# TUGAS AKHIR

# PERANCANGAN SISTEM KONTROL KECEPATAN MOTOR BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO PADA ALAT PENGUPAS SABUT KELAPA


**Oleh**

**EndrikoRumambi**

**11 023 021**



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**

**POLITEKNIK NEGERI MANADO**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**



**2015**

# TUGAS AKHIR

# PERANCANGAN SISTEM KONTROL KECEPATAN MOTOR BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO PADA ALAT PENGUPAS SABUT KELAPA


**Oleh :**

**Endriko Rumambi**

**11 023 021**

**Dosen Pembimbing :**

**Ir. Yohanis S. Rompon, M.T**

**NIP. 19581224 199003 1 001**



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**

**POLITEKNIK NEGERI MANADO**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**2015**

# PERANCANGAN SISTEM KONTROL KECEPATAN MOTOR BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO PADA ALAT PENGUPAS SABUT KELAPA

**Endriko Rumambi**
**11 023 021**
Program Studi Teknik Listrik D-IV
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Manado

## ABSTRAK

*Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah mengimplementasikan teknologi tepat guna dengan membuat sebuah inovasi alat pengupas sabut kelapa dengan prinsip kerja sederhana, efektif, efisien, tidak menggunakan tenaga yang besar serta aman dalam pemakaian sehingga dapat menghemat waktu, tenaga dan dapat dilakukan oleh semua kalangan.*

*Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (ac) yang paling luas digunakan. Motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke rotornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (rotating magnetic field) yang dihasilkan oleh arus stator. Arduino Uno adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328 (datasheet). Arduino UNO dapat disuplai melalui koneksi USB atau dengan sebuah power suplai eksternal. Pada alat ini, arduino UNO digunakan untuk mengontrol kecepatan putar dari motor induksi yang digunakan.*

*Alat pengupas sabut kelapa ini telah di rancang sedemikian rupa sehingga mempermudah pengoperasiannya. Alat ini dapat bekerja secara otomatis, lebih efektif dan efisien, serta dapat mengurangi resiko kecelakaan dalam mengupas serabut kelapa.*

Kata kunci : *Alat pengupas sabut kelapa, Motor Induksi, Arduino Uno*

## LEMBAR PENGESAHAN

# PERANCANGAN SISTEM KONTROL KECEPATAN MOTOR BERBASIS MIKROKONTROLERARDUINO PADA ALAT PENGUPAS SABUT KELAPA

**Oleh**

**Endriko Rumambi**

**NIM : 11 023021**

*Tugas Akhir ini telah diterima dan disahkan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Pendidikan Diploma IV Teknik Elektro Bidang Keahlian Teknik Listrik Politeknik Negeri Manado*

**Manado, September 2015**

**Menyetujui :**

| | |
|---|---|
| **Ketua Panitia Tugas Akhir,** | **Dosen Pembimbing,** |
| **Fanny J. Doringin, ST,MT** | **Ir. Yohanis S.Rompon, MT** |
| **NIP. 19670430 199203 1 003** | **NIP.195812241990031001** |

**Ketua Jurusan Teknik Elektro,**

**Ir.Jusuf Luther Mappadang,MT**
**NIP. 196106011990031002**

# KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena cinta kasih-Nya yang senantiasa dianugerahkan kepada penulis, sehingga penulis bisa menyelesaikan penyusunan laporan Tugas Akhir yang berjudul **"Perancangan Sistem Kontrol Kecepatan Motor Berbasis Mikrokontroler Arduino pada Alat Pengupas Sabut Kelapa".** Laporan Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi sebagian persyaratan kelulusan Diploma IV (D4) Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Listrik di Politeknik Negeri Manado.

Menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini telah banyak pihak-pihak yang turut memberikan bantuan, arahan dan bimbingan sehingga tak lupa diucapkan banyak terima kasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Ir. Jemmy J. Rangan, MT. selaku Direktur Politeknik Negeri Manado.
2. Bapak Ir. Jusuf L. Mapadang, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Manado.
3. Bapak Sonny R. Kasenda,ST,MT. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Elektro.
4. Ibu Mauren Langie, ST, MPd. selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik D4.
5. Bapak Ir. Yohanis .S. Rompon, MT. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
6. BapakToban T. Pairunan, SSi, MT. atas bantuannya selama penyusunan Tugas Akhir.
7. Orang Tua tercinta dan Adik tersayang yang telah memberikan dukungan doa dan semangat setiap detiknya.
8. Bapak / Ibu dosen di Jurusan Teknik Elektro yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, atas bimbingan, arahan, dan jasa-jasa selama penulis menimbah ilmu di bangku perkuliahan.

9. Sdri. Feisy Christy Tewu yang selalu mendukung dan memberikan semangat kepada penulis juga membantu penulis dalam pembuatan serta penyusunan Tugas Akhir ini.
10. Sdr. Mesias Rumende sebagai rekan satu Tim dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
11. Keluarga Waroka-Tagupia yang telah menyediakan tempat bagi Tim kami dalam pembuatan tugas akhir ini.
12. Rekan-rekan seangkatan Teknik Elektro kususnya kelas Listrik D4.
13. Semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu penulis sangat gembira dan berterima kasih untuk menerima berbagai masukan baik itu berupa saran maupun kritik yang sifatnya membangun demi penyempurnaan pada penulisan mendatang.

Harapan penulis, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para penuntut ilmu guna membina generasi muda penerus bangsa yang lebih berkualitas dan berdaya saing.

Manado, September 2015

Hormat saya,

Endriko Rumambi

# DAFTAR ISI

**HALAMAN JUDUL** .....i

**ABSTRAK** ..... ii

**LEMBAR PENGESAHAN** ..... iii

**KATA PENGANTAR**.....iv

**DAFTAR ISI**.....vi

**DAFTAR GAMBAR**.....ix

**DAFTAR TABEL** .....xi

**BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang Masalah .....1

1.2 Rumusan Masalah .....2

1.3 Alasan Pemilihan Judul .....2

1.4 Tujuan Penulisan Tugas Akhir .....2

1.5 Batasan Masalah.....3

1.6 Metodologi Penulisan Tugas Akhir.....3

1.7 Sistematika Penulisan.....3

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Pengertian Motor Listrik .....5

2.1.1 Motor AC.....6

2.1.2 Faktor- faktor pemilihan motor listrik.....7

2.1.3 Ukuran motor listrik .....8

2.1.4 Prinsip kerja motor listrik.....8

2.1.5 Standarisasi Motor Listrik .....9

2.1.6 Beban Motor.....10

2.2 Motor Induksi .....11
2.2.1 Plat nama motor induksi .....12
2.2.2 Konstruksi motor induksi .....14
2.2.3 Karakteristik motor induksi .....18
2.2.4 Prinsip kerja motor induksi .....19
2.2.5 Sumber daya motor AC dan informasi umum motor AC.....20
2.2.6 Kecepatan putar motor induksi.....21
2.2.7 Proteksi motor induksi.....22
2.2.8 Efisiensi motor induksi.....23
2.2.9 Pemeliharaan motor induksi .....25
2.3 PUIL 2000 tentang motor .....27
2.3.1 Riwayat/Sejarah PUIL 2000.....27
2.3.2 Ringkasan isi PUIL 2000.....28
2.3.3Isi PUIL 2000 tentang motor .....31
2.4 Mikrokontroller Arduino Uno .....33
2.4.1 Daya (Power).....35
2.4.2 Memori .....36
2.4.3 Input dan Output.....36
2.4.4 Komunikasi.....37

**BAB III PERANCANGAN ALAT**

3.1 Tempat dan waktu .....39
3.2 Perancangan perangkat keras.....39
3.2.1 Alat .....40
3.2.2 Bahan.....47
3.3 Prosedur Penelitian.....48

3.4 Prinsip kerja alat .....49

**BAB IV IMPLEMENTASI DAN HASIL**

4.1 Bentuk dan dimensi alat .....50

4.1.1 Bentuk dan gambar alat .....50

4.1.2 Dimensi Alat.....52

4.2 Pengukuran dan hasil.....54

4.2.1 Pengukuran daya dan arus motor induksi (beban/non beban).....54

4.2.2 Hasil pengupasan kelapa .....55

**BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan.....57

5.2 Saran .....57

**DAFTAR PUSTAKA**.....58

# DAFTAR GAMBAR

2.1 Bagian-bagian umum pada motor induksi.....5

2.2 Jenis-jenis motor listrik .....6

2.3 Kutub pada motor AC .....6

2.4 Contoh data pada plat nama (name plate) motor induksi .....13

2.5 Contoh gambar stator .....15

2.6 Celah udara yang terdapat antara stator dan rotor .....16

2.7Salah satu contoh bentuk dari rotor .....16

2.8 Rotor sangkar dan belitan.....18

2.9 Arduino uno (tampak depan).....33

2.10Arduino uno (tampak belakang).....34

2.11 Kabel USB board arduino uno .....34

3.1Diagram blok (Alat pengupas sabut kelapa berbasis ardunio) .....39

3.2 Trafo las listrik .....40

3.3 Gerinda potong besi.....41

3.4 Mesin bor meja .....42

3.5 Bor tangan (pistol).....42

3.6 Mistar siku .....43

3.7 Mistar baja .....44

3.8 Mistar gulung.....44

3.9 Gerinda tangan.....45

3.10 Kunci inggris .....45

3.11 Kunci pas .....46

3.12 Kunci ring.....46

3.13 Tang ampere .....47
3.14 Diagram alir (flowchart) prinsip kerja alat pengupas sabut kelapa .....49
4.1 Motor induksi (Motor AC) 1 phase .....50
4.2 Foto alat pengupas sabut kelapa (depan) .....51
4.3 Foto alat pengupas sabut kelapa (belakang) .....51
4.4 Foto alat pengupas sabut kelapa (samping kiri) .....52
4.5 Foto alat pengupas sabut kelapa (samping kanan) .....52
4.6 Kelapa sebelum proses .....55
4.7 Kelapa setelah proses.....56

# DAFTAR TABEL

2.1 Tegangan nominal dalam sumber daya AC.....21

2.2 Jumlah kutub genap pada motor AC dan hasil kecepatan putarnya .....21

2.3 Jenis kehilangan pada motor induksi (sumber : BEE India, 2004) .....25

2.4 Deskripsi Arduino Uno.....35

3.1Uraian Bahan .....47

4.1 Hasil Pengukuran daya dan arus.....54

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar BelakangMasalah

Perkembanganteknologimempunyaiperananuntukmeningkatkanpendapatanekonomi.Denganpenerapanteknologi yang sesuai, makapeningkatannilaitambahdapatdilakukansecaraberlipat.Teknologiperludiarahkanpadasemuatahapan, tidakterkecuali di sektorperkebunanbaiksaatpenanamansampaipascapanen.Teknologisebagaisatukesatuanmetodologidanperalatan yang digunakanuntukmelakukanaktivitastertentumemilikisasaranakhiryaitumeningkatkankesejahteraanhidupmanusia.Inovasidanpenerapanteknologidalamsuatukomunitas masyarakatperlumemperhatikanberbagaifaktor.

Indonesia sebagainegaratropismempunyaisalahsatutanamankhasyaitukelapa. Di Indonesia, pohonkelapamerupakankomoditi paling luaspenyebarannya. Buahkelapamerupakanhasilpertanian yang hampirtiapbagiannyadapatdimanfaatkan.Namunselamainimayoritaspetanihanyamemanfaatkandagingkelapasebagaiolahanmakanan.Sedangsisanya, hanyamenjadilimbahkarenadianggaptidakbernilaiekonomis.Kalaupunadapemanfaatanterhadapsabutkelapahanyasebatasuntukbahanbakukerajinan. Padahalsabutkelapamenyimpanpotensiekonomiscukupbesar.

Penerapanteknologimekanisdalambentukmesindanperalatantepatgunadikalanganpetanisangatperluuntukdikembangkan.Tujuannya agar jumlahdanmutuproduk yang dihasilkandapatditingkatkansehinggabisameningkatkankesejahteraanpetanisecaraberkelanjutan yang mengantarkancorakpertanian yang *subsistence* kepertaniantransisimenujusistempertanian yang modern.Persyaratandariteknologi yang dimaksudadalahmudahdibuat, mudahdioperasikan, sederhana, praktis, efisien, danmudahdiserappetanikarenaharganyaterjangkau.

Permasalahan yang terjadisaatiniadalah proses pengupasansabutkelapa yang masihmenggunakanteknologikonvensionaldenganmenggunakanalatberbentukling gisdaribesiataupunkayu yang dipasangvertikaldenganujungmata di atas. Pengupasaninimemilikikelemahandiantaranya :

1. Membutuhkantenagabesardanketerampilankhusus
2. Resikotanganterkenamatapisauatau kaki tertimpakelapa
3. Membutuhkanwaktu yang cukup lama.
4. Posisipengupasankurang ideal (membungkuk)

Melihatkeadaandemikian, yang seakan-akanterasabetapasia-sianyawaktu yang terbuangpercuma, penulisberfikiruntukmenciptakanalat yang dapatdigunakanuntukmembantumempercepat proses pengupasanserabutkelapasecaraotomatis.

Setelahbeberapawaktupenulismenganalisapermasalahan yang sedangterjadi, penulismendapatkanhasil yang sesuaidenganpermasalahantersebutyaitudenganmembuatmesinpengupassabutkelapa, dimanasistemkontrolnyaberbasisMikrokontrolleryaituArduino.

Mesinpengupassabutkelapainidiharapkanbisamembantudalam proses pengupasanserabutkelapadenganmaksimaldanefektifdalampenggunaannya.

## 1.2 RumusanMasalah

Berdasarkanlatarbelakangmasalah diatas, penulismerumuskanmasalahdalamTugasAkhiriniyaitumembuatsebuahalatpengupassabutkelapa yang bisabekerjasecaraotomatisdanefektifuntukmembantupetanipengolahkelapa.

## 1.3 Alasan Pemilihan Judul

Dengan adanya permasalahandalammengupassabutkelapasecara manual, maka peneliti memilih judul ini untukmembantudalam proses mengupassabutkelapadenganlebihefektifdanefisien.

## 1.4 Tujuan Penulisan Tugas Akhir

- Membuatinovasialatpengupassabutkelapadenganprinsipkerjasederhana, efektif, efisien, tidakmenggunakantenaga yang besarsertaamandalampemakaiansehinggadapatmenghematwaktu, tenagadandapatdilakukanolehsemuakalangan.
- Mengimplementasikanteknologitepatgunadalambentukalatkepadamasyarakatberdasarkandisiplinilmu yang dipelajaridalamperkuliahan di PoliteknikNegeri Manado.

## 1.5 Batasan Masalah

Karenaluasnyapermasalahan yang adadalamsuaturancangan, sementarapenulisterikatmaslahketerbatasanwaktu, kemampuandanpengalamandalammerancangbangunsebuahalatmakapenulisperlum embatasimasalahmasalah yang akan di bahas:

- Perancanganalatpengupassabutkelapadanimplementasinya
- Perhitungandaya motor yang digunakanpadaalatpengupassabutkelapa
- PembahasanpadaDimensiAlatsertaKomponen-komponenpenyusun yang ada di dalamnya.

## 1.6 Metodologi PenulisanTugasAkhir

Metodologi yang digunakan dalam upaya memperoleh data dan informasi guna untuk berkembangnya penelitian ini, yaitu :

- Melakukankonsultasidengandosenpembimbing.
- Melakukandiskusidenganrekansatutimmaupundenganrekan-rekandiluartim yang bersediamembantu.
- Melakukanstudikepustakaan (mempelajaribuku-buku yang berkaitandenganalat yang akandirancang), sertamencarisumberinformasi lain dari internet.

## 1.7 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas mengenai latar belakang,rumusanmasalah, alasan pemilihan judul, tujuan penulisan tugas akhir, batasan masalah, metodologi penulisan tugas akhir, dansistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Dibahas mengenai dasar-dasar teori yang mendukung terhadap pembahasan tugas akhir secara garis besar.

BAB 3 PERANCANGAN ALAT

Pada bab ini akan diuraikan mengenai tempat dan waktu pembuatanalat,perancanganalat, komponen-komponen yang berkaitandenganalat, proses pembuatanalat, danprinsipkerjaalat.

BAB 4 IMPLEMENTASI DAN HASIL

Padababiniakandibahastentanghasil yang didapatkanketikamenjalankanalattersebutsertapengukuran-pengukuranyang dilakukanterhadap motor yang digunakan.

BAB 5 PENUTUP

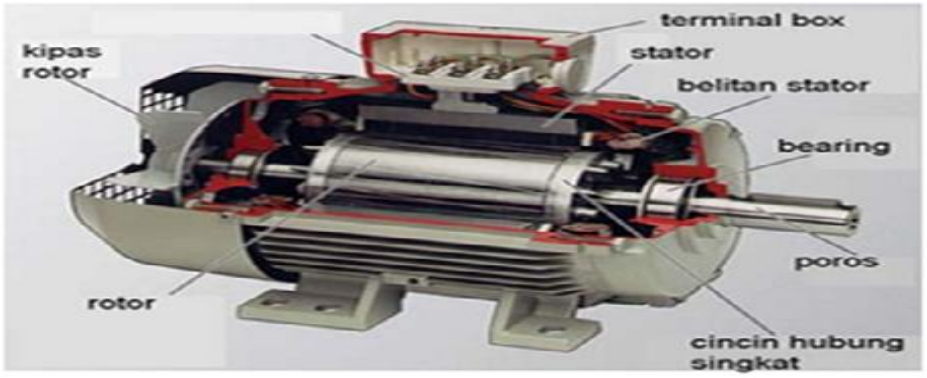
Berisikesimpulan yangdidapatkandaripembahasanpadabab 3 danbab 4, serta saran yang dapatdiberikanolehpenulispadatugasakhirini.

# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Pengertian Motor Listrik

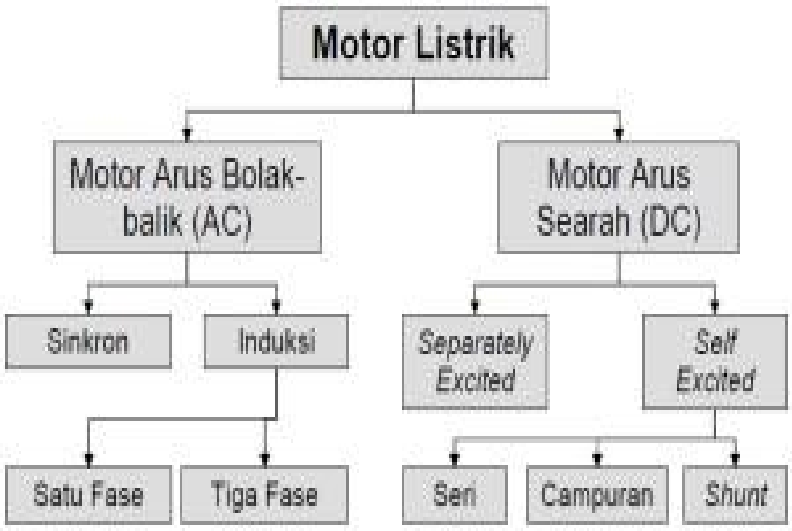
Secara umum pengertian motor listrik adalah sebuah perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energimekanik ini digunakan untuk misalnya, memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakan kompresor, mengangkat bahan, dll di industri dan digunakan juga pada peralatan listrik rumah tangga (seperti: mixer, bor listrik,kipas angin).**Motor listrik** dalam dunia industri seringkali disebut dengan istilah “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Motor listrik bekerja sebagai berikut, Listrik dipasok ke stator yang akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet ini bergerak dengan kecepatan sinkron disekitar rotor. Arus rotor menghasilkan medan magnet kedua, yang berusaha untuk melawan medan magnet stator, yang menyebabkan rotor berputar. Walaupun begitu, didalam prakteknya motor tidak pernah bekerja pada kecepatan sinkron namun pada “kecepatan dasar” yang lebih rendah. Terjadinya perbedaan antara dua kecepatan tersebut disebabkan adanya “slip/geseran” yang meningkat dengan meningkatnya beban. Slip hanya terjadi pada motor induksi. Untuk menghindari slip dapat dipasang sebuah cincin geser/ slip ring, dan motor tersebut dinamakan “motor cincin geser/slip ring motor”.




Gambar 2.1. Bagian-bagian umum pada Motor Listrik

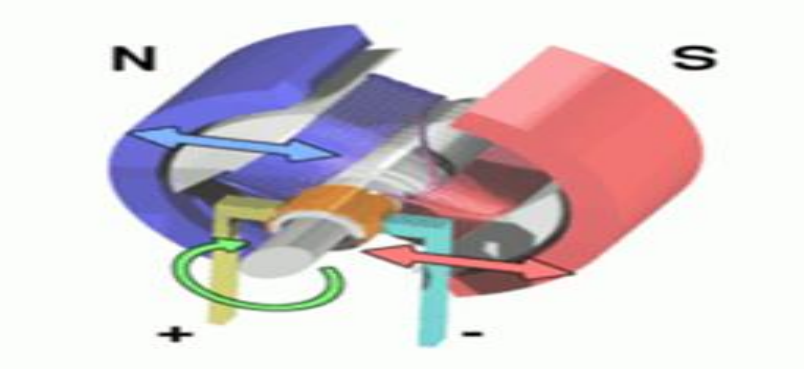
Pada dasarnya motor listrik terbagi menjadi 2 jenis yaitu motor listrik DC dan motor listrik AC. Kemudian dari jenis tersebut digolongkan menjadi beberapa klasifikasi lagi sesuai dengan karakteristiknya.




Gambar 2.2. Jenis-jenis Motor Listrik

### 2.1.1 Motor AC

Sebuah motor AC adalah motor listrik yang disuplai oleh alternating current (AC).Motor AC terbagi menjadi 2 bagian dasar, sebuah stasioner luar stator memiliki coils disertakan dengan alternating current untuk menghasilkan medan magnet berputar, dan dalam rotor melekat pada poros output yang diberikan torsi oleh medan berputar.




Gambar 2.3. Kutub pada Motor AC

Berdasarkan jenis rotornya, motor ac dibagi menjadi 2 tipe:

- Tipe pertama adalah motor induksi atau motor asinkron. Medan magnet pada rotor motor ini dibuat oleh arus terinduksi .
- Tipe kedua adalah motor sinkron , yang tidak bergantung pada induksi dan sebagai hasilnya, dapat memutar tepat pada frekuensi pasokan atau sub-kelipatan dari frekuensi pasokan. Medan magnet pada rotor baik yang dihasilkan oleh arus disampaikan melalui cincin slip atau dengan magnet permanen.

### 2.1.2 Faktor-Faktor Pemilihan Motor Listrik

Minimal hal-hal berikut harus ditetapkan dalam pemilihan motor :

- Jenis Motor : DC, AC, Satu fasa, Tiga fasa, dan sebagainya
- Daya nominal dan kecepatan
- Tegangan dan frekuensi operasi
- Jenis rumah
- Ukuran rangka
- Rincian rakitan

Faktor-faktor pemilihan motor :

- Torsi operasi, kecepatan operasi, dan daya nominal. Ingatlah bahwa ketiganya ini saling berhubungan menurut persamaan :
  *Daya = torsi x kecepatan putar*
- Torsi pengawalan
- Variasi beban yang diharapkan dan toleransi terhadap variasi kecepatan kaitannya.
- Pembatasan-pembatasan arus selama beroperasi dengan fasa-fasa pengawalan operasi.
- Siklus kerja : berapa sering motor dihidupkan dan di matikan.
- Faktor-faktor lingkungan : suhu, potensi terjadinya peristiwa korosi dan ledakan, keterbukaan terhadap segala cuaca atau terhadap cairan, ketersediaan udara pendingin, dan sebagainya.

- Variasi tegangan yang diharapkan sebagian besar motor mempunyai toleransi variasi sampai dengan ± 10% dari tegangan nominal. Lebih dari ini dibutuhkan perancangan khusus.

### 2.1.3 Ukuran Motor Listrik

Pengelompokkan motor secara kasar berdasarkan ukurannya digunakan untuk memebedakan motor-motor dengan rancangan yang serupa. Daya dalam Hp (horse power) saat ini masih sangat sering digunakan, sedangkan dalam satuan metrik, watt, atau kilowatt juga digunakan sekali-kali.

Konversinya adalah : 1,0 hp = 0,746 Kw = 746 w

Pengelompokkannya adalah sebagai berikut :

- Per ribuan hp : 1 sampai 40 mhp (millihorsepower), dimana 1 mhp = 0,001 hp. Jadi, jangkauan ini meliputi 0,001 sampai 0,040 hp (sekitar 0,75 sampai 30 w)
- Per puluhan hp : 1/20 sampai 1,0 hp (sekitar 37 sampai 764 w)
- Per satuan hp : 1,0 hp ( 0,75 w) dan di atasnya.

### 2.1.4 Prinsip Kerja Motor Listrik

Pada motor listrik, tenaga listrik diubah menjadi tenaga mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektro magnet. Sebagaimana kita ketahui bahwa : kutub-kutub dari magnet yang senama akan tolak-menolak, dan kutub-kutub tidak senama akan tarik-menarik. Maka kita dapat memperoleh gerakan jika kita menempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar, dan magnet yang lain pada suatu kedudukan yang tetap.

Prinsip kerja motor listrik pada dasarnya sama untuk semua jenis motor secara umum :

- Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya
- Ika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/loop, maka kedua sisi loop, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.

- Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/ torque untuk memutar kumparan.

Motor-motor memiliki beberapa loop pada dinamonya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

### 2.1.5 Standarisasi Motor Listrik

Motor listrik yang umum digunakan di dunia Industri adalah motor listrik asinkron, dengan dua standar global yakni IEC dan NEMA. Motor asinkron IEC berbasis metrik (milimeter), sedangkan motor listrik NEMA berbasis imperial (inch), dalam aplikasi ada satuan daya dalam horsepower (hp) maupun kiloWatt (kW).

Motor listrik dalam standard IEC dibagi menjadi beberapa kelas sesuai dengan efisiensi yang dimilikinya. Sebagai standar di Uni Eropa, pembagian kelas ini menjadi EFF1, EFF2 dan EFF3. Untuk kelas EFF1 adalah motor listrik yang paling efisien, paling sedikit memboroskan tenaga, sedangkan EFF3 sudah tidak boleh dipergunakan dalam lingkungan uni eropa, sebab memboroskan bahan bakar di pembangkit listrik dan secara otomatis akan menimbulkan buangan karbon yang terbanyak, sehingga lebih mencemari lingkungan.

Standar IEC yang berlaku adalah IEC 34-1, ini adalah sebuah standar yang mengatur rotating equipment bertenaga listrik. Ada banyak pabrik elektrik motor, tetapi hanya sebagian saja yang benar-benar mengikuti arahan IEC 34-1 dan juga mengikuti arahan level efisiensi dari Uni Eropa.Banyak produsen elektrik motor yang tidak mengikuti standar IEC dan Uni Eropa supaya produknya menjadi murah dan lebih banyak terjual, banyak negara berkembang manjdi pasar untuk produk ini, yang dalam jangka panjang memboroskan keuangan pemakai, sebab tagihan listrik yang semakin tinggi setiap tahunnya.

Lembaga yang mengatur dan menjamin level efisiensi ini adalah CEMEP, sebuah konsorsium di Eropa yang didirikan oleh pabrik-pabrik elektrik motor yang ternama, dengan tujuan untuk menyelamatkan lingkungan dengan mengurangi pencemaran karbon secara global, karena banyak daya diboroskan

dalam pemakaian beban listrik. Sebagai contoh, dalam sebuah industri rata-rata konsumsi listrik untuk motor listrik adalah sekitar 65-70% dari total biaya listrik, jadi memakai elektrik motor yang efisien akan mengurangi biaya overhead produksi, sehingga menaikkan daya saing produk, apalagi dengan kenaikan tarif listrik setiap tahun, maka pemakaian motor listrik EFF1 sudah waktunya menjadi keharusan.

### 2.1.6 Beban Motor

Mengapa mengkaji beban motor, karena sulit untuk mengkaji efisiensi motor pada kondisi operasi yangnormal, maka beban motor dapat diukur sebagai indikator efisiensi motor. Denganmeningkatnya beban, faktor daya dan efisinsi motor bertambah sampai nilaioptimumnya pada sekitar beban penuh.Persamaan berikut digunakan untuk menentukan beban :

$$\text{Beban} = \frac{P_1 \times \eta}{HP \times 0{,}7457}$$

Dimana :

$P_1$ = Daya masuk pada beban penuh dalam KW

$\eta$ = Efisiensi Motor

HP = Nilai HP pada name plate

Survei beban motor dilakukan untuk mengukur beban operasi berbagai motordi seluruh pabrik. Hasilnya digunakan untuk mengidentifikasi motor yang terlalukecil, (mengakibatkan motor terbakar) atau terlalu besar (mengakibatkan ketidakefisiensian). US DOE merekomendasikan untuk melakukan survei beban motoryang beroperasi lebih dari 1000 jam per tahun.Terdapat tiga metode untuk menentukan beban motor bagi motor yangberoperasi secara individu:

- Pengukuran daya masuk. Metode ini menghitung beban sebagaiperbandingan antara daya masuk (diukur dengan alat analisis daya) dan nilaidaya pada pembebanan 100%.Untuk menghitung besarnya daya listrik, dapat menggunakan satu dari ketiga rumus di bawah ini :

$P = V \times I$

$P = I^1 \times R$

$P = V^2/R$

Sedangkan untuk menghitung daya mekanik dari motor menggunakan rumus :

$$P_m = V.I_a - I_a^2 R_a$$

Dimana :

Pm = Daya Mekanik

$Ia^2Ra$ = Rugi daya jangkar

V.Ia = Daya yang disuplai ke jangkar motor.

- Pengukuran jalur arus. Beban ditentukan dengan membandingkan amperterukur (diukur dengan alat analisis daya) dengan laju amper. Metode inidigunakan bila faktor daya tidak dketahui dan hanya nilai amper yang tersedia.Juga direkomendasikan untuk menggunakan metode ini bila persen pembebanankurang dari 50%
- Metode Slip. Beban ditentukan dengan membandingkan slip yang terukur bilamotor beroperasi dengan slip untuk motor dengan beban penuh. Ketelitian metodeini terbatas namun dapat dilakukan dengan hanya penggunaan tachometer (tidakdiperlukan alat analisis daya).

## 2.2 Motor Induksi

Nama lain dari motor induksi adalahasinkron di mana,motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (ac) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke rotornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga. Motor

induksi yang umum dipakai adalah motor induksi 3-fase dan motor induksi 1-fase. Motor induksi 3-fase dioperasikan pada sistem tenaga 3-fase dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri, sedangkan motor induksi 1-fase dioperasikan pada sistem tenaga 1-fase yang banyak digunakan terutama pada penggunaan untuk peralatan rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, pompa air, mesin cuci dan sebagainya karena motor induksi 1-fase mempunyai daya keluaran yang rendah.

Penggunaan motor induksi sebagai motor listrik cukup banyak digunakan hal ini karena motor induksi keuntungan sebagai berikut :

1. Bentuknya sederhana, konstruksinya cukup kuat.
2. Biayanya murah dan dapat diandalkan.
3. Efisiensi tinggi pada keadaan normal, tidak memerlukan sikat sehingga rugi gesekan dapat di kurangi.
4. Perawatan yang minimum.
5. Pada waktu operasi, tidak memerlukan perawatan khusus.

Namun, di samping hal yang di atas, perlu juga diperhatikan faktor-faktor yang tidak menguntungkan sebagai berikut :

1. Pengaturan kecepatanya sangat mempengaruhi efisiensinya.
2. Kecepatannya akan berkurang jika bebannya bertambah.
3. Kopel mulanya lebih rendah dari pada mesin arus searah.

### 2.2.1 Plat nama Motor Induksi

Data-data motor induksi mengenai daya, tegangan dan data lain yang berhubungan dengan kerja motor induksi dibuatkan pada plat nama (name plate) motor induksi.Contoh data yang ditampilkan pada plat nama motor induksi ini diperlihatkan pada gambar berikut :




Gambar 2.4. Contoh data pada plat nama (name plate) motor induksi

Pelat nama motor induksi umumnya tercantum beberapa parameter–parameter penting yang harus diketehui agar dapat diaplikasikan secara optimal. Parameter-parameter tersebut :

1. Daya keluaran, biasanya dinyatakan dalam besaran kW (kilowatt) atau daya kuda (horse power).
2. Tegangan, besarnya tegangan yang dapat dipaok dan biasanya disertai pula dengan beberapa keterangan tambahan berupa jumlah factor dan frequensinya.
3. Arus, biasanya dinyatakan dalam satuan ampere.
4. Faktor daya.
5. Kecepatan putar motor, biasanya adalah kecepatan putar rotor dalam satuan permenit (rpm=rotation per minute).
6. Efisiensi.
7. Kelas desain NEMA.

   Kelas ini dibagi menjadi 5 tipe/jenis. Tiap-tiap kelas ini memoliki karakteristik tersendiri :

   Jenis rotor sangkar tupai/bajing

   - Kelas A : Kopel mula normal, danarus mula normal.
   - Kelas B : Kopel mula normal, dan arus mula rendah.
   - Kelas C : Kopel mula tinggi, dan arus mula rendah.
   - Kelas D : Rotor dengan resistansinya tinggi.

   Dan jenis rotor belitan.

8. Kelas isolasi

   Adapun kelas isolasi menurut standar NEMA (MGI – 1987) terdiri atas kelas-kleas sebagai berikut (untuk motor induksi yang berkerja terus menerus)

   - Kelas B maksimum suhu ruang (ambient temperarure) $80^0$C.
   - Kelas F maksimum suhu ruang $105^0$C.
   - Kelas H maksimum suhu ruang $125^0$C.

### 2.2.2 Konstruksi Motor Induksi

Motor induksi pada dasarnya mempunyai 3 bagian penting sebagai berikut:

**1. Stator**

Stator merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya.Stator merupakan bagian dari motor yang tidak bergerak (stasioner/statis). Stator berupa kumparan yang dialiri dengan arus bolak-balik untuk menghasilkan medan magnet yang berputar. Stator ini terbentuk atas lapisan plat-plat tipis dengan sejumlah pole yang tersusun melingkar, seperti jari-jari pada roda. Seutas kawat tembaga dililitkan sebanyak sekian lilitan/putaran di tiap-tiap pole. Konstruksi stator motor induksi pada dasarnya terdiri dari bagian-bagian 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.

Rangka stator motor induksi ini didisain dengan baik dengan empat tujuan yaitu:

1. Menutupi inti dan kumparannya.
2. Melindungi bagian-bagian mesin yang bergerak dari kontak langsung dengan manusia dan dari goresan yang disebabkan oleh gangguan objek atau gangguan udara terbuka (cuaca luar).
3. Menyalurkan torsi ke bagian peralatan pendukung mesin dan oleh karena itu stator didesain untuk tahan terhadap gaya putar dan goncangan.
4. Berguna sebagai sarana rumahan ventilasi udara sehingga pendinginan lebih efektif.

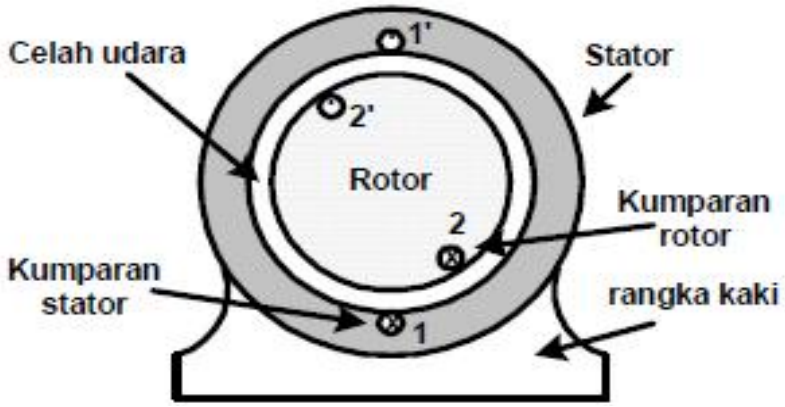


Gambar 2.5. Contoh gambar stator

**2. Celah**

Diantara stator dan rotor terdapat celah udara yang merupakan ruangan antara stator dan rotor. Pada celah udara ini lewat fluks induksi stator yang memotong kumparan rotor sehingga meyebabkan rotor berputar. Celah udara yang terdapat antara stator dan rotor diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil kerja motor yang optimum.

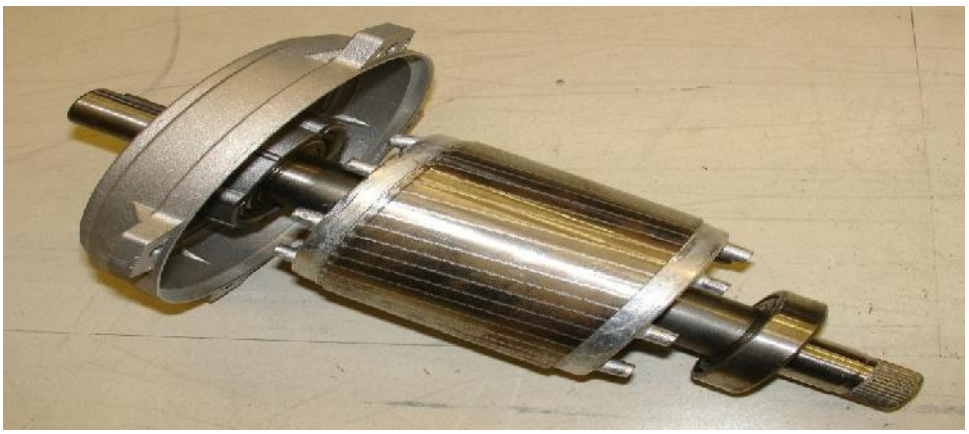
Bila celah udara antara stator dan rotor terlalu besar akan mengakibatkan efisiensi motor induksi rendah, sebaliknya bila jarak antara celah terlalu kecil/sempit akan menimbulkan kesukaran mekanis pada mesin .




Gambar 2.6. Celah udara yang terdapat antara stator dan rotor

**3. Rotor**

Rotor merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor.Rotor merupakan bagian dari motor listrik yang mengalami perputaran. Perputaran rotor disebabkan karena adanya medan magnet dan lilitan kawat pada rotor. Sedangkan torsi dari perputaran rotor ditentukan oleh banyaknya lilitan kawat dan juga diameternya.



Gambar 2.7. Salah satu contoh bentuk dari rotor

Pada rotor terdapat kutub - kutub magnet dengan lilitan-lilitan kawatnya dialiri oleh arus searah. Kutub magnet rotor terdiri dua jenis yaitu :

- Rotor kutub menonjol (salient), adalah tipe yang dipakai untuk generator-generator kecepatan rendah dan menengah.
- Rotor kutub tidak menonjol atau rotor silinder digunakan untuk generator-generator turbo atau generator kecepatan tinggi.

Terdapat dua jenis motor AC, tergantung pada tipe rotor yang digunakan:

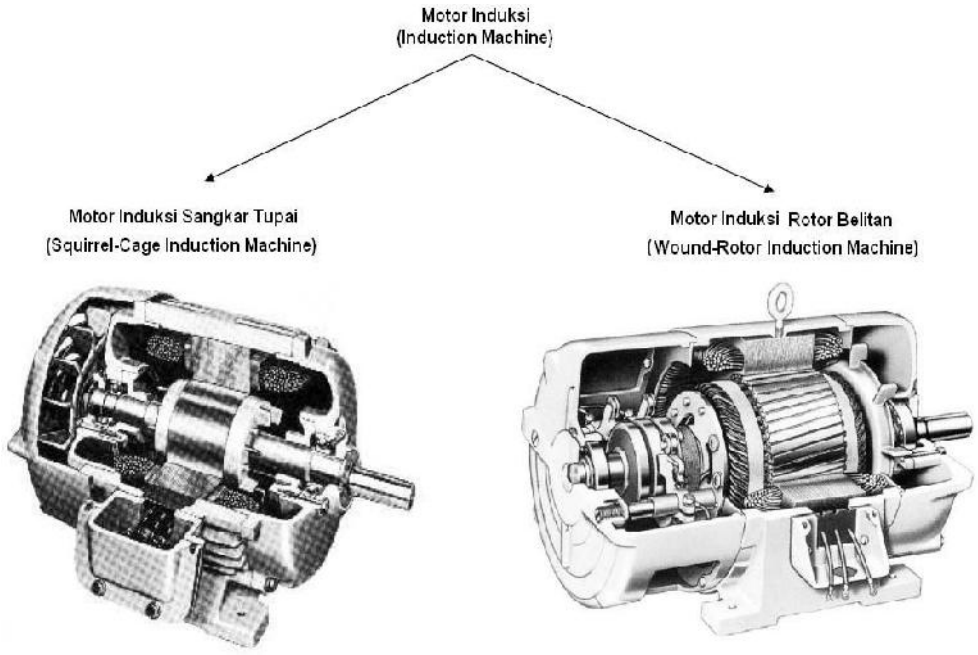
- Tipe pertama adalah motor induksi atau motor asinkron. Medan magnet pada rotor motor ini diciptakan oleh arus induksi.
- Tipe kedua adalah motor sinkron, yang tidak bergantung pada induksi. sebagai hasilnya, dapat memutar tepat pada frekuensi supply atau kelipatan dari frekuensi supply.

Berdasarkan bentuk konstruksi rotornya, maka motor induksi dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

a. Motor induksi dengan rotor sangkar (squirrel cage)

Bagian mesin yang berputar bebas danletaknya bagian dalam. Terbuat dari besi laminasi yang mempunayi slot denganbatang alumunium / tembaga yang dihubungkan singkat pada ujungnya.

b. Motor induksi dengan rotor belitan (wound rotor)




Gambar 2.8. Rotor sangkar dan belitan.

Konstruksi rotor motor induksi terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut :

1. Inti rotor, bahannya dari besi lunak atau baja silikon sama dengan inti stator.
2. Alur, bahannya dari besi lunak atau baja silikon sama dengan inti. Alur merupakan tempat meletakkan belitan (kumparan) rotor.
3. Belitan rotor, bahannya dari tembaga.
4. Poros atau as.

### 2.2.3 Karakteristik Motor Induksi

Berdasarkan Standar yang dikeluarkan oleh National Electrical Manufacturers Association (NEMA) Motor Rotor sangkar dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas berdasarkan karakteristik:

a) Motor kelas A
   - Mempunyai rangkaian resistansi ritor kecil

- Beroperasi pada slip sangat kecil (s<0,01) dalam keadaan berbeban
- Untuk keperluan torsi start yang sangat kecil

b) Motor kelas B
   - Untuk keperluan umum, mempunyai torsi starting normal dan arus starting normal
   - Regulasi kecepatan putar pada saat full load rendah (dibawah 5%)
   - Torsi starting sekitar 150% dari rated
   - Walaupun arus starting normal, biasanya mempunyai besar 600% dari full load

c) Motor kelas C
   - Mempunyai torsi statring yang lebih besar dibandingkan motor kelas B
   - Arus starting normal, slip kurang dari 0,05 pada kondisi full load
   - Torsi starting sekitar 200% dari rated
   - Untuk konveyor, pompa, kompresor dll

### 2.2.4 Prinsip Kerja Motor Induksi

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul emf (ggl) atau tegangan induksi dan karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor. Penghantar (kumparan) rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya fluks yangberasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya Lorentzyang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan arahpergerakan medan induksi stator.. Pada rangka stator terdapat kumparan stator yang ditempatkan pada slot-slotnya yang dililitkan pada sejumlah kutup tertentu. Jumlah kutup ini menentukan kecepatan berputarnya medan stator yang terjadi yang diinduksikan ke rotornya.

Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor sehingga terinduksi arus, rotor pun akan turutberputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara stator danrotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor yang olehkarenanya akan memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antaramedan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi. Bila bebanmotor bertambah, putaran rotor cenderung menurun.Pada rangka stator terdapat kumparan stator yang ditempatkan pada slotslotnyayang dililitkan pada sejumlah kutup tertentu. Jumlah kutup ini menentukankecepatan berputarnya medan stator yang terjadi yang diinduksikan ke rotornya.Makin besar jumlah kutup akan mengakibatkan makin kecilnya kecepatan putarmedan stator dan sebaliknya. Kecepatan berputarnya medan putar ini disebutkecepatan sinkron. Besarnya kecepatan sinkron ini adalah sebagai berikut.

Ns = 60. f / P (putaran/menit, rpm)

Dimana : f = frekuensi sumber AC (Hz)

P = jumlah pasang kutup

### 2.2.5 Sumber Daya Motor AC dan Informasi Umum Motor AC

Sumber daya arus bolak-balik (AC) dimaksudkan untuk memasok kebutuhan listrik dalam berbagai industri, perdagangan, atau pelanggan tetap yang disalurkan dalam kondisi yang beragam. Sumber daya AC dikelompokkan menjadi 1 fasa atau 3 fasa. Beberapa tegangan nominal yang biasanya tersedia dalam sumber daya AC didaftarkan dalam tabel berikut :

| **Tegangan (v) Sistem** | **Tegangan (v) Nominal Motor** | |
|---|---|---|
| | **Satu Fasa** | **Tiga Fasa** |
| 120 | 115 | 115 |
| 120/208 | 115 | 200 |

| | | |
|---|---|---|
| 240 | 230 | 230 |
| 480 | - | 480 |
| 600 | - | 575 |

Tabel 2.1. Tegangan nominal dalam sumber daya AC.

Di dalam tabel ini dicantumkan tegangan 21omput dan tegangan nominal motor yang lazim untuk 21omput satu fasa atau tiga fasa. Dalam sebagian besar kasus, untuk suatu nilai daya tertentu digunakan tegangan tinggi yang tersedia agar arus yang mengalir lebih kecil. Dengan demikian dapat digunakan kawat konduktor yang kecil.

### 2.2.6 Kecepatan Putar Motor Induksi

Sebuah motor AC tanpa beban akan cenderung beroperasi pada sekitar kecepatan putar sinkronnya ($n_s$) yang mempunyai hubungan dengan frekuensi (f) dan jumlah kutub listrik (p) yang dililitkan di dalam motor, menurut persamaan :

$$n_s = \frac{1 \quad f}{p} \text{ rpm}$$

Motor-motor ini mempunyai jumlah kutub genap, biasanya dari 2 sampai 12, yang menghasilkan kecepatan putar seperti pada tabel berikut (untuk daya 60 Hz) :

| **Jumlah Kutub** | **Kecepatan putar sinkron (rpm)** | **Kecepatan putar beban penuh (rpm)** |
|---|---|---|
| 2 | 3600 | 3450 |
| 4 | 1800 | 1725 |

| | | |
|---|---|---|
| 6 | 1200 | 1140 |
| 8 | 900 | 850 |
| 10 | 720 | 690 |
| 12 | 600 | 575 |

Tabel 2.2. Jumlah kutub genap pada motor AC dan hasil kecepatan putarnya.

Tetapi motor induksi yang merupakan jenis motor yang paling banyak digunakan, beroperasi dengan kecepatan yang semakin lebih lambat dari kecepatan putar sinkronnya, dengan semakin meningkatnya beban (torsi). Pada saat meneruskan torsi nominal, motor jenis ini akan beroperasi dengan kecepatan sekitar kecepatan nominalnya atau kecepatan beban penuhnya. Beberapa motor 4 kutub mempunyai kecepatan putar nominal 1750 rpm pada beban penuh yang menunjukkan hanya mengalami selip sekitar 3%. Tetapi untuk jenis motor sinkron selalu beroperasi tanpa selip dan berputar secara tepat sama dengan kecepatan putar sinkronnya.

### 2.2.7 Proteksi Motor Induksi

Secara umum ada 2 macam pengaman/proteksi yang perlu dilengkapi dalam pengoperasian motor induksi yaitu :

- Pengaman beban lebih
- Pengaman hubung singkat

Pengaman beban lebih biasanya berupa peralatan dari logam (bimeta), mempunyai respon terhadap besarnya arus yang mengalir, semakin besar arus yang mengalir, semakin cepat waktu responya.

Pengaman beban lebih ini memberikan terhadap kondisi abnormal sebagai berikut :

- Beban lebih (overload).
- Salah satu kawat fasa terlepas (single phasing), yang mengakibatkan arus pada kumparan stator tidak seimbang, sehingga menimbulkan komponen arus urutan 23omputer yang akan menyebabkan panas pada rotor dan kenaikan temperature.
- Rotor terkunci (stalling), biasanya akibat beban yang di pikul motor terlalu berat atau bantalan yang tidak berpelumas lagi, yang mengakibatkan rotor tidak dapat berputar, hanya terdengar suara mesin yang mendengung.
- Tegangan rendah (undervoltage), dengan pasokan tegangan yang lebih rendah dari pada nilai nominalnya maka arus yang mengalir akan lebih besar dari nilai nominalnya untuk menanggung beban penuhnya (untuk P yang sama, V↓ => I↑).
- Pengaturan yang berat (heavy starting).

Sedangkan pengaman hubung singkat hanya memberikan pengaman untuk arus yang tiba-tiba sangat membesar, seperti keadaan kegagalan isolasi pada kumparan karena kenaikan suhu yang mengakibatkan terjadinya hubungan singkat antara fasa dengan tanah (ground). Waktu responnya 23omputer jauh lebih singkat dari pada waktu pengaman beban lebih.

### 2.2.8 Efisiensi Motor Induksi

Efisiensi motor dapat didefinisikan sebagai “perbandingan daya keluaranmotor yang dirgunakan terhadap daya masukan pada terminalnya”, yang dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$\eta = \frac{\mathbf{P}o}{\mathbf{P}i} \text{x } 100\%$$

Dengan :

η = efisiensi motor (%)

**P***out* = Keluaran Mekanis

**P***in* = Masukan Daya

Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi adalah:

1. Usia. Motor baru lebih efisien
2. Kapastas. Sebagaimana pada 24omput kebanyakan peralatan, efisiensi motormeningkat dengan laju kapasitasnya.
3. Kecepatan. Motor dengan kecepatan yang lebih tinggi biasanya lebih efisien.
4. Jenis rotor. Sebagai contoh, bahwa motor dengan rotor sangkar biasanya lebih efisien dari pada motor dengan rotor belitan / cincin geser.
5. Suhu. Motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total (TEFC) lebihefisien daripada motor screen protected drip-proof (SPDP).
6. Penggulungan ulang motor dapat mengakibatkan penurunan efisiensi.
7. Beban, seperti yang dijelaskan dibawah

Efisiensi motor ditentukan oleh rugi-rugi atau kehilangan dasar yang hanya dapat dikurangi oleh perubahan pada rancangan dasar motor dan kondisi system operasi. Kehilangan dapat bervariasi dari kurang lebih dua persen hingga 20 persen.

| **Jenis Kehilangan** | **Presentase kehilangan total 100%** |
|---|---|
| Kehilangan tetap atau kehilangan inti | 25 |
| Kehilangan variable = Kehilangan stator $I^2R$ | 34 |
| Kehilangan variable = Kehilangan rotor $I^2R$ | 21 |

| | |
|---|---|
| Kehilangan gesekan dan pengulangan ulang | 15 |
| Kehilangan beban yang menyimpang | 5 |

Tabel 2.3. Jenis kehilangan pada motor induksi (sumber : BEE India, 2004)

Terdapat hubungan yang jelas antara efisiensi motor dan beban. Pabrik motor membuat rancangan motor untuk beroperasi pada beban 50-100% dan akan paling efisien pada beban antara 75% samapi dengan 80%.. Tetapi, jika beban turun dibawah 50% efisiensi turun dengan cepat. Mengoperasikan motor dibawah laju beban 50% memiliki dampak pada 25omput dayanya. Efisiensi motor yang tinggi dan 25omput daya yang mendekati 1 sangat diinginkan untuk operasi yang efisien dan untuk menjaga biaya rendah untuk seluruh pabrik, tidak hanya untuk motor. Untuk 25ompute ini maka dalam mengkaji kinerja motor akan bermanfaat bila menentukan beban dan efisiensinya. Pada 25omput kebanyakan 25omput, merupakan persyaratan bagi pihak pembuat untuk menuliskan efisiensi beban penuh pada pelat label / plat nama motor. Namun demikian, bila motor beroperasi untuk waktu yang cukup lama, kadang-kadang tidak mungkin untuk mengetahui efisiensi tersebut sebab pelat label motor kadangkala sudah hilang atau sudah dicat. Untuk mengukur efisiensi motor, maka motor harus dilepaskan sambungannya dari beban dan dibiarkan untuk melalui serangkaian uji. Hasil dari uji tersebut kemudiandibandingkan dengan grafik kinerja standar yang diberikan oleh pembuatnya.

### 2.2.9 Pemeliharaan Motor Induksi

Hampir semua inti motor dibuat dari baja 25ompute atau baja gulung dingin yang dihilangkan karbonnya, sifat-sifat listriknya tidak berubah dengan usia. Walau begitu, perawatan yang buruk dapat memperburuk efisiensi motor karena umur motor dan operasi yang tidak handal. Sebagai contoh, pelumasan yang tidak benar dapat menyebabkan meningkatnya gesekan pada motor dan

penggerak transmisi peralatan. Kehilangan resistansi pada motor, yang meningkat dengan kenaikan suhu. Kondisi ambien dapat juga memiliki pengaruh yang merusak pada kinerja motor. Sebagai contoh, suhu ekstrim, kadar debu yang tinggi, atmosfir yang korosif, dan kelembaban dapat merusak sifat-sifat bahan isolasi; tekanan mekanis karena siklus pembebanan dapat mengakibatkan kesalahan penggabungan. Perawatan yang tepat diperlukan untuk menjaga kinerja motor. Sebuah daftar periksa praktek perawatan yang baik akan meliputi sebagai berikut.

1. Pemeriksaan motor secara teratur untuk pemakaian *bearings* dan rumahnya (untuk mengurangi kehilangan karena gesekan) dan untuk kotoran/debu pada saluran ventilasi motor (untuk menjamin pendinginan motor)
2. Pemeriksaan kondisi beban untuk meyakinkan bahwa motor tidak kelebihan atau kekurangan beban. Perubahan pada beban motor dari pengujian terakhir mengindikasikan suatu perubahan pada beban yang digerakkan, penyebabnya yang harus diketahui.
3. Pemberian pelumas secara teratur. Fihak pembuat biasanya memberi rekomendasi untuk cara dan waktu pelumasan motor. Pelumasan yang tidak cukup dapat menimbulkan masalah, seperti yang telah diterangkan diatas. Pelumasan yang berlebihan dapat juga menimbulkan masalah, misalnya minyak atau gemuk yang berlebihan dari *bearing* motor dapat masuk ke motor dan menjenuhkan bahan isolasi motor, menyebabkan kegagalan dini atau mengakibatkan resiko kebakaran.
4. Pemeriksaan secara berkala untuk sambungan motor yang benar dan peralatan yang digerakkan. Sambungan yang tidak benar dapat mengakibatkan sumbu as dan *bearings* lebih cepat aus, mengakibatkan kerusakan terhadap motor dan peralatan yang digerakkan.
5. Dipastikan bahwa kawat pemasok dan ukuran kotak terminal dan pemasangannya benar. Sambungan-sambungan pada motor dan *starter* harus diperiksa untuk meyakinkan kebersihan dan kekencangnya.

6. Penyediaan ventilasi yang cukup dan menjaga agar saluran pendingin motor bersih untuk membantu penghilangan panas untuk mengurangi kehilangan yang berlebihan. Umur isolasi pada motor akan lebih lama: untuk setiap kenaikan suhu operasi motor 10˚C diatas suhu puncak yang direkomendasikan, waktu pegulungan ulang akan lebih cepat, diperkirakan separuhnya.

## 2.3 PUIL 2000 Tentang Motor

### 2.3.1 Riwayat/Sejarah PUIL 2000

Peraturan instalasi listrik yang pertama kali digunakan sebagai pedoman beberapa instansi yang berkaitan dengan instalasi listrik adalah AVE (Algemene Voorschriften voor Electrische Sterkstroom Instalaties) yang diterbitkan sebagai Norma N 2004 oleh Dewan Normalisasi Pemerintah Hindia Belanda. Kemudian AVE N 2004 ini diterjemahkan ke dalam bahasa Indonesia dan diterbitkan pada tahun 1964 sebagai Norma Indonesia N16 yang kemudian dikenal sebagai Peraturan Umum Instalasi Listrik disingkat PUIL 1964, yang merupakan penerbitan pertama kalinya. Sedangkan PUIL 1977 adalah penerbitan yang kedua kali dan PUIL 1987 adalah penerbitan PUIL yang ketiga kalinya yang merupakan hasil penyempurnaan atau revisi dari PUIL sebelumnya, kemudian PUIL 2000 merupakan terbitan keempat. Jika dalam penerbitan PUIL 1964, PUIL 1977 dan PUIL 1987 nama bukunya adalah Peraturan Umum Instalasi Listrik, maka PUIL pada penerbitan tahun 2000, namanya menjadi PERSYARATAN UMUM INSTALASI LISTRIK dengan tetap mempertahankan singkatan yang sama yaitu PUIL.

Penggantian kata "Peraturan" menjadi "Persyaratan" dianggap lebih tepat karena pada kata "Peraturan" mengandung pengertian adanya kewajiban untuk mematuhi ketentuan dan sangsinya. Sebagaimana diketahui sejak AVE sampai PUIL 1987 pengertian kewajiban mematuhi ketentuan tidak dibarengi dengan pemberian sangsi apabila kewajiban tidak dipatuhi. Sementara “Persyaratan” selain mengandung hal-hal yang dapat dijadikan peraturan juga mengandung

rekomendasi ataupun ketentuan atau persyaratan teknis yang dapat dijadikan pedoman dalam pelaksanaan pekerjaan instalasi listrik.

Sejak dilakukannya penyempurnaan PUIL 1964, publikasi atau terbitan standar IEC (*International Electrotechnical Commission*) khususnya IEC 60364 menjadi salah satu acuan utama disamping standar internasional lainnya. Juga dalam terbitan PUIL 2000, usaha untuk mengadopsi IEC ke dalam PUIL terus dilakukan, walaupun demikian dari segi kemanfaatan atau kesesuaian dengan situasi dan kondisi di Indonesia beberapa ketentuan juga mengacu pada standar dari NEC (National Electric Code), VDE (*Verband Deutscher Elektrotechniker*) dan SAA (*Standards Association Australia*).

PUIL 2000 merupakan hasil revisi dari PUIL 1987, yang dilaksanakan oleh Panitia Revisi PUIL 1987 yang ditetapkan oleh Menteri Pertambangan dan Energi dalam Surat Keputusan Menteri No. 24-12/40/600.3/1999, tertanggal 30 April 1999 dan No. 51-12/40/600.3/1999, tertanggal 20 Agustus 1999. Anggota Panitia Revisi PUIL tersebut terdiri dari wakil dari berbagai departemen seperti Departemen Pertambangan dan Energi, Departemen Kesehatan, Departemen Tenaga Kerja, Departemen Perindustrian dan Perdagangan, wakil dari berbagai perusahaan dan asosiasi seperti Badan Standarisasi Nasional, PT. PLN, PT. PERTAMINA, PT. Schneider Indonesia, YUPTL, APPI, AKLI, INKINDO, APKABEL, APITINDO, MKI, HAEI, wakil dari berbagai Perguruan Tinggi seperti ITB, ITI, ISTN, UNTAG, STTY-PLN, dan pihak-pihak lain yang terkait.

### 2.3.2 Ringkasan Isi PUIL 2000

Bagian 1 dan bagian 2 tentang pendahuluan dan persyaratan dasar yang merupakan padanan dari IEC 364-1 Part 1 dan Part 2 tentang Scope, Object FundamentalPrinciple and Definitions.

Bagian 3 tentang proteksi untuk keselamatan, banyak mengacu pada IEC 60364 Part 4 tentang Protection for Safety. Bahkan istilah yang berkaitan dengan

tindakan proteksi seperti SELV yang dalam bahasa Indonesia dikenal dengan tegangan ekstra rendah pengaman digunakan sebagai istilah baku, demikian pula istilah PELV dan FELV. PELV adalah istilah SELV yang dibumikan, sedang FELV adalah sama dengan tegangan ekstra rendah fungsional. Sistem kode untuk menunjukkan tingkat proteksi yang diberikan oleh selungkup dari sentuh langsung ke bagian berbahaya, seluruhnya diambil dari IEC dan kode IP (*International Protection*). Demikian pula halnya dalam pengkodean jenis pembumian. Kode TN mengganti kode PNP dalam PUIL 1987, demikian juga kode TT untuk PP dan kode IT untuk kode HP.

Bagian 4 tentang perancangan instalasi listrik, dalam IEC 60364 Part 3 yaitu Assessment of General Characteristics, tetapi isinya banyak mengutip dari SAA WiringRules dalam Section General Arrangment tentang perhitungan kebutuhan maksimum dan penetuan jumlah titik sambung pada sirkit akhir.

Bagian 5 tentang perlengkapan listrik, mengacu pada IEC 60364 Part 5 yaitu Selection and Erection of Electrical Equipment dan standar NEC.

Bagian 6 tentang Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHB) serta komponennya, merupakan pengembangan Bab 6 PUIL 1987 dengan ditambah unsur-unsur dari NEC.

Bagian 7 tentang penghantar dan pemasangannya tidak banyak berubah dari Bab 7 PUIL 1987. Perubahan yang ada mengacu pada IEC, misalnya cara penulisan kelas tegangan dari penghantar. Ketentuan dalam bagian 7 ini banyak mengutip dari standar VDE. Dan hal-hal yang berkaitan dengan tegangan tinggi dihapus.

Bagian 8 tentang ketentuan untuk berbagai ruang dan instalasi khusus merupakan pengembangan dari Bab 8 PUIL 1987. Dalam PUIL 2000 dimasukkan pula klarifikasi zona yang diambil dari IEC, yang berpengaruh pada pemilihan dari perlengkapan listrik dan cara pemasangannya diberbagai ruang khusus. Ketentuan dalam bagian 8 ini merupakan bagian dari IEC 60364 Part 7 yaitu Requirment for Special Instalation or Locations.

Bagian 9 meliputi Pengusahaan instalasi listrik. Pengusahaan dimaksudkan sebagai perancangan, pembangunan, pemasangan, pelayanan, pemeliharaan,

pemeriksaan dan pengujian instalasi listrik serta proteksinya. Di IEC 60364, pemeriksaan dan pengujian awal instalasi listrik dibahas dalam Part 6 yaitu tentang Verification.

PUIL 2000 berlaku untuk instalasi listrik dalam bangunan dan sekitarnya untuk tegangan rendah sampai 1000V arus bolak balik dan 1500V arus searah dan gardu transformator distribusi tegangan menengah sampai 35KV. Ketentuan tentang transformator distribusi tegangan menengah mengacu pada NEC 1999.

Pembagian dalam sembilan bagian dengan judulnya pada dasarnya sama dengan bagian yang sama pada PUIL 1987. PUIL 2000 tidak menyebutkan pembagiannya dalam pasal, subpasal, ayat atau subayat. Perbedaan tingkatnya dapat dilihat dari sistem penomorannya dengan digit. Contohnya Bagian 4 dibagi dalam 4.1; 4.2 dan seterusnya. Sedangkan 4.2 dibagi dalam 4.2.1 sampai 4.2.9, dibagi lagi dalam 4.2.9.1 sampai dengan 4.2.9.4. Jadi untuk menunjuk kepada suatu ketentuan cukup dengan menuliskan nomor dengan jumlah digitnya.

Seperti halnya pada PUIL 1987, PUIL 2000 dilengkapi pula dengan indeks dan lampiran-lampiran lainnya pada akhir buku. Lampiran mengenai pertolongan pertama pada korban kejut listrik yang dilakukan dengan pemberian pernafasan bantuan, diambilkan dari standar SAA, berbeda dengan PUIL 1987.

Persyaratan Umum Instalasi Listrik ini berlaku untuk semua pengusahaan instalasi listrik tegangan rendah arus bolak balik sampai 1000V, arus searah 1500V dan tegangan menengah sampai 35KV dalam bangunan dan sekitarnya baik perancangan, pemasangan, pemeriksaan dan pengujian, pelayanan, pemeliharaan maupun pengawasannya dengan memperhatikan ketentuan yang terkait.

Persyaratan Umum Instalasi Listrik ini merupakan hasil penyempurnaan Peraturan Umum Instalasi Listrik 1987 dengan memperhatikan standar IEC, terutama terbitan TC 64 "Electrical Instalation of Buildings" dan standar internasional lainnya yang terkait. Penunjukan dalam Persyaratan dalam PUIL 2000 dilakukan dengan menyebutkan nomornya, dan PUIL 2000 ini diberlakukan untuk seluruh wilayah Republik Indonesia.

### 2.3.3 Isi PUIL 2000 tentang Motor

Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000 tentang Motor, yaitu terdapat pada bagian 5.5 yaitu tentang “Motor, Sirkit, dan Kendali”.

5.5.1 Syarat Umum

- Pada pelat nama setiap motor harus terdapat keterangan atau tanda mengenai hal berikut (5.5.1.1) :
  a) nama pembuat;
  b) tegangan pengenal;
  c) arus beban pengenal;
  d) daya pengenal;
  e) frekuensi pengenal dan jumlah fase untuk motor arus bolak balik;
  f) putaran per menit pengenal;
  g) suhu lingkungan pengenal dan kenaikan suhu pengenal;
  h) kelas isolasi;
  i) tegangan kerja dan arus beban penuh sekunder untuk motor induksi rotor lilit;
  j) jenis lilitan : shunt, kompon, atau seri untuk motor arus searah;
  k) daur kerja.
- Setiap motor dan lengkapannya yang hendak dipasang harus dalam keadaan baik serta dirancang dengan tepat untuk maksud penggunaannya dan sesuai dengan keadaanlingkungan tempat motor dan lengkapan tersebut akan digunakan (5.5.1.2)
- Motor harus tahan tetes, tahan percikan air, tahan hujan, kedap air, atau memilikikualitas lain yang sesuai dengan keadaan lingkungan tempat motor itu hendak dipasang (5.5.1.3)
- Motor terbuka yang mempunyai komutator atau cincin pengumpul, harus ditempatkan atau dilindungi sedemikian rupa sehingga bunga api tidak dapat mencapaibahan yang mudah terbakar di sekitarnya (5.5.1.4)
- Motor harus dipasang sedemikian rupa sehingga pertukaran udara sebagai pendinginnya cukup terjamin (5.5.1.5)

- Pengendalian (5.5.1.6)
    - Motor harus dipasang sedemikian rupa sehingga dapat dijalankan, diperiksa, dan dipelihara dengan mudah dan aman (5.5.1.6.1)
    - Pemasangan motor harus diusahakan sedemikian rupa sehingga pelat nama motor mudah terbaca (5.5.1.6.2)
    - Lengkapan pengatur dan perlengkapan kendali harus dapat dijalankan, diperiksa, dan dipelihara dengan mudah dan aman (5.5.1.6.3)
- Motor yang dipasang magun harus dikukuhkan dengan sekrup, baut, atau pengukuh lain yang setaraf (5.5.1.7)
- Motor harus dilindungi dengan tepat di tempat yang kemungkinan besar menimbulkan kerusakan mekanik (5.5.1.8)

5.5.2 Keadaan lingkungan

- Dalam lingkungan yang lembab harus digunakan motor yang tahan lembab dan jalan masuk kabelnya harus dilengkapi dengan paking atau busing, atau harus dapat dipasangi pipa berulir (5.5.2.1)
- Lingkungan berdebu (5.5.2.2)
    - Dalam lingkungan berdebu, motor harus tertutup rapat atau kedap debu, atau dirancang secara lain yang setaraf (5.5.2.2.1)
    - Dalam lingkungan berdebu, yang menyebabkan debu atau bahan beterbanganberkumpul di atas atau di dalam motor, sehingga mengakibatkan suhu yang berbahaya,harus digunakan jenis motor yang tidak menjadi terlalu panas dalam keadaan tersebut. Ditempat yang sangat berdebu, mungkin perlu digunakan motor yang berventilasi memakaipipa, atau motor ditempatkan dalam ruang kedap debu dengan pertukaran udara dari sumber udara bersih (5.5.2.2.2)
- Motor yang ditempatkan dalam lingkungan gas atau uap yang mudah terbakar, harus memenuhi ketentuan dalam pasal yang bersangkutan dalam BAB 8 (5.5.2.3)

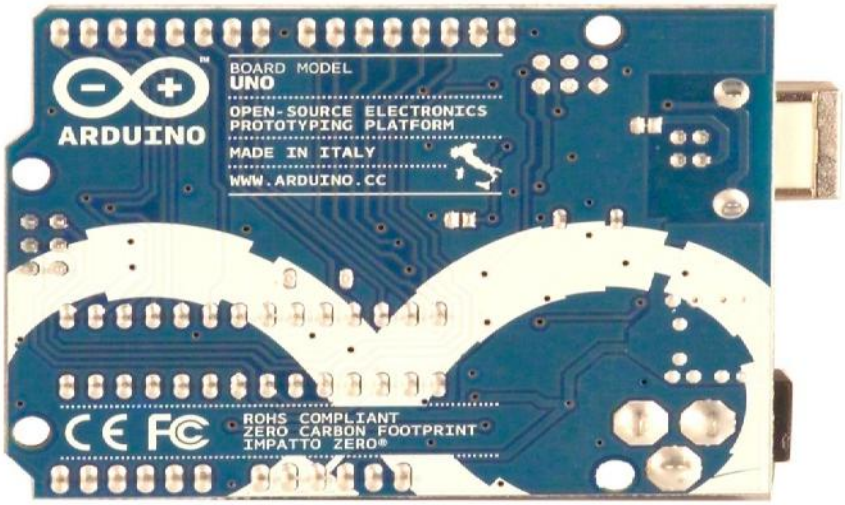
– Motor yang ditempatkan dalam lingkungan debu yang mudah terbakar harusmemenuhi ketentuan dalam 8.5 (5.5.2.4)
– Motor yang ditempatkan dalam lingkungan bahan korosi, harus memenuhi 8.9 (5.5.2.5)

## 2.4 Mikrokontroller Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328 (datasheet). Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuat tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah computer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.




Gambar 2.9. Arduino Uno (tampak depan)




Gambar 2.10. Arduino Uno (tampak belakang)

Arduino Uno berbeda dari semua board Arduino sebelumnya, Arduino UNO tidak menggunakan chip driver FTDI USB-to-serial. Sebaliknya, fitur-fitur Atmega16U2 (Atmega8U2 sampai ke versi R2) diprogram sebagai sebuah pengubah USB ke serial. Revisi 2 dari board Arduino Uno mempunyai sebuah resistor yang menarik garis 8U2 HWB ke ground, yang membuatnya lebih mudah untuk diletakkan ke dalam DFU mode. Revisi 3 dari board Arduino UNO memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut: Pinout 1.0: ditambah pin SDA dan SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya yang diletakkan dekat dengan pin RESET, IOREF yang memungkinkan shield-shield untuk menyesuaikan tegangan yang disediakan dari board. Untuk ke depannya, shield akan dijadikan kompatibel/cocok dengan board yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan tegangan 5V dan dengan Arduino Due yang beroperasi dengan tegangan 3.3V. Yang ke-dua ini merupakan sebuah pin yang tak terhubung, yang disediakan untuk tujuan kedepannya.

- Sirkit RESET yang lebih kuat
- Atmega 16U2 menggantikan 8U2

“Uno” berarti satu dalam bahasa Italia dan dinamai untuk menandakan keluaran (produk) Arduino 1.0 selanjutnya. Arduino UNO dan versi 1.0 akan menjadi referensi untuk versi-versi Arduino selanjutnya. Arduino UNO adalah sebuah seri terakhir dari board Arduino USB dan model referensi untuk papan Arduino, untuk suatu perbandingan dengan versi sebelumnya.

| | |
|---|---|
| *Mikrokontroller* | Atmega328 |
| Operasi *Voltage* | 5V |
| Input *Voltage* | 7-12 V (Rekomendasi) |
| Input *Voltage* | 6-20 V (limits) |
| I/O | 14 pin (6 pin untuk PWM) |
| Arus<br>Flash Memory | 50 mA<br>32KB |
| Bootloader | SRAM 2 KB |
| EEPROM | 1 KB |
| Kecepatan | 16 Mhz |

Tabel 2.4. Deskripsi Arduino Uno

### 2.4.1 Daya (Power)

Arduino UNO dapat disuplai melalui koneksi USB atau dengan sebuah power suplai eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Suplai eksternal (non-USB) dapat diperoleh dari sebuah adaptor AC ke DC atau battery. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan sebuah center-positive plug yang panjangnya 2,1 mm ke power jack dari board. Kabel lead dari sebuah battery dapat dimasukkan dalam header/kepala pin Ground (Gnd) dan pin Vin dari konektor POWER.

Board Arduino UNO dapat beroperasi pada sebuah suplai eksternal 6 sampai 20 Volt. Jika disuplai dengan yang lebih kecil dari 7 V, kiranya pin 5 Volt mungkin mensuplai kecil dari 5 Volt dan board Arduino UNO bisa menjadi tidak stabil. Jika menggunakan suplai yang lebih dari besar 12 Volt, voltage regulator bisa kelebihan panas dan membahayakan board Arduino UNO. Range yang direkomendasikan adalah 7 sampai 12 Volt.

Pin-pin dayanya adalah sebagai berikut:

- VIN. Tegangan input ke Arduino board ketika board sedang menggunakan sumber suplai eksternal (seperti 5 Volt dari koneksi USB atau sumber tenaga lainnya yang diatur). Kita dapat menyuplai tegangan melalui pin ini, atau jika penyuplaian tegangan melalui power jack, aksesnya melalui pin ini.
- 5V. Pin output ini merupakan tegangan 5 Volt yang diatur dari regulator pada board. Board dapat disuplai dengan salah satu suplai dari DC power jack (7-12V), USB connector (5V), atau pin VIN dari board (7-12). Penyuplaian tegangan melalui pin 5V atau 3,3V membypass regulator, dan dapat membahayakan board. Hal itu tidak dianjurkan.
- 3V3. Sebuah suplai 3,3 Volt dihasilkan oleh regulator pada board. Arus maksimum yang dapat dilalui adalah 50 mA.
- GND. Pin ground.

### 2.4.2 Memori

ATmega328 mempunyai 32 KB (dengan 0,5 KB digunakan untuk bootloader). ATmega 328 juga mempunyai 2 KB SRAM dan 1 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis (RW/read and written) dengan EEPROM library).

### 2.4.3 Input dan Output

Setiap 14 pin digital pada Arduino Uno dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi pin Mode,digital Write, dan digital Read. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 Volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor pull-up (terputus secara default) 20-50 kOhm. Selain itu, beberapa pin mempunyai fungsi-fungsi spesial:

- **Serial: 0 (RX) dan 1 (TX)**. Digunakan untuk menerima (RX) dan memancarkan (TX) serial data TTL (Transistor-Transistor Logic). Kedua pin ini dihubungkan ke pin-pin yang sesuai dari chip Serial Atmega8U2 USB-ke-TTL.

- **External Interrupts: 2 dan 3**. Pin-pin ini dapat dikonfigurasikan untuk dipicu sebuah interrupt (gangguan) pada sebuah nilai rendah, suatu kenaikan atau penurunan yang besar, atau suatu perubahan nilai. Lihat fungsi attach Interrupt untuk lebih jelasnya.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11**. Memberikan 8-bit PWM output dengan fungsi analog Write.
- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK)**. Pin-pin ini mensupport komunikasi SPI menggunakan SPI library.
- **LED: 13**. Ada sebuah LED yang terpasang, terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai HIGH LED menyala, ketika pin bernilai LOW LED mati.

Arduino UNO mempunyai 6 input analog, diberi label A0 sampai A5, setiapnya memberikan 10 bit resolusi (contohnya 1024 nilai yang berbeda). Secara default, 6 input analog tersebut mengukur dari ground sampai tegangan 5 Volt, dengan itu mungkin untuk mengganti batas atas dari rangenya dengan menggunakan pin AREF dan fungsi analog Reference. Di sisi lain, beberapa pin mempunyai fungsi spesial:

- **TWI: pin A4 atau SDA dan pin A5 atau SCL**. Mensupport komunikasi TWI dengan menggunakan Wire library

Ada sepasang pin lainnya pada board:

- **AREF**. Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan analogReference.
- **Reset**. Membawa saluran ini LOW untuk mereset mikrokontroler. Secara khusus, digunakan untuk menambahkan sebuah tombol reset untuk melindungi yang memblock sesuatu pada board.

### 2.4.4 Komunikasi

Arduino UNO mempunyai sejumlah fasilitas untuk komunikasi dengan sebuah komputer, Arduino lainnya atau mikrokontroler lainnya. Atmega 328

menyediakan serial komunikasi UART TTL (5V), yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah Atmega 16U2 pada channel board serial komunikasinya melalui USB dan muncul sebagai sebuah port virtual ke software pada komputer. Firmware 16U2 menggunakan driver USB COM standar, dan tidak ada driver eksternal yang dibutuhkan. Bagaimanapun pada Windows sebuah file inf pasti dibutuhkan. Software Arduino mencakup sebuah serial monitor yang memungkinkan data tekstual terkirim ke dan dari board Arduino. LED RX dan TX pada board akan menyala ketika data sedang ditransmit melalui chip USB-to-serial dan koneksi USB pada komputer (tapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1). Sebuah SoftwareSerial library memungkinkan untuk komunikasi serial pada beberapa pin digital UNO. Atmega328 juga mensupport komunikasi I2C (TWI) dan SPI. Software Arduino mencakup sebuah Wire library untuk memudahkan menggunakan bus I2C, lihat dokumentasi untuk lebih jelas. Untuk komunikasi SPI, gunakanSPI library**.**



Gambar 2.11. Kabel USB board Arduino Uno

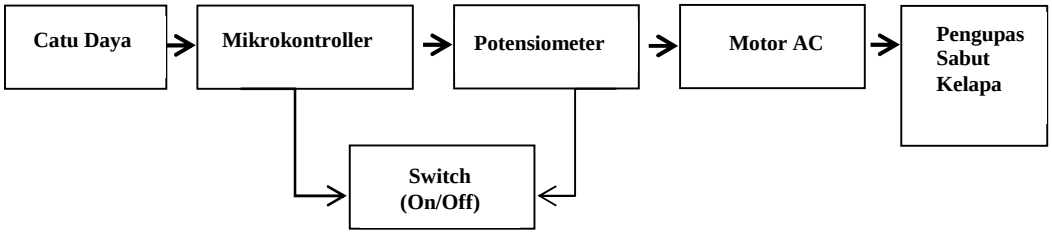
# BAB III
# PERANCANGAN ALAT

## 3.1 Tempat dan Waktu

Pembuatan alat ini berlangsung dalam 2 (dua) tahap pelaksanaan. Tahap pertamaadalah pembuatan alat yang dilaksanakan di bengkel las Keluarga Waroka-Tagupia di Kelurahan Teling-Tingkulu Manado pada bulan Juni 2015 sampai awal Agustus 2015. Tahap keduayaitu pengujian alat yang dilaksanakan di tempat yang sama pada pertengahan bulan Agustus 2015.

## 3.2 Perancangan Perangkat Keras

Seluruh perangkat atau komponen yang digunakan dalam perancangan pengaturan kecepatan pada alat Pengupas Sabut Kelapa menggunakan motor AC ini, tersusun seperti pada blok diagram di bawah ini :




Gambar 3.1. Diagram Blok (Alat Pengupas Sabut Kelapa Berbasis Arduino)

- Catu daya digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponenlainnya di board.
- Mikrokontroller merupakan suatu kontroler yang digunakan untuk mengontrol suatu proses atau aspek-aspek, misalnya mengontrol kecepatan motor pada alat pengupas sabut kelapa.
- Potensiometer adalah resistor tiga terminal dengan sambungan geser yang membentuk pembagi tegangan dan dapat disetel, dalam hal ini potensiometer digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tegangan

pada mikrokontroller yang sekaligus berfungsi mengatur kecepatan motor AC.

- Motor AC digunakan sebagai penggerak dari pisau pengupas.
- Switch (On/Off) digunakan sebagai saklar pemutus dan penyambung tegangan pada rangkaian mikrokontroller.
- Pengupas sabut kelapa yaitu alat yang dirancang untuk mengupas sabut kelapa menggunakan pisau pengupas yang terpasang pada alat tersebut.

### 3.2.1 Alat

Adapun alat-alat yang digunakan dalam pembuatan alat pengupas sabut kelapa ini adalah sebagai berikut:

1) Trafo Las Listrik

Trafo atau Mesin Las Listrik pada dasarnya adalah sebuah komponen elektronik yang terdiri dari kumparan kawat email seperti pada jenis trafo pada umumnya meskipun berbeda secara fungsinya. Trafo laslistrik ialah sebuahtransformatoryang bekerja sebagai pengubahtegangandarisumber tegangan tinggi menjadi tegangan menengah hingga ke tegangan rendah, yang di atur oleh sebuah potensiometer sebagai penentu tegangan yang dipilih, agar menghasilkan output sesuai dengan kebutuhan daya untuk melakukan proses pengelasan.




Gambar 3.2. Trafo Las Listrik

2) Gerinda Pemotong Besi

Gerinda potong merupakan sebuah alat potong yang digunakan untuk memotong suatu benda kerja. Fengsinya yaitu sebagai alat potong untung memotong plat, besi dan baja.

Langkah-langkah memotong benda kerja :

- Pasang benda kerja pada ragum mesin gerinda potong lalu keraskan agar pada saat pemotongan benda kerja tidak lepas.
- Tekan tombol on.
- Setelah mesin berputar, pegang gagang dari gerinda potong lalu dekatkanlah roda gerinda dengan besi yang akan di potong.
- Ketika sudah terjadi gesekan antara roda gerinda dengan besi, maka tekanlah trus kebawah agar besi tersebut terpotong.
- Begitupun seterusnya tergantung sesuai kebutuhan.



Gambar 3.3. Gerinda Pemotong Besi

3) Mesin Bor Meja

Mesin Bor meja adalah mesin bor yang diletakkan diatas meja. Mesin ini digunakan untuk membuat lobang benda kerja dengan diameter kecil (terbatas sampai dengan diameter 16 mm). Prinsip kerja mesin bor

meja adalah putaran motor listrik diteruskan ke poros mesin sehingga poros berputar. Selanjutnya poros berputar yang sekaligus sebagai pemegang mata bor dapat digerakkan naik turun dengan bantuan roda gigi lurus dan gigi rack yang dapat mengatur tekanan pemakanan saat pengeboran.



Gambar 3.4. Mesin Bor Meja

4) Bor Tangan (pistol)

Mesin bor tangan adalah mesin bor yang pengoperasiannya dengan menggunakan tangan dan bentuknya mirip pistol. Mesin bor tangan biasanya digunakan untuk melubangi kayu, tembokmaupun pelat logam. Khusus Mesin bor ini selain digunakan untuk membuat lubang juga bisa digunakan untuk mengencangkan baut maupun melepas baut karena dilengkapi 2 putaran yaitu kanan dan kiri. Mesin bor ini tersedia dalam berbagai ukuran, bentuk, kapasitas dan juga fungsinya masing-masing.



Gambar 3.5. Bor Tangan (Pistol)

5) Mistar Siku

Siku Ukur adalah salah satu alat yang sangat penting dalam pertukangan. Siku ukur merupakan salah satu yang sering dipakai dalam dasar pekerjaan dan juga saat penguran bagian bagian yang sangat berhubungan dalam kesikuan bahan maupun ruang yang akan dikerjakan. Tidak hanya itu mungkin siku ukur adalah alat tercepat dan termudah untuk menandai garis persegi untuk pemotongan , tetapi dapat digunakan untuk dengan cepat menandai setiap sudut hingga 45 derajat dan 90 derajat dan juga alat yang paling sering dipergunakan untuk mengukur sampai enam inci (20 cm). Siku Ukur L adalah alat ukur yang dirancang untuk membuat tanda persegi atau sudut pada suatu benda. Biasanya Siku Ukur tersedia dalam berbagai macam ukuran tetapi secara umum yang sering dipakai terdiri dari 2 model yaitu Siku Ukur Kecil dengan panjang ukur 6 inchi dan Siku Ukur besar dengan panjang ukur 12-inci. Siku Ukur memiliki tanda sehingga mudah untuk menentukan sudut perkiraan ataupun bidang potong. Dengan menempatkan pojok siku ukur pada titik di mana sudut memenuhi sumbu panjang dan maka dapat dilihat besaran sudut pada suatu garis yang akan diukur.



Gambar 3.6. Mistar Siku

6) Mistar Baja

Mistar baja adalah alat ukur yang terbuat dari baja tahan karat. Permukaan dan bagian sisinya rata dan halus, di atasnya terdapat guratan-guratan ukuran, ada yang dalam satuan inchi, sentimeter dan ada pula yang gabungan inchi dan sentimeter/milimeter. Fungsi lain dari penggunaan

mistar baja antara lain: - mengukur lebar - mengukur tebal serta, - memeriksa kerataan suatu permukaan benda kerja. Di samping itu mistar baja (steelrule) dapat dipergunakan untuk mengukur dan menentukan batas-batas ukuran juga biasa dipergunakan sebagal pertolongan menarik garis pada waktu menggambar pada permukaan benda pekerjaan.



Gambar 3.7. Mistar Baja

7) Mistar Gulung

Memungkinkan untuk digunakan dalam pengukuran lurus dan lengkung. Ketika diluruskan, mistar ini digunakan sebagai penggaris lurus. Jika terbuat dari baja tempa, penyusutan dan pemuaiannya dapat diabaikan. Karena itu, mistar ini lebih akurat daripada mistar kain. Yang ditunjukkan pada gambar disebut juga mistar cembung.




Gambar 3.8. Mistar Gulung

8) Gerinda Tangan

Mesin gerinda tangan merupakan mesin yang berfungsi untuk menggerinda benda kerja. Awalnya mesin gerinda hanya ditujukan untuk benda kerja berupa logam yang keras seperti besi dan stainless steel. Menggerinda dapat bertujuan untuk mengasah benda kerja seperti pisau

dan pahat, atau dapat juga bertujuan untuk membentuk benda kerja seperti merapikan hasil pemotongan, merapikan hasil las, membentuk lengkungan pada benda kerja yang bersudut, menyiapkan permukaan benda kerja untuk dilas, dan lain-lain.




Gambar 3.9. Gerinda Tangan

9) Kunci Inggris

Kunci Inggris adalah kunci yang digunakan secara umum. Kunci Inggris dapat digunakan untuk melepas atau mengencangkan mur atau baut dimana ukuran kunci pas dan ring tidak ada yang sesuai, tetapi kunci ini tidak ditujukan untuk beban berat. Kunci Inggris harus benar benar sesuai dengan ukuran mur atau baut tanpa membuat kepala mur dan baut menjadi bulat.



Gambar 3.10. Kunci Inggris

10) Kunci Pas

Kunci pas digunakan untuk mengencangkan dan melepas baut dan mur yang tidak terlalu kuat momen pengencangannya atau kepala baut dan mur yang telah dilonggarkan dengan kunci ring.



Gambar 3.11. Kunci Pas

11) Kunci Ring

Kunci ring dengan kontruksi dua belas sudut (mata) memungkinkan dapat digunakan pada ruangan yang terbatas. Karena dindingnya yang tipis, kunci ring dapat digunakan pada posisi dimana kunci pas tidak dapat digunakan.



Gambar 3.12. Kunci Ring

12) Tang Ampere

Tang Amper / Clamp Meter merupakan alat ukur praktis yang bisa di pergunakan dengan mudah saat pengukuran kuat arus, tanpa harus

memutus atau membuat kabel jumper guna mengetahui berapa besaran kuat arus yang mengalir pada beban rangkaian elektronik atau listrik.Cara mengukur kuat arus dengan menggunakan tang amper sangat mudah, pada tang amper terdapat switch selector yang bisa dipergunakan guna mengukur besaran kuat arus yang hendak diukur, dan bisa juga dipergunakan untuk mengukur besaran tegangan dengan memutar switch selector ke arah volt.



Gambar 3.13. Tang Ampere

### 3.2.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah sebagai berikut :

| No | Uraian Bahan | Jenis/Ukuran | Jumlah | Satuan |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Besi Siku | 6m×3cm×3cm | 2 | Batang |
| 2. | Besi Siku | 6m×2cm×2cm | 1 | Batang |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 3. | Besi As | 1” ×1m | 1 | Batang |
| 4. | Bering | P205 1” | 2 | Buah |
| 5. | Besi Plat | 1.5mm×4cm | 1 | Lembar |
| 6. | Baut/Mur | Tipe 14 | 8 | Buah |
| 7. | Belt | A 50 | 1 | Buah |
| 8. | Besi Hollow | 4m | 1 | Buah |
| 9. | Besi Plat | 6m×2mm×4cm | 1 | Batang |
| 10. | Baut | Tipe 12 | 2 | Buah |
| 11. | Besi Beton | 1m | 1 | Batang |
| 12. | Seng Plat | 1m×40cm | 1 | Lembar |
| 13. | Ripet | | 4 | Buah |

Tabel 3.1. Uraian Bahan

### 3.3 Prosedur Penelitian

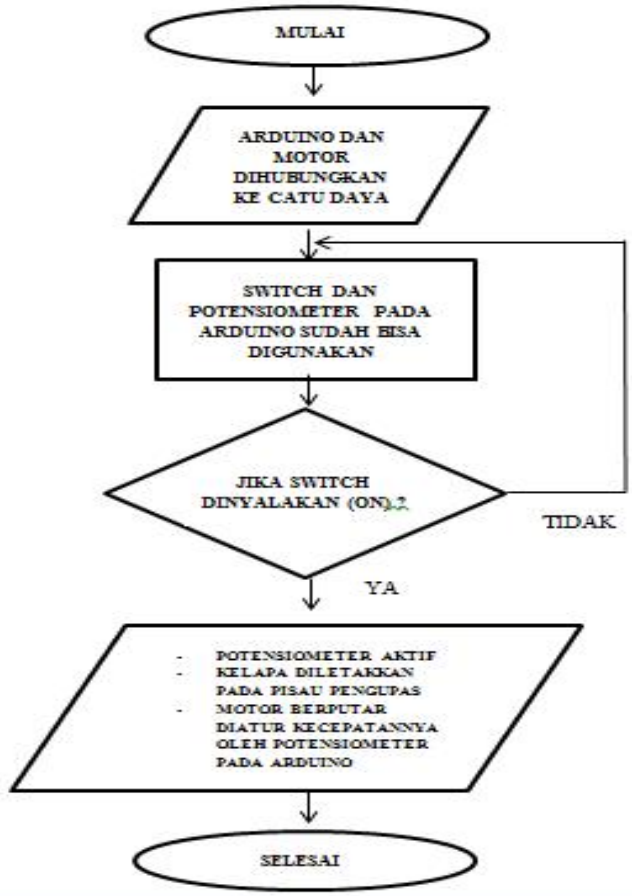
Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap untuk mempermudahdan memperjelas arah penelitian, yaitu tahap perancangan (desain) alat, pembuatan atau perakitan alat, pengujian hasil rancangan, pengamatan, dan pengolahan data.

Perancangan dilakukan untuk menggambar alat yang digambar dengan menggunakan kertas millimeter block, kemudian dilanjutkan ke tahap pembuatanatau perakitan alat di bengkel las. Setelah alat selesai dibuat, alat diuji coba dengan beberapa parameter. Pengamatan dan pengolahan data dilakukan setelah pengujian alat.

## 3.4 Prinsip Kerja Alat

Alat ini bekerja dengan prinsip rotary. Poros dalam bentuk silinder yang berputar pada asnya. Alat ini menggunakan penggerak motor induksi 1 fasa (1/2 HP), dimana kecepatannya dikontrol oleh sebuah Mikrokontroller Arduino Uno dengan bantuan sebuah potensiometer dan saklar (switch).

Mesin dihidupkan kemudian masukkan satu buah kelapa yang akan dikupasserabutnya melalui pengumpan.Kemudian tuas penekan digerakkan untuk menahan kelapa. Sabut kelapa akan dikupas oleh pisau pengupas utama dan dipisahkan dari batok kelapa dengan bantuan pisau pengupas tambahan. Sabut kelapa tersebut akan dikeluarkan melalui celah antara pengupas utama dan tambahan.



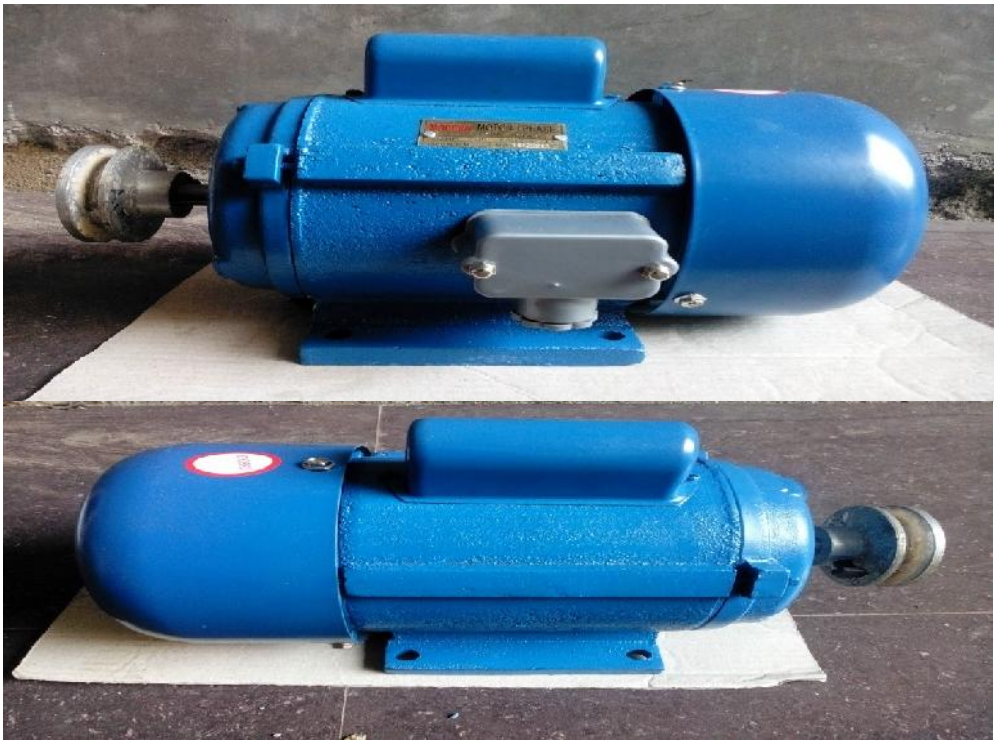

Gambar 3.14. Diagram Alir (Flowchart) prinsip kerja alat pengupas sabut kelapa

# BAB IV
# IMPLEMENTASI DAN HASIL

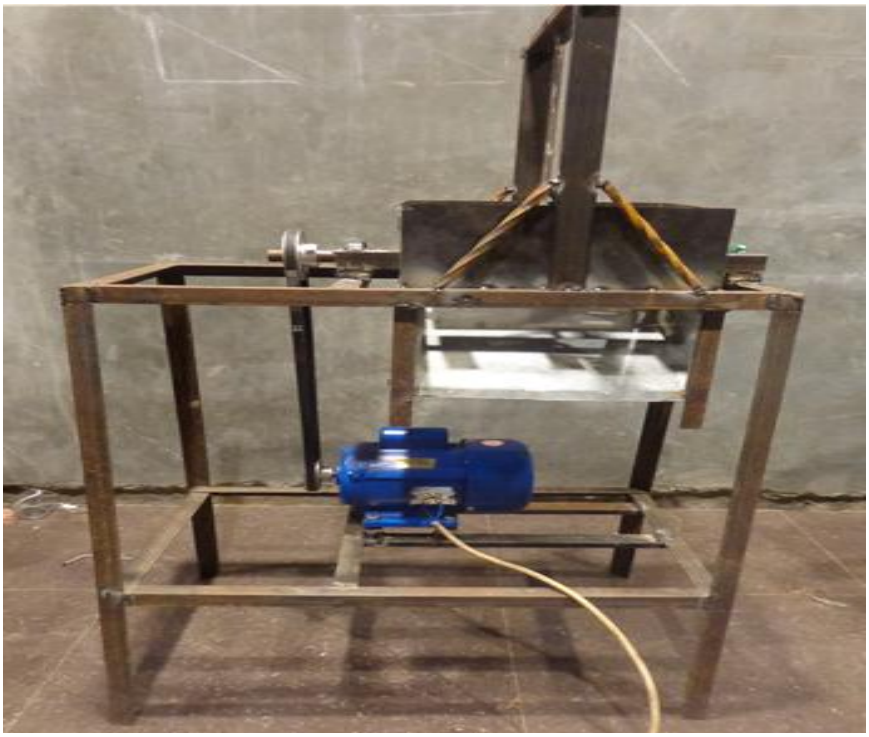
## 4.1 Bentuk dan Dimensi Alat

### 4.1.1 Bentuk dan Gambar Alat

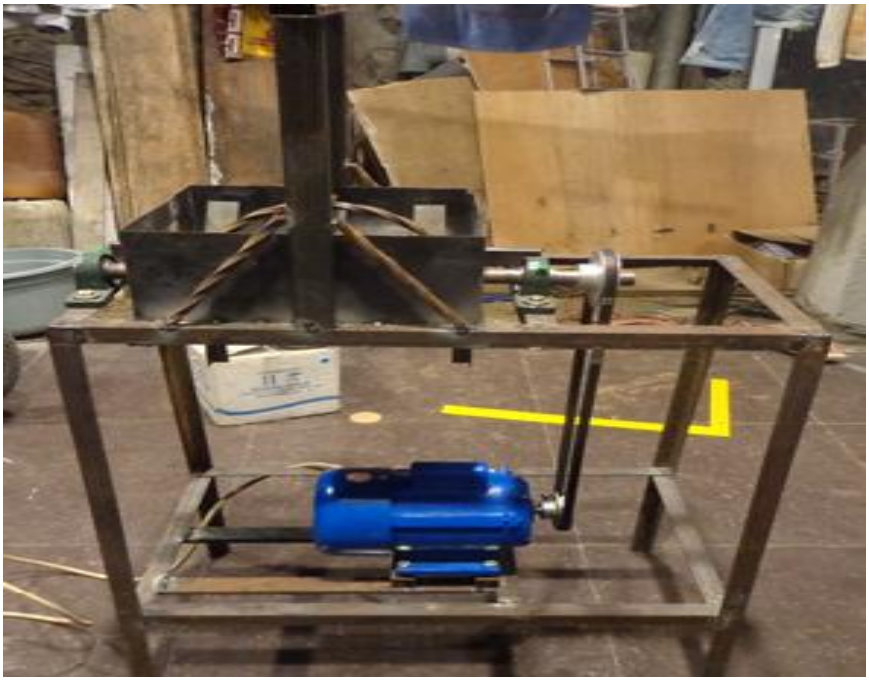
Alat pengupas sabut kelapa adalah adalah alat yang berfungsi memisahkan sabut kelapa dari batok kelapa. Prinsip kerja dari alat pengupas sabut kelapa ini yaitu dengan mengupas sampai terpisah antara sabut dan batok yang telah diumpankan pada pisau pengupas yang ada pada alat pengupas sabut kelapa. Sumber penggerak dari alat ini yaitu menggunakan Motor Induksi (Motor Elektro) 1 phase, tipe JY 1A-4 dengan daya 932 watt dan ½ HP.



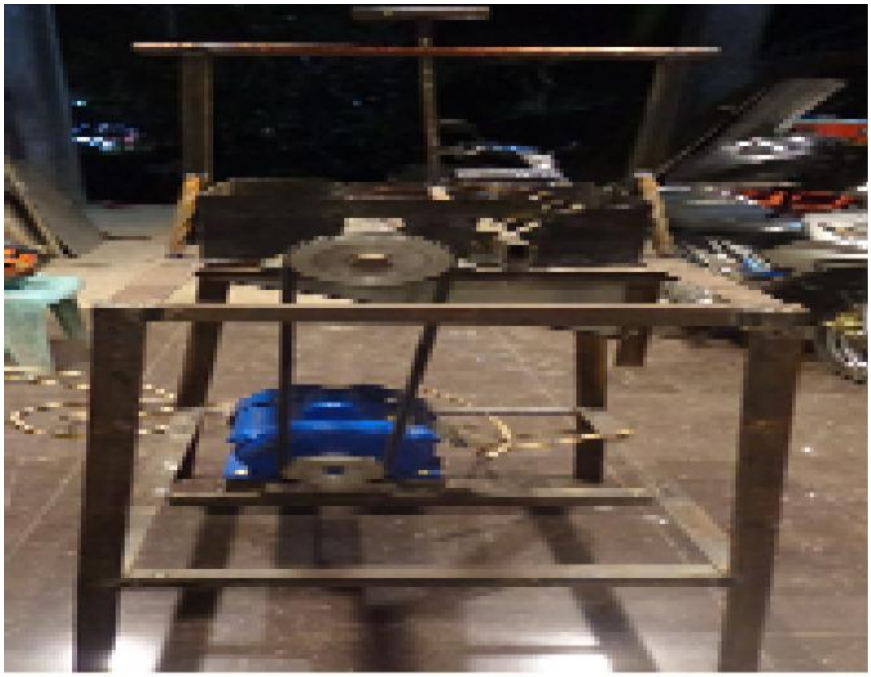
Gambar 4.1. Motor Induksi (Motor AC) 1 Phase



Gambar 4.2. Foto Alat Pengupas Sabut Kelapa (Depan)



Gambar 4.3. Foto Alat Pengupas Sabut Kelapa (Belakang)



Gambar 4.4. Foto Alat Pengupas Sabut Kelapa (Samping Kiri)



Gambar 4.5. Foto Alat Pengupas Sabut Kelapa (Samping Kanan)

### 4.1.2 Dimensi Alat

Dimensi dari Alat pengupas sabut kelapa :

- **Rangka Alat** adalah rangka inti dari alat tersebut, dimensinya adalah sebagai berikut :

  *Panjang : 71 cm*

  *Lebar : 37 cm (atas)*

  *48 cm (bawah)*

  *Tinggi : 90 cm*
- **Rangka Motor** adalah rangka yang dibuat untuk meletakkan motor induksi di dalam rangka inti, dimensinya adalah sebagai berikut :

  *Panjang : 42 cm*

  *Lebar : 18 cm*

  *Tinggi : 3 cm*
- **Pisau**merupakan alat yang didesain untuk digunakan dalam mengupas kelapa. Pisau tersebut ada yang dilas pada besi as, namun ada juga yang dilas pada casing alat. Jumlah pisau yang dilas pada besi as berjumlah 4 buah, sedangkan jumlah pisau yang dilas pada casing berjumlah 1 buah. Pisau-pisau ini dibuat dari besi plat, dimensinya adalah sebagai berikut :

  *Panjang : 26 cm*

  *Lebar : 4 cm*

  *Tebal : 2 mm*
- **Casing Alat**merupakan casing yang menutupi inti dari tempat pengupasan kelapa pada alat tersebut. Pada casing tersebut juga dibuat tempat pembuangan sabut kelapa. Casing dibuat menggunakan besi plat dengan ketebalan 1,5 mm. Dimensi casing adalah 32x30x44 (ssatuan cm), sedangkan tempat pembuangan terbuat dari seng plat.
- **As, Puley, dan Bering**

  As, puley, dan bering merupakan suatu kesatuan dari inti pengupasan sabut kelapa. Dimana as dipasang dengan dimasukkan dalam 2 buah bering dengan bentuk memanjang pada rangka alat bagian atas dengan kencangkan oleh dua pasang baut dan mur pada masing-

masing bering, kemudian pada salah satu ujung as dan motor di pasang puley untuk menghubungkan putaran pada motor dan as. Dimensi dari As, Puley, dan Bering adalah sebagai berikut :

- As

  *Panjang : 55 cm*
  *Diameter: 1”*

- Bering

  Tipe : P205 /1”
  Baut/Mur : Tipe 14 / 4 pasang

- Puley (As)

  Diameter luar : 4”
  Diameter poros : 1”

- Puley (Motor)

  Diameter luar : 3”
  Diameter poros : (disesuaikan dengan poros motor)

## 4.2 Pengukuran dan Hasil

### 4.2.1 Pengukuran Daya dan Arus Motor Induksi (Beban/Non Beban)

Setelah dilakukan pengujian dan pengukuran terhadap daya dan arus pada motor induksi tersebut, didapatkan hasil sebagai berikut :

| **V (Volt)** | **$I_T$ (Ampere)** | **P (Watt)** | **I (Ampere)** | | **P (Watt)** | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Beban** | **Non Beban** | **Beban** | **Non Beban** |
| 220 | 4.2 | 924 | 3.2 | 2.2 | 704 | 484 |

Tabel 4.1. Hasil Pengukuran daya dan arus

* Pengukuran Arus (Beban/Non Beban) dilakukan dengan menggunakan Tang Ampere
* Pengukuran Daya (Beban/Non Beban) menggunakan rumus menghitung daya : P = V.I (untuk I disesuaikan dengan ukuran arus berbeban dan non beban)

Untuk menghitung efisiensi motor induksi (fasa tunggal) dan menggunakan rumus :

* Efisiensi motor $= \frac{d \quad k}{d \quad m} \times 100\%$

* Faktor daya (F.d) $= \frac{P}{V.I}$

Efisiensi dari motor induksi (berbeban) yang digunakan adalah :

* Diketahui :
  Daya keluaran (beban) = 704 watt
  Daya masukkan (non beban) = 924 watt
* Penyelesaian :
  Efisiensi = $\frac{7}{9}$ x 100% = 76,19 %

Efisiensi dari motor induksi (non beban) yang digunakan adalah :

* Diketahui :
  Daya keluaran (beban) = 484 watt
  Daya masukkan (non beban) = 924 watt
* Penyelesaian :
* Efisiensi = $\frac{4}{9}$ x 100 % = 52,38 %

### 4.2.2 Hasil Pengupasan Kelapa



Gambar 4.6. Kelapa sebelum proses



Gambar 4.7. Kelapa setelah diproses

Alat pengupas sabut kelapa ini lebih efektif dan efisien dalam melakukan pengupasan jenis kelapa tua. Untuk mengupas 1 buah kelapa tua dibutuhkan waktu ± 2 menit. Sedangkan untuk mengupas kelapa muda sudah cukup optimal yaitu ± 1 menit/buah.

# BAB V
# PENUTUP

## 5.1 Kesimpulan

- Alat pengupas sabut kelapa ini telah di rancang sedemikian rupa sehingga mempermudah pengoperasiannya. Alat ini dapat bekerja secara otomatis, lebih efektif dan efisien, serta dapat mengurangi resiko kecelakaan dalam mengupas serabut kelapa.
- Sistem kontrol pada alat pengupas sabut kelapa ini menggunakan teknologi Mikrokontroller Arduino Uno yang telah diprogram untuk dapat digunakan sebagai alatpengatur kecepatan dari motor induksi.

## 5.2 Saran

Hasil penelitian ini disadari masih banyak kekurangan terutama pada kinerja pisau pengupas dan peralatan yang digunakan. Saran peneliti terkait dengan keberlanjutan rancang bangun alat pengupas sabut kelapa adalah :

- Perlu dilakukan perbaikan terkait dengan ukuran dan desain pisau dan ketajaman pisau tersebut.
- Perlu dianalisis kembali proses pengupasan dengan mempertimbangkan kecepatan putar dan kualitas material.
- Perlu ditinjau kembali ukuran alat secara keseluruhan disesuaikan dengan dimensi tubuh pekerja dengan memperkecil ukuran mesin.

# DAFTAR PUSTAKA


- Anindya, Radita, S.T, M.T. 2013. *PenggunaandanPengaturan Motor Listrik.* Yogyakarta : GrahaIlmu
- Badan Standarisasi Nasional. 2000.*Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000(PUIL 2000)*. Jakarta : Yayasan PUIL.
- Kadir, Abdul. 2012. *PanduanPraktisMempelajariAplikasiMikrokontrollerdanPemrogramannyaMenggunakanArduino*. Yogyakarta : Penerbit ANDI
- L. Mott, Robert, P.E. 2009. *Elemen-ElemenMesinDalamPerancanganMekanis*. Edisike 4. Diterjemahkanoleh : Ir. Rines M.T, Ir. F.X AgusUnggulSantoso, WibowoKusbandono, S.T, M.T, Ir. F.A.R Sambada, M.T, I GustiKetut Puja, S.T, M.T, Drs. A. TeguhSiswantoro, M.S. Yogyakarta : Penerbit ANDI
- Satria, Simon. 2008. *ELEC 212 – KontroldanProteksi Motor*. Bandung