberapa efektif sistem dapat mengamankan motor induksi 3 fasa. Pengujian ini juga untuk memonitoring monitoring sistem yang dilakukan dengan cara membandingkan nilai pengukuran arus menggunakan multimeter dengan aplikasi monitoring menggunakan Blynk Apps pada Smartphone. Gambar 4.7 merupakan diagram blok pengujian prototipe yang dipasang pada motor induksi tiga fasa tanpa beban.



Gambar 4.7 Diagram blok pengujian prototipe yang dipasang pada motor induksi tiga fasa tanpa beban.

Motor induksi tiga fasa disuplai oleh sumber tegangan 380 volt yang dihubungkan dengan regulator tiga fasa. Regulator ini difungsikan untuk mengatur besarnya tegangan masuk sehingga mempermudah pengujian dengan memanipulasi nilai tegangan ke motor induksi. Sebagai proteksi dipasang Relay SSR untuk mengamankan jika tiba-tiba terjadi gangguan terhadap motor induksi.

Relay ini telah terintegrasi dengan sensor arus dan suhu sehingga jika nilai arus dan suhu melewati batas setting point yang telah ditentukan maka secara otomatis relay akan memutus tegangan ke motor induksi.



Gambar 4.8 Rangkaian Daya Pengujian Motor tanpa Beban

Selain sebagai sistem proteksi, prototipe ini juga dapat secara realtime memantau/ monitoring arus dan suhu. Sistem monitoring ini menggunakan aplikasi blynk pada smartphone. Untuk menghubungkan Mikrokontroler dengan smartphone dipakai modul wifi esp 2866 sebagai media transfer data baik dari mikrokontroler ke smartphone ataupun sebaliknya.

Dalam pengujian ini didapatkan hasil bahwa pada saat motor induksi bekerja pada beban nol memiliki arus yang sangat kecil pada tiap-tiap fasanya. Selain itu suhunya juga cenderung stabil dan sama dengan suhu kamar/ruang. Berikut ini merupakan tabel hasil pengukuran arus dan suhu pada pengujian prototipe pada motor induksi tiga fasa tanpa beban.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Arus pada Motor Induksi Tanpa Beban

No	Tegangan Masukan (V)	Arus Terbaca Multimeter (A)			Arus Terbaca Blynk Apps (A)			Persentase error (%)
		I_R	I_S	I_T	I_R	I_S	I_T	
1	200	0,23	0,25	0,23	0,24	0,25	0,23	1,20
2	240	0,27	0,29	0,26	0,27	0,29	0,27	1,09
3	280	0,30	0,32	0,30	0,31	0,33	0,31	3,28
4	320	0,34	0,36	0,33	0,35	0,38	0,33	1,00
5	360	0,36	0,39	0,37	0,39	0,42	0,39	2,70

Berdasarkan tabel 4.7 diatas dapat diketahui bahwa antara arus terbaca oleh multimeter dan aplikasi blynk memiliki persentase error mulai dari 1% hingga 3,28%, jika dirata-rata memiliki persentase error poin sebesar 1,85%. Hal ini membuktikan bahwa sensor suhu yang dipakai dalam prototipe memiliki tingkat akurasi tinggi. Dengan perhitungan error 1,85%, tingkat error yang rendah berarti sensor suhu bekerja dengan baik sesuai kebutuhan.

Pada saat motor induksi bekerja pada beban nol nilai arus yang terbaca sangat kecil pada tiap-tiap fasanya. Hal ini dikarenakan pada saat motor induksi tidak berbeban, kecepatan motor maksimal. Jika motor di beri beban, putaran motor akan menurun sehingga slip menjadi lebih besar. Untuk menghasilkan slip, dapat di lakukan dengan cara merubah putaran rotor. Begitu juga torsi akan semakin besar sehubungan dengan semakin menurunnya putaran motor, yang di akibatkan oleh beban yang bertambah. Jika torsi yang di hasilkan besar, maka secara otomatis slip dan arus akan semakin besar. Arus yang semakin besar ini karena adanya beban motor (Antonov, 2016: 14).

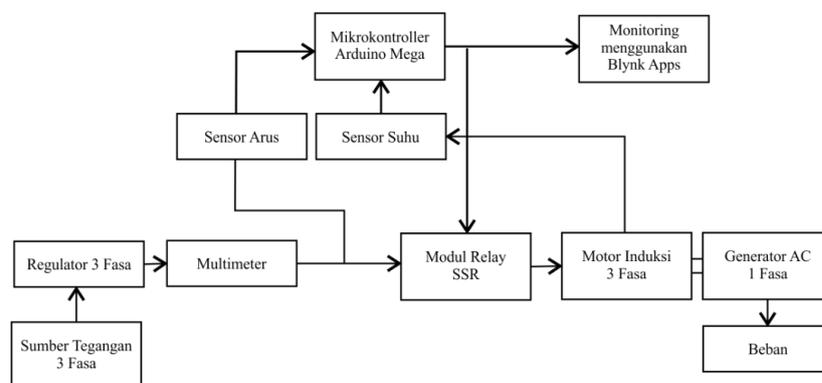
Pada saat motor induksi tidak berbeban, kecepatan motor maksimal. Sehingga memiliki slip yang sangat kecil. Begitu juga torsi akan semakin kecil

sehubungan dengan slip yang semakin kecil. Jika torsi yang dihasilkan kecil maka secara otomatis arus yang dihasilkannya pun juga cenderung kecil. Arus yang kecil ini karena tidak adanya beban pada motor induksi tiga fasa.

Pada saat motor induksi bekerja pada beban nol nilai suhu cenderung stabil dan hanya mengalami perubahan yang sangat kecil (tabel 4.4). Penyebab dari kecilnya perubahan suhu pada pengujian ini sebenarnya sama dengan arus yang sudah terlebih dahulu dibahas yaitu motor induksi dalam keadaan nol beban sehingga kerja dari motor induksi itu sendiri ringan. Dengan begitu motor induksi bekerja dalam keadaan normal dan cenderung stabil yang menyebabkan suhu dari motor induksi cenderung sama dengan suhu ruang.

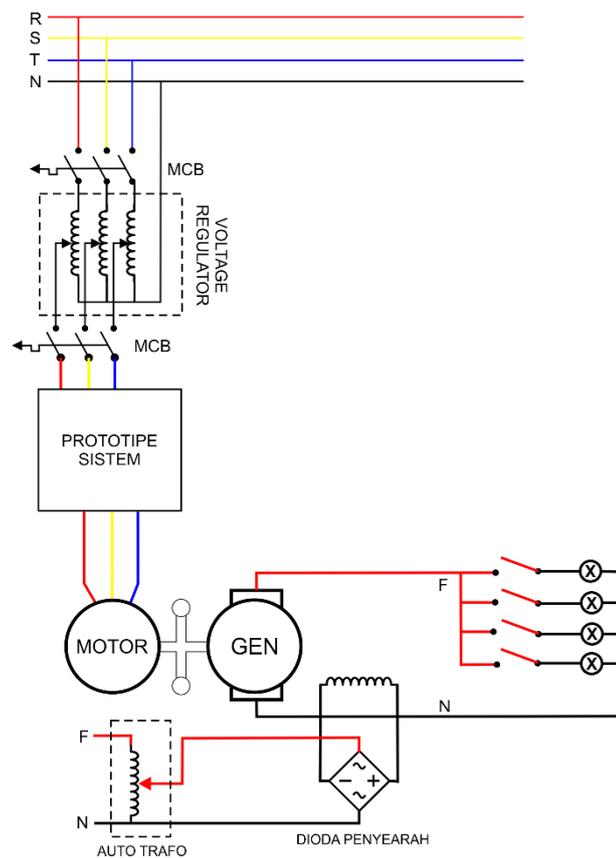
4.2.2.2 Pembahasan Hasil Uji Prototipe pada Motor Induksi Beban Generator

Pengujian prototipe yang dipasang pada motor induksi tiga fasa beban generator berfungsi untuk menguji seberapa efektif sistem dapat mengamankan motor induksi 3 fasa pada saat overload/ beban lebih. Pembebanan dilakukan pada generator dengan menggunakan beban lampu, kapasitor dan trafo tl. Gambar 4.9 merupakan diagram blok pengujian prototipe yang dipasang pada motor induksi tiga fasa berbeban.



Gambar 4.9 Diagram blok pengujian prototipe yang dipasang pada motor induksi tiga fasa berbeban.

Seperti halnya pengujian pada motor induksi tanpa beban, pada pengujian ini motor induksi tiga fasa disuplai oleh sumber tegangan 380 volt yang dihubungkan dengan regulator tiga fasa. Regulator ini difungsikan untuk mengatur besarnya tegangan masuk sehingga mempermudah pengujian dengan memanipulasi nilai tegangan ke motor induksi. Sebagai proteksi dipasang Relay SSR untuk mengamankan jika tiba-tiba terjadi gangguan terhadap motor induksi. Relay ini telah terintegrasi dengan sensor arus dan suhu sehingga jika nilai arus dan suhu melewati batas setting point yang telah ditentukan maka secara otomatis relay akan memutus tegangan ke motor induksi.



Gambar 4.10 Rangkaian Daya Pengujian Motor beban Generator

Selain sebagai sistem proteksi, prototipe ini juga dapat secara realtime memantau/ monitoring arus dan suhu. Sistem monitoring ini menggunakan aplikasi

blynk pada smartphone. Untuk menghubungkan Mikrokontroller dengan smartphone dipakai modul wifi esp 2866 sebagai media transfer data baik dari mikrokontroler ke smartphone ataupun sebaliknya.

Pada motor induksi sendiri dihubungkan dengan generator ac 1 fasa dengan menggunakan fleksible coupling. Generator ac ini yang diberi beban berupa lampu pijar 200 watt, kapasitor dan trafo tl. Untuk membangkitkan arus pada generator dibutuhkan tambahan penguat berupa dioda bridge yang disuplai arus ac 1 fasa dengan auto trafo. Pada pengujian ini motor induksi difungsikan sebagai pre-mover untuk generator agar berputar dan menghasilkan tegangan listrik.

Dalam pengujian ini didapatkan hasil seperti pada tabel 4.8 dibawah ini. Hasilnya terjadi perubahan arus yang cukup signifikan dibandingkan dengan pengujian sebelumnya dengan motor induksi tanpa beban.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Arus pada Motor Induksi berbeban

No	V_m	V_{g-in}	V_{g-out}	Beban		Arus terbaca blynk			Suhu Terbaca
				Jenis Beban	Jumlah	I_R	I_S	I_T	
1	380	220	220	Kapasitor MF 4 μ F \pm 10%	1 buah	0,83	0,91	0,85	29,0
2	380	220	224		2 buah	0,94	0,98	0,92	29,1
3	380	220	230		3 buah	1,05	1,16	1,12	29,1
4	380	220	232		4 buah	1,18	1,30	1,27	29,2
5	380	220	215	Lampu Pijar 200watt	1 buah	1,28	1,35	1,29	29,3
6	380	220	209		2 buah	1,47	1,59	1,42	30,1
7	380	220	203		3 buah	1,62	1,70	1,60	30,9
8	380	220	197		4 buah	1,80	1,86	1,78	31,5
9	380	220	220		1 buah	0,56	0,60	0,54	28,8
10	380	220	218		2 buah	0,81	0,87	0,75	28,9

11	380	220	214	Ballast	3 buah	1,03	1,07	0,98	28,9
12	380	220	208	Trafo TL 36/40watt	4 buah	1,12	1,19	1,15	29,0

Dari hasil data pada tabel 4.8 dapat dilihat bahwa pada saat generator diberi beban kapasitor terdapat perubahan antara tegangan masuk dan tegangan keluar pada generator. Dimana ketika jumlah beban kapasitor ditambah, bertambah pula nilai tegangan keluarannya. Hal ini berbanding lurus dengan kenaikan yang terjadi pada nilai arusnya. Ketika jumlah kapasitor bertambah, bertambah pula nilai arusnya. Ini terjadi karena sifat dari kapasitor tersebut yaitu dapat memperbaiki faktor daya/ $\cos \phi$ yang ada sehingga tegangan dan arus akan makin naik seiring naiknya beban kapasitor.

Pada saat generator berbeban lampu pijar 200watt terjadi penurunan tegangan setiap ada penambahan beban. Namun arus yang mengalir akan semakin naik. Ini terjadi karena generator mensuplai lebih banyak beban namun rpmnya tidak ditambah, bahkan akan semakin turun seiring bertambahnya beban. Sehingga hal ini menyebabkan drop tegangan karena beban yang terlalu besar.

Pada saat generator berbeban ballast trafo tl 36/40watt terjadi penurunan tegangan setiap ada penambahan beban. Namun arus yang mengalir akan semakin naik. Ini terjadi karena generator mensuplai lebih banyak beban namun rpmnya tidak ditambah, sehingga hal ini menyebabkan drop tegangan karena beban yang besar.

Arus tertinggi terdapat pada jenis beban lampu pijar sebanyak empat buah yang dinyalakan bersamaan yaitu sebesar 1,86A pada fasa S. Sedangkan nilai arus terendah pada beban jenis trafo tl sebanyak satu buah juga yaitu 0,54A pada fasa T.

Dari banyak data arus yang terdapat pada tabel 4.5 tidak ada satupun yang hampir menyentuh setting point, sehingga sampai 12 percobaan pengukuran pemutus daya tidak sekalipun aktif. Hal ini disebabkan karena motor induksi tiga fasa yang digunakan sebagai pre-mover tidak mencapai beban puncak. Dengan spesifikasi motor induksi yang dipakai arus nominalnya 3,7A harusnya motor diberi beban sampai 4,0A untuk mencapai beban puncaknya. Tetapi yang terjadi pembebanan hanya dapat menghasikan arus sampai 1,8A sangat jauh dari arus setting yang seharusnya 4,0A.

Untuk dapat membuat motor induksi dalam keadaan overload/ beban lebih dengan spesifikasi 2HP atau setara dengan 1,49 kW dibutuhkan beban dengan daya melebihi 1,5kW dan terutama arusnya harus melebihi 3,9A dari perhitungan daya motor dibagi tegangan nominal. Dari pengujian yang dilakukan, beban maksimal yang didapatkan hanya sampai 800watt. Hal inilah yang berpengaruh juga pada suhu yang terukur. Pada pengujian motor induksi berbeban ini, suhu yang tercatat cenderung stabil dan hanya mengalami kenaikan yang sangat kecil. Ketika motor induksi beroperasi dengan beban dibawah beban puncak, suhu motor cenderung mendekati suhu kamar/ruangan.

Suhu yang tercatat selain dipengaruhi oleh arus saat pembebanan, pemilihan tempat peletakan sensor suhu pada motor induksi-pun juga sangat berpengaruh. Untuk mendapatkan pengukuran suhu yang tepat, sensor harus diletakkan pada bagian motor yang tepat juga. Hal ini dimaksudkan agar sensor tidak terkena hembusan angin dari baling-baling motor induksi. Baling-baling pada motor induksi ini secara tidak langsung menjadi pendingin alami, dan hampir keseluruhan body motor induksi terkena hembusan angin tersebut.

Berangkat dari hal tersebut peneliti mencoba mencari alternatif bagaimana caranya untuk mengetahui apakah alat yang telah dirancang dapat berfungsi atau tidak pada motor induksi. Pada akhirnya peneliti memilih menurunkan nilai Iset untuk memastikan pemutus daya/ relay dapat bekerja atau tidak pada motor induksi. Adapun hasilnya dapat dilihat pada grafik 4.9. Peneliti juga memodifikasi nilai suhu dengan mengarahkannya dekat dengan lampu pijar sehingga suhu langsung cepat naik dan dapat menjangkau bahkan melewati setting point supaya tahu apakah pemutus daya dapat bekerja bila suhu tidak sesuai spesifikasi.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Prototipe setelah penurunan nilai Iset

No	Tegangan Masukan	Tegangan generator	Setting Point	Jenis Beban	Arus terbaca blynk			Suhu Terbaca	Pemutus Daya
					I_R	I_S	I_T		
1	380	220	2,0	4 Lampu	1,81	1,86	1,79	30,50	Tidak trip
2	380	220	2,0	4 Lampu + 1 Kapasitor	1,93	1,98	1,92	30,70	Tidak trip
3	380	220	2,0	4 Lampu + 2 Kapasitor	2,04	2,09	2,02	31,00	Trip
4	380	220	2,0	4 Lampu + 3 Kapasitor	2,10	2,14	2,10	31,00	Trip

Dari tabel diatas dapat kita ketahui pemutus daya/relay pada prototipe sistem proteksi motor induksi dapat berfungsi dengan baik. Data yang dihasilkan pada pengujian saat terjadi overload melebihi Iset dimana nilai arus yang terdeteksi pada sensor ACS712 ialah 2,04A sehingga terjadi trip.

Begitu pula dengan sensor suhu DHT11 tidak mendeteksi temperatur yang lebih dari nilai yang disetting pada alat, maka dilakukan pengujian sensor suhu

dengan memanaskan sensor suhu menggunakan panas dari lampu pijar, sehingga terjadi trip ketika nilai suhu terbaca melebihi setting.

Motor induksi dengan spesifikasi isolasi B memiliki batas suhu operasional sebesar 80°C pada saat beban puncak. Sehingga untuk membuat relay memutuskan aliran arus ke motor induksi bekerja, setting suhu pada mikrokontroller harus lebih dari 80°C. Hasil pengujian prototipe setelah modifikasi suhu dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Prototipe setelah modifikasi suhu

No	Tegangan Masukan	Tegangan generator	Setting Point	Jenis Beban	Arus terbaca blynk			Suhu Terbaca	Pemutus Daya
					I_R	I_S	I_T		
1	380	220	2,0	4 Lampu	1,81	1,86	1,79	30,50	Tidak trip
2	380	220	2,0	4 Lampu + 1 Kapasitor	1,93	1,98	1,92	30,70	Tidak trip
3	380	220	2,0	4 Lampu + 1 Kapasitor	1,93	1,98	1,92	49,00	Trip

Berdasarkan data pada tabel 4.10 nilai setting arus 2,0A dan nilai setting suhu 49°C. Pada saat nilai arus melebihi atau sama nilai arus yang setting yaitu 2,0A maka terjadi trip dan nilai suhu melebihi atau sama nilai suhu yang disetting yaitu 49°C maka terjadilah trip, berdasarkan tabel 4.10 data hasil pengujian membuktikan bahwa alat berkerja.

Pada pengujian modifikasi suhu setting point dibuat 49°C bukan 80°C dikarenakan sensor yang dipakai hanya dapat mengukur suhu mulai dari 0°C sampai 50°C, hal inilah yang menjadi salah satu kelemahan dari prototipe ini. Adapun pertimbangan dari pemilihan sensor suhu ini adalah karena dibandingkan

dengan sensor-sensor suhu yang lain yang ada dipasaran, tingkat akurasinya yang lebih baik dari yang lain. Tingkat persentase error yang lebih kecil dibandingkan dengan sensor-sensor suhu yang lain. Sensor suhu DHT11 ini memiliki persentase error sebesar 1,85% pada pengujian ini (analisis tabel 4.7), dibandingkan dengan misalnya sensor suhu LM35 yang memiliki persentase error yang lebih besar meskipun range pengukurannya lebih besar. Pada pengukuran dengan menggunakan sensor suhu LM35 rata-rata memiliki persentase error pengukuran sebesar 4,69% (Yoga Alif, 2016: 150).

Dengan melakukan dua hal tersebut dapat dipastikan bahwa prototipe sistem proteksi dapat bekerja dengan baik. Secara garis besar alat yang telah dibuat sesuai dengan tujuan penelitian dimana dapat menerapkan teknologi IoT masuk menjadi bagian sistem proteksi motor induksi tiga fasa.

Prototipe sistem proteksi motor induksi ini memiliki kelebihan dan kelemahan pada saat digunakan. Kelebihannya yaitu dapat digunakan untuk memonitor arus dan suhu secara realtime kapanpun dibutuhkan. Prototipe ini juga secara otomatis akan mematikan sistemnya sendiri jika salah satu dari parameter suhu atau arus melebihi dari setting point. Kemudian untuk kelemahannya yaitu pada penelitian ini prototipe belum dapat membuktikan apakah benar-benar bekerja pada saat diaplikasikan ke motor induksi dengan spesifikasi arus nominal sebesar 3,7A dan kelas isolasi B dikarenakan motor induksi tidak pada beban puncak. Spesifikasi motor induksi dengan kelas isolasi B dengan suhu maksimal pada saat beban puncak 80°C sensor tidak dapat mengukurnya karena range dari sensor suhu hanya sampai 50°C.

Dengan melihat hasil kinerja sistem saat dilakukan pengujian, ditemukan adanya kendala yang dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi agar sistem dapat bekerja dengan baik. Adapun beberapa solusi yang dapat ditawarkan antara lain :

1. Untuk motor induksi dengan kelas isolasi B diperlukan sensor suhu dengan range pengukuran yang lebih besar.
2. Prototipe lebih cocok diaplikasikan ke motor induksi tiga fasa dengan kelas isolasi A yang memiliki suhu maksimal pada beban puncak yang lebih kecil.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Perancangan prototipe sistem proteksi motor induksi berbasis mikrokontroller arduino mega 2560 yang terintegrasi dengan teknologi IoT dapat terlaksana dengan baik dan alat bekerja dengan baik pula.
2. Prototipe sistem proteksi motor induksi berbasis mikrokontroller yang terintegrasi dengan teknologi IoT ini merupakan salah satu bentuk alternatif sistem proteksi motor induksi yang telah memanfaatkan teknologi wifi sebagai media transmisi data untuk memonitoring arus dan suhu yang lewat pada motor induksi tiga fasa.
3. Secara garis besar prototipe sistem proteksi motor induksi tiga fasa dapat bekerja dengan manipulasi setting point arus dan suhu.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian disarankan ada pengembangan lebih lanjut untuk sistem proteksi motor induksi yang telah dibuat, maka disarankan agar :

1. Pemilihan sensor suhu dengan temperature range yang lebih besar.
2. Prototipe sistem proteksi motor induksi lebih cocok diaplikasikan ke motor induksi tiga fasa dengan kelas isolasi A yang memiliki suhu maksimal pada beban puncak yang lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- An, J., X.L. Gui, dan Xin He. 2012. Study on the Architecture and Key Technologies for Internet of Things. *International Conferense on Electrical and Computer Engineering Advences in Biomedical Engineering* 11: 329-335.
- Antonov, dan Yeni Oktariani. 2016. Studi Pengaruh Torsi Beban Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fase. *Jurnal Teknik Elektro ITP* 5(1): 9-15.
- Chamim, A.N. 2010. Penggunaan Microcontroller sebagai Pendeteksi Posisi dengan Menggunakan Sinyal GSM. *Jurnal Informatika* 4(1): 430-439.
- Elektronika Dasar. 2019. *Definisi Dan Fungsi Sensor Efek Hall*. <http://elektronika-dasar.web.id/definisi-dan-fungsi-sensor-efek-hall/>. 15 Oktober 2019 (20.30).
- Iftadi, I. 2015. *Kelistrikan Industri*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Istiyanto, J.E., dan Aris P.W. 2009. Karakteristik Metodologi Penelitian Bidang Ilmu Komputer (IK) Berlandaskan Pendekatan Positivistik. *Jurnal Sains & Matematika (JSM)* 17(2): 115-120.
- Kemenperin. 2019. *Making Indonesia 4.0: Strategi RI Masuki Revolusi Industri Ke-4*. <https://kemenperin.go.id/artikel/18967/Making-Indonesia-4.0:-Strategi-RI-Masuki-Revolusi-Industri-Ke-4/>. 08 September 2019 (12.15).
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. 2013. *Sensor dan Aktuator untuk SMK/MAK Kelas XI*. Edisi Pertama. Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan. Jakarta: Kementerian Pendidikan & Kebudayaan.
- Kurnia, Y.A. 2016. Perbandingan Kualitas Antar Sensor Suhu dengan Menggunakan Arduino Pro Mini. *NARODROID* 2(2): 145-150.
- Louis, L. 2016. Working Principle of Arduino and Using It as a Tool of Study and Research. *International Journal of Control, Automation, Communication and Systems (IJACS)* 1(2): 21-29.
- Mudjanarko, S.W., S. Winardi, dan A.D. Limantara. 2017. Pemanfaatan Internet of Things (IoT) sebagai Solusi Manajemen Transportasi Kendaraan Sepeda

Motor. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah X (ATPW)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 151-164.

Ricardo, N.H., Junaidi dan Ayong Hiendro. 2017. Rancang Bangun Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Mikrokontroler Atmega 16. *Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro Untan* 1(1).

Samuel, S.P., M.K. Amri Rosa, dan A. Herawati. 2016. Analisis Efisiensi Motor Induksi pada Tegangan Non Rating dengan Metode Segregated Loss. *Jurnal Teknosia* 2(17): 32-40.

Sarhan, Q.I. 2018. Internet of things: a survey of challenges and issues. *International Journal Internet of Things and Cyber-Assurance* 1(1): 40-75.

Sembodo, B.P., dan S. Rochman. 2012. Studi Perencanaan Proteksi Motor Induksi 3 Fasa. *Jurnal Wahana* 58(1): 42-55.

Septianto, F., A. Widodo, dan N. Sinaga. 2015. Analisa Penurunan Efisiensi Motor Induksi Akibat Cacat pada Cage Ball Bantalan. *Jurnal Teknik Mesin S-1* 4(4): 397-407.

Sulastianingsih, F dan R. Kartono. 2018. Smart Riders 3D Sebagai Game Pengenalan Rambu Lalu Lintas Berbasis Android. *Jurnal Teknik Elektro Unnes* 10(2): 64-69.

Sulistyanto, M.P., D.A. Nugraha, N. Sari, N. Karima, dan W. Asrori. 2015. Implementasi IoT (Internet of Things) dalam pembelajaran di Universitas Kanjuruhan Malang. *SMARTICS Journal* 1(1): 20-23.

Sutarno. 2010. Pengereman Dinamik Motor Induksi dengan Injeksi Arus Searah (DC). *Jurnal Teknik Elektro Unnes* 2(2): 123-132.

Tukananto, A., Junaidi dan Herdiansyah. 2015. Rancang Bangun Sistem Proteksi Motor Induksi 3 Fasa dengan Timer Start dan Trip. *Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro Untan* 2(1).

Wijatmiko, Titis. 2007." Rancang Bangun Alat Pengatur Kecepatan Motor Universal pada Sewing Machine Motor ". Tugas Akhir. Fakultas Teknik. Teknik Elektro. Universitas Negeri Semarang. Semarang.

Wijaya, M. 2001. *Dasar-dasar Mesin Listrik*. Jakarta: Penerbit Djambatan.

- Zainab, H.A., H.A. Ali, dan M.M. Badawy. 2015. Internet of Things (IoT): Definitions, Challenges and Recent Research Directions. *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887)* 128(1): 37-46.
- Zaw, T., dan A.M. Thant. 2019. Compatibility Design of Non-Salient Pole Synchronous Generator. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)* 3(4): 191-194.
- Zuhal. 2000. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Cetakan Keenam. Jakarta: Gramedia.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Syntax Program Arduino IDE

```

#define BLYNK_PRINT Serial

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <ESP8266_Lib.h>
#include <BlynkSimpleShieldEsp8266.h>
#include <DHT.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

// Copy Paste Kode Autentifikasi yang terdapat di blynk apps ke Char Auth.
// Setiap pembuatan project baru akan mendapatkan kode autentifikasi baru juga.
char auth[] = "qwRcYSvicCE5LFR5Vowg1-m1YXS65oOa";

// Buat wifi dengan menggunakan Smartphone sebagai media transfer data.
char ssid[] = "namawifi";
char pass[] = "passwordwifi";

// Untuk Hardware Mega, Leonardo, dan Micro menggunakan...
#define EspSerial Serial1

// Sedangkan untuk Uno dan Nano menggunakan...
// #include <SoftwareSerial.h>
// SoftwareSerial EspSerial(2, 3); // RX, TX

// ESP8266 baud rate:
#define ESP8266_BAUD 115200

ESP8266 wifi(&EspSerial);

#define DHTPIN 8 // Pin sensor yang dikoneksikan ke mikro (menggunakan
pin digital 1-53)

#define DHTTYPE DHT11 // untuk tipe sensor DHT 11
// #define DHTTYPE DHT22 // DHT 22, AM2302, AM2321
// #define DHTTYPE DHT21 // DHT 21, AM2301

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
BlynkTimer timer;

void sendSensor()
{

```

```
float h = dht.readHumidity();
float t = dht.readTemperature(); // atau dht.readTemperature(true) untuk
menampilkan temperatur dalam skala Fahrenheit
```

```
if (isnan(h) || isnan(t)) {
  Serial.println("Sensor DHT gagal membaca!");
  return;
}
```

```
Blynk.virtualWrite(V5, h);
Blynk.virtualWrite(V6, t);
}
const int sensorIn = A1;
int mVperAmp = 100; // gunakan 100 untuk modul tipe 20A dan 66 untuk modul
tipe 30A
```

```
double Voltage = 0;
double VRMS = 0;
double AmpsRMS = 0;
```

```
SimpleTimer timer0;
```

```
void readACS712() {
  Voltage = getVPP();
  VRMS = (Voltage/2.0) *0.707;
  AmpsRMS = (VRMS * 1000)/mVperAmp;
  Serial.print(AmpsRMS);
  Serial.println(" Amps RMS");
  Blynk.virtualWrite(V13, AmpsRMS);
  pinMode(sensorIn, INPUT);
}
```

```
const int sensorIn1 = A2;
int mVperAmp1 = 100; // gunakan 100 untuk modul tipe 20A dan 66 untuk modul
tipe 30A
```

```
double Voltage1 = 0;
double VRMS1 = 0;
double AmpsRMS1 = 0;
```

```
SimpleTimer timer1;
```

```
void readACS712s() {
  Voltage1 = getVPP1();
  VRMS1 = (Voltage1/2.0) *0.707;
  AmpsRMS1 = (VRMS1 * 1000)/mVperAmp1;
  Serial.print(AmpsRMS1);
```

```

Serial.println(" Amps RMS");
Blynk.virtualWrite(V12, AmpsRMS1);
pinMode(sensorIn1, INPUT);
}

const int sensorIn2 = A4;
int mVperAmp2 = 100; // gunakan 100 untuk modul tipe 20A dan 66 untuk modul
tipe 30A

double Voltage2 = 0;
double VRMS2 = 0;
double AmpsRMS2 = 0;

SimpleTimer timer2;

void readACS712t() {
  Voltage2 = getVPP2();
  VRMS2 = (Voltage2/2.0) *0.707;
  AmpsRMS2 =(VRMS2 * 1000)/mVperAmp2;
  Serial.print(AmpsRMS2);
  Serial.println(" Amps RMS");
  Blynk.virtualWrite(V11, AmpsRMS2);
  pinMode(sensorIn2, INPUT);
}

const int btnPin = 9;

WidgetLED led5(V3);

boolean btnState = false;
void buttonLedWidget()
{
  // Read button
  boolean isPressed = (digitalRead(btnPin) == LOW);

  // If state has changed...
  if (isPressed != btnState) {
    if (isPressed) {
      led5.on();
    } else {
      led5.off();
    }
    btnState = isPressed;
  }
}

```

```

const int TOMBOLEMERG=9;

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  lcd.init();          // inisiasi the lcd
  lcd.init();

  lcd.backlight();

  // Set ESP8266 baud rate
  EspSerial.begin(ESP8266_BAUD);
  delay(10);

  Blynk.begin(auth, wifi, ssid, pass);
  dht.begin();

  // Setup fungsi untuk memanggil data setiap 1 detik sekali
  timer.setInterval(1000L, sendSensor);
  timer0.setInterval(1000L, readACS712);
  timer1.setInterval(1000L, readACS712s);
  timer2.setInterval(1000L, readACS712t);
}

void loop(){
  lcd.clear();
  float t = dht.readTemperature();

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("REALTIME PROTECT");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Suhu : ");
  lcd.print(t);
  lcd.print(" C");

  delay(1000);

  Blynk.run();
  timer.run();
  timer0.run();
  timer1.run();
  timer2.run();

  if(t >=49 || AmpsRMS >=4.0 || AmpsRMS1>=4.0 || AmpsRMS2>=4.0){
    digitalWrite(btnPin, HIGH);
  }else{
    digitalWrite(btnPin, LOW);
  }
}

```

```

}

}

float getVPP()
{
    float result;

    int readValue;
    int maxValue = 0;
    int minValue = 1024;

    uint32_t start_time = millis();
    while((millis()-start_time) < 1000)
    {
        readValue = analogRead(sensorIn);

        if (readValue > maxValue)
        {
            /*record the maximum sensor value*/
            maxValue = readValue;
        }
        if (readValue < minValue)
        {
            /*record the maximum sensor value*/
            minValue = readValue;
        }
    }

    result = ((maxValue - minValue) * 5.0)/1024.0;

    return result;
}

float getVPP1()
{
    float result;

    int readValue;
    int maxValue = 0;
    int minValue = 1024;

    uint32_t start_time = millis();
    while((millis()-start_time) < 1000)
    {
        readValue = analogRead(sensorIn1);
        // see if you have a new maxValue
    }
}

```

```

    if (readValue > maxValue)
    {
        /*record the maximum sensor value*/
        maxValue = readValue;
    }
    if (readValue < minValue)
    {
        /*record the maximum sensor value*/
        minValue = readValue;
    }
}

result = ((maxValue - minValue) * 5.0)/1024.0;

return result;
}

float getVPP2()
{
    float result;

    int readValue;
    int maxValue = 0;
    int minValue = 1024;

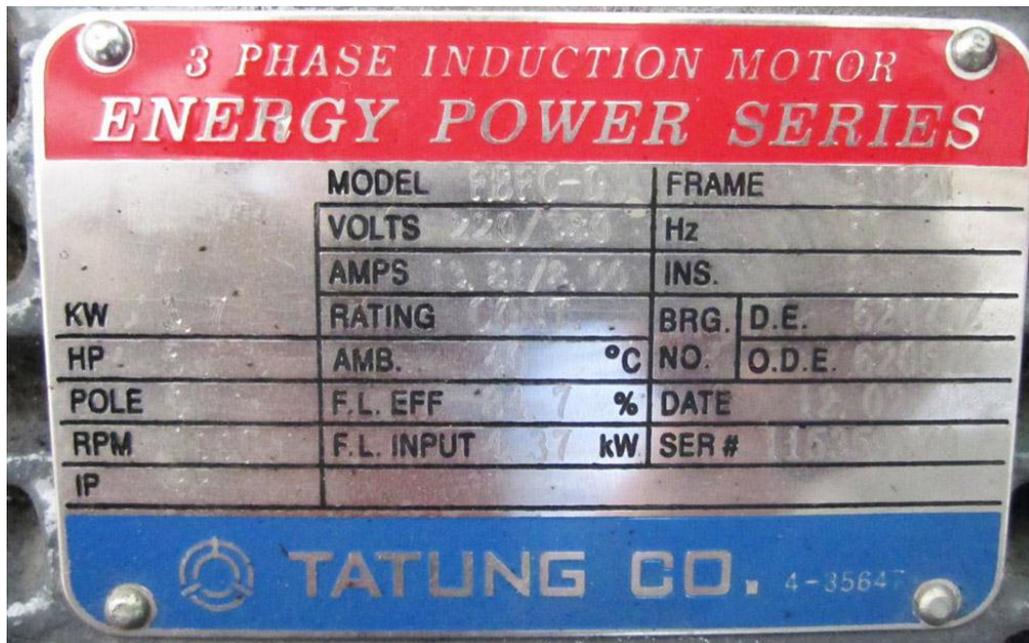
    uint32_t start_time = millis();
    while((millis()-start_time) < 1000) //sample for 1 Sec
    {
        readValue = analogRead(sensorIn2);
        if (readValue > maxValue)
        {
            /*record the maximum sensor value*/
            maxValue = readValue;
        }
        if (readValue < minValue)
        {
            /*record the maximum sensor value*/
            minValue = readValue;
        }
    }

    result = ((maxValue - minValue) * 5.0)/1024.0;

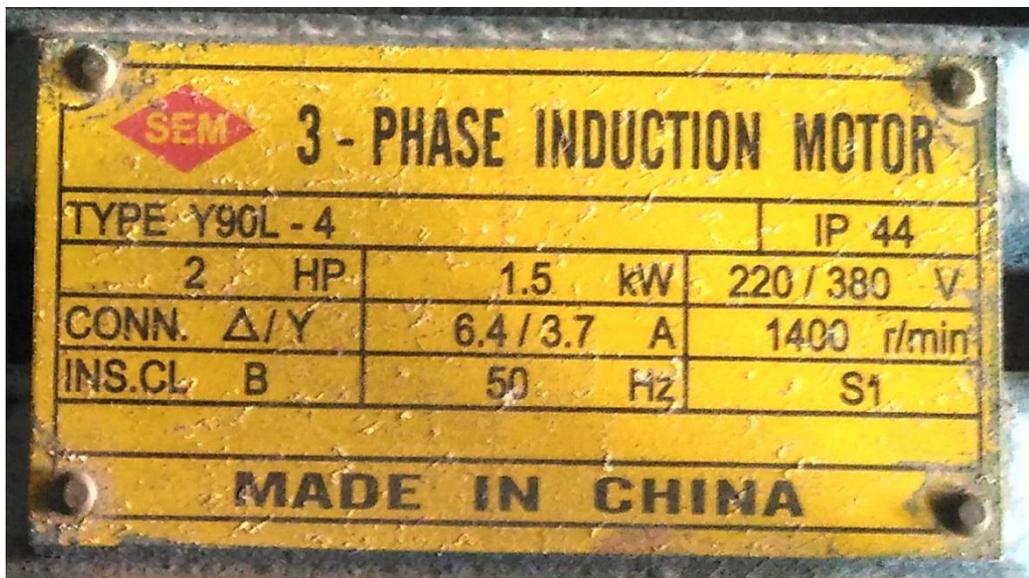
    return result;
}

```

Lampiran 2. Nameplate Motor Induksi Tiga Fasa



Keterangan : Spesifikasi motor induksi untuk uji prototipe pada motor induksi tiga fasa tanpa beban.

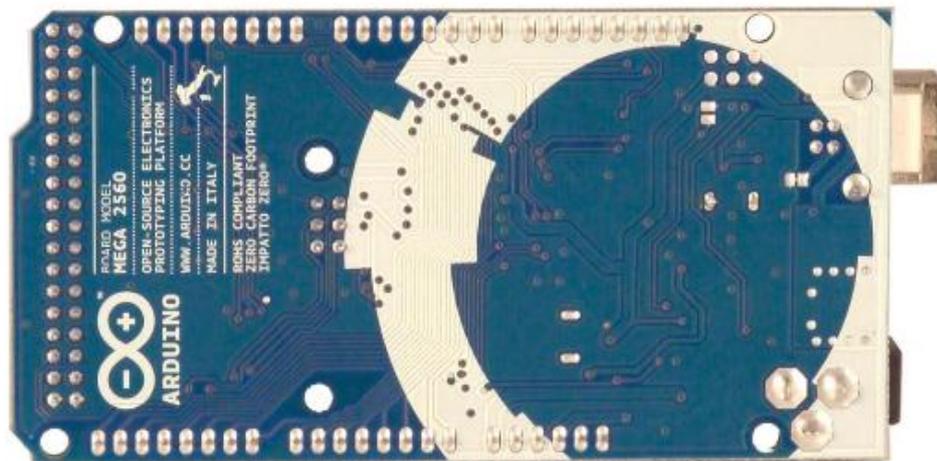
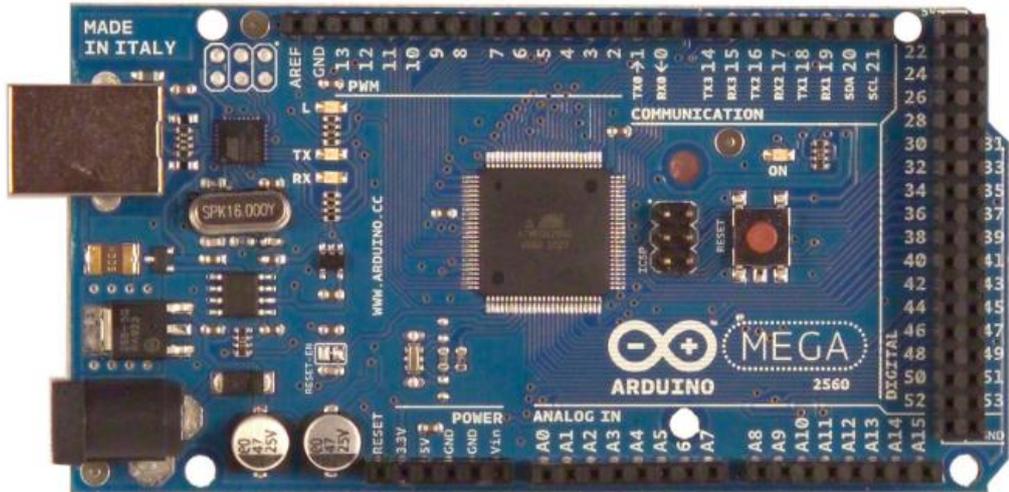


Keterangan : Spesifikasi motor induksi untuk uji prototipe pada motor induksi tiga fasa beban RLC.

Lampiran 3. Datasheet Alat

1. Datasheet Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560



Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#)

Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

- + **VIN**. The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- + **5V**. The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- + **3V3**. A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- + **GND**. Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- + **Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX)**. Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- + **External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2)**. These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- + **PWM: 0 to 13**. Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- + **SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS)**. These pins support SPI communication using the [SPI library](#). The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.
- + **LED: 13**. There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- + **I²C: 20 (SDA) and 21 (SCL)**. Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I²C pins on the Duemilanove or Diecimila.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and [analogReference\(\)](#) function.

There are a couple of other pins on the board:

- + **AREF**. Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- + **Reset**. Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.

The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

Programming

The Arduino Mega can be programmed with the Arduino software ([download](#)). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega8U2 firmware source code is available [in the Arduino repository](#). The ATmega8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2. You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See [this user-contributed tutorial](#) for more information.

Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can

have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Mega2560 contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Mega2560 has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics and Shield Compatibility

The maximum length and width of the Mega2560 PCB are 4 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

The Mega2560 is designed to be compatible with most shields designed for the Uno, Diecimila or Duemilanove. Digital pins 0 to 13 (and the adjacent AREF and GND pins), analog inputs 0 to 5, the power header, and ICSP header are all in equivalent locations. Further the main UART (serial port) is located on the same pins (0 and 1), as are external interrupts 0 and 1 (pins 2 and 3 respectively). SPI is available through the ICSP header on both the Mega2560 and Duemilanove / Diecimila. *Please note that I²C is not located on the same pins on the Mega (20 and 21) as the Duemilanove / Diecimila (analog inputs 4 and 5).*

2. Datasheet Modul Wifi ESP2866 ESP-01



ESP-01/07/12 Series Modules User's Manual V1.1

1 Product Overview

ESP8266 series wireless module is a series of cost-effective Wi-Fi SOC module which can be developed independently. The series modules support the standard IEEE802.11 b/g/n protocol, built-in complete TCP/IP protocol stack. Users can use this series of modules to add networking capabilities to existing devices, or to build standalone network controllers.

Ai-Thinker Technology can provide customers with a complete hardware, software reference program, in order to shorten your product development cycle, for your cost savings.

1.1 Product Features

- The smallest 802.11b/g/n Wi-Fi SOC module
- Using low-power 32-bit CPU, can also serve as the application processor
- Clocked at up to 160MHz
- Built-in 10 bit high precision ADC
- Support UART/GPIO/IIC/PWM/ADC/HSPI and other interfaces
- Integrated Wi-Fi MAC/BB/RF/PA/LNA
- Supports multiple sleep modes, deep sleep current as low as 20uA
- Embedded Lwip protocol stack
- Support STA/AP/STA + AP work mode
- Supports Smart Config/AirKiss key distribution network
- Serial port rate up to 4Mbps
- General AT commands can be used quickly
- Support SDK secondary development
- Supports serial local upgrade and remote firmware upgrade (FOTA)

1.2 Application Plan

- | | | |
|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| ■ Household appliances | ■ Industrial wireless control | ■ Wearable electronic products |
| ■ Home automation | ■ Infant Monitor | ■ Wireless location sensing device |
| ■ Smart socket/intelligent light | ■ IP camera | ■ Security ID tag |

2 Module Interface

2.1 Package Size

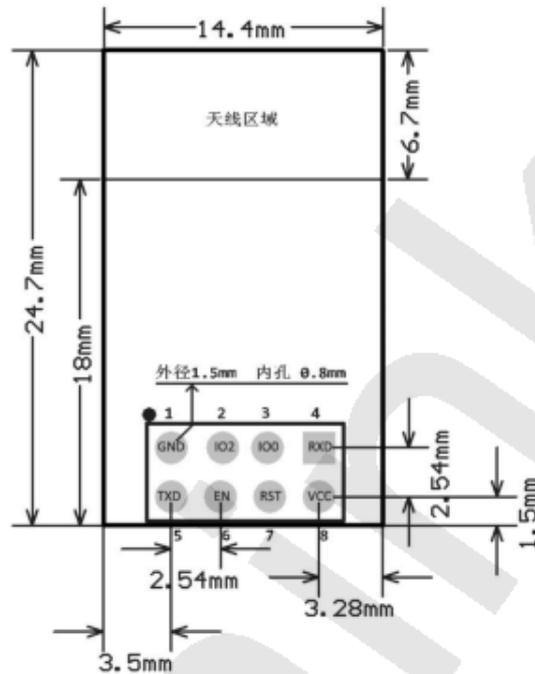


Figure 2.1 ESP-01/ESP-01S pin dimensions

Table 2.1 ESP series module size table

Model	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)	PAD size (mm)	Pin Spacing (mm)	Shielded Shell (mm)	Thickness (mm)
ESP-01 ESP-01S	24.7	14.4	11.0	1.5 x 1.5	2.54	-	1.0±0.1
ESP-01M	18	18	2.8±0.2	-	0.8	2.0	0.8±0.1
ESP-07	21.2	16.0	3±0.2	-	1.5	2.0	0.8±0.1
ESP-07S	17.0	16.0	3±0.3	1 x 1.2	1.5	2.0	0.8±0.1
ESP-12F	24.0	16.0	3±0.2		1.5	2.0	0.8±0.1
ESP-12S	24.0	16.0	3±0.2	1 x 1.2	1.5	2.0	0.8±0.1

2.1 Pin Definition

Table 2.2 ESP Series Module Pin Function Definitions

Pin Number				Pin Name	Remarks
01 01S	01M	07 07S 12S	12F		
7	18	1	1	RST	Reset Pin, Active Low
-	16	2	2	ADC	AD conversion, Input voltage range 0~1V, the value range is 0~1024.
6	9	3	3	EN	Chip Enabled Pin, Active High
-	17	4	4	IO16	Connect with RST pin to wake up Deep Sleep
-	15	5	5	IO14	HSPI_CLK, IR_T, I2C_SCL,
-	14	6	6	IO12	HSPI_MISO
-	5	7	7	IO13	HSPI_MOSI; UART0_CTS
8	2	8	8	VCC	Module power supply pin, the
-	-	-	9	CS0	Flash chip select signal
-	-	-	10	MISO	Slave Output Master Input
-	11	-	11	IO9	GPIO9
-	12	-	12	IO10	GPIO10
-	-	-	13	MOSI	Master Output Slave Input

-	-	-	14	SCLK	Clock
1	1	9	15	GND	GND
-	6	10	16	IO15	HSPI_CS, U0_RTS, I2SO_BCK
2	7	11	17	IO2	U1_TXD, I2C_SDA, I2SO_WS
3	8	12	18	IO0	GPIO0, HSPI_MISO, I2SI_DATA
-	10	13	19	IO4	HSPI_MOSI, U0_CTS, I2SI_BCK
-	13	14	20	IO5	IR_R
4	4	15	21	RXD	GPIO3, I2SO_DATA
5	3	16	22	TXD	GPIO1

Note: Only GPIO4 and GPIO5 are low at boot time, the other GPIO are high.

3 Electrical Characteristics

3.1 Maximum Ratings

Table 3.1 Maximum Ratings

Rated value	condition	Value	Unit
Storage Temperature	-	-40 ~ 90	℃
Maximum Welding Temperature	-	250	℃
Supply Voltage	IPC/JEDEC J-STD-020	+3.0 ~ +3.6	V

3.2 Suggested Working Environment

Table 3.2 Recommended working environment

Work Environment	Name	Min	Typ	Max	Unit
Operating Temperature		-20	20	85	℃
Supply Voltage	VDD	3.0	3.3	3.6	V

3.3 Digital Port Features

Table 3.3 Digital Port Features

Port	Name	Min	Typ	Max	Unit
Input logic level low	VIL	-0.3	-	0.25 * VDD	V
Input logic level high	VIH	0.75 * VDD	-	VDD + 0.3	V
Output logic level low	VOL	N	-	0.1 * VDD	V
Output logic level high	VOH	0.8 * VDD	-	N	V

Note: Unless otherwise specified, the test conditions are: VDD = 3.3 V and temperature 20 ℃.

3.4 Power Consumption

All measurements are made at the antenna interface without SAW filters.

All transmit data is based on a 90% duty cycle measured in the continuous firing mode.

Table 3.4 Power consumption

Mode	Min	Typ	Max	Unit
Transmit 802.11b, CCK 11Mbps, POUT = +17dBm		170		mA
Transmit 802.11g, OFDM 54Mbps, POUT = +15dBm		140		mA
Transmit 802.11n, MCS7, POUT = +13dBm		120		mA
Receive 802.11b, packet length 1024 bytes, -80dBm		50		mA
Receive 802.11g, packet length 1024 bytes, -70dBm		56		mA
Receive 802.11n, packet length 1024 bytes, -65dBm		56		mA
Modem-Sleep ^①		20		mA
Light-Sleep ^②		2		mA
Deep-Sleep ^③		20		uA
Power Off		1		uA

Note: Modem-Sleep is used to require the CPU to remain in operation, such as PWM or I2S. When there is no data transmission while maintaining a WiFi connection, power off the WiFi Modem circuit according to the 802.11 standard (eg U-APSD). For example, in DTIM3, every sleep 300ms, wake up 3ms receive AP Beacon package, etc., the overall average current of about 20mA.

Note ②: Light-Sleep for CPU can be suspended applications, such as WiFi switch. If there is no data transmission while maintaining a WiFi connection, the WiFi Modem circuit can be switched off and the CPU is powered down according to the 802.11 standard (eg U-APSD). For example, at DTIM3, every sleep 300 ms, wake up 3 ms to receive AP's Beacon packets, etc., the overall average current is about 2 mA.

Note: Deep-Sleep is used for applications that do not have to keep the WiFi connection for a long time, such as a sensor that measures the temperature once every 100 seconds. Every 300 s wake up after 0.3s - 1s connected to the AP to send data, the overall average current can be much smaller than 2mA.

3.5 Transmit Power

Table 3.5 RF parameters

Describe	Min	Typ	Max	Unit
802.11b@11Mbps	14	16	18	dBm
802.11g@54Mbps	12	14	16	dBm
802.11n@HT20, MCS7	11	13	15	dBm

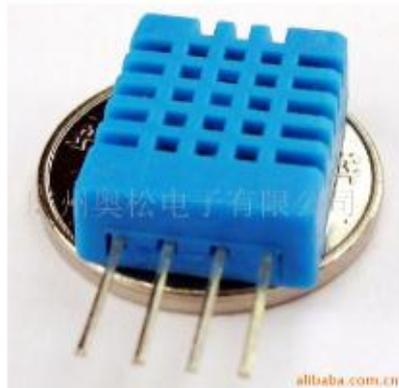
3.6 Receive Sensitivity

Table 3.6 Receiving Sensitivity

Parameter	Min	Typ	Max	Unit
DSSS, 1 Mbps		-95		dBm
CCK, 11 Mbps		-80		dBm
6 Mbps (1/2 BPSK)		-88		dBm
54 Mbps (3/4 64-QAM)		-70		dBm
HT20, MCS7 (65 Mbps, 72.2 Mbps)		-67		dBm

3. Datasheet Sensor Suhu DHT11

Digital-output relative humidity & temperature sensor/module – DHT11



Resistive-type humidity and temperature module/sensor

Resistive-type humidity and temperature module/sensor

1. Feature & Application:

* Full range temperature compensated * Relative humidity and temperature measurement
 * Calibrated digital signal *Outstanding long-term stability *Extra components not needed
 * Long transmission distance * Low power consumption *4 pins packaged and fully interchangeable

2. Description:

DHT11 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

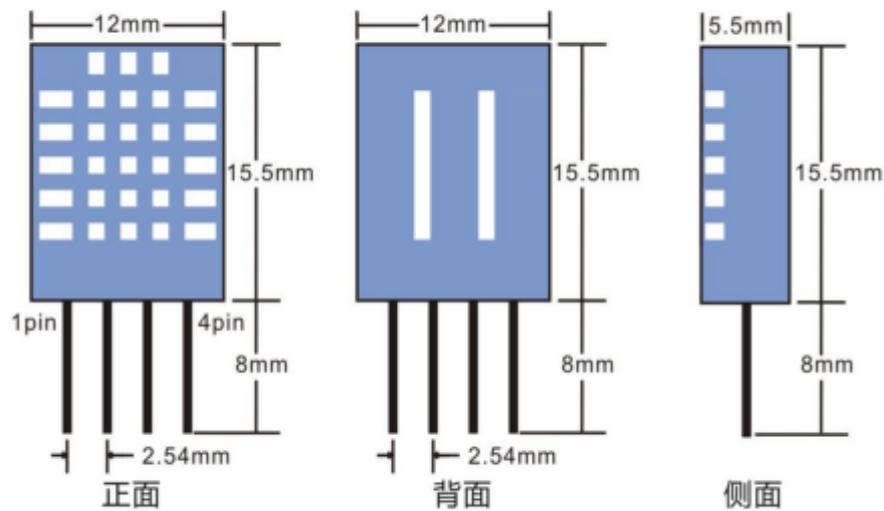
Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in OTP memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable DHT11 to be suited in all kinds of harsh application occasions. Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

3. Technical Specification:

Model	DHT11	
Power supply	3-5.5V DC	
Output signal	digital signal via single-bus	
Sensing element	Polymer resistor	
Measuring range	humidity 20-90%RH; temperature 0-50 Celsius	
Accuracy	humidity +-4%RH (Max +-5%RH); temperature +-2.0Celsius	
Resolution sensitivity	or	humidity 1%RH; temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +-1%RH; temperature +-1Celsius	
Humidity hysteresis	+-1%RH	
Long-term Stability	+-0.5%RH/year	
Sensing period	Average: 2s	
Interchangeability	fully interchangeable	
Dimensions	size 12*15.5*5.5mm	

4. Dimensions: (unit---mm)

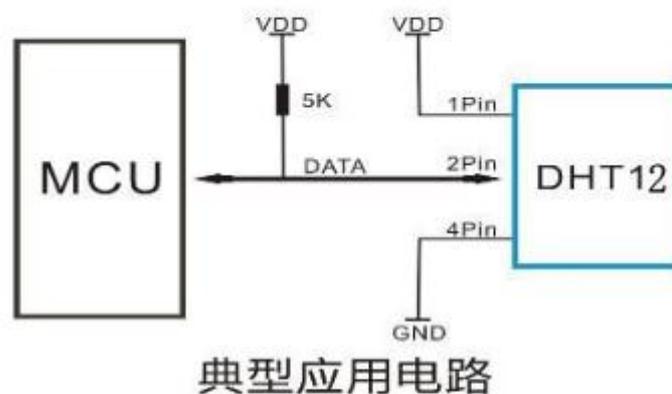


Front view

Back view

Side view

5. Typical application



3Pin=NULL, MCU=Microcomputer or single-chip computer

6. Operating specifications:

(1) Power and Pins

Power's voltage should be 3-5.5V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for power filtering.

(2) Communication and signal

Single-bus data is used for communication between MCU and DHT11.

7. Electrical Characteristics:

Item	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Power supply	DC	3	5	5.5	V
Current supply	Measuring	0.5		2.5	mA
	Stand-by	100	Null	150	uA
	Average	0.2	Null	1	mA

4. Datasheet Sensor Arus ACS712

**ACS712**

**Fully Integrated, Hall-Effect-Based Linear Current Sensor IC
with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor**

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage

**Package: 8-Lead SOIC (suffix LC)**

Not to scale

Description

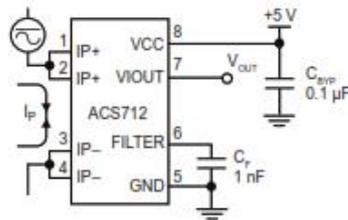
The Allegro™ ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode power supplies, and overcurrent fault protection. The device is not intended for automotive applications.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which the Hall IC converts into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ($>V_{IOUT(Q)}$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sampling. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m Ω typical, providing low power loss. The thickness of the copper conductor allows survival of

Continued on the next page...

Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sampled current, I_p , within the range specified. C_f is recommended for noise management, with values that depend on the application.

ACS712-DS, Rev. 18
MCO-0000197

May 17, 2019

Description (continued)

the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the signal leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T_A (°C)	Optimized Range, I_p (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

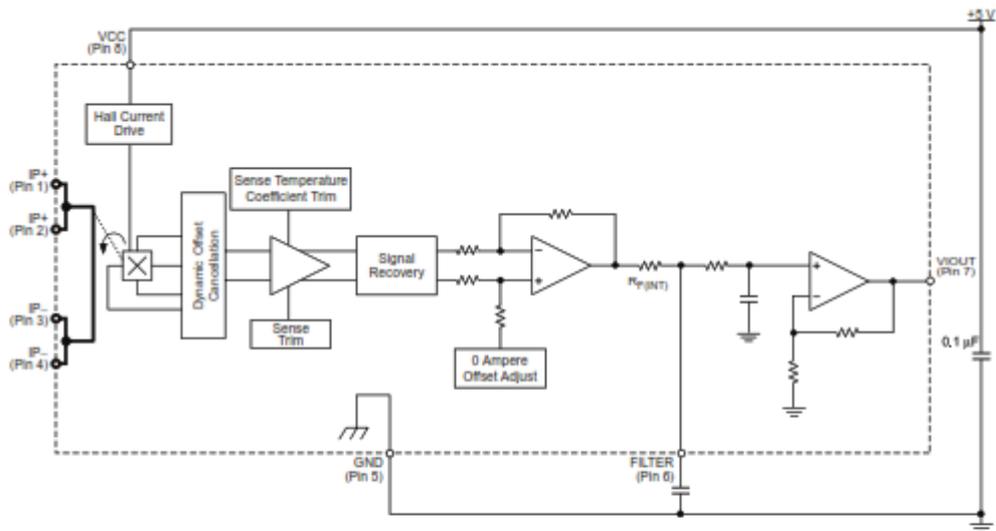
Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V_{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V_{RCC}		-0.1	V
Output Voltage	V_{IOUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V_{RIOUT}		-0.1	V
Output Current Source	$I_{OUT(SOURCE)}$		3	mA
Output Current Sink	$I_{OUT(SINK)}$		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I_p	1 pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T_A	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	$T_J(max)$		165	°C
Storage Temperature	T_{stg}		-65 to 170	°C

Isolation Characteristics

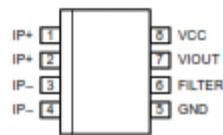
Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Unit
Dielectric Strength Test Voltage*	V_{ISO}	Agency type-tested for 60 seconds per UL standard 60950-1, 1st Edition	2100	VAC
Working Voltage for Basic Isolation	V_{WFSI}	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or V_{pk}
Working Voltage for Reinforced Isolation	V_{WFR}	For reinforced (double) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	184	VDC or V_{pk}

* Allegro does not conduct 60-second testing. It is done only during the UL certification process.

Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sampled; fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sampled; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VIOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS¹ over full range of T_A , $C_F = 1$ nF, and $V_{CC} = 5$ V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{CC}	$V_{CC} = 5.0$ V, output open	–	10	13	mA
Output Capacitance Load	C_{LOAD}	VIOUT to GND	–	–	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	VIOUT to GND	4.7	–	–	k Ω
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–	1.2	–	m Ω
Rise Time	t_r	$I_P = I_P(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	–	3.5	–	μs
Frequency Bandwidth	f	–3 dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$; I_P is 10 A peak-to-peak	–	80	–	kHz
Nonlinearity	E_{LIN}	Over full range of I_P	–	1.5	–	%
Symmetry	E_{SYM}	Over full range of I_P	98	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{IOUT(Q)}$	Bidirectional; $I_P = 0$ A, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	$V_{CC} \times 0.5$	–	V
Power-On Time	t_{PO}	Output reaches 90% of steady-state level, $T_J = 25^\circ\text{C}$, 20 A present on leadframe	–	35	–	μs
Magnetic Coupling ²			–	12	–	G/A
Internal Filter Resistance ³	$R_{F(INT)}$			1.7		k Ω

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient, T_A , and internal leadframe temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_J(\text{max})$, is not exceeded.

²1G = 0.1 mT.

³ $R_{F(INT)}$ forms an RC circuit via the FILTER pin.

COMMON THERMAL CHARACTERISTICS¹

			Min.	Typ.	Max.	Units
Operating Internal Leadframe Temperature	T_A	E range	–40	–	85	$^\circ\text{C}$
					Value	Units
Junction-to-Lead Thermal Resistance ²	$R_{B,IL}$	Mounted on the Allegro ASEK 712 evaluation board			5	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Junction-to-Ambient Thermal Resistance	$R_{B,JA}$	Mounted on the Allegro 85-0322 evaluation board, includes the power consumed by the board			23	$^\circ\text{C}/\text{W}$

¹Additional thermal information is available on the Allegro website.

²The Allegro evaluation board has 1500 mm² of 2 oz. copper on each side, connected to pins 1 and 2, and to pins 3 and 4, with thermal vias connecting the layers. Performance values include the power consumed by the PCB. Further details on the board are available from the Frequently Asked Questions document on our website. Further information about board design and thermal performance also can be found in the Applications Information section of this datasheet.

x20A PERFORMANCE CHARACTERISTICS¹ $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $C_F = 1$ nF, and $V_{CC} = 5$ V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		–20	–	20	A
Sensitivity	Sens	Over full range of I_P , $T_A = 25^\circ\text{C}$	96	100	104	mV/A
Noise	$V_{NOISE(PP)}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47$ nF, $C_{OUT} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	–	11	–	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{OUT(Q)}$	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 25°C $T_A = 25^\circ\text{C}$ to 150°C	–	–0.34 –0.07	–	mV/ $^\circ\text{C}$ mV/ $^\circ\text{C}$
Sensitivity Slope	ΔSens	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 25°C $T_A = 25^\circ\text{C}$ to 150°C	–	0.017 –0.004	–	mV/A/ $^\circ\text{C}$ mV/A/ $^\circ\text{C}$
Total Output Error ²	E_{TOT}	$I_P = \pm 20$ A, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	± 1.5	–	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_J(\text{max})$, is not exceeded.

²Percentage of I_P , with $I_P = 20$ A. Output filtered.

Lampiran 4. Lembar Usulan Dosen Pembimbing


KEMENTERIAN RISTEK DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Gedung E11 Lt 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
 Telepon: 024 8508104
 Laman: www.te.unnes.ac.id, surel:

Nomor : 290 /ur-157-1.5 /TE /2018
 Lamp. :
 Hal : Usulan Pembimbing

Yth. Dekan Fakultas Teknik
 Universitas Negeri Semarang

Merujuk Keputusan Rektor Unnes Nomor 164/O/2004 tentang Pedoman Penyusunan Skripsi Mahasiswa Program S1 pasal 7 mengenai penentuan pembimbing, dengan ini saya usulkan

Nama : Drs Yohanes Primadiyono, M.T
 NIP : 196209021987031002
 Pangkat/Golongan : IIId
 Jabatan Akademik : Lektor
 Sebagai Dosen Pembimbing

Dalam penyusunan Skripsi/Tugas Akhir untuk mahasiswa

Nama : ABDUL WAKHID
 NIM : 5301414053
 Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro, S1
 Topik : Rancang Bangun Penerapan Teknologi SMS Gateway pada Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa dari Arus Lebih berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Untuk itu, mohon diterbitkan surat penetapannya.



 Semarang, 22 Mei 2018
 Ketua Jurusan
 Dr.-Ing. Didik Prastiyanto, S.T., M.T.
 NIP. 197806312005011002

Lampiran 5. Lembar SK Dosen Pembimbing



**KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
Nomor: 883 / FT - UNNES / 2018**

**Tentang
PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI/TUGAS AKHIR SEMESTER
GASAL/GENAP
TAHUN AKADEMIK 2017/2018**

- Menimbang : Bahwa untuk memperlancar mahasiswa Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Fakultas Teknik membuat Skripsi/Tugas Akhir, maka perlu menetapkan Dosen-dosen Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Fakultas Teknik UNNES untuk menjadi pembimbing.
- Mengingat : 1. Undang-undang No.20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional (Tambahan Lembaran Negara RI No.4301, penjelasan atas Lembaran Negara RI Tahun 2003, Nomor 78)
2. Peraturan Rektor No. 21 Tahun 2011 tentang Sistem Informasi Skripsi UNNES
3. SK. Rektor UNNES No. 164/O/2004 tentang Pedoman penyusunan Skripsi/Tugas Akhir Mahasiswa Strata Satu (S1) UNNES;
4. SK Rektor UNNES No.162/O/2004 tentang penyelenggaraan Pendidikan UNNES;
- Menimbang : Usulan Ketua Jurusan/Prodi Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro Tanggal 22 Mei 2018

MEMUTUSKAN

Menetapkan :

PERTAMA :

Menunjuk dan menugaskan kepada:

Nama : Drs Yuhanes Primadiyono, M.T

NIP : 196209021987031002

Pangkat/Golongan : III/d

Jabatan Akademik : Lektor

Sebagai Pembimbing

Untuk membimbing mahasiswa penyusun skripsi/Tugas Akhir :

Nama : ABDUL WAKHID

NIM : 5301414053

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro/Pend. Teknik Elektro

Topik : Rancang Bangun Penerapan Teknologi SMS Gateway pada Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa dari Arus Lebih berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560

KEDUA :

Keputusan ini mulai berlaku sejak tanggal ditetapkan.

Tembusan
1. Pembantu Dekan Bidang Akademik
2. Ketua Jurusan
3. Petinggi



5301414053
...: FM-03-AKD-24/Rev. 00 ...

DITETAPKAN DI : SEMARANG

PADA TANGGAL : 23 Mei 2018

DEKAN

Dr. Nur Qudus, M.T
NIP. 196911301994031001

Lampiran 6. Lembar Surat Tugas Dosen Penguji Seminar Proposal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
 FAKULTAS TEKNIK
 Gedung Dekanat Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229
 Telepon/Fax (024) 8508101 - 8508009
 Laman : <http://www.ft.unnes.ac.id>, email: ft@mail.unnes.ac.id

SURAT TUGAS

Nomor : 1399 /UN37.1.5/TD.06/2019

Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang memberi tugas kepada Saudara yang namanya tersebut di bawah ini sebagai Penguji Seminar Proposal Skripsi Mahasiswa Prodi S1 Pendidikan Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Adapun nama-namanya sebagai berikut:

No	Nama / NIP	Pangkat / Golru	Tugas
1	Dr. Ir. I Made Sudana, M.Pd., IPM. 195605081984031004	Pembina Tk. I, IV/b	Penguji 1
2	Tatyantoro Andrasto, S.T, M.T. 196803161999031001	Pembina, IV/a	Penguji 2
3	Drs. Yohanes Primadiyono, M.T. 196209021987031002	Penata Tk. I, III/d	Pembimbing

untuk menguji mahasiswa :

Nama : ABDUL WAKHID
 NIM : 5301414053
 Prodi : S1 Pendidikan Teknik Elektro
 Topik : MOTOR INDUKSI
 Waktu : 26 September 2019
 Jam : 14.00-16.00
 Tempat : E11 R. Rapat
 Pakaian : Hitam Putih Jas Almamater

Demikian agar tugas dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.

Semarang, 18 September 2019

 Dr. Nur Qadus, M.T., IPM
 196911301994031001

Tembusan :
 1. Wakil Dekan Bidang II;
 2. Ketua Jurusan TE;
 3. Kasubbag Keuangan,
 Fakultas Teknik UNNES

Lampiran 7. Lembar Surat Ijin Pemakaian Laboratorium



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
FAKULTAS TEKNIK – JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Alamat : Gd. E11 Kampus Sekaran Gunungpati Semarang 50229 Tlp. 70101084
e-mail: elektroUNNES@yahoo.com

SURAT PERMOHONAN PEMAKAIAN LABORATORIUM

Nomor : — 31 Desember 2019
Hal : Izin Pemakaian Laboratorium

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Abdul Wakhid
NIM : 5301414053
Program Studi : Pendidikan Teknik Elektro, S1
Jurusan : Teknik Elektro

saya mengajukan permohonan pemakaian laboratorium E6-128B mulai tanggal 02 Januari sampai dengan 10 Januari 2020 untuk keperluan penelitian skripsi.

- Saya akan bertanggung jawab penuh bila terjadi sesuatu hal yang tidak diinginkan dan saya akan mengganti atau memperbaiki alat bila terjadi kerusakan seperti keadaan semula sebelum saya gunakan.

Demikian surat permohonan ini saya buat dengan kesadaran saya. Atas perhatian dan dikabulkannya permohonan ini saya ucapkan terima kasih.

Mengetahui,
Dosen Pembimbing

Drs. Yohanes Primadiyono, M.T.
NIP. 196209021987031002

Pemohon

Abdul Wakhid
NIM. 5301414053

Yang memberi izin,
Kepala Laboratorium

Dr. Ir. Subiyanto, S.T., M.T.
NIP. 19741232005011001

Lampiran 8. Lembar Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

FAKULTAS TEKNIK

Gedung E11 Lt 2, Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229
Telepon: 024 8508104
Laman: www.te.unnes.ac.id, surel:

No. : 2055/UN37.1.5/KM/2020
Lamp. :
Hal : Surat Tugas Panitia Ujian Sarjana

Dengan ini kami tetapkan bahwa ujian Sarjana Fakultas Teknik UNNES untuk jurusan Teknik Elektro adalah sebagai berikut:

I. Susunan Panitia Ujian:

a. Ketua : Ir. Ulfah Mediaty Arief, M. T., IPM
b. Sekretaris : Drs. Sri Sukamta, M. Si., IPM
c. Pembimbing Utama : Drs. Yohanes Primadyono, M. T.
d. Penguji : 1. Dr. Ir. I Made Sudana, M. Pd.
: 2. TATYANTORO ANDRASTO, S. T., M. T.

II. Calon yang diuji:

Nama : ABDUL WAKHID
NIM/Jurusan/Program Studi : 5301414053/Teknik Elektro
/Pendidikan Teknik Elektro, S1
Judul Skripsi : Penerapan IoT dalam Rancang Bangun Sistem Proteksi Motor Induksi Tiga Fasa dari Gangguan Beban Lebih Berbasis Mikrokontroler

II. Waktu dan Tempat Ujian:

Hari/Tanggal : Selasa / 25 Februari 2020
Jam : 08:00:00
Tempat : R. Sidang 2 Gd. E11
Pakaian :

Tembusan
1. Ketua Jurusan TEKNIK ELEKTRO
2. Calon yang diuji



5301414053