



**PENGEMBANGAN MODUL *AIR CONDITIONER INVERTER*
JENIS SHARP AH-XP5NSY ½ PK**

PROYEK AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya



DISUSUN OLEH :

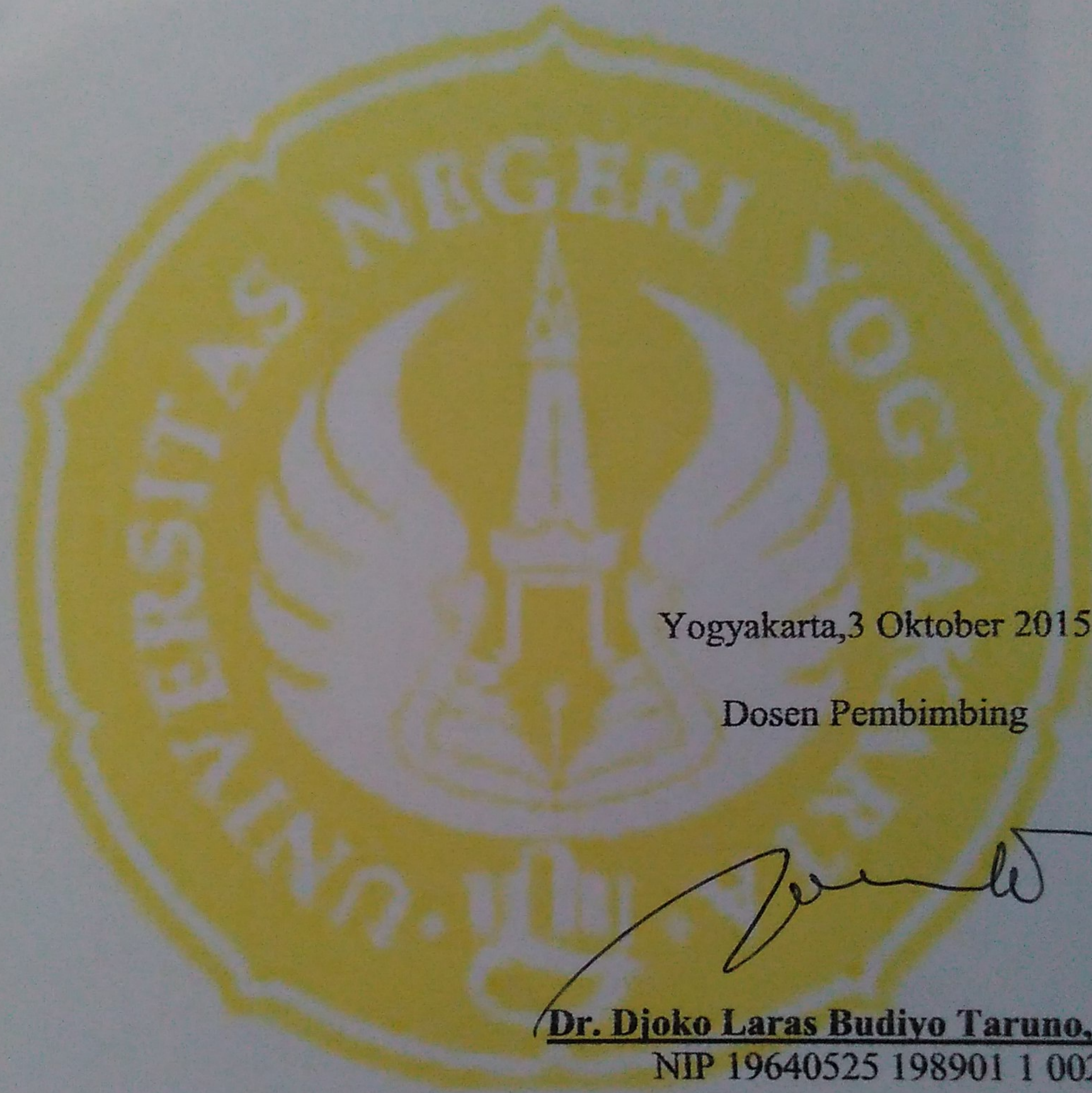
RIZKI PUTRA PERDANA

NIM :11506134008

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2015**

PERSETUJUAN

Proyek Akhir berjudul “*Pengembangan Modul Air Conditioner Inverter Jenis Sharp AII-XP5NSY ½ PK*” ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.



Yogyakarta, 3 Oktober 2015

Dosen Pembimbing

Dr. Djoko Laras Budiyo Taruno, M.Pd

NIP 19640525 198901 1 002

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Proyek Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

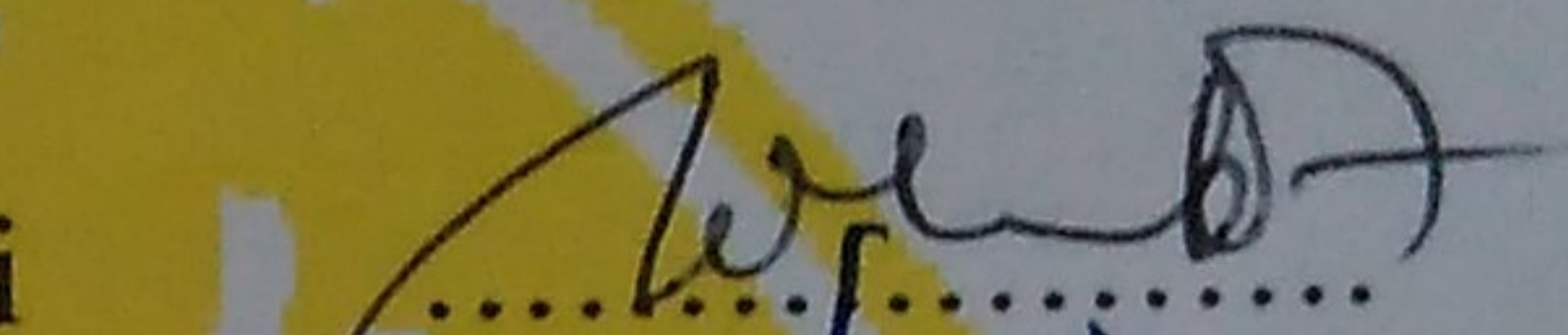
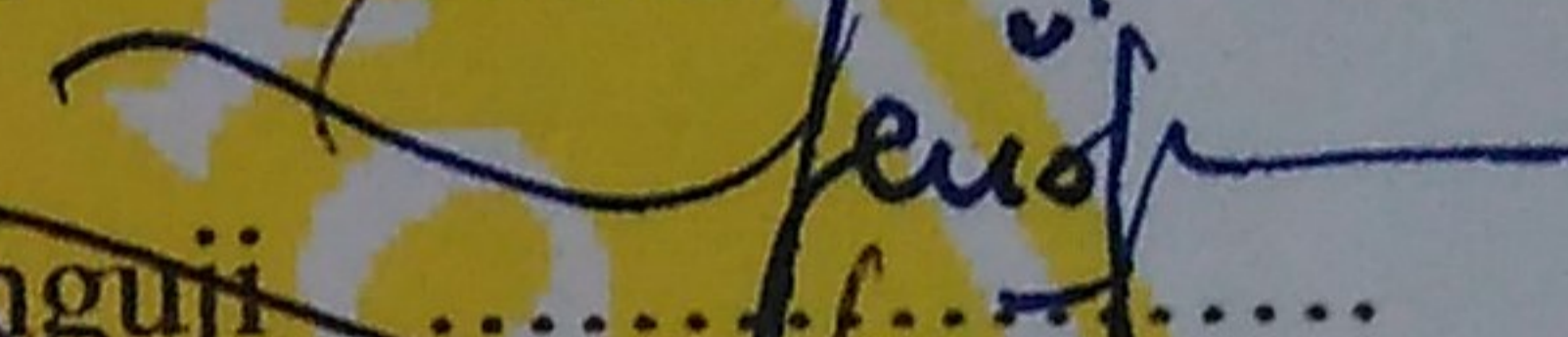
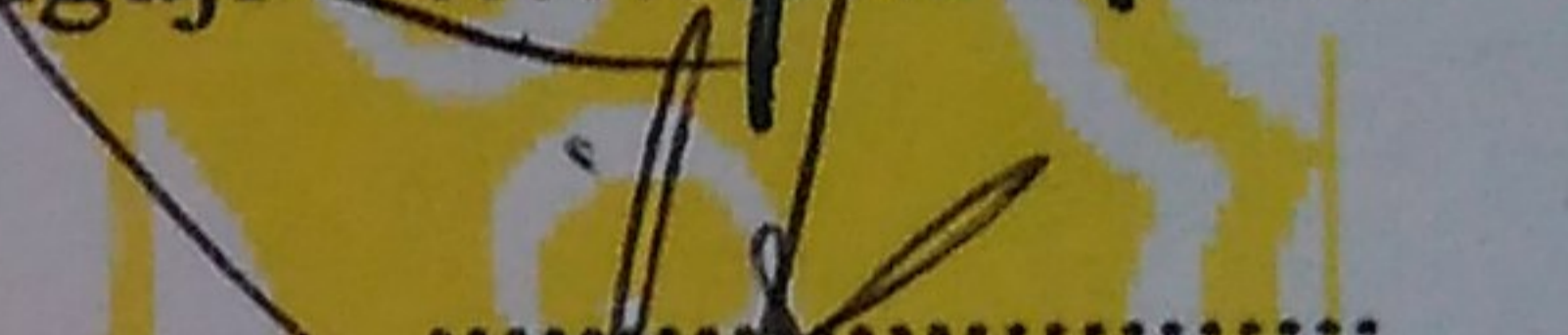
Yogyakarta, 3 Oktober 2015

Penulis

Rizki Putra Perdana
NIM.11506134008

PENGESAHAN

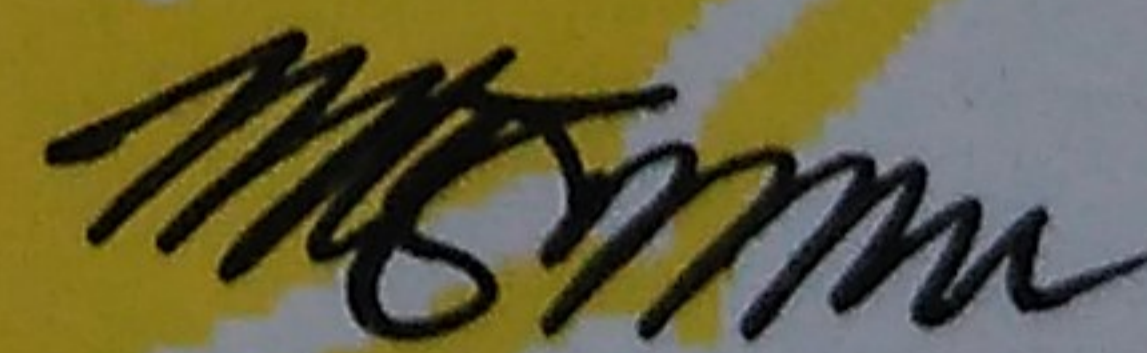
Proyek akhir yang berjudul "Pengembangan Modul *Air Conditioner Inverter* Jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK" ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 1 Desember 2015 dan dinyatakan lulus.

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Dr. Djoko Laras Budiyo Taruno, M.Pd.	Ketua Penguji		11/01-2016
Rustam Asnawi, PhD.	Sekretaris Penguji		15/01-2016
Hartoyo, S.Pd., M.Pd., M.T.	Penguji		14/01-2016

Yogyakarta, Desember 2015

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta



Dr. Moch. Bruri Triyono

NIP. 19560216 198603 1 003 4

MOTTO

- *Tidak ada yang tidak mungkin di dunia ini apabila kita mau mencoba dan berusaha untuk mencapainya.*
- *Do the best. Be the Best. Being Second is not motivating.*
- *Keluarga (Orang Tua) adalah penyemangat terkuat pertama dan selama-lamanya.*
- *Sesungguhnya sesudah kesulitan pasti ada kemudahan.*

PERSEMBAHAN

- Rasa syukur yang sebesar-besarnya kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah yang berlimpah.
- Kupersembahkan karya kecil ini sebagai ungkapan kasih sayang dan baktiku kepada Bapak, Ibu dan Zaky Shafwan A adikku tercinta atas dukungan materi maupun moril, motivasi, kasih sayang dan do'a yang selalu diberikan selama ini.
- Teman-teman kelas B 2011 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terimakasih atas doa, bantuan, dukungan, dan keceriaan selama ini.
- Bapak Dr.Djoko Laras Budiyo Taruno,M.Pd selaku dosen pembimbing tugas akhir yang selama ini dengan sabar membimbing dalam proses pembuatan alat dan laporan.
- Almamaterku Universitas Negeri Yogyakarta Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro.

Pengembangan Modul *Air Conditioner Inverter* Jenis Sharp AH-XP05NSY ½ PK

Rizki Putra Perdana

11506134008

ABSTRAK

Tujuan dari pembuatan proyek akhir ini adalah untuk mengetahui unjuk kerja dan kelebihan dari AC (*Air Conditioner inverter*) baik dilihat dari segi konsumsi daya dan Koefisien Prestasi (KP) atau *Coefficient of Performance* (COP). Studi yang dilakukan, akan memberikan besaran parameter listrik yang terukur yaitu arus (*current*), tegangan (*voltage*), daya (*power*), suhu (°C) dan tekanan *refrigerant* serta membandingkan nilai besaran-besaran parameter listrik yang terukur dengan standard yang ada.

Untuk mengetahui cara kerja dan kelebihan AC *inverter* ini diawali mengembangkan AC *inverter* jenis Sharp AH-XP05NSY ½ PK dengan membuat modul sederhana dengan disertakan alat ukur seperti amperemeter, voltmeter dan *pressure gauge*, selanjutnya dilakukan pengukuran suhu pada titik-titik pengukuran dengan menggunakan *infrared thermometer*. Data hasil pengukuran meliputi arus, tegangan, suhu dan tekanan *refrigerant*. Data hasil pengukuran yang didapat selanjutnya diolah guna mengetahui kinerja AC.

Konsep perancangan modul setelah dibuat, dapat berdiri tegak dan kokoh antara rangka bagian atas modul dan rangka bagian bawah modul. Sehingga bagian *Indoor dan Outdoor* AC dapat terpasang dengan kuat pada modul. Tampilan modul setelah dirangkai cukup sederhana, dan modul yang memiliki ukuran lebar 1 m dan tinggi 2 meter juga terjangkau dan mudah untuk dioperasikan. Data hasil pengukuran dan perhitungan didapat Koefisien Prestasi rata-rata yaitu sebesar 4,56 dengan Koefisien Prestasi tertinggi sebesar 4,62 dan Koefisien Prestasi terendah sebesar 4,49. Berdasarkan Tabel kriteria penilaian Koefisien Prestasi, besarnya nilai Koefisien Prestasi rata-rata yang didapat mendapat predikat Sangat Baik (A) dikarenakan besarnya > 3,60. Sedangkan berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh konsumsi daya rata-rata yaitu sebesar 355,67 Watt. Besarnya daya rata-rata tersebut jika dibandingkan sesuai dengan Tabel perbandingan konsumsi daya AC dengan jenis AC dan kapasitas pendinginan yang sama masih tergolong cukup besar.

Kata Kunci: *Air Conditioner Inverter, Arus, Tegangan, Daya, Koefisien Prestasi, COP*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan akan kehadiran Allah SWT Yang Maha Kuasa lagi Maha Mengetahui yang telah melimpahkan rahmat, nikmat dan anugerah-Nya sehingga dapat melaksanakan dan menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “Pengembangan Modul *Air Conditioner Inverter* Jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK” ini dengan baik.

Terselesaikannya proyek akhir beserta laporannya tidak lepas dari bantuan-bantuan pihak lain. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Djoko Laras Budiyo Taruno, M.Pd selaku Dosen Pembimbing dalam pembuatan Proyek Akhir
2. Bapak Dr. Moch. Bruri Triyono selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Bapak Ketut Ima Ismara, M.Pd, M.Kes selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Bapak Rustam Asnawi, PhD selaku Ketua Program Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Bapak Totok Sukisno, S,Pd,M.Pd selaku Kordinator Proyek Akhir D3 Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
6. Para Dosen, Teknisi dan Staf Jurusan Pendidikan Teknik Elektro yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan.
7. Kedua Orang Tua dan adik penulis atas dukungan baik moril maupun materiil selama pelaksanaan proyek akhir.

8. Teman-teman kelas B angkatan 2011 yang senantiasa memberikan semangat dan keceriaan.
9. Teman-teman kontrakan yang selalu setia memberikan motivasi dan dukungannya selama proses penyusunan laporan.

Penulis berharap semoga laporan proyek akhir ini dapat bermanfaat bagi diri sendiri dan semua pihak. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Yogyakarta, 3 Oktober 2015

Hormat saya,

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan	5
F. Manfaat	6
G. Keaslian Gagasan	6

BAB II PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. Penyearah	8
1. Penyearah Setengah Gelombang.....	8
2. Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa	10
3. Pengontrolan fasa Thyristor pada Pengaturan Motor DC	11
4. DC Drive	17
B. Air Conditioner	23
1. Pengertian Air Conditioner (AC).....	23
2. Komponen Air Conditioner (AC)	24
a. Bagian Indoor AC	24
b. Bagian Outdoor AC	30
C. Arus	38
a. Pengertian Arus	38
b. Cara Pengukuran Arus	40
D. Tegangan	41
a. Pengertian Tegangan	41
b. Cara Pengukuran Tegangan	44
E. Air Conditioner Inverter	45
F. Koefisien Prestasi (<i>Coefficient of Performance / COP</i>)	48

BAB III KONSEP RANCANGAN

A. Analisis Kebutuhan	52
B. Perancangan Pengambilan Data	53
1. Pengambilan Data	53
C. Perancangan Modul.....	55
1. Rancangan Desain Modul <i>AC Inverter</i>	55
a. Rangka Bagian Atas	56
b. Rangka Bagian Bawah	57
D. Langkah Pembuatan Modul	58
E. Rencana Pengujian	61

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian.....	64
1. Pengambilan Data dan Pengolahan Data	64
a. Tempat Pengambilan Data	64
b. Pengolahan Data	65
1) Pengambilan Data	65
2) Hasil Pengukuran	66
a) Temperatur dan Tekanan	66
b) Arus dan Tegangan	70
B. Perhitungan	71
1. COP (<i>Coefficient Of Performance</i>)	71
2. Perhitungan daya listrik	74
3. Hasil Perhitungan	78

C. Pembahasan	79
1. Konsumsi Daya	79
2. Temperatur	79
3. Tekanan Refrigerant	80
4. COP (<i>Coefficient Of Performance</i>)	80

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	81
B. Keterbatasan.....	82
C. Saran.....	82

DAFTAR PUSTAKA	83
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Tabel data temperatur dan tekanan	67
Tabel 2. Tabel arus dan tegangan.....	70
Tabel 3. Tabel data perhitungan.....	72
Tabel 4. Tabel pengukuran arus dan tegangan.....	75
Tabel 5. Tabel perbandingan konsumsi daya AC	76
Tabel 6. Tabel perhitungan konsumsi daya	77

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Dioda	8
Gambar 2. Kurva Karakteristik V-I dioda.....	9
Gambar 3. Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang.....	10
Gambar 4. Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh	10
Gambar 5. Thyristor	11
Gambar 6. Karakteristik Tegangan dan Arus pada Thyristor	12
Gambar 7. Konverter Pengontrolan Fasa	14
Gambar 8. Semi Konverter Satu Fasa	15
Gambar 9. Konverter Penuh Satu Fasa	15
Gambar 10. Thyristor sebagai Pengaturan Motor DC.	16
Gambar 11. a) Pengaturan Tegangan Jangkar b) Pelemahan.....	18
Gambar 12. Variasi kecepatan terhadap Torsi dan Daya.....	20
Gambar 13. Operasi 4 Kuadran Motor DC.	19
Gambar 14. Diagram Block Kontrol Kecepatan Lup Tertutup dengan Pembatas Arus.....	22
Gambar 15. <i>Grill</i>	24
Gambar 16. <i>Evaporator</i>	24
Gambar 17. <i>Motor Fan Indoor</i>	25
Gambar 18. <i>Blower Indoor</i>	26
Gambar 19. PCB Modul.....	26
Gambar 20. <i>Remote Controller</i>	27

Gambar 21. <i>Thermistor</i>	28
Gambar 22. <i>Capasitor Fan</i>	29
Gambar 23. Filter Udara	30
Gambar 24. Bodi <i>Outdoor AC</i>	30
Gambar 25. Kompresor	31
Gambar 26. Kondensor	31
Gambar 27. Kapasitor Kompresor.....	32
Gambar 28. <i>Motor Fan Outdoor</i>	34
Gambar 29. <i>Capasitor Fan Outdoor</i>	34
Gambar 30. Pipa Kapiler / Pipa Tembaga.....	35
Gambar 31. <i>Filter Dryer</i>	35
Gambar 32. Kran <i>Valve</i>	36
Gambar 33. <i>Overload Motor Protector</i>	37
Gambar 34. Ampere Meter	40
Gambar 35. Penyambungan Ampere meter	40
Gambar 36. Aliran air pada bejana berhubungan.....	42
Gambar 37. Volt Meter	44
Gambar 38. Penyambungan Volt meter.....	45
Gambar 39. Cara kerja AC Inverter	47
Gambar 40. Diagram Siklus Kompresi Uap	48
Gambar 41. Kriteria Penilaian COP.....	50
Gambar 42. <i>Flowchart</i> alur pengujian dan pengambilan data	54
Gambar 43. Desain modul tampak samping	55

Gambar 44. Desain modul tampak sisi kiri.....	55
Gambar 45. Desain modul tampak sisi kanan.....	56
Gambar 46. Rangka modul bagian atas.....	56
Gambar 47. Rangka modul bagian bawah.	57
Gambar 48. Proses pembuatan rangka bagian atas modul.....	58
Gambar 49. Proses pembuatan rangka bagian bawah modul.....	59
Gambar 50. Proses pembuatan penyangga penghubung rangka atas dan rangka bawah modul.....	60
Gambar 51. Modul <i>Air Conditioner</i>	64
Gambar 52. Diagram aliran refrigerant.....	65
Gambar 53. Grafik pengukuran Temperatur T1,T2 dan T3.....	68
Gambar 54. Pengaturan pemilihan <i>refrigerant</i> pada <i>software minREFPROP</i>	69
Gambar 55. Tampilan program <i>miniREFPROP</i>	69
Gambar 56. Grafik hasil pengukuran Arus	71
Gambar 57. Grafik hasil perhitungan COP.....	74
Gambar 58. Grafik hasil perhitungan Daya	78

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Refrigerant R-410A	85
Lampiran 2. Diagram Entalpi Panas Lanjut Refrigerant R-410A.....	87
Lampiran 2. Diagram Entalpi Panas Lanjut Refrigerant R-410A.....	88

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Energi listrik merupakan sumber energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia baik untuk kegiatan industri, kegiatan komersial maupun dalam kehidupan sehari-hari. Energi listrik dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan penerangan dan juga proses produksi yang melibatkan peralatan elektronik dan peralatan mesin industri. Mengingat begitu besar dan pentingnya manfaat energi listrik sedangkan sumber energi pembangkit listrik terutama yang berasal dari sumber daya tak terbarui keberadaannya terbatas, maka untuk menjaga kelestarian sumber energi ini perlu diupayakan langkah-langkah strategis yang dapat menunjang penyediaan energi listrik dan juga menghemat energi listrik secara optimal dan terjangkau.

Selama 2-3 tahun terakhir ini harga minyak mentah di dunia meningkat. Pasokan listrik akan berkurang dan subsidi listrik pun meningkat. Perlu diketahui bahwa cadangan minyak bumi di tanah air hanya tinggal 1,2 % dari cadangan minyak bumi dunia. Kalau tidak ada penemuan baru, maka cadangan minyak bumi tinggal hanya bertahan sampai 20 tahun. Cadangan gas tinggal hanya sekitar 60 tahun saja, kalau tidak ada penemuan baru. Batu bara lebih panjang dari itu, masih sekitar 150 tahun lagi. (Sambutan Presiden Susilo Bambang Yudhoyono dalam Peresmian PLTU Tanjung Jati B Jepara, Jawa Tengah).

Untuk menghemat energi listrik masyarakat disarankan mengurangi penggunaan alat elektronik yang banyak menyedot daya listrik, seperti kulkas, mesin cuci, *Air Conditioner* (AC) dan mesin pompa air. Diharapkan juga untuk menggunakan lampu hemat energi (LHE). Komparasi penggunaan LHE jauh berbeda dengan lampu pijar biasa. Bagi pengguna LHE, misalnya dengan pemakaian daya 900 watt bisa menghemat biaya pemakaian listrik 10.000 sampai 12.000 rupiah per bulannya. (<http://www.alpensteel.com>).

Dibandingkan dengan negara-negara lain, harga pokok listrik di Indonesia tergolong tidak efisien. Harga pokok listrik di Indonesia mencapai 6,5 sen dollar AS per kWh, masih lebih tinggi daripada negara-negara lain di sekitarnya. Seperti Malaysia dengan biaya listriknya yang hanya 6,2 sen dollar AS per kWh, Thailand hanya 6,0 sen dollar AS per kWh, Vietnam 5,2 sen dollar AS per kWh. (<http://portal.djlpe.esdm.go.id>).

Terkait dengan upaya menghemat energi listrik, selain dengan mengurangi pemakaian peralatan elektronik yang banyak menyedot energi listrik, masyarakat juga disarankan untuk menggunakan peralatan elektronik yang hemat energi. Seperti halnya penggunaan *Air Conditioner* (AC) di Indonesia, banyak sekali diminati masyarakat Indonesia karena cuaca di Indonesia yang cukup panas. Tetapi jika dilihat dari sisi lain pembelian *Air Conditioner* (AC), masyarakat kurang memahami jika AC menjadi salah satu peralatan elektronik yang banyak menyedot energi listrik. Untuk menanggulangi permasalahan tersebut, produsen AC telah membuat terobosan

baru dengan menambahkan teknologi *inverter* untuk menghemat pemakaian energi listrik.

Melihat fungsi, manfaat dan semakin berkembangnya teknologi pada *Air Conditioner* (AC) membuat pengetahuan tentang *Air Conditioner* (AC) dengan teknologi *inverter* ini menjadi suatu pokok bahasan yang wajib dimengerti dan dipahami oleh mahasiswa jurusan teknik elektro khususnya Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta. Perlu adanya sebuah modul praktikum tentang *Air Conditioner* (AC) dengan teknologi *inverter* dengan konsep yang tepat dan layak digunakan sebagai media pembelajaran baik secara teknis, fungsi dan unjuk kerja serta ergonomis untuk digunakan. Selain itu dibuatnya modul praktikum tentang *Air Conditioner* (AC) dengan teknologi *inverter* adalah untuk menunjang praktikum mahasiswa pada mata kuliah Praktik Pendingin dan Tata Udara.

Berdasarkan latar belakang di atas perancang mencoba mengembangkan sebuah Modul *Air Conditioner* (AC) dengan teknologi *inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK yang harapannya dapat menjadi media pembelajaran mata kuliah Praktik Pendingin dan Tata Udara, sehingga mampu menambah pengetahuan mahasiswa tentang Sistem Pendinginan pada *Air Conditioner* (AC) yang kini dilengkapi dengan teknologi *inverter* dan juga guna mengetahui unjuk kerja dari AC *inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK.

B. Identifikasi masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan yaitu:

1. *Air Conditioner inverter* tergolong baru dan belum familier sehingga perlu diteliti lagi unjuk kerjanya.
2. Belum adanya Modul praktek *Air Conditioner (AC) inverter* jenis sharp AH-XP5NSY ½ PK di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT UNY.

C. Batasan masalah

Pembuatan Modul *Air Conditioner (AC) inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK, dalam penulisan laporan proyek akhir ini dibatasi pada persiapan materi untuk proses perancangan, pembuatan, proses pengujian sampai dengan proses pengambilan data. Data yang diperoleh untuk mengetahui unjuk kerja dan Koefisien Prestasi dari Modul *Air Conditioner (AC) inverter* ini sebagai media pembelajaran dari segi teknis dalam penggunaan.

D. Rumusan masalah

Berdasarkan uraian diatas dapat dikemukakan beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana konsep perancangan dari Modul *Air Conditioner Inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK?

2. Bagaimana tampilan dari Modul *Air Conditioner Inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK?
3. Bagaimana unjuk kerja Modul *Air Conditioner (AC) inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK dilihat dari konsumsi daya listriknya?
4. Bagaimana unjuk kerja Modul *Air Conditioner (AC) inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK dilihat dari Koefisien Prestasi atau *Coefficient of Performance (COP)* nya?

E. Tujuan

Tujuan dari proyek akhir ini terdiri dari tujuan umum dan tujuan khusus, yaitu:

1. Tujuan Umum
 - Sebagai persyaratan akademis kelulusan dalam menyelesaikan studi di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro.
2. Tujuan Khusus
 - Merancang dan membuat Modul *Air Conditioner (AC) inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK.
 - Menunjang praktikum mahasiswa pada mata kuliah Praktik Pendingin dan Tata Udara.
 - Mengetahui unjuk kerja Modul *Air Conditioner (AC) inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK dilihat dari konsumsi daya listriknya.

- Mengetahui unjuk kerja Modul *Air Conditioner (AC) inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK dilihat dari Koefisien Prestasi atau *Coefficient of Performance* nya.

F. Manfaat

1. Menambah pengetahuan tentang materi praktikum mata kuliah Praktik Pendingin dan Tata Udara dengan menggunakan Modul *Air Conditioner (AC) inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK.
2. Sebagai media pembelajaran mahasiswa pada mata kuliah Praktik Pendingin dan Tata Udara di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Menghasilkan suatu Modul *Air Conditioner (AC) inverter* yang layak dan memadai sebagai media pembelajaran / praktikum mahasiswa.
4. Guna mengetahui unjuk kerja dari Modul *Air Conditioner (AC) inverter* merk Sharp AH-XP5NSY ½ PK.
5. Dapat memberikan informasi Koefisien Prestasi atau *Coefficient of Performance (COP)* dari AC *inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK.

G. Keaslian Gagasan

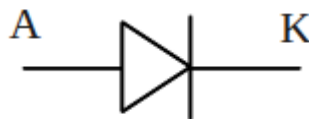
Gagasan judul tugas akhir ini merupakan ide dan gagasan dari Bapak Toto Sukisno, S.Pd, M.Pd, namun setelah melakukan *searching* di dunia maya dan di proyek akhir yang lalu ternyata belum pernah dibuat di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro UNY, dan juga gagasan dibuatnya Modul *Air*

Conditioner (AC) inverter ini adalah dikarenakan belum adanya modul *Air Conditioner* berteknologi *inverter* yang mendukung kegiatan praktik mahasiswa dan juga untuk mengetahui kinerja / koefisien prestasi AC berteknologi *inverter* di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro UNY. Oleh karena itu, judul “Pengembangan Modul *Air Conditioner inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK” akan diambil oleh penulis sebagai tugas akhir yang akan dibuat untuk memenuhi sebagian persyaratan guna memperoleh gelar ahli madya.

BAB II PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

A. Penyearah

1. Penyearah Setengah Gelombang



Gambar 1. Dioda

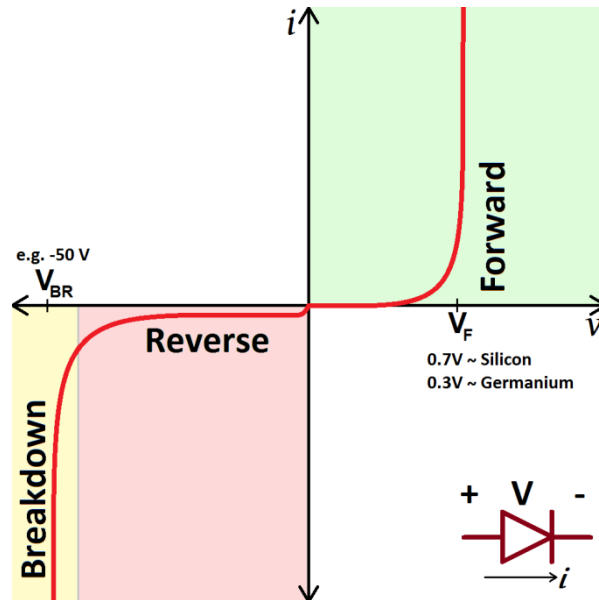
Sumber : <http://www.elektronikabersama.web.id/2011/05/dioda-forward-bias-dan-reverse-bias.html>

Dioda daya merupakan semikonduktor yang terdiri dari anoda dan katoda. Prinsip kerja dari dioda daya sama dengan dioda sinyal yaitu secara umum adalah dioda akan on (konduksi) apabila tegangan yang diberikan pada anoda lebih besar dari tegangan katoda ($V_s > 0$). Pada saat on dioda dapat digambarkan sebagai rangkaian *short circuit*, sedangkan pada saat off dioda dapat digambarkan sebagai rangkaian *open circuit*. Berdasarkan prinsip kerja dioda maka dalam aplikasinya dalam elektronika daya dioda digunakan sebagai penyearah (Rasyid : 2001).

Yang membedakan dioda daya dengan dioda sinyal yaitu dioda daya:

- a. Memiliki daya yang besar
- b. Kemampuan menangani tegangan dan arus yang lebih besar

c. Kecepatan pensaklaran (respon frekuensi) lebih rendah



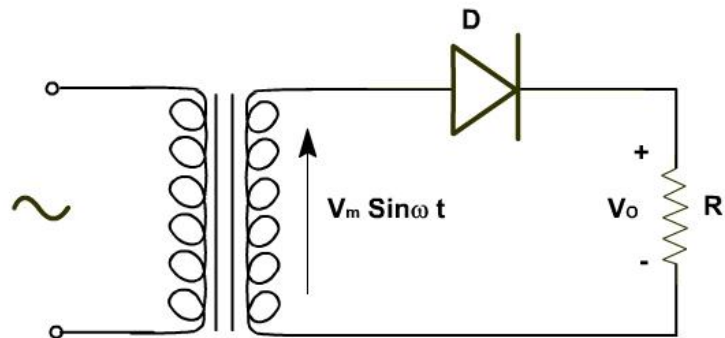
Gambar 2. Kurva Karakteristik V-I dioda

Sumber : <http://fuadtav.blogspot.co.id/2013/04/cara-kerja-power-supply.html>

Dioda daya dapat dibagi menjadi tiga jenis antara lain:

- a. *Standard* Dioda
- b. *Fast-recovery* Dioda
- c. Dioda Schottky

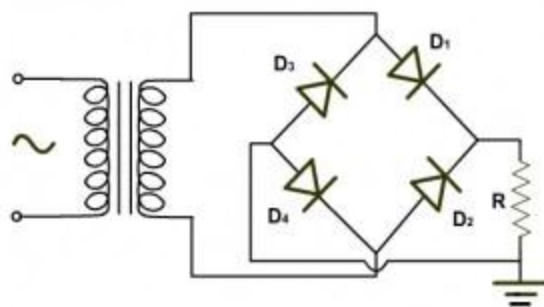
Penyearah setengah gelombang merupakan penyearah tegangan bolak balik (AC) menjadi tegangan DC dengan melewati tegangan pada saat tegangan yang diberikan pada anoda lebih besar dari tegangan pada katoda. Sehingga bentuk gelombang keluaran yang dihasilkan akan terjadi pada setengah perioda dengan tegangan yang dihasilkan adalah nol pada period yang lainnya.



Gambar 3. Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang
 Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/konsep-dasar-penyearah-gelombang-rectifier/>

2. Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa

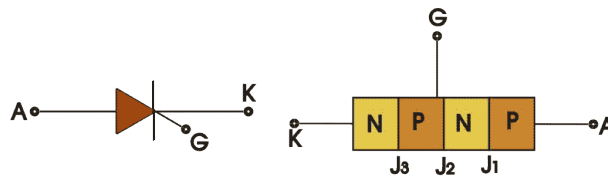
Pada saat tegangan input (V_s) yang diberikan > 0 maka D1 dan D4 akan menghantar (konduksi) dan selama $V_d < 0$ maka D2 dan D3 akan menghantar. Fungsi dari dua buah dioda yang bekerja secara bersamaan adalah sebagai pembalik gelombang sehingga gelombang keluaran yang didapat pada setiap periodanya tidak ada gelombang yang bernilai nol (Rasyid : 2001).



Gambar 4. Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh
 Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/konsep-dasar-penyearah-gelombang-rectifier/>

3. Pengontrolan Fasa Thyristor pada Pengaturan Motor DC

Thyristor adalah komponen semikonduktor daya yang berfungsi sebagai *switch*, yang beroperasi dari keadaan non konduksi menjadi keadaan konduksi. Thyristor tersusun atas 4 lapisan p-n-p-n dengan tiga sambungan pn. Thyristor memiliki tiga terminal, yakni anoda, katoda, dan gate (Ned : 2012).



Gambar 5. Thyristor

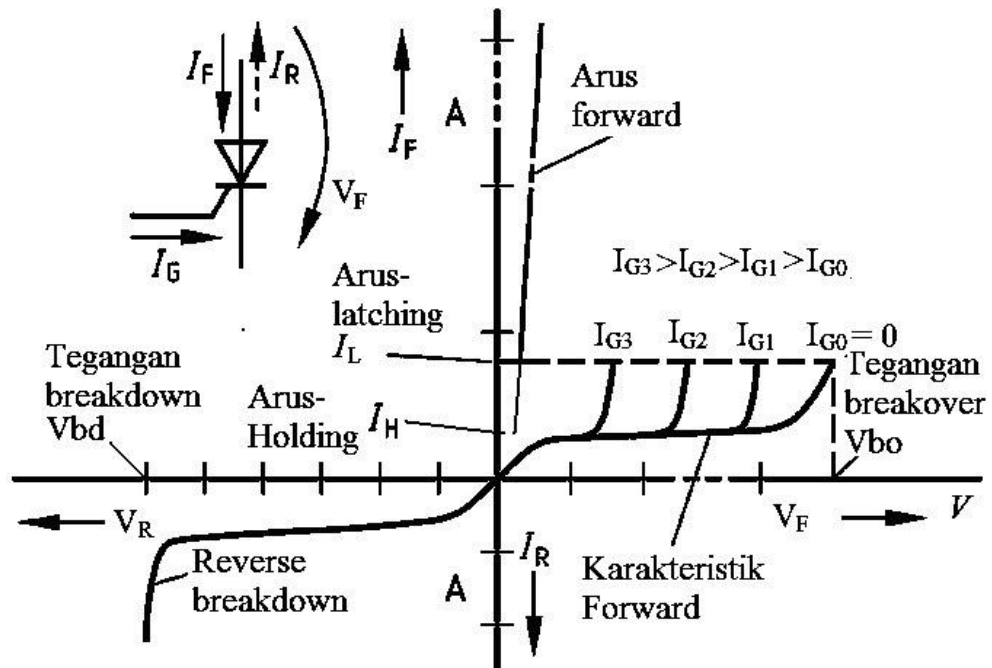
Sumber : <http://www.electrical4u.com/thyristor-triggering/>

Ketika tegangan anoda lebih positif dibanding katoda, maka J1 dan J3 akan *forward biased*, sedangkan J2 akan *reverse biased*, sehingga hanya sedikit arus yang bisa mengalir dari anoda ke katoda. Kondisi ini dinamakan *forward blocking*.

Jika tegangan antara anoda dan katoda ditingkatkan, maka daerah deplesi di J2 akan hilang, yang dinamakan *avalanche breakdown*, sehingga terjadi aliran muatan dari anoda ke katoda. Kondisi ini disebut kondisi ON atau konduksi. Arus anoda harus lebih besar dari *latching current* supaya tetap terjadi aliran muatan, jika tidak, maka akan terjadi kondisi *blocking*. *Latching current* adalah arus minimum pada anoda yang dibutuhkan untuk membuat thyristor tetap dalam kondisi *on*.

Saat tegangan katoda lebih positif dibanding anoda, maka J2 akan *forward biased* sedangkan J1 dan J3 *reverse biased*. Thyristor akan berada dalam kondisi *reverse blocking*.

Karakteristik tegangan-arus pada thyristor adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Karakteristik Tegangan dan Arus pada Thyristor

Sumber : <http://bengkellistrik.com.blogspot.co.id/2011/02/komponen-pengendali-elektronik.html>

Thyristor akan aktif dengan meningkatkan arus anoda. Caranya dengan pemanasan, pencahayaan, tegangan tinggi, dv/dt , atau arus gate. Jika thyristor *forward biased*, pemberian pulsa pada *gate* akan mengaktifkan thyristor. Semakin besar arus gate, maka tegangan *forward blocking* akan semakin menurun.

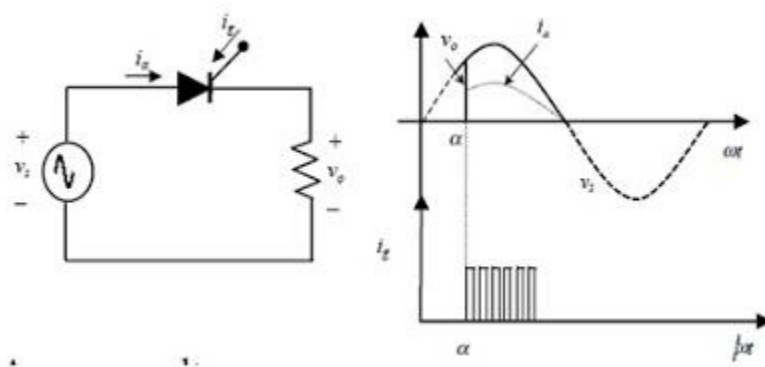
Thyristor dapat di off-kan dengan cara mengurangi arus *forward* ke tingkat di bawah *holding current*. Ada beberapa metode untuk men-off-kan thyristor, yang disebut teknik komutasi. Teknik komutasi ada yang bersifat natural dan *forced*.

Berdasarkan konstruksi dan karakteristik on/ off nya, thyristor dibedakan menjadi 9 kategori:

1. *Phase-control thyristor* (SCRs).
2. *Fast-switching thyristor* (SCRs).
3. *Gate-turn-off thyristor* (GTOs).
4. *Bidirectional triode thyristor* (TRIACs).
5. *Reverse-conducting thyristor* (RCTs).
6. *Static induction thyristor* (SITHs).
7. *Light-activated silicon-controlled rectifiers* (LASCRs).
8. *FET-controlled thyristors* (FET-CTHs).
9. *MOS-controlled thyristor* (MCTs).

Thyristor pengontrolan fasa digunakan untuk menghasilkan tegangan keluaran yang dapat diatur besarnya, caranya dengan mengatur waktu tunda atau sudut atau sudut penyalaan pada thyristor. Thyristor diaktifkan dengan memberikan pulsa pada gatenya (Ned : 2012).

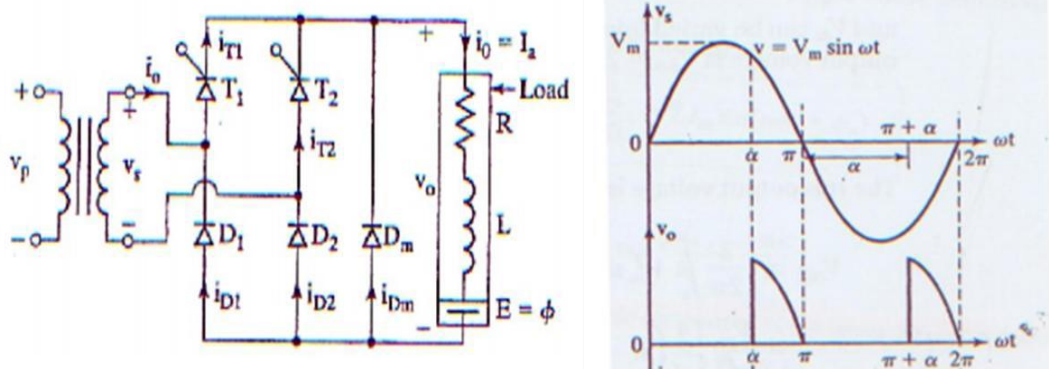
Berdasarkan tegangan masukannya, konverter pengontrolan fasa dibedakan menjadi konverter satu fasa dan konverter tiga fasa. Pada setengah siklus positif, thyristor akan *on* setelah gatenya diberikan pulsa dengan waktu tunda sebesar α . Setelah $\omega t > \alpha$ maka thyristor akan *on* dan tegangan pada beban sama seperti tegangan masukannya.



Gambar 7. Konverter Pengontrolan Fasa

Sumber : http://jendeladengabei.blogspot.co.id/2012/10/penyearah-satu-fasa-setengah-gelombang_19.html

Baik konverter satu fasa maupun tiga fasa, masing-masing memiliki tipe *semiconverter*, *full converter*, dan *dual converter*. Semikonverter satu fasa memiliki rangkaian sebagai berikut:



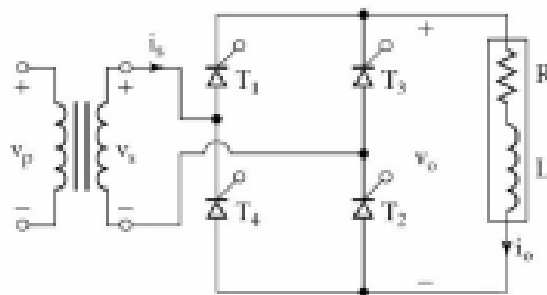
Gambar 8. Semi Konverter Satu Fasa
Sumber : Modul Praktikum Elektronika Daya UI

Nilai α akan mempengaruhi besarnya tegangan keluaran pada beban.

Tegangan keluaran rata-rata dirumuskan sebagai berikut:

$$V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} (1 + \cos \alpha)$$

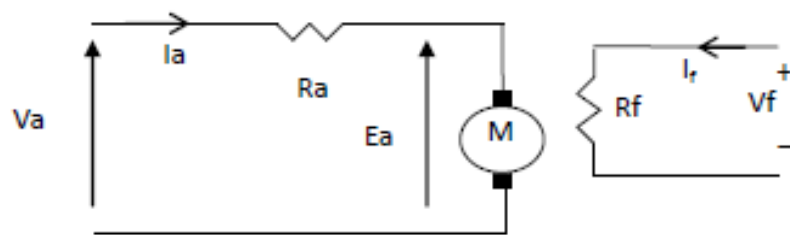
Full konverter satu fasa beroperasi di dua kuadran, artinya konverter ini memiliki tegangan keluaran dengan dua polaritas dan arus keluaran satu polaritas.



$$V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} (\cos \alpha)$$

Gambar 9. Konverter Penuh Satu Fasa
Sumber : Modul Praktikum Elektronika Daya UI

Salah satu aplikasi thyristor adalah pada pengaturan motor DC. Thyristor dapat berfungsi sebagai saklar untuk mengaktifkan motor DC. Thyristor juga dapat mengatur kecepatan motor DC.



Gambar 10. Thyristor sebagai Pengaturan Motor DC
Sumber : Modul Praktikum Elektronika Daya UI

Pengontrolan kecepatan motor dapat dilakukan dengan pengaturan tegangan terminal, sesuai dengan rumus berikut :

$$E_a = k \cdot n \cdot \phi$$

$$E_a = V_a - I_a \cdot R_a$$

$$n = \frac{V_a - I_a R_a}{k \phi} \text{ dimana } \phi = \phi(I_f)$$

Dari rumus tersebut dapat diketahui bahwa pengaturan kecepatan motor DC Shunt berpuat terpisah dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan pengaturan tegangan jangkar V_a dan dengan pengaturan arus medan penguat atau I_f .

4. DC Drive

a. Karakteristik Motor DC

Motor DC umumnya digunakan pada aplikasi yang membutuhkan variasi kecepatan. Dua jenis pengaturan yang biasa digunakan untuk memvariasikan kecepatan adalah pengaturan tegangan jangkar dan pelemahan fluks medan stator (Rasyid : 2001).

Pada motor arus searah, selain tegangan terminal V_t dan fluks kumpuran medan ϕ , kecepatan n tergantung juga pada arus jangkar I_a , tahanan jangkar R_a dan konstanta mesin k seperti yang terlihat pada rumus dibawah ini :

$$n = \frac{V_a - I_a R_a}{k \cdot \phi}$$

Pada Motor DC berpenguat terpisah, metode pengaturan tegangan jangkar digunakan untuk mendapatkan variasi kecepatan motor sampai kecepatan dasar (*base speed*) atau kecepatan ratingnya (*rated speed*). Dalam metode ini, tegangan jangkar dibuat bervariasi sedangkan tegangan medan maupun arus medan dijaga tetap. Oleh karena tidak adanya perubahan beban, maka arus jangkar pun tetap sehingga besar torsi elektromagnetik τ untuk metode ini tetap, seperti yang ditunjukkan pada rumus di bawah ini :

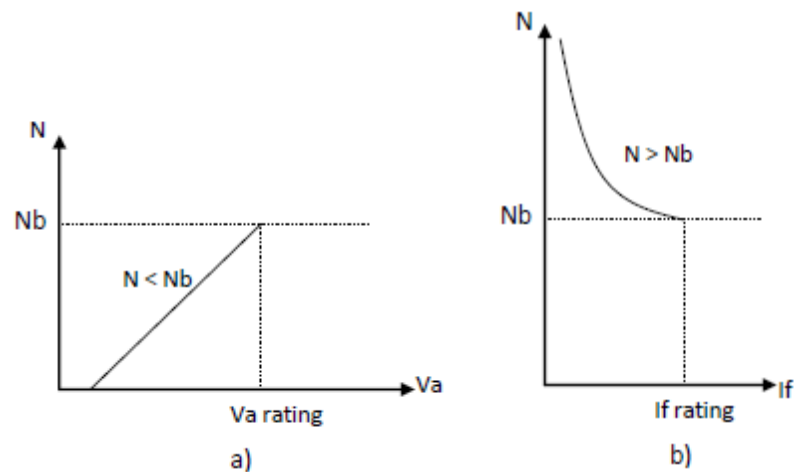
$$\tau = k \cdot \phi \cdot I_a$$

Karena itulah, Motor DC dengan metode pengaturan tegangan jangkar ini beroperasi pada daerah torsi tetap.

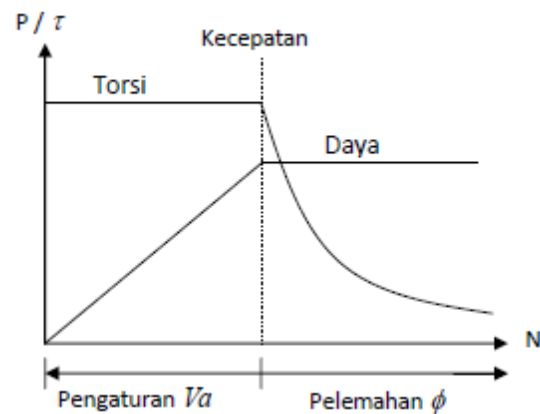
Metode pelemahan fluks digunakan untuk mendapatkan variasi kecepatan motor di atas kecepatan dasarnya. Dalam metode ini, arus medan yang diaplikasikan dibuat bervariasi sedangkan tegangan jangkar maupun beban motor dibuat tetap sehingga daya keluaran yang dihasilkan juga tetap.

$$P_d = \tau \cdot n$$

Karena itulah, Motor DC dengan metode pelemahan fluks ini beroperasi pada daerah daya keluaran tetap. Karakteristik kerja kedua metode pengaturan kecepatan ini dapat dilihat dari grafik berikut ini :



Gambar 11. a) Pengaturan Tegangan Jangkar b) Pelemahan
Sumber : Modul Praktikum Elektronika Daya UI

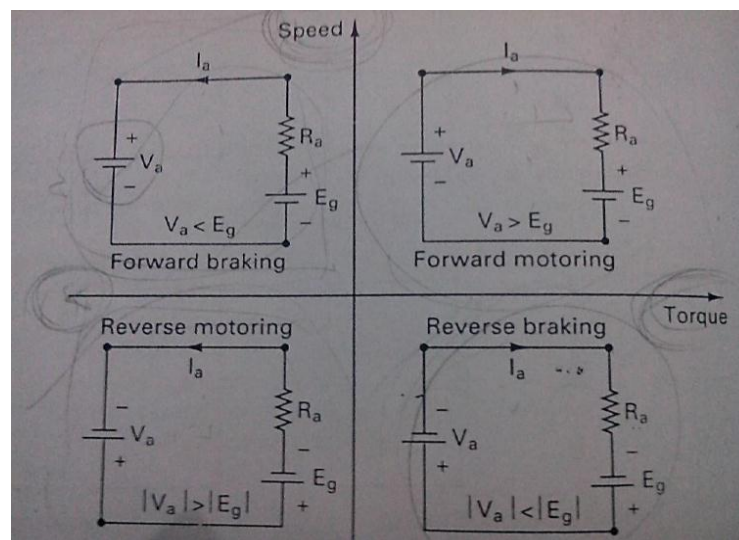


Gambar 12. Variasi kecepatan terhadap Torsi dan Daya
 Sumber : Modul Praktikum Elektronika Daya UI

b. Operasi Motor DC

Dalam aplikasi variasi kecepatan, Motor DC dapat beroperasi dalam satu atau lebih mode operasi yakni motoring, *regenerative braking*, *dynamic braking*, dan *plugging*. Motor DC dikatakan beroperasi dalam empat kuadran jika motor tersebut dapat mencapai karakteristik operasi sebagai pembalik kecepatan motor dan regenerasi daya di kedua arah putaran motor, yaitu arah putaran maju (*forward direction*) dan arah putaran berbalik (*reverse direction*) (Rasyid : 2001).

Kondisi operasi empat kuadran, tergantung dari karakteristik torsi dan kecepatan yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan gambar dibawah ini:



Gambar 13. Operasi 4 Kuadran Motor DC
Sumber : Modul Praktikum Elektronika Daya UI

c. DC Drive

Motor DC dapat menghasilkan variasi kecepatan dan starting torsi yang tinggi. DC drive merupakan komponen utama untuk melakukan pengontrolan karakteristik motor DC. DC drive dapat memvariasikan kecepatan dan torsi motor DC (Rasyid : 2001).

Controlled rectifier dan chopper digunakan dalam melakukan pengontrolan karakteristik motor DC. *Controlled rectifier* pada umumnya menggunakan thyristor untuk melakukan penyearahan terkontrol. Chopper yang biasa kita kenal sebagai DC-to-DC Converter menggunakan power BJT, Power MOSFET, GTO, atau *forced-commutated thyristor* untuk melakukan *switching*.

DC drive secara umum diklasifikasikan dalam 3 tipe, diantaranya:

1. *Single-phase drives*

a. *Single-phase half-wave-converter drives*

b. *Single-phase semiconverter drives*

c. *Single-phase full-converter drives*

d. *Single-phase dual-converter drives*

2. *Three-phase drives*

a. *Three-phase half-wave-converter drives*

b. *Three-phase semiconverter drives*

c. *Three-phase full-converter drives*

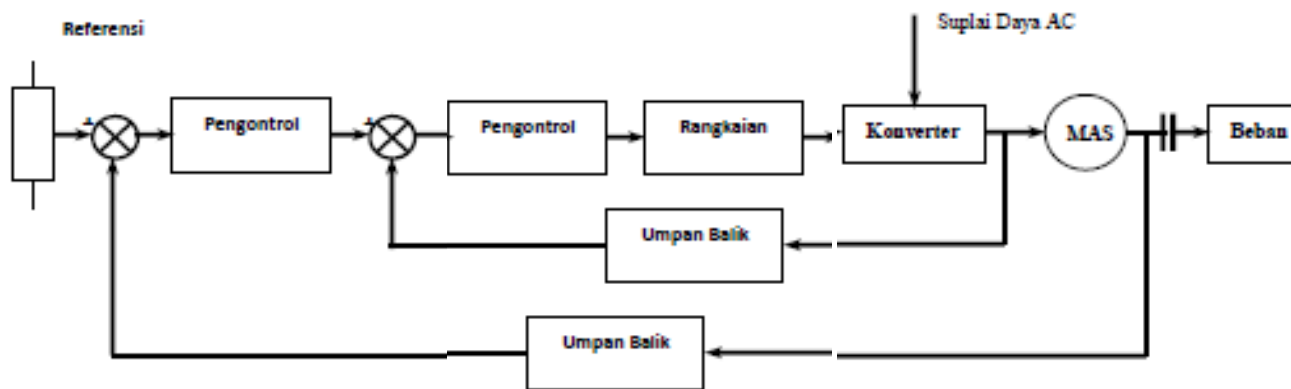
d. *Three-phase dual-converter drives*

3. *Chopper drives*

Pengaturan Kecepatan Motor Arus Searah Penguatan Terpisah

Dengan Sistem Umpan Balik Kecepatan

Diagram blok sistem kontrol kecepatan lup tertutup Motor DC berpenguatan terpisah dengan suatu pembatas arus ditunjukkan oleh gambar berikut ini :



Gambar 14. Diagram Block Kontrol Kecepatan Lup Tertutup dengan Pembatas Arus

Sumber : Modul Praktikum Elektronika Daya UI

Pada sistem pengaturan kecepatan tanpa umpan balik (konvensional), perubahan beban maupun perubahan arus medan akan mengakibatkan perubahan kecepatan. Namun untuk sistem pengaturan dengan umpan balik kecepatan, hal ini tidak terjadi karena kecepatan yang dihasilkan motor akan diumpanbalikkan dalam bentuk sinyal untuk selanjutnya dibandingkan dengan sinyal masukan (referensi). Sinyal kesalahan yang merupakan selisih antara kedua sinyal tersebut akan diteruskan melalui suatu rangkaian kontroler. Keluaran kontroler inilah yang nantinya akan mempengaruhi besar sudut tunda penyalaaan konverter sehingga suplai tegangan jangkar akan terkontrol untuk mempertahankan kecepatan motor pada kondisi semula (sesuai dengan referensi yang dikehendaki).

Pengaturan Kecepatan Motor Arus Searah Penguatan Terpisah Dengan Sistem Umpan Balik Tegangan Jangkar.

Pengaturan dengan sistem umpan balik ini bertujuan untuk mempertahankan besar tegangan jangkar tetap sesuai referensi yang dikehendaki. Besar tegangan jangkar yang sebelumnya dikonversikan dalam bentuk sinyal, akan diumpanbalikkan dan dibandingkan terhadap sinyal referensinya. Selisih kedua sinyal tersebutnya akan mempengaruhi besarnya sudut tunda penyalan konverter sehingga besar tegangan tegangan jangkar motor akan konstan.

B. *Air Conditioner* (AC)

1. Pengertian *Air Conditioner*

Air Conditioner sebuah peralatan yang dirancang sebagai kombinasi pengatur udara secara spesifik, terdiri dari sarana untuk ventilasi, sirkulasi udara, dan perpindahan panas dengan sarana kontrol untuk menjaga suhu dan kelembaban dalam batas yang ditentukan (Miller, 2006: 582).

Air Conditioner merupakan sebuah alat yang mampu mengkondisikan udara. Dengan kata lain, AC berfungsi sebagai penyejuk udara yang diinginkan (sejuk atau dingin) dan nyaman bagi tubuh. AC lebih banyak digunakan di wilayah yang beriklim tropis dengan kondisi temperatur udara yang relatif tinggi (panas) (Djamaludin : 2015).

2. Komponen *Air Conditioner* (AC)

Komponen AC terbagi menjadi 2 bagian utama, yaitu bagian *indoor* dan bagian *outdoor*. Pada masing-masing bagian AC, mempunyai komponen dan fungsi yang berbeda.

a. Bagian *Indoor* AC

1) *Grill*



Gambar 15. *Grill*

Grill adalah bagian terpenting pada *indoor* AC, karena grill adalah Bodi dari unit *Indoor* AC, yang berfungsi sebagai tempat kedudukan dari serangkaian komponen yang ada pada unit *indoor* AC.

2) Evaporator



Gambar 16. *Evaporator*

Sumber <http://mhasanb.blogspot.co.id/2013/05/sparepartac-jual-sparepart-ac-di.html>

Evaporator berfungsi menyerap dan mengalirkan panas dari udara ke *refrigerant*. Akibatnya, Wujud cair *refrigerant* setelah melewati pipa kepiler akan berubah wujud menjadi gas. Secara sederhana, evaporator bisa di katakan sebagai alat penukar panas. Udara panas di sekitar ruangan ber-AC diserap oleh evaporator dan masuk melewati sirip-sirip pipa sehingga suhu udara yang keluar dari sirip-sirip menjadi lebih rendah dari kondisi semua atau dingin. Sirkulasi udara ruangan ber-AC diatur Oleh Blower *indoor*. Biasanya Evaporator ditempatkan pada dalam ruangan.

3) *Motor Fan Indoor*



Gambar 17. *Motor Fan Indoor*

Sumber : <http://servisacsurabaya.com/2013/05/service-ac-surabaya-ganti-motor-fan/>

Motor Fan Indoor AC adalah sebuah Motor AC / DC yang berfungsi menggerakkan blower *indoor* untuk mendapatkan kecepatan tertentu agar supaya udara diruangan dapat bersirkulasi melalui evaporator.

4) *Blower Indoor*



Gambar 18. *Blower Indoor*

Sumber : <http://mhasanb.blogspot.co.id/2013/05/sparepartac-jual-sparepart-ac-di.html>

Blower Indoor adalah perangkat *indoor* AC yang berbentuk bulat sehingga disebut blower dan berfungsi sebagai alat untuk menghempaskan udara ruangan yang dibantu oleh motor *fan indoor*.

5) PCB Modul



Gambar 19. PCB Modul

PCB Modul merupakan alat mengatur kerja keseluruhan Unit AC. Jika di analogika, fungsi PCB modul menyerupai fungsi otak

manusia. Di dalam komponen PCB Kontrol terdiri dari bermacam - macam alat elektronik , seperti thermistor, sensor, kapasitor, IC, trafo, *fuse*, saklar, *relay* , dan alat elektronik lainnya. Fungsinya pun beragam, mulai dari mengontrol kecepatan blower *indoor*, pergerakan swing, mengatur temperatur, lama pengoperasian (timer), sampai menyalakan atau menonaktifkan.

6) *Remote Controller*



Gambar 20. *Remote Controller*

Remote Controler adalah alat untuk mangaplikasikan keinginan kita untuk memberikan perintah terhadap AC, yang nantinya perintah akan disampaikan pada modul AC, untuk kemudian AC melakukan perintah yang diberikan dari modul.

7) *Thermistor*



Gambar 21. *Thermistor*

Sumber : <http://dutaserviceac.com/fungsi-thermistor-pada-ac/>

Thermistor adalah alat pengatur temperatur. Dengan begitu, *thermistor* mampu mengatur kerja kompresor secara otomatis berdasarkan perubahan temperatur. Biasanya, *thermistor* dipasang di bagian evaporator. *Thermistor* dibuat dari bahan semikonduktor yang dibuat dalam beberapa bentuk, seperti piringan, batangan, atau butiran, tergantung dari pabrikan AC. Pada *thermistor* berbentuk butiran, memiliki diameter (kira-kira 3-5 mm). Kemudian, beberapa butir *thermistor* tersebut dibungkus dengan kapsul yang terbuat dari bahan gelas (kapsul kaca). Selanjutnya, kapsul kaca dipasangi dua buah kaki terminal (pin). Karena ukurannya sangat kecil, *thermistor* berbentuk butiran mampu memberikan reaksi yang sangat cepat terhadap perubahan temperatur. *Thermistor* dirancang agar memiliki tahanan yang nilainya semakin mengecil ketika temperatur bertambah. Pada

Unit AC, ada dua jenis *thermistor*, yaitu *thermistor* temperatur ruangan dan *thermistor* pipa evaporator. *Thermistor* temperatur ruangan berfungsi menerima respon perubahan temperatur dan hembusan evaporator. *Thermistor* pipa berfungsi menerima perubahan temperatur pada pipa evaporator.

8) *Capasitor Fan*



Gambar 22. *Capasitor Fan*

Sumber : <http://cahpct.com/2010/04/06/pasang-ac-tcl/>

Merupakan sebuah alat pada unit *indoor* AC yang berfungsi sebagai penggerak motor blower saat *running* atau sebagai alat bantu *starting* motor *indoor*.

9) Filter Udara



Gambar 23. Filter Udara

Merupakan alat yang berfungsi sebagai penyaring kotoran dan debu yang berada pada ruangan dikarenakan sirkulasi dari *indoor*. Filter udara sangat berperan penting dalam membantu kebersihan ruangan.

b. Bagian *Outdoor AC*

1) Bodi *Outdoor AC*

..



Gambar 24. Bodi *Outdoor AC*

Merupakan seng atau plastik yang berfungsi sebagai alat untuk tempat tersusunnya komponen utama dari seluruh rangkaian *outdoor AC*.

2) Kompresor



Gambar 25. Kompresor

Kompresor merupakan alat yang paling vital dalam sebuah rangkaian *Air Conditioner*. Jika dianalogikan, cara kerja kompresor AC layaknya seperti jantung di tubuh manusia, dimana kompresor merupakan alat yang berfungsi sebagai sarana untuk mensirkulasi Gas freon dari unit *indoor* AC ke unit *outdoor* AC dan sebaliknya dimana dalam sirkulasi tersebut terdapat proses gas freon dari *Liquid* / cairan menjadi Gas dan sebaliknya sehingga mendapatkan pengembunan yang cukup dan itulah yang disebut dengan proses pendinginan.

3) Kondensor



Gambar 26. Kondensor

Kondensor Berfungsi sebagai alat penukar kalor, menurunkan temperatur *refrigerant*, dan mengubah wujud *refrigerant* dari bentuk gas menjadi cair. Kondensor Pada AC biasanya di simpan pada luar ruangan (*outdoor*). Kondensor biasanya didinginkan Oleh Kipas (*FAN*), *Fan* ini berfungsi menghembuskan panas yang di hasilkan kondensor pada saat pelepasan Kalor yang di serap oleh refrigeran. Agar Proses Pelepasan kalor bisa lebih cepat, pipa kondensor didesain berliku dan dilengkapi dengan sirip.

4) Kapasitor Kompresor



Gambar 27. Kapasitor Kompresor

Sumber : <http://alyitank.blogspot.co.id/2013/06/komponen-ac-split-dan-fungsinya.html>

Kapasitor merupakan alat elektronik yang berfungsi sebagai penyimpanan muatan listrik sementara. Dikatakan sementara, kapasitor akan melepaskan semua muatan listrik yang terkandung secara tiba-tiba dalam waktu yang sangat singkat. Besarnya muatan yang bisa ditampung tergantung dari kapasitas kapasitor. Satuan

dari kapasitas kapasitor adalah *Farad* (F). Biasanya, Kapasitor difungsikan sebagai penggerak kompresor pertama kali atau starting kapasitor. Dengan bantuan starting kapasitor, hanya dibutuhkan waktu sepersekian detik atau sangat singkat untuk membuat motor kompresor berputar pada kecepatan penuh. Lama atau singkatnya waktu yang dibutuhkan tergantung dari jumlah muatan listrik yang tersimpan pada kapasitor. Setelah motor kompresor mencapai putaran penuh, secara otomatis hubungan listrik pada kapasitor akan dilepas, dan digantikan dengan hubungan langsung dari PLN. Kapasitor akan mengisi kembali muatan dan akan digunakan kembali sewaktu-waktu pada saat menyalakan kompresor lagi. Pada unit AC, biasanya terdapat dua *starting* kapasitor, yaitu sebagai penggerak kompresor dan motor kipas (*fan*). pada kompresor AC bertenaga 0.5 – 2 PK memiliki *start* kapasitor berukuran 15 - 50 nF. Pada motor kipas (*fan indoor* atau *outdoor*) memiliki *start* kapasitor berukuran 1-4 nF.

5) *Motor Fan Outdoor*



Gambar 28. *Motor Fan Outdoor*

Sumber : sparepartpendingin.wordpress.com

Adalah sebuah motor listrik AC / DC yang berfungsi sebagai alat untuk mensirkulasi udara disekitar *outdoor* AC dan juga untuk mempertahankan suhu tertentu sehingga kinerja kompresor stabil.

6) *Capasitor Fan Outdoor*



Gambar 29. *Capasitor Fan Outdoor*

Sumber : <http://alyitank.blogspot.co.id/2013/06/komponen-ac-split-dan-fungsinya.html>

Berfungsi sebagai alat bantu starting *Motor Fan Outdoor*.

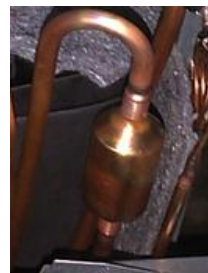
7) Pipa Kapiler / Pipa Tembaga



Gambar 30. Pipa Kapiler / Pipa Tembaga

Pipa kapiler merupakan komponen utama yang berfungsi menurunkan tekanan *refrigerant* dan mengatur aliran *refrigerant* menuju evaporator. Fungsi utama pipa kapiler ini sangat vital karena menghubungkan dua bagian tekanan berbeda, yaitu tekanan tinggi dan tekanan rendah. *Refrigerant* bertekanan tinggi sebelum melewati pipa kapiler akan di ubah atau diturunkan tekananya. Akibat dari penurunan tekanan *refrigerant* menyebabkan penurunan suhu. Pada bagian inilah (pipa kapiler) *refrigerant* mencapai suhu terendah (terdingin). Pipa kapiler terletak antara saringan (filter) dan Evaporator.

8) Filter Dryer



Gambar 31. *Filter Dryer*

Filter *dryer* pada pemasangannya diletakkan setelah kondenser. Adapun fungsi dari filter *dryer* itu sendiri adalah menyaring kotoran dan partikel - partikel lain yang menempel pada dinding pipa tembaga yang ikut terbawa bersama bahan pendingin (*refrigerant*). Filter *dryer* umumnya berbentuk silinder / tabung dengan ukuran dan dimensi yang berbeda - beda sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan. Cara pemasangan filter *dryer* bisa dilakukan dengan sistem las dan *flare / nut*. Pemasangan filter *dryer* yang benar adalah sesuai arah panah yang tertera pada sisi filter *dryer* itu sendiri.

9) Kran Valve



Gambar 32. Kran Valve

Fungsi Kran Valve, Kran valve adalah sebuah alat yg dapat membuka tutup seperti kran air, bedanya adalah kran air dapat ditutup dan dibuka dengan tangan, kalau kran valve pada *outdoor* unit dibuka dan ditutupnya menggunakan kunci L. Kran valve berfungsi untuk mengunci freon didalam *outdoor* unit. Bila anda membeli ac split baru *outdoor* unitnya sudah terisi oleh gas *refrigerant*, jadi sewaktu ac split sudah selesai terpasang,

kran *valve* pada *outdoor* unit harus dibuka agar freon dapat bersikulasi didalam unit pendingin.

10) *Overload Motor Protector* (OMP)



Gambar 33. *Overload Motor Protector*

Overload Motor Protector (OMP) merupakan alat pengaman motor listrik kompresor (biasanya terdapat pada jenis kompresor hermetic). Kerja OMP dikendalikan oleh sensor panas yang terbuat dari campuran bahan logam dan bukan logam (bimetal). Batang bimetal inilah yang membuka dan menutup arus listrik secara otomatis ke motor listrik. Ketika bimetal dilewati arus listrik tinggi secara terus menerus atau kondisi kompresor yang terlalu panas, bimetal akan membuka sehingga arus listrik menuju kompresor akan putus. Begitu juga sebaliknya. Ketika suhu kompresor turun, bimetal akan menutup, arus listrik akan mengalir menuju kompresor sehingga kompresor akan kembali bekerja. Penempatan OMP pada kompresor hermetik ada dua macam, yaitu *external* OMP (diletakan di luar bodi kompresor) dan *internal* OMP (diletakan di dalam kompresor). Biasanya, *External*

OMP digunakan untuk mesin kompresor AC yang tidak terlalu besar (0,5-1 PK), sedangkan *internal* OMP banyak terdapat pada mesin kompresor AC yang besar(1,5-2 PK).

C. Arus

1. Pengertian Arus

Arus adalah ukuran dimana muatan bergerak melalui sebuah titik tertentu per satuan waktu dalam arah tertentu (Hyat, 1978: 11).

Kita semua tentu paham bahwa arus listrik terjadi karena adanya aliran elektron dimana setiap elektron mempunyai muatan yang besarnya sama. Jika kita mempunyai benda bermuatan negatif berarti benda tersebut mempunyai kelebihan elektron. Derajat termuatinya benda tersebut diukur dengan jumlah kelebihan elektron yang ada. Muatan sebuah elektron, sering dinyatakan dengan simbol q atau e , dinyatakan dengan satuan Coulomb, yaitu sebesar

$$q \approx 1,6 \times 10^{-19} \text{ Coulomb}$$

Misalkan kita mempunyai sepotong kawat tembaga yang biasanya digunakan sebagai penghantar listrik dengan alasan harganya relatif murah, kuat dan tahan terhadap korosi. Besarnya hantaran pada kawat tersebut hanya tergantung pada adanya elektron bebas (dari elektron valensi), karena muatan inti dan elektron pada lintasan dalam terikat erat pada struktur kristal.

Pada dasarnya dalam kawat penghantar terdapat aliran elektron dalam jumlah yang sangat besar, jika jumlah elektron yang bergerak ke kanan dan ke kiri sama besar maka seolah-olah tidak terjadi apa-apa. Namun jika ujung sebelah kanan kawat menarik elektron sedangkan ujung sebelah kiri melepaskannya maka akan terjadi aliran elektron ke kanan (tapi ingat, dalam hal ini disepakati bahwa arah arus ke kiri). Aliran elektron inilah yang selanjutnya disebut arus listrik.

Besarnya arus listrik diukur dengan satuan banyaknya elektron per detik, namun demikian ini bukan satuan yang praktis karena harganya terlalu kecil. Satuan yang dipakai adalah ampere, dimana

$$i = \frac{dq}{dt}$$

$$1 \text{ ampere} = 1 \text{ Coulomb/det.}$$

Sedangkan Rumus untuk mencari arus adalah

$$\text{Arus} = \frac{\text{Perbedaan Potensial}}{\text{Hambatan}} \quad \text{atau} \quad I = \frac{E}{R}$$

Dimana :

I = Arus

E = Tegangan / Beda Potensial

R = Hambatan

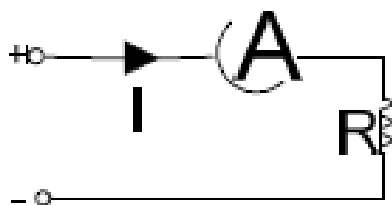
2. Cara Pengukuran Arus



Gambar 34. Ampere Meter
Sumber : www.indolistrik.com

Ampere meter adalah suatu alat ukur yang menera kuat arus listrik dalam satuan ampere (A). didalam kepekaan ukur menunjukkan spesifikasi dari alat ukurnya. Cara pemakaian alat ukur ampere harus dihubungkan seri terhadap instrumen dari alat pemakai.

Untuk mengukur arus yang lebih kecil digunakan alat ukur mili ampere meter dan untuk yang lebih kecil dipergunakan mikro ampere meter.



Gambar 35. Penyambungan Ampere meter

Apabila dalam pengukuran arus menggunakan AVO meter, maka selektor harus ditempatkan pada posisi DcmA, jika menggunakan AVO analog, maka cara membaca hasil pengukuran adalah batas ukur dibagi dengan penyimpangan skala penuh kemudian dikalikan dengan penunjukkan jarum, atau dapat dituliskan dengan rumus:

Hasil = simpangan skala penuh batas ukur x penunjukkan

Misalkan sebuah AVO meter analog untuk mengukur arus dengan batas ukur 10 ampere dan simpangan skala penuh 50, 48 apabila penunjukkan jarum pada angka 5, maka besarnya pengukuran adalah:

$$\frac{10}{50} \times 5 = 1 \text{ ampere}$$

Apabila dalam pengukuran menggunakan AVO digital, maka pembacaan harga pengukuran tinggal melihat angka yang ditunjukkan dalam layar. Pengukur ampere harus mempunyai komponen tahanan yang nilainya sangat kecil, agar tidak menimbulkan kerugian yang berarti terhadap alat yang diukur.

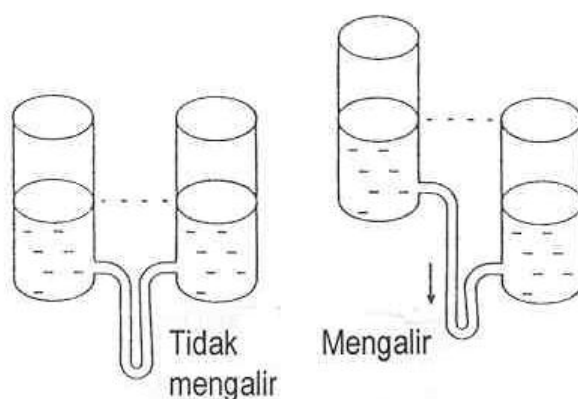
D. Tegangan

1. Pengertian Tegangan

Tegangan adalah kerja yang dilakukan untuk menggerakkan satu muatan (sebesar satu coulomb) pada elemen dari satu terminal/ kutub ke terminal/kutub lainnya. Atau dengan pengertian lain tegangan merupakan perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik. Kerja yang dilakukan adalah energi yang dikeluarkan, sehingga pengertian

diatas dapat dipersingkat bahwa tegangan adalah energi per satuan muatan (Sadiku, 2007: 09).

Akan mudah menganalogikan aliran listrik dengan aliran air. Misalkan kita mempunyai 2 tabung yang dihubungkan dengan pipa seperti pada gambar. Jika kedua tabung ditaruh di atas meja maka permukaan air pada kedua tabung akan sama dan dalam hal ini tidak ada aliran air dalam pipa. Jika salah satu tabung diangkat maka dengan sendirinya air akan mengalir dari tabung tersebut ke tabung yang lebih rendah. Makin tinggi tabung diangkat makin deras aliran air yang melalui pipa.



Gambar 36. Aliran air pada bejana berhubungan

Terjadinya aliran tersebut dapat dipahami dengan konsep energi potensial. Tingginya tabung menunjukkan besarnya energi potensial atau tegangan yang dimiliki. Yang paling penting dalam hal ini adalah perbedaan tinggi kedua tabung yang sekaligus menentukan besarnya perbedaan potensial. Jadi semakin besar perbedaan potensialnya semakin deras aliran air dalam pipa.

Konsep yang sama akan berlaku untuk aliran elektron pada suatu penghantar. Yang menentukan seberapa besar arus yang mengalir adalah besarnya beda potensial (dinyatakan dengan satuan volt). Jadi untuk sebuah konduktor semakin besar beda potensial akan semakin besar pula arus yang mengalir.

Perlu dicatat bahwa beda potensial diukur antara ujung-ujung suatu konduktor. Namun kadang-kadang kita berbicara tentang potensial pada suatu titik tertentu. Dalam hal ini kita sebenarnya mengukur beda potensial pada titik tersebut terhadap suatu titik acuan tertentu. Sebagai standar titik acuan biasanya dipilih titik tanah (*ground*).

Lebih lanjut kita dapat menganalogikan sebuah baterai atau *accu* sebagai tabung air yang diangkat. Baterai ini mempunyai energi kimia yang siap diubah menjadi energi listrik. Jika baterai tidak digunakan, maka tidak ada energi yang dilepas, tapi perlu diingat bahwa potensial dari baterai tersebut ada di sana. Hampir semua baterai memberikan potensial (tepatnya *electromotive force* - e.m.f) yang hampir sama walaupun arus dialirkan dari baterai tersebut.

Sedangkan rumus untuk mencari tegangan adalah

Perbedaan Potensial atau Tegangan = Arus x Hambatan

atau

$$\mathbf{E = I \times R}$$

Dimana :

$E = \text{Tegangan / Beda Potensial}$

$R = \text{Hambatan}$

$I = \text{Arus}$

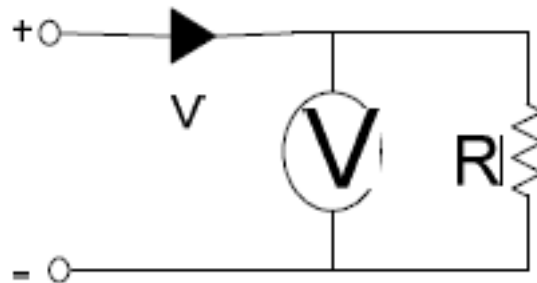
2. Cara Pengukuran Tegangan



Gambar 37. Volt Meter
Sumber : indolistrik.com

Volt meter adalah suatu alat ukur yang menera tegangan listrik dalam satuan volt. Cara pemakaian volt meter harus dipasang paralel terhadap instrumen dari alat pemakai. Kelayakan batas ukur dalam masyarakat pada umumnya 110 volt, 220 v serta 380 volt, kecuali alat-alat pemakai dan pada laboratorium listrik bisa menggunakan milivolt sampaian kilovolt, bahkan pada jaringan distribusi maupun jaringan transmisi sampai ratusan kilovolt.

Adapun cara penyambungannya sebagaimana gambar berikut:



Gambar 38. Penyambungan Volt meter

Apabila dalam pengukuran tegangan menggunakan AVO meter, maka selektor harus ditempatkan pada posisi DCV atau ACV. Adapun cara membacanya sama seperti pada pembacaan pada pengukuran arus, yaitu batas ukur dibagi penyimpangan skala 49 penuh kemudian dikalikan dengan penunjukkan. Apabila dirumuskan adalah sebagai berikut:

Hasil = simpangan skala penuh batas ukur x penunjukkan

Dan apabila yang digunakan AVO digital, maka tinggal membaca angka pada layar.

E. Air Conditioner Inverter

1. Cara Kerja

Untuk mengetahui cara kerja AC kita dapat melakukan analogi seperti sedang mengendarai sepeda motor manual di sepanjang jalan raya. Awalnya kita siap untuk menjalankan sepeda motor yang dalam kondisi diam. Ketika siap untuk menjalankan sepeda motor, kita meletakkan

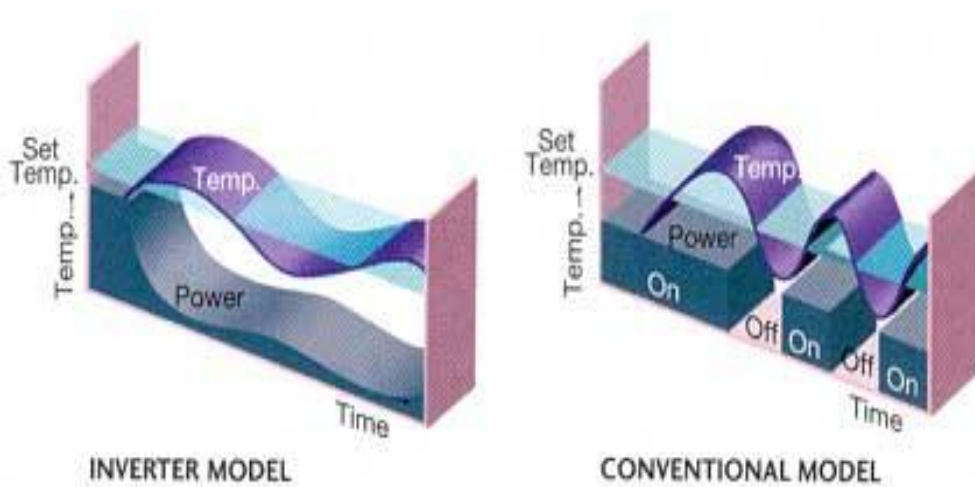
tangan pada pedal gas dan terus menekan pedal gas sampai mencapai kecepatan yang diinginkan.

Setelah kecepatan yang diinginkan sudah tercapai, maka tidak perlu lagi menekan pedal gas secara maksimal akan tetapi hanya ringan saja untuk menjaga agar kecepatan sepeda motor menjadi konstan. Hal ini membuat mesin bekerja jauh lebih sedikit dan menggunakan lebih sedikit bahan bakar .

AC Inverter juga bekerja tidak jauh berbeda dengan analogi di atas, pada awalnya ketika *AC inverter* dinyalakan, AC akan bekerja dan terus mendinginkan sampai pada kondisi dingin yang sesuai dengan suhu ruangan, ketika suhu sudah sesuai maka posisi kerja AC menjadi seperti *idle* / bekerja dengan lembut sekali sehingga kerja *AC indoor* dan *outdoor* menjadi lebih ringan.

AC Inverter mempunyai mekanisme yang dapat melakukan penyesuaian dalam output mereka untuk mengkompensasi perubahan suhu sepanjang hari , baik dalam pemanasan atau pendinginan. *AC inverter* mengkonversi input daya AC ke DC untuk memungkinkan kontrol kecepatan kompresor di unit *outdoor*. Hal ini memberikan kontrol atas konsumsi daya dan akurasi yang lebih besar dalam menyesuaikan kondisi suhu yang tepat dan konsisten.

Berikut gambaran cara kerja AC *Inverter* :



Gambar 39. Cara kerja AC Inverter

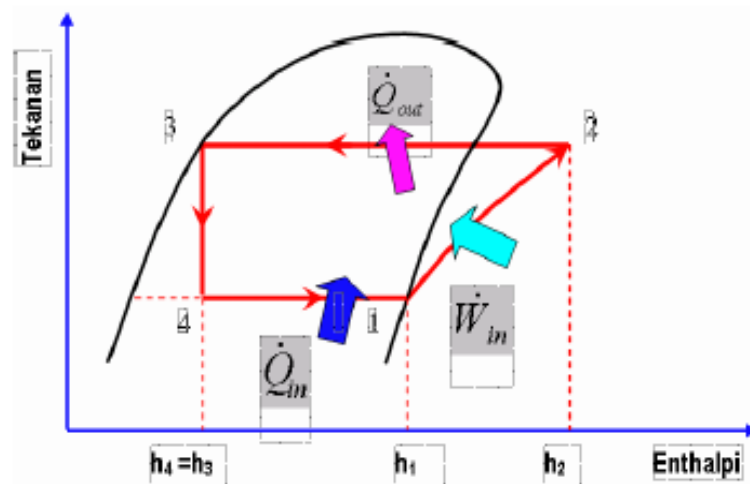
Sumber : <http://jtairconditioning.com.au/index.php/faq/46-whats-the-difference-between-a-standard-and-inverter-split-systems>

Letak perbedaan antara AC Split *Inverter* dengan AC Split biasa terlihat jelas pada gambar diatas, yaitu cara kerja AC *Inverter* yang bekerja keras pada saat pertama dihidupkan kemudian apabila suhu yang diinginkan sudah tercapai AC kemudian bekerja dengan sangat halus dan konstan yang bertujuan untuk menjaga suhu ruangan agar tetap stabil. Sedangkan pada AC Split biasa bekerja secara siklus On – Off, pada saat pertama dinyalakan AC akan bekerja untuk memenuhi permintaan suhu yang diinginkan kemudian bila suhu sudah tercapai maka AC akan mati. Bila suhu ruangan kembali menurun AC akan hidup kembali dan begitu seterusnya sehingga lebih memakan biaya tagihan rekening listrik.

F. Koefisien Prestasi (Coefficient Of Performance / COP)

Penentuan prestasi mesin pendingin melibatkan refrigeran yang jumlahnya adalah tetap meskipun mengalami perubahan fase (bentuk), sehingga di dalam sistem tidak perlu adanya penambahan refrigeran kecuali jika pada instalasi mengalami kebocoran.

Siklus refrigerasi akan dapat diilustrasikan dengan mudah melalui diagram siklus kompresi uap secara sekematis sebagai berikut :



Gambar 40. Diagram Siklus Kompresi Uap

Proses-proses yang membentuk siklus kompresi uap standar adalah :
 Proses 1-2, merupakan kompresi adiabatik dan reversibel dari uap jenuh menuju tekanan kondensor. Apabila perubahan energi kinetik dan energi potensial diabaikan, maka kerja kompresor adalah:

$$W_{in} = (h_2 - h_1) \dots \dots \dots [1]$$

dimana:

- W_{in} : kerja kompresor (kj/kg)
- h_1 : entalpi masuk kompresor (kj/kg)
- h_2 : entalpi keluar kompresor (kj/kg)

Proses 2-3 adalah proses pelepasan kalor reversibel pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut (desuperheating) dan pengembunan refrigeran. Kapasitas laju aliran kalor kondensasi

$$Q_{out} = (h_2 - h_3) \dots \dots \dots [2]$$

dimana:

- q_{out} : kapasitas laju aliran kondensasi (kj/kg)
- h_2 : entalpi masuk kondensor (kj/kg)
- h_3 : entalpi keluar kondensor (kj/kg)

Proses 3-4 ialah proses ekspansi tidak reversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator. Proses pengecilan (throttling process) pada sistem pendingin terjadi di dalam pipa kapiler atau katup ekspansi. Proses di sini berlangsung pada proses adiabatik, sehingga

$$h_4 = h_3 \dots \dots \dots [3]$$

Proses 4-1 merupakan penambahan kalor reversibel pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh. Kapasitas laju aliran kalor evaporasi dirumuskan

$$Q_{evp} = (h_1 - h_4) \dots \dots \dots [4]$$

dimana:

- q_{evp} : kapasitas laju aliran kalor evaporasi (kj/kg)
- h_1 : entalpi masuk evaporator (kj/kg)
- h_4 : entalpi keluar evaporator (kj/kg)

COP (Coefficient Of Performance)

Koefisien Prestasi (KP) atau (*Coefficient Of Performance = COP*) didefinisikan sebagai perbandingan laju kalor yang dikeluarkan dengan laju energi yang harus dimasukkan ke sistem

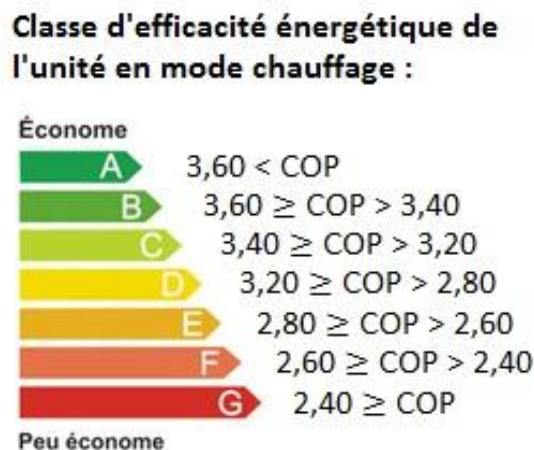
$$COP = \frac{Q_{in}}{W_{in}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \dots\dots\dots [5]$$

dimana:

- COP : *Coefficient Of Performance*
- Q_{in} : Kapasitas laju kalor evaporasi (kj/kg)
- W_{in} : Kerja kompresor (kj/kg)
- h_1 : Entalpi keluar evaporator (kj/kg)
- h_2 : Entalpi masuk kondensor (kj/kg)
- h_3 : Entalpi keluar kondensor (kj/kg)
- h_4 : Entalpi masuk evaporator (kj/kg)

Untuk menentukan kriteria penilaian *Coefficient of Performance (COP)*, akan dijelaskan dalam tabel berikut dibawah ini:

Tabel kriteria penilaian *Coefficient of Performance (COP)*



Gambar 41. Kriteria penilaian COP

Sumber : <http://www.radiateur-clim-chauffage.com/pages/47/chauffe-eau-altech.html>

Dimana :

- A : Sangat Baik
- B : Baik
- C : Sedang
- D : Kurang
- E : Kurang Sekali
- F : Buruk
- G : Buruk Sekali

BAB III

KONSEP RANCANGAN

A. Analisis Kebutuhan

Dalam proyek akhir ini penulis akan melakukan analisis kebutuhan untuk kebutuhan alat dan bahan yang akan dibuat beserta peralatan pendukung pengambilan dan pengolahan data, antara lain :

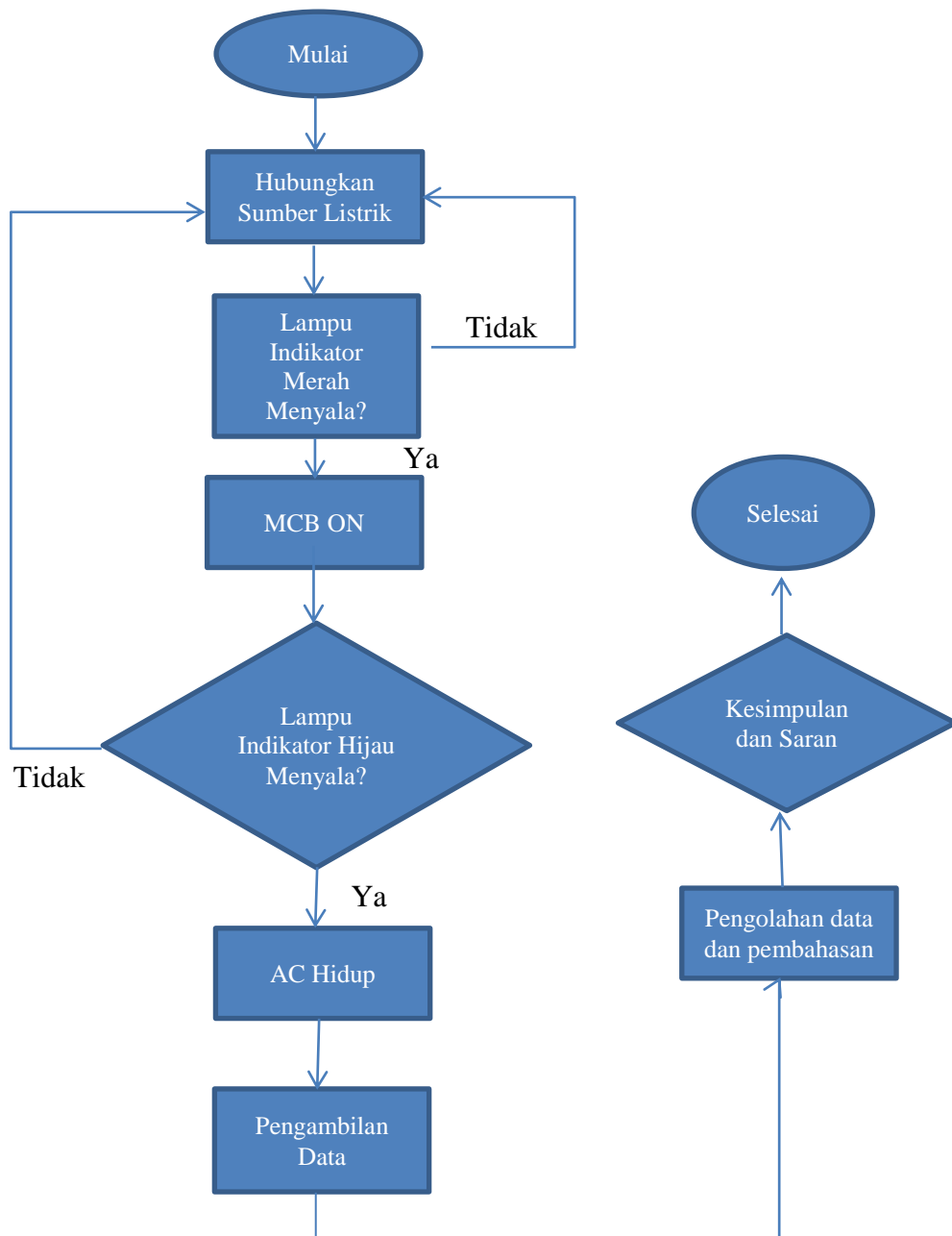
1. Sumber listrik PLN AC 220 Volt - 380 Volt sebagai penyuplai tegangan.
2. 1 Unit AC *inverter indoor* dan *outdoor* merk sharp AH-XP5NSY ½ PK.
3. Laptop, digunakan dalam proses pembuatan design modul dengan bantuan *software* AutoCad 2007 dan juga untuk menganalisis serta mengolah data yang diperoleh dari proses pengujian.
4. *Infrared Thermometer Non-Kontak* untuk mengambil data suhu.
5. Besi siku ukuran 4x4cm ± 15 meter sebagai rangka penopang unit *indoor* dan *outdoor AC inverter*.
6. Roda besi ukuran 3” sebanyak 4 buah, sebagai penopang kerangka modul dan untuk mempermudah pemindahan modul AC *inverter*.
7. Triplek kayu ukuran 1x1 meter sebagai penutup rangka modul dan untuk tempat pelatakan instrument alat ukur beserta mcb dan lampu indikator.
8. Pipa Tembaga AC untuk menyalurkan *refrigerant* dari unit *outdoor* AC ke unit *indoor* AC.

9. 1 unit MCB 6A merk Merlin Gerlin sebagai saklar on off sumber juga sebagai pengaman arus lebih dan hubung singkat.
10. 1 unit Ampere meter merk Heles CR 45 5 A sebagai instrument alat ukur arus.
11. 1 unit Volt meter merk Heles CR 45 300V sebagai instrument alat ukur tegangan.
12. 2 buah lampu indikator merah dan hijau sebagai instrument indikator *on* dan *off* sumber listrik.
13. Baut baja ukuran diameter 10 mm sebanyak 4 buah sebagai penghubung rangka atas dan bawah modul.
14. Pelat penggantung sebagai tempat untuk menggantungkan unit *indoor* AC ke rangka modul.
15. Cat besi warna hitam, minyak cat dan kuas digunakan untuk mengecat rangka modul.

B. Perancangan Pengambilan Data

1. Pengambilan Data

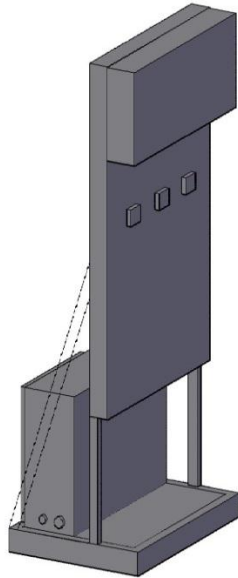
Untuk mengetahui data *Coefficient of Performance (COP)* pada Modul AC *Inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK, proses pengambilan data dan pengukuran mengikuti alur sebagai berikut.



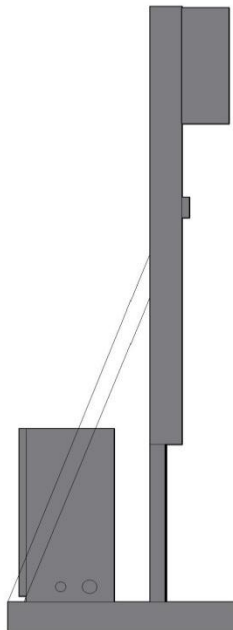
Gambar 42. Flowchart alur pengujian dan pengambilan data

C. Perancangan Modul

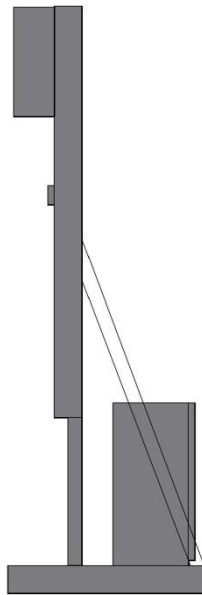
1. Rancangan Desain Modul AC *Inverter*



Gambar 43. Desain modul tampak samping



Gambar 45. Desain modul tampak sisi kiri

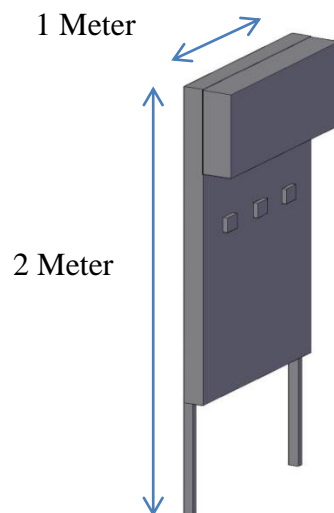


Gambar 43. Desain modul tampak sisi kanan

Modul AC *Inverter* jenis sharp AH-XP5NSY $\frac{1}{2}$ PK terdiri dari Rangka bagian atas dan rangka bagian bawah.

Berikut deskripsi dari masing-masing bagian rangka:

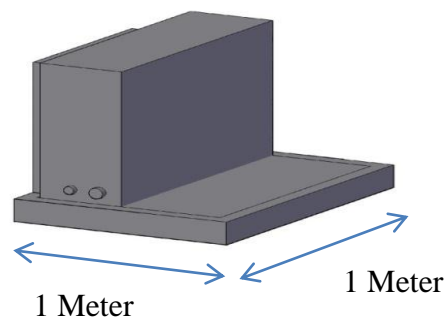
a. Rangka Bagian Atas



Gambar 46. Rangka modul bagian atas

Rangka bagian atas berukuran 2 x 1 meter, berfungsi sebagai penyangga unit indoor AC beserta instrument alat ukur lainnya seperti, Ampere meter, Volt meter, *Pressure Gauge*, MCB, dan 2 buah lampu indikator.

b. Rangka Bagian Bawah



Gambar 47. Rangka Modul Bagian Bawah

Rangka bagian bawah berukuran 1 x 1 meter, berfungsi sebagai penyangga unit *outdoor* AC beserta komponen didalamnya. Rangka bagian bawah ini dilengkapi dengan 4 buah roda yang bertujuan untuk memudahkan pemindahan modul jika sewaktu-waktu dibutuhkan.

D. Langkah Pembuatan Modul

Langkah pembuatan modul pada proyek akhir ini terdiri atas:

1. Pembuatan rangka modul bagian atas
2. Pembuatan rangka modul bagian bawah
3. Pemotongan triplek kayu serta pembolongan triplek untuk tempat instrument alat ukur.

Berikut dibawah ini adalah proses pembuatan modul :

- Pembuatan Rangka Modul bagian atas



Gambar 48. Proses pembuatan rangka bagian atas modul

Rancangan rangka modul bagian atas terbuat dari bahan besi siku ukuran 4x4 cm dibuat dengan bentuk persegi panjang , dilas dengan menggunakan las listrik. Rangka modul bagian atas ini berukuran 2x1 meter. Berfungsi untuk menempatkan unit *indoor* AC

beserta komponen instrument alat ukur lainnya, seperti Ampere meter, Volt meter, *Pressure cauge*, dan 2 buah lampu indikator.

- Pembuatan Rangka Modul Bagian Bawah



Gambar 49. Proses pembuatan rangka bagian bawah modul

Rancangan rangka modul bagian bawah sama dengan rangka modul bagian atas, yaitu terbuat dari bahan besi siku ukuran 4x4 cm. Rangka modul bagian bawah ini berukuran 1x1 m, berfungsi untuk menempatkan unit *outdoor AC* beserta komponen didalamnya.

- Pembuatan Penyangga Penghubung Rangka Bagian Atas dan Bawah



Gambar 50. Proses pembuatan penyangga penghubung rangka atas dan rangka bawah modul

Pembuatan penyangga penghubung rangka modul bagian atas dan bagian bawah ini bertujuan untuk lebih memperkuat rangka modul keseluruhan dan juga untuk menopang rangka bagian atas, agar supaya tidak roboh kearah belakang. Selain itu penyangga penghubung ini dibuat untuk menghubungkan rangka bagian atas modul dengan rangka bagian bawah modul, sedangkan cara untuk menghubungkannya yaitu dengan membaut penyangga dengan rangka modul, baik atas maupun bawah.

E. Rencana Pengujian

Rencana pengujian terdiri dari : 1) Pengujian unjuk kerja dilihat dari *Coefficient of Performance (COP) AC inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY. 2) Pengujian unjuk kerja dilihat dari konsumsi daya.

Untuk mengetahui COP dari AC *inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY dibutuhkan data temperatur. Berikut tabel hasil pengukuran temperatur dan tekanan AC.

Tabel data temperatur dan tekanan

No	Waktu	Temperatur			Tekanan	
		Temp 1	Temp 2	Temp 3	P1	P2
		°C	°C	°C	Psia	Psia
1						
2						
3						
4						
...						
10						

Berikut dibawah ini merupakan tabel data perhitungan entalpi setelah data suhu temperatur didapat.

Tabel data perhitungan

Entalpi				q evap	W kom	COP
h1	h2	h3	h4	h1-h4	h2-h1	q evap
[kj/kg]	[kj/kg]	[kj/kg]	[kj/kg]	[kj/k-kg]	[kj/k-kg]	/W kond

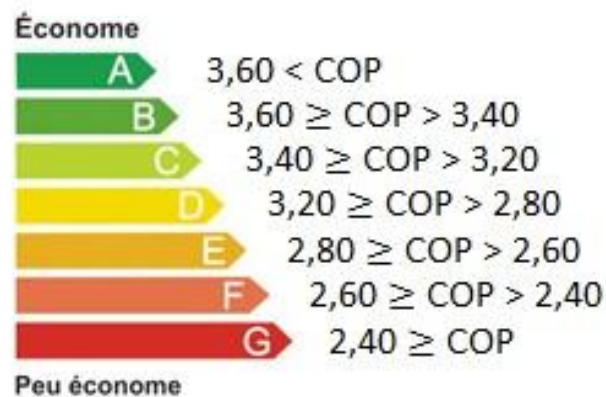
RATA-RATA						

Setelah dihitung dan data COP diperoleh, selanjutnya besaran rata-rata COP disesuaikan nilainya dengan tabel penilaian COP untuk mengetahui kriteria dari COP rata-rata hasil perhitungan yang didapat.

Berikut dibawah ini adalah tabel penilaian COP:

Tabel kriteria penilaian *Coefficient of Performance (COP)*

Classe d'efficacité énergétique de l'unité en mode chauffage :



Gambar 41. Kriteria penilaian COP

Sumber : <http://www.radiateur-clim-chauffage.com/pages/47/chauffe-eau-altech.html>

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian

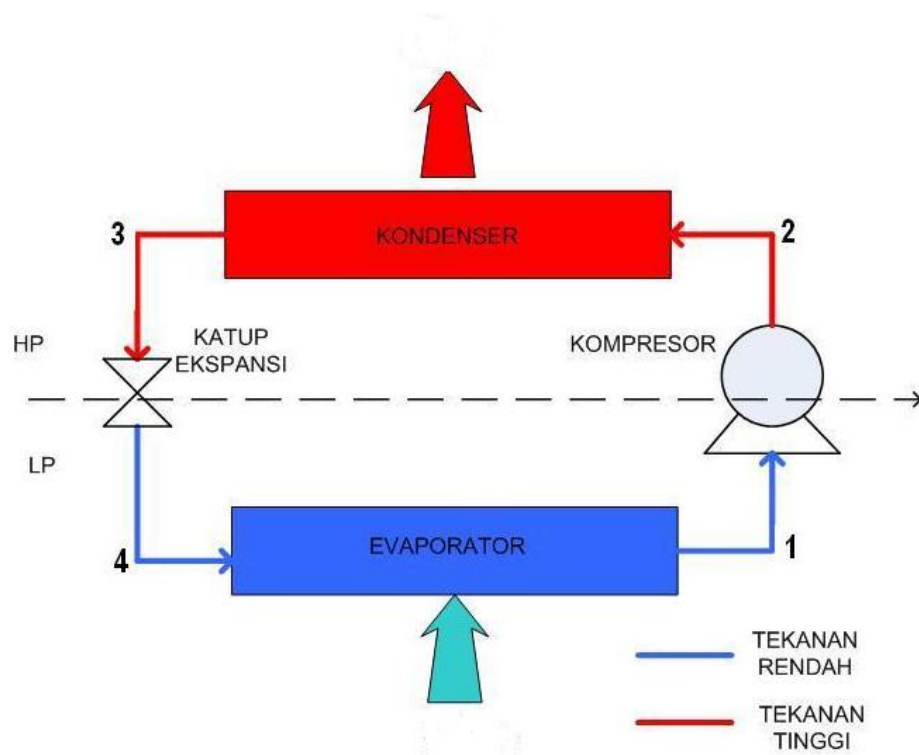
1. Pengambilan data dan pengolahan data

a. Tempat Pengambilan Data

Pengambilan data pengujian dilakukan di Bengkel Proyek Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.



Gambar 51. Modul *Air Conditioner*.



Gambar 52. Diagram aliran refrigerant.

Sumber : <http://catatan-teknik.blogspot.co.id/2010/10/cara-kerja-air-conditioner.html>

b. Pengolahan Data

1) Pengambilan Data

Tahap pengambilan data dilakukan dengan beberapa tahapan seperti:

- a) Menghidupkan AC *Inverter*
- b) Menembak suhu dengan alat *infrared thermometer non-kontak* pada pipa masuk Kompresor (TEMP 1)

- c) Menembak suhu dengan alat *infrared thermometer non-kontak* pada pipa masuk Kondensor (TEMP 2)
- d) Menembak suhu dengan alat *infrared thermometer non-kontak* pada pipa masuk Katup Ekspansi (TEMP 3)
- e) Mencatat tekanan P1 pada manifold 1
- f) Mencatat tekanan P2 pada manifold 2
- d) Mencatat arus pada amperemeter
- e) Mencatat tegangan pada voltmeter

2) Hasil Pengukuran

a) Temperatur dan tekanan

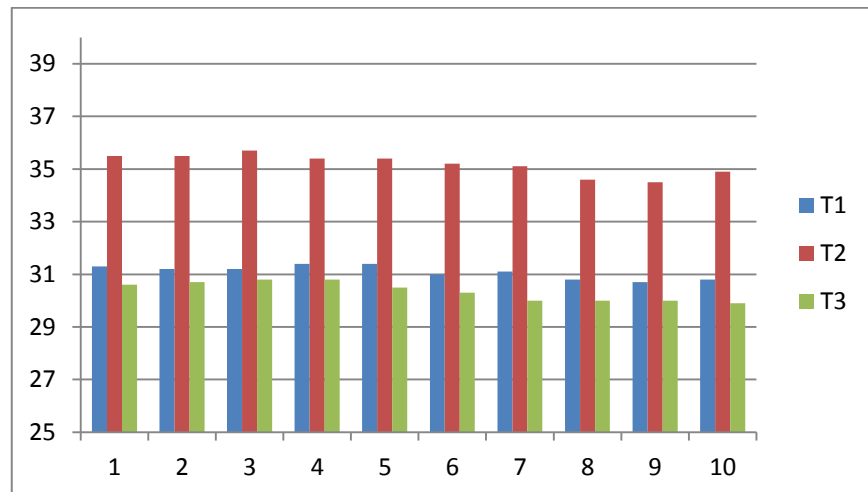
Setelah melakukan pengambilan data pada Modul AC *Inverter* didapatkan data temperatur dan tekanan siklus *refrigerant* R410A pada keadaan stabil seperti pada Tabel . Data tersebut meliputi temperatur (Titik 1) setelah Evaporator (TEMP 1), temperatur (Titik 2) setelah Kompresor (TEMP 2), temperatur (Titik 3) setelah Kondensor (TEMP 3), tekanan pada titik 1 (P1), tekanan pada titik 2 (P2), tekanan pada titik 3 (P3) diasumsikan sama dengan (P2), dan tekanan pada titik 4 (P4) diasumsikan sama dengan (P1).

Berikut ini adalah tabel data hasil pengukuran temperatur dan tekanan AC *Inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK selama 10 menit di Bengkel Pemakaian Jurusan Pendidikan Teknik Elektro. Pengukuran dilakukan pada tanggal 22 Oktober 2015 pada pukul 13.29 sampai dengan 13.38 WIB.

Tabel 1 . Tabel data temperatur dan tekanan

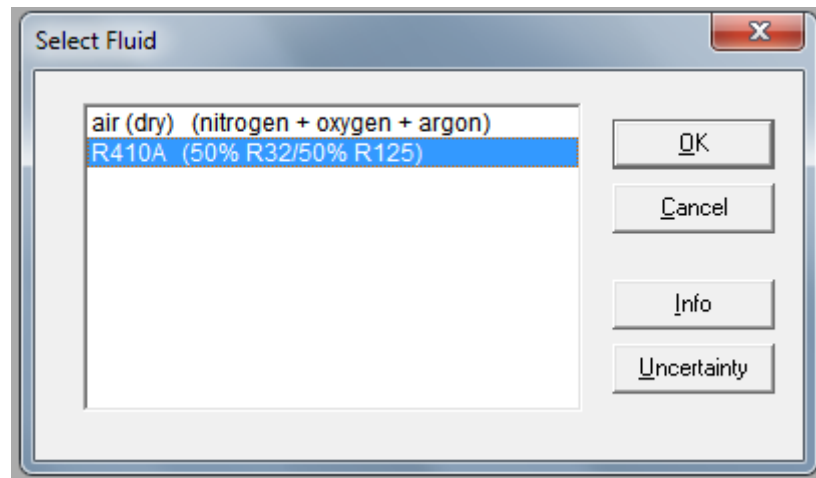
No	Waktu	Temperatur			Tekanan	
		Temp 1	Temp 2	Temp 3	P1	P2
		°C	°C	°C	Psia	Psia
1	13.29	31.3	35.5	30.6	125	280
2	13.30	31.2	35.5	30.7	125	280
3	13.31	31.2	35.7	30.8	125	280
4	13.32	31.4	35.4	30.8	125	280
5	13.33	31.4	35.4	30.5	125	280
6	13.34	31.0	35.2	30.3	125	280
7	13.35	31.1	35.1	30.0	125	280
8	13.36	30.8	34.6	30.0	125	280
9	13.37	30.7	34.5	30.0	125	280
10	13.38	30.8	34.9	29.9	125	280

Setelah dilakukan pengukuran temperatur 1, 2, dan 3 diperoleh grafik pengukuran T1, T2, dan T3 sebagai berikut :



Gambar 53. Grafik pengukuran Temperatur T1,T2 dan T3

Untuk melakukan perhitungan pada siklus *refrigerant* pada mesin pendingin, dibutuhkan data entalpi dan entropi. Perhitungan dapat dilakukan dengan tabel *refrigerant* namun sulit karena harus melakukan interpolasi, untuk mempermudah kita dapat menggunakan *software miniREFPROP* untuk menghitung entalpi dan entropi pada siklus *refrigerant*. Pada *software miniREFPROP* kita melakukan perhitungan untuk *pure refrigerant R410A* menyesuaikan jenis *refrigerant* yang digunakan sebagai fluida kerja seperti pada gambar 54.



Gambar 54. Pengaturan pemilihan *refrigerant* pada *software miniREFPROP*

Setelah melakukan pengaturan kita memasukkan data tekanan dan temperatur untuk mendapatkan data entalpi dan entropi untuk kebutuhan perhitungan lanjutan seperti pada Gambar 55. Kemudian data tersebut diolah seperti pada Tabel.

	Liquid Temperature (°C)	Vapor Temperature (°C)	Liquid Pressure (psia)	Vapor Pressure (psia)	Liquid Density (kg/m ³)	Vapor Density (kg/m ³)	Liquid Enthalpy (kJ/kg)	Vapor Enthalpy (kJ/kg)	Liquid Entropy (kJ/kg-K)	Vapor Entropy (kJ/kg-K)
1	31.300	31.300	283.30	282.44	1026.1	79.536	250.65	426.43	1.1717	1.7492
2	31.200	31.200	282.57	281.72	1026.6	79.300	250.47	426.43	1.1711	1.7494
3	31.200	31.200	282.57	281.72	1026.6	79.300	250.47	426.43	1.1711	1.7494
4	31.400	31.400	284.02	283.16	1025.5	79.773	250.82	426.43	1.1722	1.7489
5	31.400	31.400	284.02	283.16	1025.5	79.773	250.82	426.43	1.1722	1.7489
6	31.000	31.000	281.13	280.28	1027.7	78.830	250.12	426.44	1.1700	1.7498
7	31.100	31.100	281.85	281.00	1027.2	79.064	250.30	426.44	1.1706	1.7496
8	30.800	30.800	279.69	278.84	1028.8	78.362	249.77	426.44	1.1689	1.7502
9	30.700	30.700	278.97	278.13	1029.3	78.129	249.60	426.45	1.1683	1.7504
10	30.800	30.800	279.69	278.84	1028.8	78.362	249.77	426.44	1.1689	1.7502
11										

Gambar 55. Tampilan Program *miniREFPROP*

b) Arus dan Tegangan

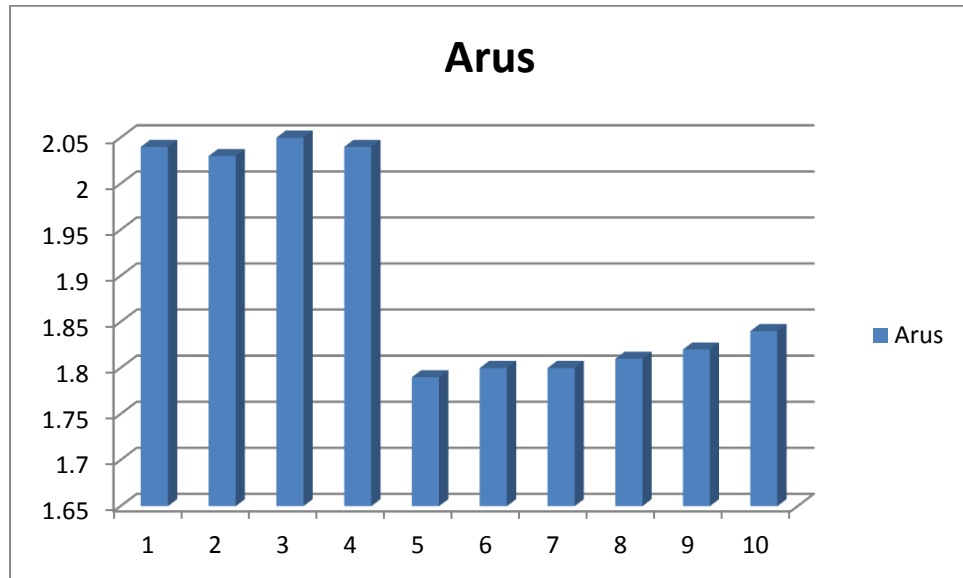
Berikut ini adalah tabel data hasil pengukuran arus dan tegangan AC *Inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK selama 10 menit di bengkel pemakaian Jurusan Pendidikan Teknik Elektro. Pengukuran dilakukan pada tanggal 22 Oktober 2015 pada pukul 13.29 sampai dengan 13.38 WIB.

Tabel 2 . Tabel Arus dan Tegangan

No	Arus / I (A)	Tegangan / E (V)
1	2.04	220
2	2.03	220
3	2.05	220
4	2.04	220
5	1.79	220
6	1.8	220
7	1.8	220
8	1.81	220
9	1.82	220
10	1.84	220

***diasumsikan nilai cos phi 0,85**

Berikut ini adalah grafik hasil pengukuran arus dan tegangan yang didapat :



Gambar 56. Grafik hasil pengukuran Arus.

B. Perhitungan

Berdasarkan data pengukuran yang telah di peroleh, langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan COP dan pemakaian energi listrik.

1. COP (*Coefficient Of Performance*)

$$COP = \frac{Q_{in}}{W_{in}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \dots \dots \dots [5]$$

dimana:

- COP : *Coefficient Of Performance*
 Qin : Kapasitas laju kalor evaporasi
 Win : Kerja kompresor
 h1 : Entalpi keluar evaporator (kj/kg)
 h2 : Entalpi masuk kondensor (kj/kg)
 h3 : Entalpi keluar kondensor (kj/kg)
 h4 : Entalpi masuk evaporator (kj/kg)

Berikut dibawah ini adalah tabel data hasil perhitungan entalpi yang selanjutnya digunakan untuk menghitung COP:

Tabel 3 . Tabel data perhitungan

Entalpi				q evap	W kom	COP
h1	h2	h3	h4	h1-h4	h2-h1	q evap
[kj/kg]	[kj/kg]	[kj/kg]	[kj/kg]	[kj/k-kg]	[kj/k-kg]	/W kond
426.43	465.5	249.42	249.42	177.01	39.07	4.530586
426.43	465.5	249.6	249.6	176.83	39.07	4.525979
426.43	465.7	249.77	249.77	176.66	39.27	4.498599
426.43	465.5	249.77	249.77	176.66	39.07	4.521628
426.43	465.5	249.25	249.25	177.18	39.07	4.534937
426.44	465.3	248.9	248.9	177.54	38.86	4.568708
426.44	465.2	248.38	248.38	178.06	38.76	4.593911
426.44	465	248.38	248.38	178.06	38.56	4.617739
426.44	465	248.38	248.38	178.06	38.56	4.617739
426.44	465	248.21	248.21	178.23	38.56	4.622147
RATA-RATA						4,56

Contoh Perhitungan COP:

1. Contoh perhitungan pada saat pengukuran pukul 13.38 WIB, diketahui

$h_1 = 426,44$ kJ/kg, $h_2 = 465,00$ kJ/kg, $h_3 = 248,21$ kJ/kg, dan $h_4 = 248,21$ kJ/kg.

Perhitungan :

Kapasitas laju kalor evaporasi (**Q_{in}**) = $h_1 - h_4$

$$= 426,44 - 248,21$$

$$= 178,23 \text{ kJ/kg}$$

Kerja kompresor (**W_{in}**) = $h_2 - h_1$

$$= 465,00 - 426,44$$

$$= 38,56 \text{ kJ/kg}$$

Koefisien prestasi **COP** = $\frac{Q_{in}}{W_{in}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$

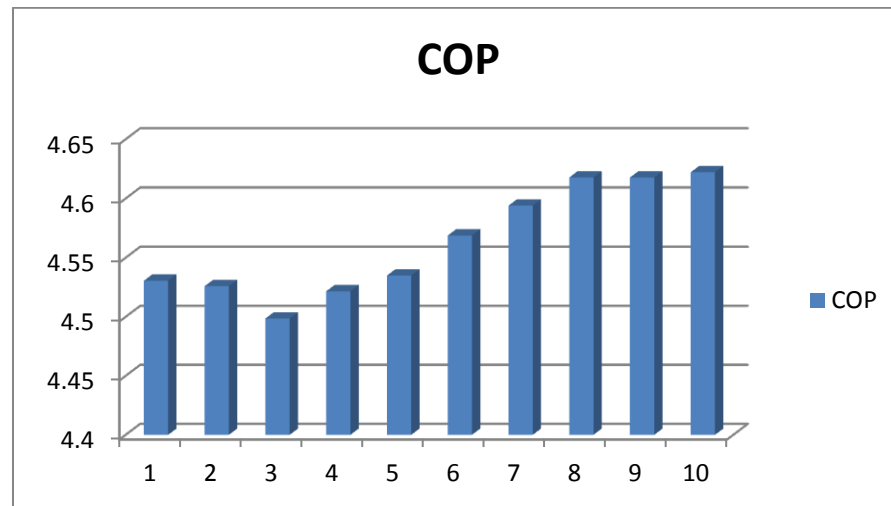
$$= \frac{426,44 - 248,21}{465,00 - 426,44}$$

$$= \frac{178,23}{38,56}$$

$$= \mathbf{4,62}$$

≈ Berdasarkan Tabel kriteria penilaian COP pada BAB III halaman 62, jika dibandingkan hasil perhitungan nilai rata-rata COP yang besarnya 4,56 mendapat predikat **A** atau dengan kata lain **Sangat Baik** .

Berikut ini adalah grafik perolehan nilai COP yang didapat setelah dilakukan perhitungan:



Gambar 57. Grafik hasil perhitungan COP.

2. Perhitungan daya listrik

$$\text{Daya (P)} = E \times I \times \text{Cos}\varphi \dots \dots \dots [6]$$

dimana:

- P** : Daya (Watt)
- I** : Arus (Ampere)
- Cos φ** : Faktor Daya diasumsikan (Ideal 0,8 -1)
- E** : Tegangan (Volt)

Berikut ini adalah tabel hasil perolehan pengukuran arus dan tegangan AC *inverter* Sharp AH-XP5NSY ½ PK:

Tabel 4 . Tabel Pengukuran Arus dan Tegangan

No	Arus / I (A)	Tegangan / E (V)	Daya (W) = E.I.cos phi
1	2.04	220	381.48
2	2.03	220	379.61
3	2.05	220	383.35
4	2.04	220	381.48
5	1.79	220	334.73
6	1.8	220	336.60
7	1.8	220	336.60
8	1.81	220	338.47
9	1.82	220	340.34
10	1.84	220	344.08

Contoh Perhitungan Daya:

1. Contoh perhitungan pada data saat suhu sudah tercapai di dapat :

Arus = 1,8 Ampere, Tegangan = 220 Volt, $\text{Cos}\phi = 0,85$ (diasumsikan)

Perhitungan :

$$\begin{aligned}
 \text{Daya (P)} &= E \times I \times \text{Cos}\phi \\
 &= 220 \times 2,04 \times \text{Cos}\phi \\
 &= 220 \times 2,04 \times 0,85 \\
 &= 336,60 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

≈ Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh konsumsi daya rata-rata yaitu sebesar 355,67 Watt. Besarnya daya rata-rata tersebut jika dibandingkan dengan jenis AC dan kapasitas pendinginan yang sama masih tergolong cukup besar. Perbandingan konsumsi daya AC dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 5 . Tabel Perbandingan konsumsi daya AC

RATIO PERBANDINGAN COOLING CAPACITY VERSUS WATT AIR CONDITIONER

MERK AC	COOLING CAPACITY	POWER SUPPLY			RATIO
		Power Horse	Power Consumption	Running Current	
Series	Btu/h	PK	Watt	Ampere	Cooling Capacity/Watt
PANASONIC Alowa	5,000	1/2	320	1.7	15.63
LG Neo Plasma	5,000	1/2	320	1.9	15.63
PANASONIC	6,820	3/4	595	3	11.46
SHARP	8,496	1	780	3.5	10.89
DAIKIN	8,900	1	815	3.94	10.92
LG	8,800	1	670	3.4	13.13
TCL	7,000	1	790	3.7	8.86

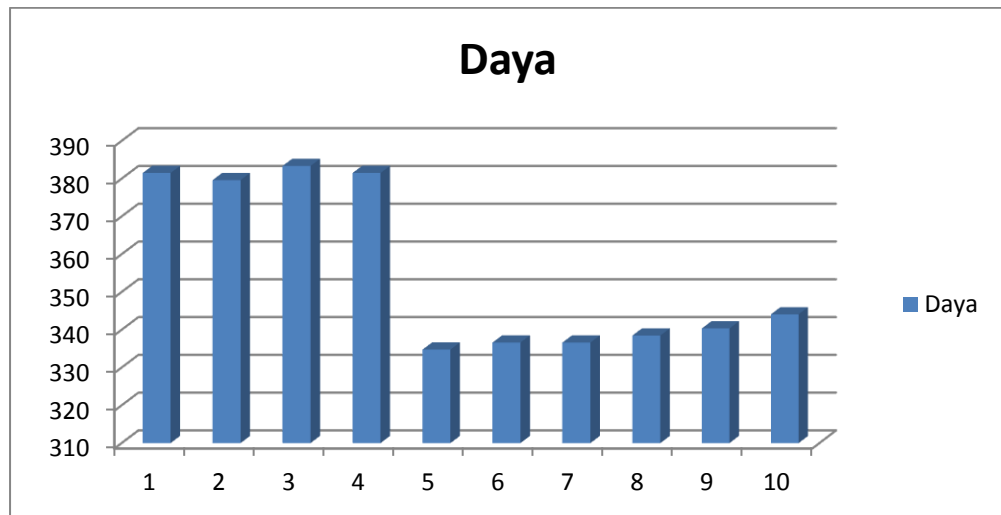
Sumber : <https://cvastro.com/tips-sebelum-membeli-ac-untuk-ruangan.htm>

Hasil perhitungan daya yang diperoleh berdasarkan perhitungan arus dan tegangan ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 6 . Tabel Perhitungan Konsumsi Daya

No	Arus / I (A)	Tegangan / E (V)	Daya (W) = E.I.cos phi
1	2.04	220	381.48
2	2.03	220	379.61
3	2.05	220	383.35
4	2.04	220	381.48
5	1.79	220	334.73
6	1.8	220	336.60
7	1.8	220	336.60
8	1.81	220	338.47
9	1.82	220	340.34
10	1.84	220	344.08

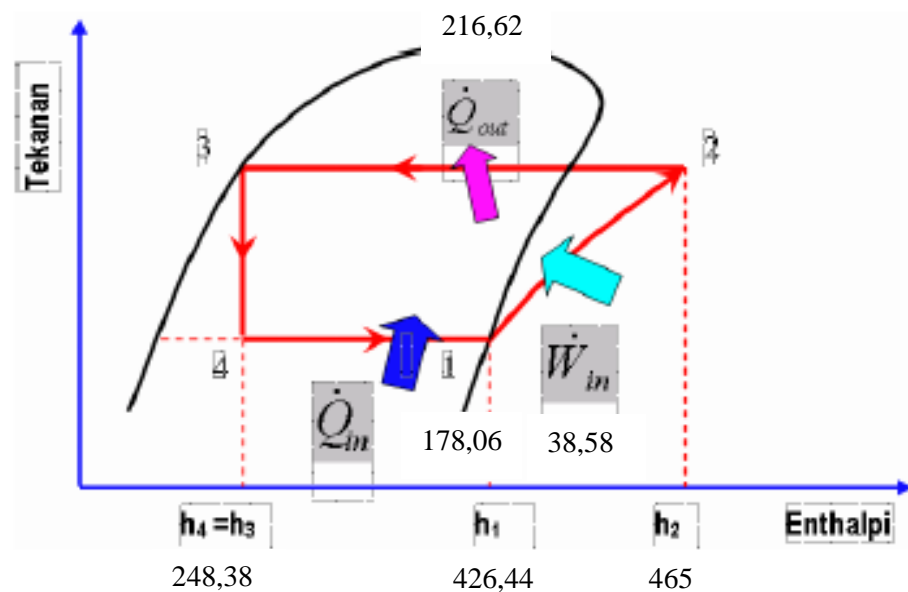
Berikut ini adalah grafik konsumsi daya AC *inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK:



Gambar 58. Grafik hasil perhitungan Daya.

3. Hasil perhitungan

Hasil perhitungan entalpi yang didapat menggunakan *software miniREFPROP* ditunjukkan pada diagram berikut:



Berikut ini adalah tabel data perbandingan hasil perolehan pengukuran keseluruhan dengan data pada AC:

Tabel 7. Tabel Hasil Perhitungan Keseluruhan

Parameter	Data pada AC	Data hasil pengukuran
Rated Voltage	220 Volt	220 Volt
Rated Frequency	50 Hz	50 Hz
Rated Input	360 Watt	355,67 Watt
Rated Current	2 A	1,902 A
Max Hi Press	589,4 Psi (max capacity)	280 Psi
Max Low Press	355 Psi (max capacity)	125 Psi
COP		4,56

C. Pembahasan

1. Konsumsi Daya

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh konsumsi daya rata-rata yaitu sebesar 355,67 Watt. Besarnya daya rata-rata tersebut jika dibandingkan sesuai dengan Tabel perbandingan konsumsi daya AC pada Hal 76 dengan jenis AC dan kapasitas pendinginan yang sama masih tergolong cukup besar.

2. Temperatur

Pengukuran temperatur meliputi temperatur (Titik 1) setelah Evaporator (TEMP 1), temperatur (Titik 2) setelah Kompresor (TEMP 2), temperatur (Titik 3) setelah Kondensor (TEMP 3), tekanan pada titik 1 (P1), tekanan pada titik 2 (P2), tekanan pada titik 3 (P3) diasumsikan sama dengan (P2), dan tekanan pada titik 4 (P4) diasumsikan sama dengan (P1).

Pada proses pengukuran didapat perubahan temperatur yang signifikan, baik TEMP 1, TEMP 2 dan TEMP 3. Hasil rata-rata pengukuran yang didapat untuk TEMP 1 = 31,09 °C, TEMP 2 = 35,18 °C, dan TEMP 3 = 30,36 °C.

3. Tekanan Refrigerant

Data tekanan tinggi maksimal dan tekanan rendah maksimal kerja kompressor yang tertera pada *name plate* AC yaitu 589,9 Psi untuk tekanan tinggi dan 355 Psi untuk tekanan rendah maksimal, sedangkan data tekanan tinggi dan rendah hasil pengukuran didapat 280 Psi untuk tekanan tinggi dan 125 Psi untuk tekanan rendah. Data tersebut menunjukkan bahwa tekanan refrigerant untuk pencapaian suhu ruangan masih **Sangat Baik** dikarenakan masih sangat jauh dari kemampuan kerja maksimal kompressor.

4. Coefficient of Performance (COP)

Berdasarkan perhitungan yang diperoleh, koefisien prestasi rata-rata sebesar 4,56 dengan koefisien prestasi tertinggi 4,62 dan koefisien prestasi terendah 4,49. Sesuai dengan Tabel penilaian COP pada Hal 62 , data hasil perhitungan COP yang diperoleh berpredikat **Sangat Baik** karena besarnya > 3,6.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan uraian pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Konsep perancangan modul yang dirancang sesuai dengan desain, setelah jadi dan dirangkai ternyata dapat berdiri tegak dan kokoh antara rangka bagian atas modul dan rangka bagian bawah modul. Sehingga bagian *Indoor dan Outdoor AC* dapat terpasang dengan kuat pada modul.
2. Tampilan modul setelah dirangkai cukup sederhana, dan modul yang memiliki ukuran lebar 1 m dan tinggi 2 meter juga terjangkau dan mudah untuk dioperasikan.
3. Berdasarkan perhitungan diperoleh COP yang tinggi yaitu dengan rata-rata sebesar 4,56, dengan koefisien prestasi tertinggi 4,62 dan koefisien prestasi terendah 4,49. Sesuai dengan tabel penilaian COP pada Hal 62, data hasil perhitungan COP yang diperoleh berpredikat **Sangat Baik** karena besarnya $> 3,60$.
4. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh konsumsi daya rata-rata yaitu sebesar 355,67 Watt. Besarnya daya rata-rata tersebut jika dibandingkan sesuai dengan Tabel perbandingan konsumsi daya AC pada Hal 76 dengan jenis AC dan kapasitas pendinginan yang sama masih tergolong cukup besar.

B. Keterbatasan

Beberapa keterbatasan dari Modul AC *Inverter* jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK adalah sebagai berikut:

1. Data yang diambil untuk dianalisis dan dilakukan perhitungan pada Modul AC *Inverter* jenis sharp AH-XP5NSY ½ PK adalah Tegangan, Arus, Suhu, dan Tekanan Refrigerant.
2. Instrument alat ukur pada modul yang terbatas.
3. Unit *indoor* dan *outdoor* yang menyatu pada modul .

C. Saran

1. Diperlukannya tambahan besaran yang dianalisis.
2. Diperlukan tambahan instrument alat ukur pada Modul AC *Inverter* jenis sharp AH-XP5NSY ½ PK.
3. Diperlukan design ulang Modul AC *Inverter* jenis sharp AH-XP5NSY ½ PK guna lebih memaksimalkan kinerja AC.

DAFTAR PUSTAKA

- Astro,CV. (2015). Tips sebelum membeli AC untuk ruangan. Diambil tanggal 20 Desember 2015, dari <https://cvastro.com/tips-sebelum-membeli-ac-untuk-ruangan.htm>.
- Bersama, Elektronika. (2011). Dioda Forward Bias dan Reverse Bias. Diambil pada tanggal 16 Desember 2015, dari <http://www.elektronikabersama.web.id/2011/05/dioda-forward-bias-dan-revers-bias.html>
- Conditioning, JT Air. (2014). *What's the difference between a standard and inverter split systems* Diambil pada tanggal 09 Desember 2015, dari <http://jtairconditioning.com.au/index.php/faq/46-whats-%20the-difference-between-a-standard-and-inverter-split-systems> .
- Dasar, Elektronika. (2013). Konsep Dasar Penyearah Gelombang (Rectifier). Diambil pada tanggal 16 Desember 2015, dari <http://elektronika-dasar.web.id/konsep-dasar-penyearah-gelombang-rectifier/>
- Den.Ngabei, Jendela. (2012). Penyearah Satu Fasa Setengah Gelombang. Diambil pada tanggal 16 Desember 2015, dari http://jendeladenngabei.blogspot.co.id/2012/10/penyearah-satu-fasa-setengah-gelombang_19.html
- Djamaludin,Juandi. (2015). Pengertian AC. Diambil pada tanggal 20 Desember 2015, dari https://www.academia.edu/7626981/PENGERTIAN_AC
- Electrical4U.com. (2011). *Thyristor Triggering*. Diambil pada tanggal 16 Desember 2015, dari <http://www.electrical4u.com/thyristor-triggering/>
- Energy, Maison. (2014). COP. Diambil pada tanggal 09 Desember 2015, dari <http://www.radiateur-clim-chauffage.com/pages/47/chauffe-eau-altech.html>.
- Facespooks. (2010). Penerapan Elektronika Daya Pada Air Conditioner (AC). Diambil pada tanggal 15 Desember 2015, dari <http://facespooks.blogspot.co.id/2010/12/penerapan-elektronika-daya-pada-air.html>
- Fendi Sutrisna, Kadek. (2011). Topologi Rangkaian Elektronika Daya Inverter (1) (Cara Mengubah Tegangan DC – AC). Diambil pada tanggal 19 Februari 2014, dari <https://indone5ia.wordpress.com/2011/09/23/>.
- Firgiawan, Itank. (2013). Komponen AC Split dan Fungsinya. Diambil pada tanggal 09 Desember 2015 . dari. <http://alyitank.blogspot.co.id/2013/06/komponen-ac-split-dan-fungsinya.html>

- Hayt, William H., Kemmerly, Jack E. & Durbin, Steven M. (2002). *Rangkaian Listrik*. (Alih bahasa: Wiwit Kastawan, S.T, M.t., M.Sc.). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Husein, Fuadi. (2013). DIODA. Diambil pada tanggal 16 Desember 2015, dari <http://fuadtav.blogspot.co.id/2013/04/cara-kerja-power-supply.html>
- Listrik, Indo. (2015). Ampere meter CR45 10A (AC/DC). Diambil pada tanggal 09 Desember 2015, dari indolistrik.com.
- Lab Konversi UI. (2014). Modul Praktikum Elektronika Daya. Hlm 1-20. Jakarta.
- Listrik, Indo. (2015). Volt meter CR52 150 V (AC/DC). Diambil pada tanggal 09 Desember 2015, dari indolistrik.com.
- Listrik.Com, Bengkel. (2011). Komponen Pengendali Elektronik. Diambil pada tanggal 16 Desember 2015, dari <http://bengkellistrikcom.blogspot.co.id/2011/02/komponen-pengendali-elektronik.html>
- Miller, Rex., & Miller, Mark R. (2006) *Air Conditioning and Refrigeration*. New York: Quebecor/ Dubuque.
- Ned, Mohan. (2012) *Power Electronics A First Course Handbook*. USA: Acid Free Paper.
- Piarah, Wahyu H., Hamzah, Firman & Amrullah. (2013). Penentuan Efisiensi dan Koefisien Prestasi Mesin Pendingin Merk Panasonic CU-PC05NKJ ½ PK. *Jurnal Penelitian* (Vol 7). Hlm. 1-6.
- Poernomo, Heroe. (2015). Analisis Karakteristik Unjuk Kerja Sistem Pendingin (Air Conditioning) Yang Menggunakan Freon R-22 Berdasarkan Pada Variasi Putaran Kipas Pendingin Kondensator. *Jurnal Penelitian* (Nomor 1 Vol 12). Hal. 2-7.
- Rashid, H., Muhammad. (2001) *Power Electronics Handbook*. California: Academic Press.
- Sadiku, Alexander. (2007). *Fundamental of Electric Circuits 3rd ed*. Mc Graw Hill Int. ed.
- Santoso, Joni Santoso. Analisa Perbandingan Konsumsi Listrik Pada AC Split Berbahan Pendingin R-22 dengan AC Split Berbahan Pendingin MC-22. *Jurnal Penelitian*. Hlm. 3-5.
- Service, Serpong JR. (2011). Cara Pemasangan AC Split. Diambil pada tanggal 09 Desember 2015, dari <http://jr-service.blogspot.co.id/>.
- Sidoarjo, Anugerah. (2011). Sparepart Pendingin Diambil pada tanggal 09 Desember 2015, dari <https://sparepartpendingin.wordpress.com>
- Stoecker, W., F., & Jones, J., W. (1992) *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. (Alih bahasa: Ir. Supratman Hara). Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Tim Fakultas Teknik UNY. (2003). *Alat Ukur dan Teknik Pengukuran*. Hlm. 47-49. Yogyakarta.

LAMPIRAN

R410A	Liquid Phase	Vapor Phase	Liquid Phase	Vapor Phase	Liquid Phase	Vapor Phase	Liquid Phase	Vapor Phase
Temperature	Pressure	Pressure	Density	Density	Enthalpy	Enthalpy	Entropy	Entropy
(°C)	(bar)	(bar)	(kg/m³)	(kg/m³)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg-K)	(kJ/kg-K)
-80	0.18377	0.18266	1436.5	0.83767	87.625	383.5	0.51735	2.0495
-79	0.19706	0.19589	1433.5	0.89435	88.971	384.07	0.5243	2.0446
-78	0.21113	0.2099	1430.6	0.9541	90.317	384.65	0.53121	2.0398
-77	0.22602	0.22473	1427.6	1.0171	91.664	385.22	0.53809	2.035
-76	0.24176	0.2404	1424.6	1.0833	93.011	385.8	0.54493	2.0304
-75	0.25839	0.25697	1421.7	1.1531	94.358	386.37	0.55174	2.0257
-74	0.27595	0.27446	1418.7	1.2264	95.706	386.94	0.55852	2.0212
-73	0.29447	0.29291	1415.7	1.3034	97.055	387.5	0.56527	2.0167
-72	0.314	0.31236	1412.7	1.3843	98.404	388.07	0.57199	2.0124
-71	0.33458	0.33286	1409.7	1.4691	99.754	388.63	0.57868	2.008
-70	0.35624	0.35444	1406.7	1.5581	101.1	389.2	0.58533	2.0038
-69	0.37903	0.37715	1403.7	1.6514	102.46	389.76	0.59196	1.9996
-68	0.403	0.40103	1400.7	1.7491	103.81	390.32	0.59856	1.9954
-67	0.42818	0.42612	1397.7	1.8514	105.16	390.87	0.60513	1.9914
-66	0.45462	0.45247	1394.6	1.9585	106.51	391.43	0.61167	1.9874
-65	0.48237	0.48012	1391.6	2.0704	107.87	391.98	0.61819	1.9834
-64	0.51148	0.50912	1388.5	2.1874	109.23	392.53	0.62467	1.9795
-63	0.54199	0.53953	1385.5	2.3096	110.58	393.08	0.63113	1.9757
-62	0.57395	0.57138	1382.4	2.4372	111.94	393.63	0.63757	1.9719
-61	0.60742	0.60473	1379.4	2.5703	113.3	394.18	0.64397	1.9682
-60	0.64244	0.63962	1376.3	2.7092	114.66	394.72	0.65036	1.9645
-59	0.67906	0.67612	1373.2	2.854	116.02	395.26	0.65671	1.9609
-58	0.71733	0.71427	1370.1	3.0049	117.38	395.8	0.66305	1.9574
-57	0.75732	0.75412	1367	3.1621	118.74	396.33	0.66936	1.9538
-56	0.79908	0.79573	1363.9	3.3257	120.11	396.87	0.67564	1.9504
-55	0.84265	0.83916	1360.8	3.4959	121.47	397.4	0.6819	1.947
-54	0.8881	0.88446	1357.7	3.673	122.84	397.93	0.68814	1.9436
-53	0.93548	0.93169	1354.6	3.8572	124.21	398.45	0.69435	1.9403
-52	0.98486	0.9809	1351.4	4.0486	125.58	398.98	0.70055	1.937
-51	1.0363	1.0322	1348.3	4.2474	126.95	399.5	0.70672	1.9338
-50	1.0898	1.0855	1345.1	4.4539	128.32	400.02	0.71286	1.9306
-49	1.1455	1.141	1342	4.6683	129.7	400.53	0.71899	1.9275
-48	1.2035	1.1988	1338.8	4.8908	131.08	401.04	0.7251	1.9244
-47	1.2637	1.2588	1335.6	5.1215	132.45	401.55	0.73118	1.9213
-46	1.3263	1.3212	1332.4	5.3608	133.83	402.06	0.73725	1.9183
-45	1.3913	1.386	1329.2	5.6088	135.21	402.57	0.74329	1.9153
-44	1.4588	1.4533	1326	5.8658	136.6	403.07	0.74932	1.9124
-43	1.5288	1.5231	1322.8	6.132	137.98	403.57	0.75532	1.9095
-42	1.6015	1.5956	1319.5	6.4077	139.37	404.06	0.76131	1.9066
-41	1.6769	1.6707	1316.3	6.6931	140.76	404.55	0.76728	1.9038
-40	1.755	1.7485	1313	6.9885	142.15	405.04	0.77323	1.901
-39	1.8359	1.8292	1309.8	7.294	143.54	405.53	0.77916	1.8983
-38	1.9197	1.9127	1306.5	7.61	144.93	406.01	0.78508	1.8956
-37	2.0065	1.9993	1303.2	7.9368	146.33	406.49	0.79098	1.8929
-36	2.0963	2.0888	1299.9	8.2745	147.73	406.97	0.79686	1.8902
-35	2.1892	2.1814	1296.6	8.6236	149.13	407.44	0.80272	1.8876
-34	2.2853	2.2772	1293.2	8.9841	150.53	407.91	0.80857	1.885
-33	2.3847	2.3762	1289.9	9.3565	151.94	408.38	0.8144	1.8824
-32	2.4874	2.4786	1286.5	9.7411	153.34	408.84	0.82022	1.8799
-31	2.5934	2.5843	1283.2	10.138	154.75	409.3	0.82602	1.8774
-30	2.703	2.6935	1279.8	10.548	156.17	409.75	0.8318	1.8749
-29	2.8161	2.8062	1276.4	10.97	157.58	410.2	0.83757	1.8725
-28	2.9328	2.9226	1273	11.406	159	410.65	0.84333	1.8701
-27	3.0532	3.0426	1269.6	11.856	160.42	411.1	0.84907	1.8677
-26	3.1774	3.1664	1266.1	12.32	161.84	411.53	0.8548	1.8653
-25	3.3055	3.2941	1262.7	12.798	163.27	411.97	0.86052	1.8629
-24	3.4375	3.4257	1259.2	13.291	164.7	412.4	0.86622	1.8606
-23	3.5735	3.5613	1255.7	13.798	166.13	412.83	0.87191	1.8583
-22	3.7137	3.701	1252.2	14.322	167.56	413.25	0.87759	1.856
-21	3.858	3.8448	1248.7	14.86	169	413.67	0.88325	1.8538
-20	4.0066	3.993	1245.1	15.415	170.44	414.09	0.8889	1.8516
-19	4.1595	4.1454	1241.6	15.987	171.88	414.5	0.89455	1.8493
-18	4.3169	4.3023	1238	16.575	173.33	414.9	0.90018	1.8471
-17	4.4788	4.4637	1234.4	17.181	174.78	415.3	0.9058	1.845
-16	4.6453	4.6296	1230.8	17.805	176.23	415.7	0.9114	1.8428
-15	4.8165	4.8003	1227.1	18.446	177.69	416.09	0.917	1.8407
-14	4.9924	4.9756	1223.5	19.106	179.15	416.47	0.92259	1.8386
-13	5.1733	5.1559	1219.8	19.786	180.61	416.86	0.92817	1.8365
-12	5.359	5.3411	1216.1	20.484	182.08	417.23	0.93374	1.8344
-11	5.5498	5.5312	1212.4	21.203	183.55	417.6	0.9393	1.8323
-10	5.7458	5.7265	1208.7	21.942	185.02	417.97	0.94486	1.8303
-9	5.9469	5.927	1204.9	22.702	186.5	418.33	0.9504	1.8282
-8	6.1534	6.1328	1201.1	23.484	187.99	418.68	0.95594	1.8262
-7	6.3652	6.344	1197.3	24.288	189.47	419.03	0.96147	1.8242
-6	6.5826	6.5606	1193.5	25.114	190.96	419.38	0.96699	1.8222
-5	6.8055	6.7828	1189.6	25.963	192.46	419.71	0.97251	1.8202
-4	7.0341	7.0107	1185.8	26.836	193.96	420.04	0.97802	1.8182

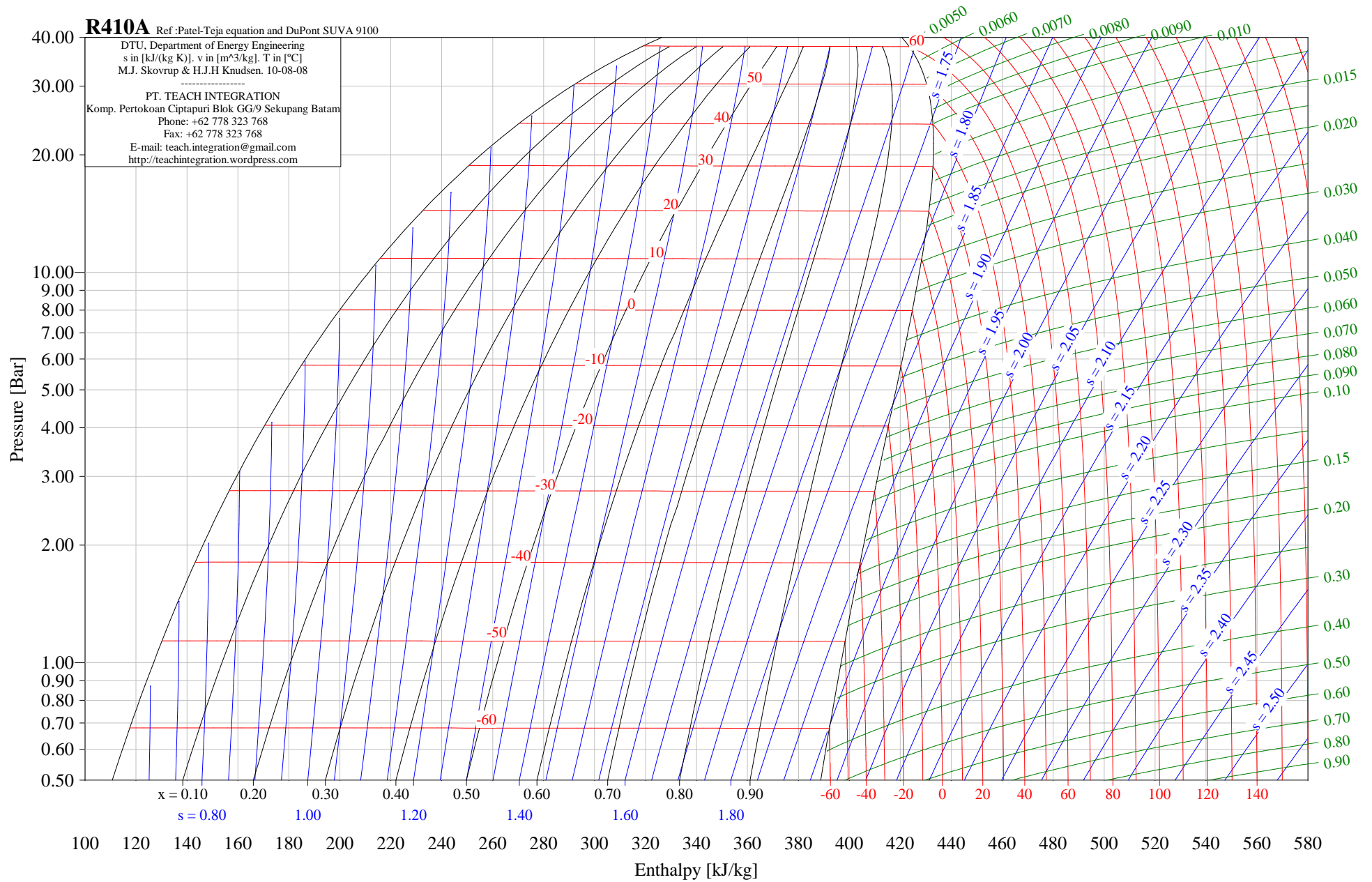
R410A	Liquid Phase	Vapor Phase	Liquid Phase	Vapor Phase	Liquid Phase	Vapor Phase	Liquid Phase	Vapor Phase
Temperature	Pressure	Pressure	Density	Density	Enthalpy	Enthalpy	Entropy	Entropy
(°C)	(bar)	(bar)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kJ/kg)	(kJ/kg)	(kJ/kg-K)	(kJ/kg-K)
-3	7.2684	7.2443	1181.9	27.733	195.46	420.37	0.98352	1.8162
-2	7.5086	7.4837	1177.9	28.655	196.97	420.69	0.98902	1.8143
-1	7.7548	7.7291	1174	29.603	198.48	421	0.99451	1.8123
0	8.007	7.9805	1170	30.576	200	421.31	1	1.8104
1	8.2654	8.2381	1166	31.577	201.52	421.6	1.0055	1.8084
2	8.53	8.5019	1161.9	32.605	203.05	421.9	1.011	1.8065
3	8.801	8.772	1157.8	33.662	204.58	422.18	1.0164	1.8046
4	9.0784	9.0485	1153.7	34.747	206.12	422.46	1.0219	1.8027
5	9.3623	9.3315	1149.6	35.863	207.66	422.73	1.0274	1.8007
6	9.6529	9.6212	1145.4	37.009	209.21	422.99	1.0328	1.7988
7	9.9502	9.9176	1141.2	38.187	210.77	423.25	1.0383	1.7969
8	10.254	10.221	1137	39.397	212.33	423.49	1.0438	1.795
9	10.565	10.531	1132.7	40.64	213.89	423.73	1.0492	1.7931
10	10.884	10.848	1128.4	41.917	215.46	423.96	1.0547	1.7912
11	11.209	11.172	1124	43.23	217.04	424.18	1.0602	1.7893
12	11.541	11.504	1119.7	44.579	218.63	424.39	1.0656	1.7874
13	11.881	11.843	1115.2	45.966	220.22	424.6	1.0711	1.7855
14	12.229	12.189	1110.8	47.39	221.81	424.79	1.0765	1.7836
15	12.584	12.543	1106.3	48.855	223.42	424.97	1.082	1.7816
16	12.946	12.905	1101.7	50.36	225.03	425.14	1.0875	1.7797
17	13.317	13.274	1097.1	51.907	226.64	425.31	1.0929	1.7778
18	13.695	13.651	1092.5	53.497	228.27	425.46	1.0984	1.7758
19	14.082	14.036	1087.8	55.133	229.9	425.6	1.1039	1.7739
20	14.476	14.43	1083.1	56.814	231.54	425.73	1.1094	1.7719
21	14.879	14.831	1078.3	58.544	233.19	425.85	1.1148	1.77
22	15.29	15.241	1073.4	60.323	234.85	425.95	1.1203	1.768
23	15.709	15.66	1068.6	62.152	236.51	426.04	1.1258	1.766
24	16.138	16.087	1063.6	64.035	238.18	426.12	1.1313	1.764
25	16.574	16.522	1058.6	65.972	239.86	426.19	1.1368	1.7619
26	17.02	16.967	1053.6	67.966	241.55	426.25	1.1424	1.7599
27	17.475	17.42	1048.4	70.019	243.25	426.28	1.1479	1.7578
28	17.938	17.883	1043.3	72.133	244.96	426.31	1.1534	1.7558
29	18.411	18.354	1038	74.31	246.68	426.32	1.159	1.7537
30	18.893	18.835	1032.7	76.553	248.41	426.31	1.1645	1.7515
31	19.385	19.326	1027.3	78.864	250.15	426.29	1.1701	1.7494
32	19.886	19.826	1021.9	81.246	251.9	426.25	1.1757	1.7472
33	20.397	20.335	1016.4	83.703	253.66	426.2	1.1813	1.745
34	20.918	20.855	1010.8	86.237	255.43	426.12	1.1869	1.7428
35	21.449	21.385	1005.1	88.851	257.22	426.03	1.1925	1.7405
36	21.989	21.924	999.32	91.55	259.01	425.92	1.1982	1.7382
37	22.54	22.474	993.47	94.338	260.82	425.79	1.2038	1.7359
38	23.102	23.035	987.52	97.218	262.65	425.63	1.2095	1.7335
39	23.674	23.605	981.48	100.19	264.48	425.46	1.2152	1.7311
40	24.256	24.187	975.33	103.27	266.33	425.26	1.221	1.7286
41	24.85	24.779	969.08	106.46	268.2	425.04	1.2267	1.7261
42	25.454	25.383	962.72	109.76	270.08	424.79	1.2325	1.7235
43	26.07	25.998	956.23	113.18	271.98	424.52	1.2383	1.7209
44	26.697	26.624	949.62	116.72	273.9	424.21	1.2442	1.7182
45	27.335	27.261	942.88	120.4	275.84	423.88	1.2501	1.7155
46	27.985	27.911	935.99	124.23	277.8	423.52	1.256	1.7127
47	28.647	28.572	928.95	128.2	279.77	423.12	1.2619	1.7098
48	29.321	29.245	921.75	132.33	281.77	422.69	1.268	1.7069
49	30.007	29.93	914.37	136.64	283.8	422.22	1.274	1.7038
50	30.706	30.628	906.8	141.14	285.85	421.72	1.2801	1.7007
51	31.417	31.339	899.03	145.83	287.93	421.17	1.2863	1.6975
52	32.14	32.062	891.03	150.74	290.03	420.57	1.2926	1.6941
53	32.877	32.799	882.79	155.89	292.17	419.92	1.2989	1.6906
54	33.627	33.549	874.27	161.29	294.35	419.22	1.3053	1.6871
55	34.391	34.313	865.46	166.97	296.57	418.46	1.3118	1.6833
56	35.168	35.09	856.31	172.96	298.83	417.64	1.3184	1.6794
57	35.959	35.882	846.8	179.29	301.13	416.74	1.3251	1.6753
58	36.764	36.687	836.86	186.01	303.5	415.77	1.3319	1.6711
59	37.584	37.508	826.45	193.15	305.92	414.71	1.339	1.6666
60	38.418	38.344	815.49	200.78	308.41	413.54	1.3461	1.6618
61	39.268	39.195	803.9	208.97	310.99	412.27	1.3535	1.6567
62	40.133	40.061	791.57	217.81	313.66	410.86	1.3612	1.6513
63	41.014	40.944	778.34	227.41	316.44	409.3	1.3691	1.6455
64	41.911	41.843	764.04	237.94	319.35	407.56	1.3775	1.6392
65	42.824	42.76	748.4	249.59	322.43	405.6	1.3862	1.6322
66	43.754	43.693	731.03	262.68	325.73	403.35	1.3956	1.6245
67	44.702	44.645	711.34	277.66	329.32	400.74	1.4058	1.6158
68	45.668	45.616	688.29	295.31	333.32	397.62	1.4171	1.6056
69	46.651	46.606	659.83	317.07	338.01	393.72	1.4304	1.5933
70	47.653	47.617	620.47	346.39	344.1	388.43	1.4477	1.5769

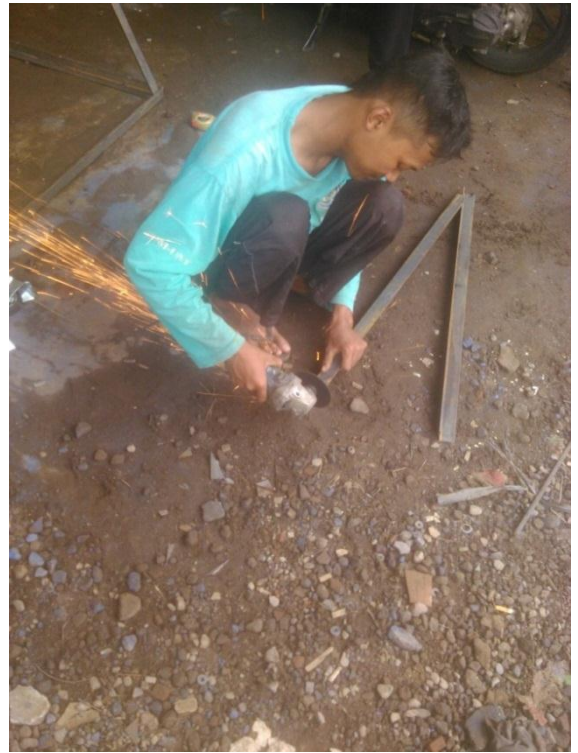
R410A

Ref: Patel-Teja equation and DuPont SUVA 9100

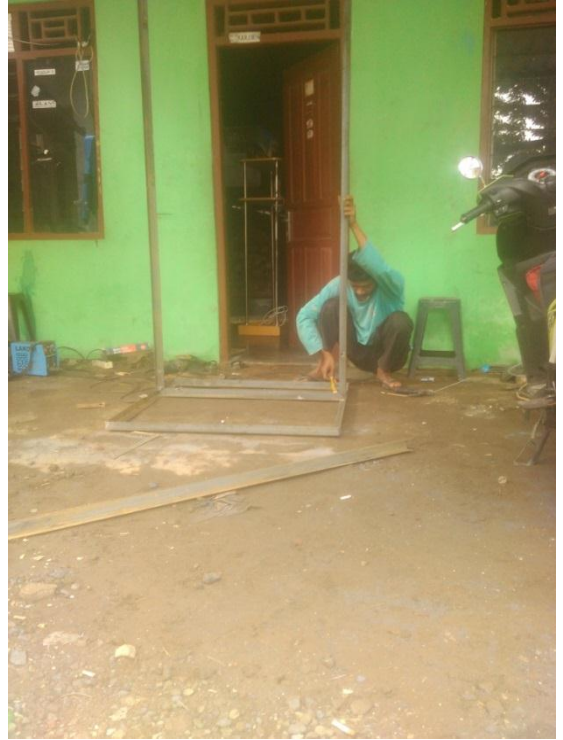
DTU, Department of Energy Engineering
s in [kJ/(kg K)], v in [m³/kg], T in [°C]
M.J. Skovrup & H.J.H. Knudsen. 10-08-08

PT. TEACH INTEGRATION
Komp. Pertokoan Ciptapuri Blok GG/9 Sekupang Batam
Phone: +62 778 323 768
Fax: +62 778 323 768
E-mail: teach.integration@gmail.com
http://teachintegration.wordpress.com





Proses pengukuran dan pemotongan besi siku ukuran 4x4 cm.



Proses pengelasan besi siku dan pembentukan rangka.

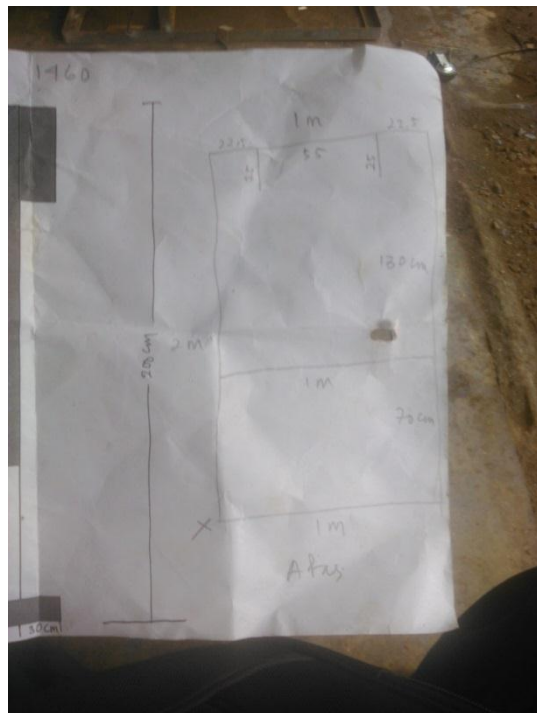




Proses pengeboran besi dan penyatuan rangka atas dan rangka bawah.



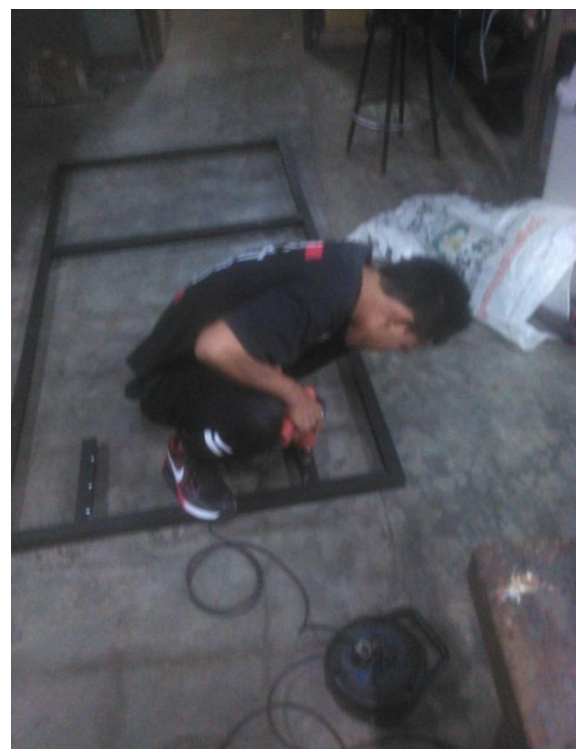
Peralatan yang digunakan untuk mengukur, mengelas, memotong dan mengebor besi siku 4x4 cm.



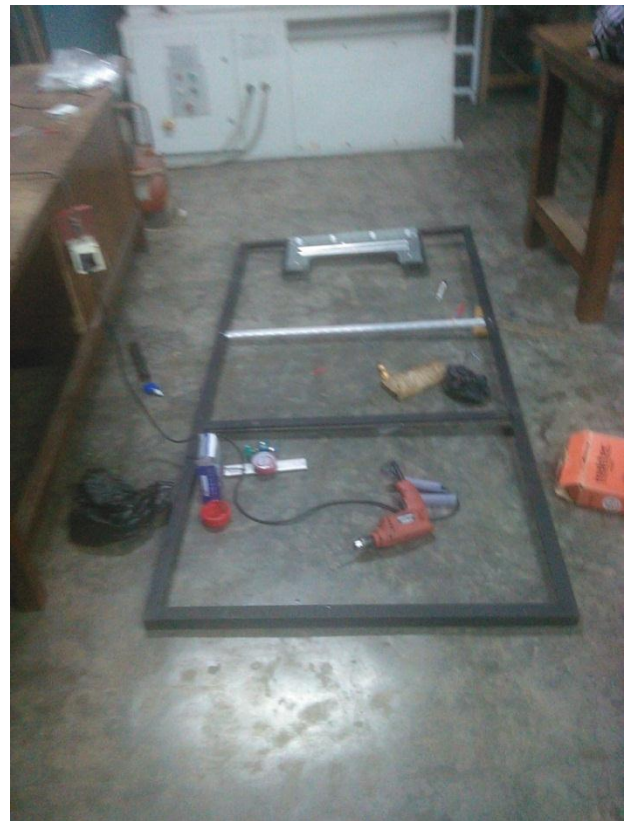
Design dan ukuran untuk patokan pengukuran dan pemotongan besi.



Cat yang digunakan untuk mewarnai besi dan juga peralatan untuk mengelas.



Proses pengeboran tempat dudukan indoor AC.





Proses pengecatan bodi panel instrument alat ukur.



Modul setelah rangka atas dan rangka bawah disatukan serta unit indoor dan outdoor sudah dipasang.



Peralatan yang digunakan untuk memasang pipa dan proses pemasangan pipa.



Modul setelah pipa dan kabel instrument alat ukur terpasang.

Proses pengukuran dan pengambilan data





