

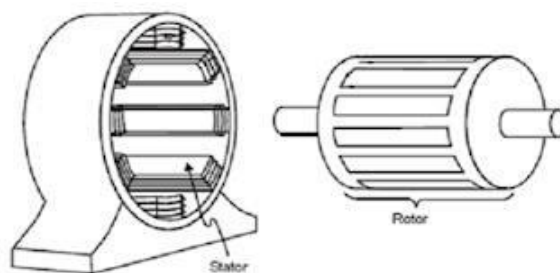
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Teori Dasar Motor Induksi Tiga Fasa¹

Motor induksi tiga fasa merupakan motor listrik arus bolak-balik yang paling banyak digunakan dalam dunia industri. Dinamakan motor induksi karena pada kenyataannya arus rotor motor ini bukan diperoleh dari suatu sumber listrik, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar. Dalam kenyataannya, motor induksi dapat diperlakukan sebagai sebuah transformator, yaitu dengan kumparan stator sebagai kumparan primer yang diam, sedangkan kumparan rotor sebagai kumparan sekunder yang berputar.

Motor induksi tiga fasa berputar pada kecepatan yang pada dasarnya adalah konstan, mulai dari tidak berbeban sampai mencapai keadaan beban penuh. Kecepatan putaran motor ini dipengaruhi oleh frekuensi, dengan demikian pengaturan kecepatan tidak dapat dengan mudah dilakukan terhadap motor ini. Walaupun demikian, motor induksi tiga fasa memiliki beberapa keuntungan, yaitu sederhana, konstruksinya kokoh, harganya relatif murah, mudah dalam melakukan perawatan, dan dapat diproduksi dengan karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan industri.

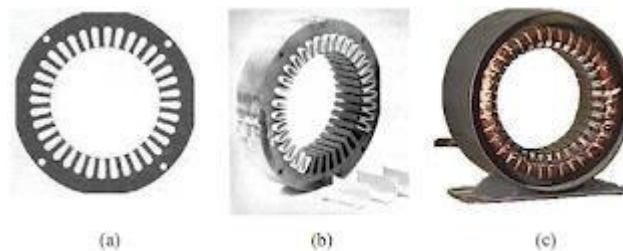


Gambar 2.1 Penampang Stator dan Rotor Motor Induksi Tiga Fasa

¹ Anonim. 2013. Motor induksi tiga fasa <http://fillafi.blogspot.com/2013/04/motor-induksi-3-fasa.html> (di akses pada tanggal 25 mei 2022)

2.1.1 Stator¹

Stator terdiri atas tumpukan laminasi inti yang memiliki alur yang menjadi tempat kumparan dililitkan yang berbentuk silindris. Alur pada tumpukan laminasi inti diisolasi dengan kertas. Tiap elemen laminasi inti dibentuk dari lempengan besi. Tiap lempengan besi tersebut memiliki beberapa alur dan beberapa lubang pengikat untuk menyatukan inti. Tiap kumparan tersebar dalam alur yang disebut belitan fasa dimana untuk motor tiga fasa, belitan tersebut terpisah secara listrik sebesar 120° . Kawat kumparan yang digunakan terbuat dari tembaga yang dilapis dengan isolasi tipis. Kemudian tumpukan inti dan belitan stator diletakkan dalam cangkang silindris. Berikut ini contoh lempengan laminasi inti, lempengan inti yang telah disatukan, belitan stator yang telah dilekatkan pada cangkang luar untuk motor induksi tiga fasa.



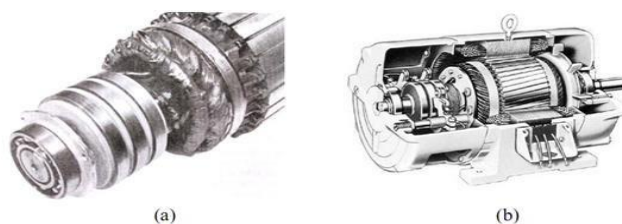
Gambar 2.2 Komponen Stator Motor Induksi Tiga Fasa

2.1.2 Rotor¹

Berdasarkan jenis rotornya, motor induksi tiga fasa dapat dibedakan menjadi dua jenis, yang juga akan menjadi penamaan untuk motor tersebut, yaitu rotor belitan (wound rotor) dan rotor sangkar tupai (squirrel cage rotor). Jenis rotor belitan terdiri dari satu set lengkap belitan tiga fasa yang merupakan bayangan dari belitan pada statornya. Belitan tiga fasa pada rotor belitan biasanya terhubung Y, dan masing-masing ujung dari tiga kawat belitan fasa rotor tersebut dihubungkan pada slip ring yang terdapat pada poros rotor.

¹Anonim. 2013. Motor induksi tiga fasa <http://fillafi.blogspot.com/2013/04/motor-induksi-3-fasa.html> (di akses pada tanggal 25 mei 2022)

Belitan-belitan rotor ini kemudian dihubung singkatkan melalui sikat (brush) yang menempel pada slip ring , dengan menggunakan sebuah perpanjangan kawat untuk tahanan luar.



Gambar B.3 (a) Tampilan Close-Up Bagian Slip Ring Rotor Belitan
(b) Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Belitan

2.2 Prinsip Medan Putar¹

Pada saat kita menghubungkan sumber tiga fasa ke terminal tiga fasa motor induksi, maka arus bolak-balik sinusoidal I_R , I_S , I_T akan mengalir pada belitan stator. Arus-arus ini akan menghasilkan ggm (gaya gerak magnet), yang mana pada kumparan akan menghasilkan fluks magnetik yang berputar sehingga disebut juga dengan medan putar. Medan magnet yang demikian kutub-kutubnya. tidak diam pada posisi tertentu, tetapi meneruskan pergeseran posisinya disekitar stator.

2.3 Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa¹

Prinsip kerja motor induksi tiga fasa didasarkan pada Hukum Faraday (tegangan induksi akan ditimbulkan oleh perubahan induksi magnetik pada suatu belitan). Hukum Faraday berdasarkan pada persamaan (2.1) sebagai berikut.

$$\varepsilon = B \times l \times v \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana : ε = Tegangan induksi (V)

B = Medan magnet (T)

l = Panjang konduktor (m)

v = Kecepatan medan magnet menginduksi konduktor (m/s)

¹ Anonim. 2013. Motor induksi tiga fasa <http://fillafi.blogspot.com/2013/04/motor-induksi-3-fasa.html> (di akses pada tanggal 25 mei 2022)

Hukum lain yang mendasari prinsip kerja dari motor induksi adalah Hukum Lorentz (Apabila konduktor yang teraliri arus berada pada medan magnet, maka akan timbul gaya yang disebut gaya elektromagnet atau gaya Lorentz). Hukum Lorentz berdasarkan pada persamaan (2.2) sebagai berikut.

$$F = B \times i \times l \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

F = Gaya Lorentz (N)

B = Medan magnet (T)

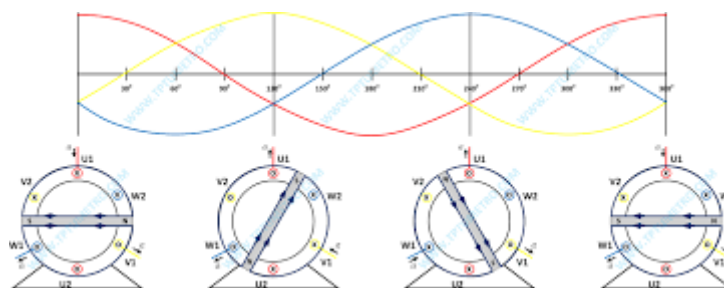
i = Arus yang mengalir pada konduktor (A)

l = Panjang konduktor (m)

Motor induksi bekerja bergantung pada medan magnet putar yang ditimbulkan dalam celah udara motor yang disebabkan oleh arus belitan stator. Belitan tiga fasa stator dililit dengan jarak antar belitan sebesar 120° secara elektrik, jika belitan diberi tegangan tiga fasa maka akan mengalir arus dan menimbulkan 14 medan magnet. Medan magnet pada suatu luasan belitan akan menimbulkan fluks pada masing – masing fasa. Ketiga fluks tersebut bergabung membentuk fluks secara vektor yang bergerak mengelilingi permukaan stator pada kecepatan konstan yang disebut medan magnet putar. Medan magnet putar akan menyebabkan rotor berputar dengan arah yang sama dengan fluks putar.

Prinsip dasar dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Tegangan induksi akan timbul pada setiap konduktor yang diakibatkan oleh medan magnet yang memotong konduktor (Hukum Faraday).
2. Konduktor dihubungkan menjadi satu atau dihubung singkat pada ujung belitan, maka tegangan induksi akan menyebabkan arus mengalir dari satu konduktor ke konduktor lain.
3. Arus yang mengalir pada suatu medan magnet akan menimbulkan gaya (Hukum Lorentz).
4. Gaya akan selalu menarik konduktor (rotor) untuk bergerak sepanjang medan magnet berputar.



Gambar 2.4 Prinsip motor induksi tiga fasa

Pada saat terminal tiga fasa stator motor induksi diberi suplai tegangan tiga fasa seimbang, maka akan mengalir arus pada konduktor di tiap belitan fasa stator dan akan menghasilkan fluksi bolak-balik. Amplitudo fluksi per fasa yang dihasilkan berubah secara sinusoidal dan menghasilkan fluks resultan (medan putar) dengan magnitud yang nilainya konstan yang berputar dengan kecepatan sinkron.

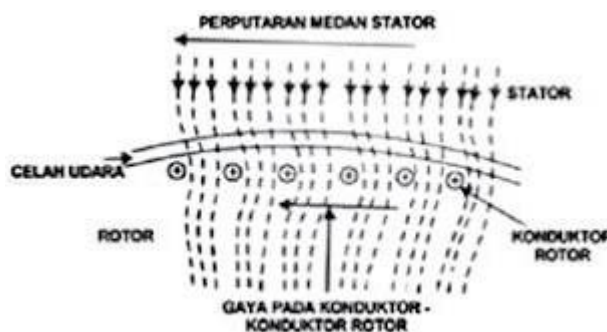
$$n_s = 120 \frac{f}{P}$$

Dimana :

n_s = kecepatan sinkron/medan putar (rpm)

f = frekuensi sumber daya (Hz)

P = jumlah kutub motor induksi



Gambar 2.5 Proses Induksi Medan Putar Stator pada Kumbaran Rotor

Karena belitan rotor merupakan rangkaian tertutup, baik melalui cincin ujung (end ring) ataupun tahanan luar, maka arus akan mengalir pada konduktor-konduktor rotor. Karena konduktor-konduktor rotor yang mengalirkan arus ditempatkan di dalam daerah medan magnet yang dihasilkan stator, maka akan terbentuklah gaya mekanik (gaya lorentz) pada konduktor-konduktor rotor.

2.4 Jenis-jenis Motor Induksi²

Setelah kita membahas prinsip kerja motor induksi kini tiba saatnya kita membahas jenis-jenis motor induksi. Motor induksi memiliki banyak jenis. Untuk memudahkan pengelompokannya motor induksi ini dibagi berdasarkan prinsip kerjanya, berdasarkan arus dan tegangan, berdasarkan kecepatan putarnya dan berdasarkan strukturnya.

Berikut ini klasifikasi motor induksi :

1. Berdasarkan prinsip kerjanya

Berdasarkan prinsip kerja -nya motor induksi dibagi menjadi :

- Motor induksi rotor sangkar
- Motor induksi rotor belitan
- Motor komutator seri
- Motor kompensasi
- Motor shunt, dan motor repulsion.

2. Berdasarkan arus dan tegangan

Berdasarkan arus dan tegangannya motor induksi dibagi menjadi :

- Motor induksi 3 fasa
- Motor induksi 1 fasa

3. Berdasarkan kecepatan putarnya

Berdasarkan kecepatan putarnya motor induksi dibagi menjadi :

- Bervariasi
- Dapat diatur

²Anonim.2019.Jenis-jenis motor induksi <https://blogteknisi.com/motor-induksi-prinsip-kerja-jenis-konstruksi-dan-untung-ruginya/> (diakses pada tanggal 22 juli 2022)

4. Berdasarkan strukturnya

Berdasarkan strukturnya motor induksi dibagi menjadi :

- Terbuka
- Tertutup
- Setengah tertutup
- Berventilasi

2.5 Keuntungan dan Kerugian Motor Induksi²

Penggunaan motor induksi yang banyak dipakai di dunia industri mempunyai keuntungan sebagai berikut :

1. Bentuknya yang sederhana dan memiliki konstruksi yang kuat.
2. Harga relatif murah dan dapat diandalkan.
3. Perawatan yang minimum.
4. Efisiensi tinggi pada keadaan berputar normal, tidak memerlukan sikat sehingga rugi – rugi daya yang diakibatkannya dari gesekan dapat dikurangi.
5. Pengaturan pengoperasian (pengontrolan) yang mudah dan sederhana.

Namun disamping hal tersebut diatas, terdapat pula faktor – faktor kerugian yang tidak menguntungkan dari motor induksi yaitu sebagai berikut :

1. Pengaturan kecepatan dari motor induksi sangat mempengaruhi efisiensinya.
2. Kecepatan motor induksi akan menurun seiring dengan bertambahnya beban, tidak seperti motor DC atau motor shunt.
3. Kopel awal mutunya rendah dibandingkan dengan motor DC shunt.
4. Kecepatan tidak mudah dikontrol.
5. Power faktor rendah pada beban ringan.
6. Arus start biasanya 5 – 7 kali dari arus nominal.

²Anonim.2019.Jenis-jenis motor induksi <https://blogteknisi.com/motor-induksi-prinsip-kerja-jenis-konstruksi-dan-untung-ruginya/> (diakses pada tanggal 22 juli 2022)

2.6 Pumping Unit (*Sucker Rod Pump*)³

Pompa angguk atau *sucker rod pump* menggunakan teknik pengangkatan minyak bumi dari dalam sumur dengan bantuan tenaga buatan (*artificial lift*) hingga minyak bumi tersebut sampai di atas permukaan dan selanjutnya di masukkan ke dalam tangki penampungan. Secara umum, pompa ini digunakan pada sumur-sumur yang tidak memiliki tenaga untuk mengalirkan minyak mentah dengan sendirinya serta sering juga digunakan pada sumur-sumur yang sudah tua.



Gambar 2.6 Pumping unit (*Sucker Rod Pump*)

Saat beroperasi, pompa angguk akan mengubah gerak rotasi (*prime mover*) menjadi gerakan turun naik, selanjutnya gerak naik turun tersebut akan melewati *walking beam* dan akan diteruskan ke *horse head*. Sehingga, gerakan naik turun akan menjadi gerak lurus naik turun dan akan menggerakkan *plunger* pompa melalui *rod string*.

2.6.1 Jenis-jenis pumping unit (*sucker rod pump*)³

Pompa angguk terdiri dari beberapa jenis yang dibedakan oleh jumlah tenaga yang dimiliki untuk mengangkat minyak mentah ke atas permukaan.

American Petroleum Institute (API) menyatakan bahwa pumping unit yang digunakan pada sumur minyak terdiri dari tiga jenis, yaitu *conventional type*, *low torque* unit dan *air balance unit*. Berikut penjelasan dari masing-masing type tersebut

³WellOperation.2014. prinsip kerja pumping unit <http://welloperation.blogspot.com/2014/12/prinsip-kerja-pumping-unit.html> (Di akses pada tanggal 26 Mei 2022)

1. Jenis Standar (Conventional Type)

Pada jenis ini, walking beam akan ditopang oleh samson post pada bagian tengah. Jenis pompa ini banyak dipergunakan pada sumur minyak yang memiliki berbagai

macam ukuran, bahkan mencapai 100 horse power. Pumping unit jenis conventional type terdiri dari dua bagian, yaitu.

- Beam counter balance system; dimana balancing load terpasang pada walkingbeam.
- Crank counter balance system; counter weight terpadang pada crank.

2. Low Torque Unit

Untuk pumping unit jenis ini, walking beam akan ditopang oleh samson post pada bagian ujung belakang. Umumnya, unit ini membutuhkan tenaga yang tergolong lebih sedikit bila dibandingkan dengan conventional type. Jenis ini banyak digunakan pada sumur yang memproduksi minyak bumi dalam jumlah besar. Ukuran tenaga yang dimiliki mencapai 120 horse power.

3. Air Balance Unit

Air Balance unit tidak menggunakan counter weight, melainkan digantik oleh tabung udara yang bertekanan. Jenis ini memiliki kinerja yang lebih ringan dan lebih kecil bila dibandingkan dengan jenis-jenis yang telah disebutkan di atas. Ukuran yang tersedia untuk jenis ini hanya terbatas, namun tenaga yang dimiliki dapat mencapai 150 horse power.

2.6.2 Komponen *Sucker Rod Pump*⁴

Peralatan pada sucker rod pump (Gambar 2) dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu :

4. Prime Mover

Fungsi dari prime mover adalah mengalirkan sumber tenaga yang dapat menggerakkan pompa sehingga fluida dapat naik ke permukaan. Jenis prime mover ada dua macam, yaitu elektrik dan engine. Pemilihan jenis prime mover yang akan digunakan disesuaikan dengan keberadaan listrik dan sumber gas yang ada.

5. Surface Equipment

Fungsi dari surface equipment adalah memindahkan sumber energi dari prime mover ke unit peralatan pompa di dalam sumur sehingga gerak putar prime mover diubah menjadi gerak naik turun sucker rod dan diperoleh kecepatan pompa yang diinginkan. Adapun bagian-bagian dari surface equipment :

- Gear reducer, merupakan rangkaian roda gigi yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan prime mover. Hal ini penting karena kecepatan putar motor pada prime mover akan mempengaruhi kecepatan pompa.
- V-Belt, merupakan sabuk untuk memindahkan gerak dari prime mover ke gear reducer.
- Crank, fungsinya menghubungkan crank shaft pada gear reducer dengan counter weight untuk mengatur stroke length dengan mengubah posisi dari pitman bearing
- Counter weight, berfungsi sebagai menyeimbangkan gerakan saat upstroke dan downstroke dengan cara menyimpan tenaga prime mover pada saat down stroke dimana tenaga yang diperlukan minimum dan mengeluarkan tenaga pada saat upstroke sehingga terjadi perataan pembebanan.
- Pitman, fungsinya untuk menghubungkan pitman bearing dengan walking beam yang berfungsi mengubah gerak putar menjadi gerak naik turun.

⁴Edo.2006.Komponen Sucker Rod Pump <https://migasnet02eduart37.blogspot.com/2009/06/sucker-rod-pump.html?zx=a2e97b4f3850745b> (diakses pada tanggal 22 juni 2022)

- Walking beam, fungsinya untuk meneruskan gerak naik turun yang dihasilkan oleh rangkaian pitman-counter weight-crank ke rangkaian yang ada di dalam sumur melalui polished rod.
- Carrier bar, fungsinya sebagai tempat bergantungnya polished rod dan rangkaian sucker rod yang ada di dalam sumur
- Polished Rod, merupakan bagian teratas dari rangkaian rod yang muncul di permukaan dan berfungsi menghubungkan antara rangkaian rod di dalam sumur dengan peralatan-peralatan di permukaan
- Stuffing box, merupakan tempat kedudukan polished rod sehingga polished rod dapat naik turun dengan bebas dan berfungsi untuk mengisolasi sumur dan mencegah agar fluida tidak ikut keluar waktu naik turunnya polished rod.
- Sampson Post, sebagai penyangga walking beam.
- Bridle , tempat menggantungkan carrier bar.
- Flow Tee, untuk mengalirkan fluida ke flowline.
- Flow line, fungsinya sebagai tempat mengalirnya fluida hasil pemompaan.

4. Subsurface Equipment

Peralatan bawah permukaan berfungsi sebagai pompa untuk mengangkat fluida pada formasi ke permukaan. Bagian peralatan bawah permukaan sebagai berikut

- Working Barrel merupakan tempat dimana plunger dapat bergerak naik turun dan berfungsi sebagai tempat menampung fluida sebelum fluida diangkat plunger pada saat upstroke. Pompa di bawah permukaan berdasarkan working barrel ada dua macam, yaitu tubing pump dan rod pump (insert pump). Dikatakan tubing pump karena posisi barrel dari pompa menyatu dengan tubing sehingga waktu sucker rod dicabut pada saat servis maka barrel tetap berada di bawah tidak ikut tercabut. Sedangkan rod pump, posisi dari barrel menyatu dengan sucker rod sehingga bila sucker rod dicabut saat servis maka barrel akan ikut tercabut (Gambar 3).
- Plunger merupakan bagian dari pompa yang terdapat di dalam working barrel yang berfungsi untuk mengangkat fluida dari reservoir ke permukaan .

- Travelling Valve merupakan katup yang berada di bawah plunger yang bergerak sesuai dengan pergerakan plunger, dimana posisinya akan terbuka pada saat downstroke sehingga fluida dapat masuk ke dalam plunger. Posisinya akan tertutup pada saat upstroke sehingga dapat menahan fluida yang sudah masuk ke dalam plunger agar tidak keluar.
- Standing Valve merupakan katup yang berada pada bagian bawah working barrel dimana posisinya akan terbuka pada saat upstroke sehingga fluida dari dalam sumur dapat masuk ke dalam working barrel. Posisinya akan tertutup pada saat downstroke sehingga menahan fluida yang sudah masuk ke dalam working barrel agar tidak keluar.
- Sucker rod merupakan batang besi yang menjadi tempat bergantungnya plunger dan berfungsi meneruskan gerak naik turun dari surface equipment ke unit pompa di bawah permukaan. Dalam perencanaan sucker rod diusahakan agar rod yang dipakai ringan sehingga untuk kedalaman yang besar pemakaian rod harus dikombinasikan (tapered rod string).
- Seating nipple merupakan tempat dudukan dari standing valve sehingga standing valve tidak terlepas pada saat upstroke atau downstroke.
- Tubing berfungsi mengalirkan fluida dari dasar sumur ke permukaan dimana fluida mengalir melalui ruang antar sucker rod dan tubing

2.6.3 Prinsip Kerja Pumping Unit⁵

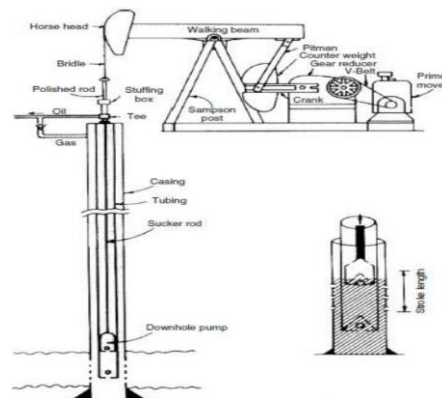
Pengoperasian Pumping Unit (Sucker Rod Pump) merupakan salah satu teknik pengangkatan buatan yang digunakan untuk membantu mengangkat minyak dari dasar sumur ke permukaan tanah sampai ke tanki penampungan.

Prinsip kerja Pumping Unit yaitu mengubah gerak rotasi dari Prime Mover menjadi gerak naik turun oleh sistem Pitman Crank Assembly, kemudian gerak naik turun ini melalui walking beam di teruskan ke Horse Head di jadikan gerak lurus naik turun (Up Stroke dan Down Stroke) untuk menggerakkan plunger pompa melalui rangkaian rod (rod string).

⁵Anonim.2015. jenis-jenis pumping unit (Sucker Rod Pump)
<https://www.prosesindustri.com/2015/06/tiga-jenis-pumping-unit-sucker-rod-pump.html> (di akses pada tanggal 30 Mei 2022)

Dengan demikian minyak terpompa dari dasar sumur ke permukaan.
Peralatan sucker rod pumping terdiri dari :

1. Peralatan diatas permukaan yang (Pumping Unit) secara garis besar, terdiri:
 - Prime mover (mesin penggerak)
 - Gear reducer
 - Beam pumping
2. Peralatan bawah permukaan, terdiri:
 - Pipa tubing
 - Rod string (rangkaian rod)
 - Pompa (Sub surface pump)

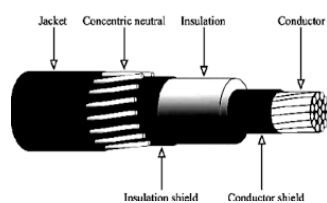


Gambar 2.7 Sistematis Diagram Kerja Pumping Unit

2.7 Kabel Saluran Bawah Tanah⁶

Kabel Saluran Bawah Tanah Sistem listrik dari saluran distribusi bawah tanah dengan kabel banyak ragamnya. Dahulu, sistemnya di Jepang adalah sistem tiga-fasa tiga kawat dengan netral yang tidak ditanahkan. Sekarang, sistem pembumiannya adalah dengan tahanan tinggi atau dengan reactor kompensasi, untuk mengkompensasikan arus pemuat pada kabel guna menjamin bekerjanya rele serta guna membatasi besarnya tegangan lebih. Di Eropa sistem pembumian dengan reactor banyak dipakai, sedang di Amerika sistem pembumian langsung atau sistem pembumian dengan tahanan yang kecil banyak digunakan. Juga di Jepang sekarang banyak terlihat sistem Amerika yang terakhir itu dipakai, terutama untuk saluran kabel diatas 66 kV. Dalam sistem kelistrikan saluran distribusi merupakan rantai penghubung antara pusat-pusat pembangkit tenaga menuju pusat beban malalui gardu induk transmisi dan distribusi.

Berdasarkan carapemasangannya saluran sistem distribusi dapat dibagi dalam tiga kelompok, yaitu: saluran udara (overhead line), saluran kabel bawah laut (submarine cable) dan saluran kabel tanah. Pada sistem saluran kabel bawah tanah, penyaluran tenaga listrik melalui kabel-kabel seperti kabel bawah laut dengan berbagai macam isolasi pelindungnya. Saluran kabel bawah tanah ini dibuat untuk menghindari resiko bahaya yang terjadi pada pemukiman padat penduduk tanpa mengurangi keindahan lingkungan. Inti dari suatu kabel adalah penghantar fase, berikutnya pelindung penghantar, isolator kabel, selanjutnya pelindung isolator, netral dan terakhir lapisan pembungkus. Kebanyakan kabel distribusi adalah penghantar tunggal. Jenis kabel yang biasanya digunakan ada dua jenis, yaitu kabel netral konsentris (concentric neutral cable) dan kabel daya (power cable). Kabel netral konsentris biasanya mempunyai penghantar aluminium, isolasi dan netral konsentris.



Gambar 2.8 Kabel Netral Konsentris

⁶Daman.2010. kabel saluran bawah tanah <https://daman48.files.wordpress.com/2010/11/materi-14-jaringan-distribusi-bawah-tanah.pdf> (di akses tanggal 6 juni 2022)

2.7.1 Kabel tanah⁶

Kabel Tanah Kabel tanah ialah satu atau beberapa bagian hantaran yang berisolasi, berpelindung mekanis dan berselubung luar yang dalam penggunaannya ditanam/dipasang di dalam tanah. (PLN Operasi & Pemeliharaan Jaringan Distribusi, 1995:01)

Kabel Tanah adalah salah satu / beberapa kawat yang diisolasikan, sehingga tahan terhadap tegangan tertentu antara penghantar yang satu dengan penghantar yang lain ataupun penghantar dengan tanah serta dibungkus dengan pelindung, sehingga terhindar dari pengaruh-pengaruh kimia lain yang ada dalam tanah. Oleh karena kabel tanah tersebut beroperasi dalam tanah, maka komponen termasuk kabel harus mampu beroperasi secara terus menerus karena memiliki persyaratan isolasi yang khusus untuk melindungi dari segala bentuk kelembaban serta pengaruh pengaruh lain yang terdapat didalam tanah. Penggunaan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) dinilai mampu menciptakan keindahan dan kenyamanan tata kota meskipun investasi yang diperlukan relatif tinggi, pemeliharaan cukup rumit, namun pemilihan penggunaan SKTM tetap akan diperlukan terutama dari segi estetika dan pembebasan tanah. Instalasi (pemasangan) kabel dalam tanah dapat dilakukan dengan penanaman langsung atau melalui saluran pelindung. Instalasi kabel tanah dengan penanaman langsung, yaitu kabel secara langsung, tanpa menggunakan saluran pelindung (duct atau pipa), ditanam di dalam tanah. Kondisi pemasangan kabel mempengaruhi kemampuan membawa arusnya. Kondisi pemasangan ini antara lain meliputi susunan peletakan kabel, pentanahan selubung logam (sheath) / pelindung (shield), jarak antar kabel, kedalaman penanaman, dan kondisi tanah.

⁶Daman.2010. kabel saluran bawah tanah <https://daman48.files.wordpress.com/2010/11/materi-14-jaringan-distribusi-bawah-tanah.pdf> (di akses tanggal 6 juni 2022)

2.7.2 Klasifikasi kabel tenaga⁶

Klasifikasi Kabel Tenaga Untuk penyaluran tenaga listrik dibawah tanah digunakan kabel tenaga (power cable). Jenis kabel tenaga banyak sekali, namun demikian dapat diklasifikasikan menurut beberapa kelompok berikut :

- Kelompok menurut kulit pelindungnya (armor) misalnya, kabel bersarung timah hitam (lead sheathed), kabel berkulit pita baja (steel-tape armored).
- Kelompok menurut konstruksinya misalnya: plastik dan karet (jenis BN, EV, CV) kabel padat (jenis belt, H, SL, SA), kabel jenis datar (flat-type), kabel minyak (oil-filled).
- Kelompok menurut penggunaan, misalnya, kabel saluran (duct draw-in), kabel taruh (direct-laying), kabel laut (submarine), kabel corong utama (main shaft) kabel udara (overhead).

2.8 Rheostat (Tahanan Geser)⁷

Rheostat adalah jenis resistor yang nilai resistansi dapat diatur (*Variable Resistor*) dan biasanya digunakan untuk mengendalikan arus listrik (*current*) terutama pada rangkaian atau perangkat yang berarus listrik tinggi. Jadi dapat dikatakan bahwa Rheostat adalah Variable Resistor yang berfungsi untuk mengatur aliran arus listrik (*current*) pada suatu rangkaian elektronik ataupun listrik. Istilah “Rheostat” berasal dari bahasa Yunani yaitu “*Rheos*” dan “*Statis*” yang artinya adalah perangkat yang mengendalikan arus listrik (*current*). Istilah tersebut pertama kali dikemukakan oleh seorang ilmuwan Inggris yang bernama Sir Charles Wheatstone.

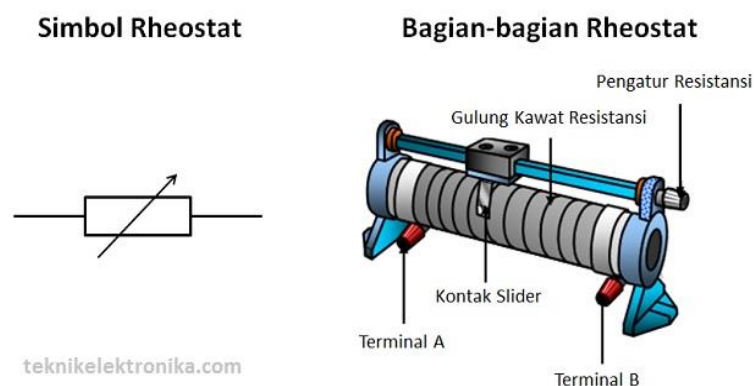
Dalam Struktur Rheostat, satu kaki terminalnya dihubungkan di bagian ujung jalur (track) dan satu terminalnya lagi dihubungkan pada Wiper (penyapu) atau Slider (penggeser) Rheostat yang dapat bergerak. Pada saat wiper atau slider bergerak dari satu ujung ke ujung lainnya, nilai resistansi juga akan berubah dari minimum (0) ke maksimum.

⁶Daman.2010. kabel saluran bawah tanah <https://daman48.files.wordpress.com/2010/11/materi-14-jaringan-distribusi-bawah-tanah.pdf> (di akses tanggal 6 juni 2022)

⁷Dickson Kho. Pengertian Rheostat <https://teknikelektronika.com/author/admin/> (diakses pada tanggal 20 juli 2022)

Rheostat pada umumnya memiliki dua kaki terminal namun ada juga berkaki terminal tiga. Meskipun ada Rheostat yang berterminal tiga, pada penggunaannya dalam mengendalikan arus listrik (current), kita hanya menggunakan dua kaki rheostat dan satu kakinya lagi yang tak terpakai harus dihubungkan dengan kaki terminal Wiper atau slider-nya. Oleh karena itu, sebuah Potensiometer yang umumnya berkaki terminal tiga juga dapat dimodifikasi menjadi sebuah Rheostat. Hampir semua mekanisme pada Potensiometer digunakan dalam pemodifikasian menjadi rheostat. Satu-satunya langkah untuk memodifikasikan potensiometer menjadi rheostat adalah dengan menggabungkan salah satu terminal potensiometer dengan terminal Wiper atau slider-nya. Konstruksi tersebut akan dapat membantu mengurangi variasi nilai pada resistansinya dan memperkuat peletakkannya pada PCB (tidak mudah goyang).

Rheostat yang digunakan untuk mengaliri arus listrik besar ini pada umumnya terbuat dari kawat yang memiliki nilai resistansi tertentu yang digulungkan pada sebuah silinder tahan panas. Slider atau Wiper Rheostat berbentuk jari logam (metal finger) yang dapat bergerak melintasi jalur (track) resistansi yang terbuat dari gulungan kawat beresistansi pada rheostat.



Gambar 2.9 Simbol dan Bagian-Bagian Rheostat

2.8.1 Jenis-jenis Rheostat⁷

Rheostat dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu Rheostat Rotary, Rheostat Slide dan Rheostat Trimmer. Berikut ini adalah pembahasan singkat ketiga jenis rheostat yang dimaksud.



Gambar 2.10 Jenis-jenis Rheostat

- **Rheostat Rotary**

Rheostat Rotary adalah Rheostat yang paling sering digunakan untuk mengatur daya listrik. Sebagian besar Rheostat jenis Rotari ini menggunakan konstruksi terbuka namun ada juga Rheostat Rotari dengan konstruksi tertutup. Rheostat dipasang secara paralel untuk mengatur tingkat dan rentang daya listrik. Nilai resistansinya diatur dengan cara memutar wiper-nya searah jarum jam ataupun sebaliknya.

- **Rheostat Slide**

Rheostat Slide atau Rheostat Linear banyak digunakan pada laboratorium penelitian dan edukasi. Rheostat slide terbuat dari kawat beresisten yang digulungkan pada sebuah silinder yang di isolasi. Rheostat Slide menggunakan Slider atau Penggeser untuk mengatur nilai resistansinya.

- **Rheostat Trimmer**

Rheostat Trimmer adalah Rheostat yang berbentuk kecil dan biasanya dipasangkan pada PCB dan harus menggunakan obeng atau alat khusus untuk mengatur nilai resistansinya.

⁷Dickson Kho. Pengertian Rheostat <https://teknikelektronika.com/author/admin/> (diakses pada tanggal 20 juli2022)

2.9 Teori Torsi Pada Motor Listrik⁸

Tenaga gerak yang dihasilkan dari sebuah motor listrik disebut dengan Torque(Torsi) dan biasanya menggunakan satuan Nm (Newtonmeter).

2.9.1 Rumus Mengitung Torsi, kecepatan dan daya⁸

$$P = (T \times N) : 5252$$

$$T = (5252 \times P) : N$$

$$N = (5252 \times P) : T$$

Keterangan 2.9.1

- P : Daya dalam satuan HP (Hourse Power)
- T : Torsi (Nm)
- N : Jumlah putaran per-menit (RPM)

5252 adalah nilai ketetapan (konstanta) untuk daya motor dalam satuan HP

2.10 Daya Listrik⁹

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber Energi seperti Tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Kita mengambil contoh Lampu Pijar dan Heater (Pemanas), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi cahaya sedangkan Heater mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai Watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsi.

⁸Rahmad Azly.2017. Torsi pada motor listrik
[https://duniaberbagiilmuuntuksemua.blogspot.com/2017/08/rumus-menghitung-torsi-kecepatan- dan- daya-motor-listrik-serta-apa-hubungannya.html#](https://duniaberbagiilmuuntuksemua.blogspot.com/2017/08/rumus-menghitung-torsi-kecepatan-dan-daya-motor-listrik-serta-apa-hubungannya.html#). (Diakses pada tanggal 8 juni 2022)

⁹Anggara.2019.Pengertian daya listrik
<https://lecturer.ppns.ac.id/anggaratnugraha/2019/09/19/pengertian-daya-listrik-dan-rumus- untuk-menghitungnya/> (Diakses pada tanggal 27 Juli 2022)

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkaian. Sumber Energi seperti Tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Kita mengambil contoh Lampu Pijar dan Heater (Pemanas), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi cahaya sedangkan Heater mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas. Semakin tinggi nilai Watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsi.

$$P = E / t$$

Dimana :

P = Daya Listrik

E = Energi dengan satuan Joule

t = waktu dengan satuan detik

Dalam rumus perhitungan, Daya Listrik biasanya dilambangkan dengan huruf “P” yang merupakan singkatan dari Power. Sedangkan Satuan Internasional (SI) Daya Listrik adalah Watt yang disingkat dengan W. Watt adalah sama dengan satu joule per detik (Watt = Joule / detik)

Satuan turunan Watt yang sering dijumpai diantaranya adalah seperti dibawah ini :

1 miliWatt = 0,001 Watt

1 kiloWatt = 1.000 Watt

1 MegaWatt = 1.000.000 Watt

Rumus Daya Listrik

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung Daya Listrik dalam sebuah Rangkaian Listrik adalah sebagai berikut .

$$P = V \times I$$

Atau

$$P = I^2 R$$

$$P = V^2 / R$$

Dimana :

P = Daya Listrik dengan satuan Watt (W)

V = Tegangan Listrik dengan Satuan Volt (V)

I = Arus Listrik dengan satuan Ampere (A)

R = Hambatan dengan satuan Ohm (Ω)

2.10.1 Hubungan horsepower (hp) dengan watt⁹

Hampir semua peralatan listrik menggunakan Watt sebagai satuan konsumsi daya listrik. Tapi ada juga peralatan tertentu yang menggunakan satuan *Horsepower* (hp). Dalam Konversinya, **1 hp = 746 watt**.

2.10.2 Rumus menghitung daya output motor listrik¹⁰

Daya Output Motor 1 Fasa

$$P_{out} = V \times I \times \eta \times \cos \phi$$

Keterangan : carailmu.com

P = Daya motor listrik (Watt)

V = Tegangan Listrik (V)

I = Arus Listrik (A)

$\cos \phi$ = Faktor Daya

η = Efisiensi motor listrik (%)

Daya Output Motor 3 Fasa

$$P_{out} = \sqrt{3} \times V \times I \times \eta \times \cos \phi$$

⁹Anggara.2019.Pengertian daya listrik

<https://lecturer.ppns.ac.id/anggaratnugraha/2019/09/19/pengertian-daya-listrik-dan-rumus-untuk-menghitungnya/> (Diakses pada tanggal 27 Juli 2022)

¹⁰Ashar Arifin.Rumus Daya output <https://www.carailmu.com/2021/12/rumus-dasar-motor-listrik.html> (Diakses pada tanggal 26 Juli 2022)

2.10.3 Daya nyata¹¹

Secara sederhana, daya nyata adalah daya yang dibutuhkan oleh beban resistif. Daya nyata menunjukkan adanya aliran energi listrik dari pembangkit listrik ke jaringan beban untuk dapat dikonversikan menjadi energi lain. Sebagai contoh, daya nyata yang digunakan untuk menyalakan kompor listrik. Energi listrik yang mengalir dari jaringan dan masuk ke kompor listrik, dikonversikan menjadi energi panas oleh elemen pemanas kompor tersebut.

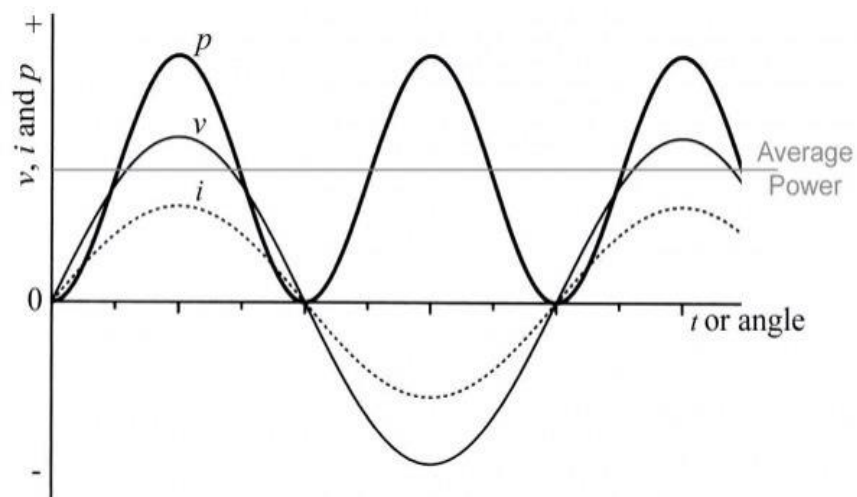
Daya listrik pada arus listrik DC, dirumuskan sebagai perkalian arus listrik dengan tegangan.

$$P = I \times V$$

Namun pada listrik AC perhitungan daya menjadi sedikit berbeda karena melibatkan faktor daya ($\cos \phi$).

$$P = I \times V \times \cos \phi$$

Untuk lebih jelasnya mari kita perhatikan grafik sinusoidal berikut.



Gambar 2.11 Gambar Gelombang Arus, Tegangan, dan Daya Listrik AC

Grafik di atas adalah grafik gelombang listrik AC dengan beban murni resistif. Nampak bahwa gelombang arus dan tegangan berada pada fase yang sama (0°) dan tidak ada yang saling mendahului seperti pada beban induktif dan kapasitif. Dengan kata lain nilai dari faktor daya ($\cos \phi$) adalah 1.

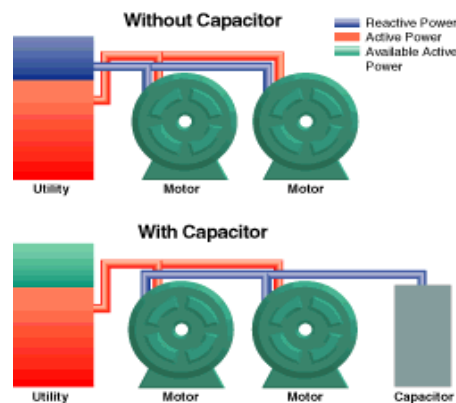
¹¹Anonim., <http://artikel-teknologi.com/pengertian-daya-semu-daya-nyata-dan-daya-reaktif/> (Diakses pada tanggal 28 Juli 2022)

Sehingga dengan menggunakan rumus daya di atas maka nilai dari daya listrik pada satu titik posisi jaringan tertentu memiliki nilai yang selalu positif serta membentuk gelombang seperti pada gambar tersebut.

Nilai daya yang selalu positif ini menunjukkan bahwa 100% daya mengalir ke arah beban listrik dan tidak ada aliran balik ke arah pembangkit. Inilah daya nyata, daya yang murni diserap oleh beban resistif, daya yang menandai adanya energi listrik terkonversi menjadi energi lain pada beban resistif. Daya nyata secara efektif menghasilkan kerja yang nyata di sisi beban listrik.

2.10.4 Daya reaktif¹¹

Secara sederhana, daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan untuk membangkitkan medan magnet di kumparan-kumparan beban induktif. Seperti pada motor listrik induksi misalnya, medan magnet yang dibangkitkan oleh daya reaktif di kumparan stator berfungsi untuk menginduksi rotor sehingga tercipta medan magnet induksi pada komponen rotor. Pada trafo, daya reaktif berfungsi untuk membangkitkan medan magnet pada kumparan primer, sehingga medan magnet primer tersebut menginduksi kumparan sekunder.



Gambar 2.12 Ilustrasi Daya Reaktif

¹¹Anonim., <http://artikel-teknologi.com/pengertian-daya-semu-daya-nyata-dan-daya-reaktif/> (Diakses pada tanggal 28 Juli 2022)

Daya reaktif diserap oleh beban-beban induktif, namun justru dihasilkan oleh beban kapasitif. Peralatan-peralatan kapasitif seperti lampu neon, bank kapasitor, bersifat menghasilkan daya reaktif ini. Daya reaktif juga ditanggung oleh pembangkit listrik. Nampak pada ilustrasi di atas bahwa pada gambar pertama daya reaktif yang dibutuhkan oleh motor listrik disupply oleh sistem pembangkit (utility). Sedangkan pada gambar kedua, kebutuhan daya reaktif dicukupi oleh kapasitor, sehingga daya total yang ditanggung oleh jaringan listrik berkurang.

Satuan daya reaktif adalah volt-ampere reactive dan disingkat dengan var. Mengapa satuan daya reaktif adalah var dan bukannya watt, disinilah bahasan mendalam mengenai daya reaktif kita butuhkan. Daya reaktif, sebenarnya bukanlah sebuah daya yang sesungguhnya. Sesuai dengan definisi dari daya listrik yang telah kita singgung di atas, bahwa daya listrik merupakan bilangan yang menunjukkan adanya perpindahan energi listrik dari sumber energi listrik (pembangkit) ke komponen beban listrik. Daya reaktif tidak menunjukkan adanya perpindahan energi listrik, daya nyata-lah yang menjadi bilangan penunjuk adanya perpindahan energi listrik. Lalu, apa sebenarnya yang dimaksud dengan daya reaktif?

Daya reaktif adalah daya imajiner yang menunjukkan adanya pergeseran grafik sinusoidal arus dan tegangan listrik AC akibat adanya beban reaktif. Daya reaktif memiliki fungsi yang sama dengan faktor daya atau juga bilangan $\cos \phi$. Daya reaktif ataupun faktor daya akan memiliki nilai ($\neq 0$) jika terjadi pergeseran grafik sinusoidal tegangan ataupun arus listrik AC, yakni pada saat beban listrik AC bersifat induktif ataupun kapasitif. Sedangkan jika beban listrik AC bersifat murni resistif, maka nilai dari daya reaktif akan nol ($=0$).

2.10.5 Daya semu¹¹

Daya semu atau daya total (S), ataupun juga dikenal dalam Bahasa Inggris *Apparent Power*, adalah hasil perkalian antara tegangan efektif (*root-mean-square*) dengan arus efektif (*root-mean-square*).

$$S = V_{RMS} \times I_{RMS}$$

¹¹Anonim., <http://artikel-teknologi.com/pengertian-daya-semu-daya-nyata-dan-daya-reaktif/> (Diakses pada tanggal 28 Juli 2022)

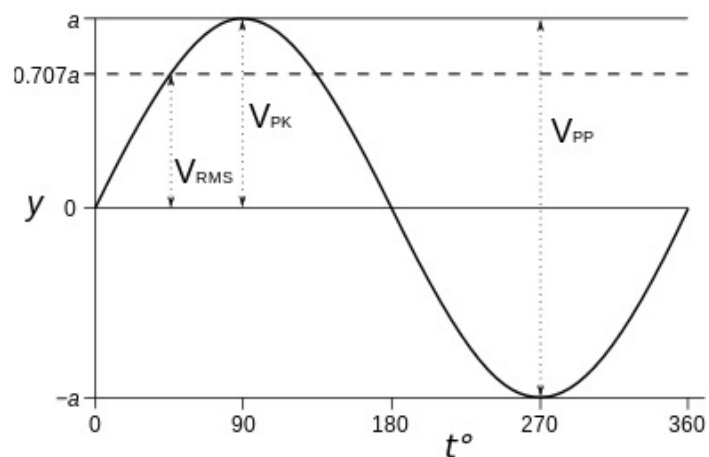
Tegangan RMS (V_{RMS}) adalah nilai tegangan listrik AC yang akan menghasilkan daya yang sama dengan daya listrik DC ekuivalen pada suatu beban resistif yang sama. Pengertian tersebut juga berlaku pada arus RMS. 220 volt tegangan listrik rumah kita adalah tegangan RMS (tegangan efektif). Secara sederhana, 220 volt tersebut adalah 0,707 bagian dari tegangan maksimum sinusoidal AC. Berikut adalah rumus sederhana perhitungan tegangan RMS.

$$V_{RMS} = V_{MAX} / \sqrt{2}$$

Demikian pula dengan rumus perhitungan arus RMS:

$$I_{RMS} = I_{MAX} / \sqrt{2}$$

Dimana V_{max} dan I_{max} adalah nilai tegangan maupun arus listrik pada titik tertinggi di grafik gelombang sinusoidal listrik AC.



Gambar 2.13 Tegangan RMS pada Grafik Sinusoidal Tegangan Listrik AC

Pada kondisi beban resistif dimana tidak terjadi pergeseran grafik sinusoidal arus maupun tegangan, keseluruhan daya total akan tersalurkan ke beban listrik sebagai daya nyata. Dapat dikatakan jika beban listrik bersifat resistif, maka nilai daya semu (S) adalah sama dengan daya nyata (P). Lain halnya jika beban jaringan bersifat induktif ataupun kapasitif (beban reaktif), nilai dari daya nyata akan menjadi sebesar $\cos \phi$ dari daya total.

$$P = S \times \cos \phi$$

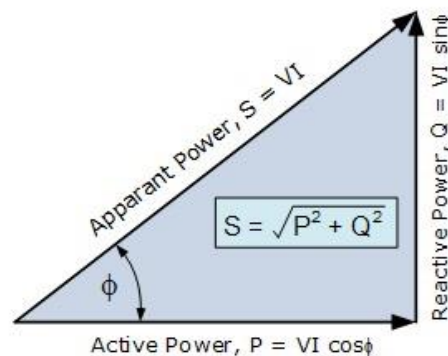
$$P = VRMS \times IRMS \times \cos \phi$$

ϕ adalah besar sudut pergeseran nilai arus maupun tegangan pada grafik sinusoidal listrik AC. ϕ bernilai positif jika grafik arus tertinggal tegangan (beban induktif), dan akan bernilai negatif jika arus mendahului tegangan (beban kapasitif). Pada kondisi beban reaktif, sebagian daya nyata juga terkonversi sebagai daya reaktif untuk mengkompensasi adanya beban reaktif tersebut. Nilai dari daya reaktif (Q) adalah sebesar $\sin \phi$ dari daya total.

$$Q = S \sin \phi$$

$$Q = VRMS IRMS \sin \phi$$

Hubungan antara daya nyata, daya reaktif dan daya semu dapat diilustrasikan ke dalam sebuah segitiga siku-siku dengan sisi miring sebagai daya semu, salah satu sisi siku sebagai daya nyata, dan sisi siku lainnya sebagai daya reaktif.



Gambar 2.14 Segitiga Daya

Sesuai dengan hubungan segitiga di atas maka hubungan antara daya nyata, daya reaktif dan daya semu dapat diekspresikan ke dalam sebuah persamaan pitagoras.

$$S = P^2 + Q^2$$

2.10.6 Fungsi satuan daya listrik¹²

Secara singkat, satuan daya listrik merupakan tingkat atau tolak ukur besaran energi yang sekiranya dibutuhkan dalam rangkaian listrik. Misalnya saja, besaran energi yang dibutuhkan oleh lampu untuk bisa menyala dalam waktu tertentu. Maka energi tersebut akan diubah oleh perangkat elektronik menjadi cahaya dan panas. Nah, kebutuhan konsumsi listrik dari satu lampu dengan lampu yang lainnya berbeda-beda. Semakin besar energi cahaya yang dihasilkan, maka semakin banyak pula konsumsi energi listrik yang diperlukan.

2.10.7 Macam-macam satuan daya listrik¹²

Satuan listrik merupakan satuan yang digunakan untuk nilai pembandingan. Jadi fungsinya adalah untuk mendefinisikan besar kecilnya perhitungan atau pengukuran nilai tegangan listrik pada sebuah rangkaian dalam satu periode.

Ada berbagai macam satuan tegangan listrik, berikut akan kami ulas beberapa jenis dan macamnya:

- **Joule (J)**

Satuan untuk daya listrik yang pertama adalah Joule. Satuan Joule dilambangkan dengan satuan Nm (Newton meter). Artinya energi 1 N yang dikeluarkan dalam jarak 1 meter maka akan menghasilkan energi sebanyak 1 Joule.

- **Ampere (A)**

Ampere merupakan satuan daya listrik yang difungsikan sebagai nilai dari besaran kuat arus yang terhantar dalam satu detiknya. Pada sebuah alat elektronik, pada umumnya membutuhkan kuat arus sebesar 500 mA sampai dengan 5 A. Bisa dikatakan, besar daya yang dibutuhkan ini berbanding lurus dengan kuat arus aliran energinya. Jadi, semakin besar daya listriknya tentu saja akan semakin besar kuat arus yang dibutuhkan oleh rangkaian tersebut.

¹²Badi.2022. Daya Listrik : Pengertian, Jenis, Rumus, Konversi dan Perhitungan
<https://thecityfoundry.com/daya-listrik/> (Diakses pada tanggal 28 Juli 2022)

- **Ohm (Ω)**

Ohm ini merupakan satuan daya listrik yang secara fungsi digunakan untuk mengukur besaran hambatan. Seperti yang kita ketahui, pada umumnya setiap perangkat elektronik memiliki hambatan. Jika perangkat elektronik menghasilkan hambatan yang besar, artinya arus listrik yang dibutuhkan juga harus seimbang besarnya.

Hambatan listrik yang terdapat pada peralatan elektronik berbeda-beda. Nilainya berkisar antara 1Ω sampai dengan 500Ω . Hambatan yang terdapat pada sebuah penghantar dipengaruhi oleh beberapa faktor. Diantaranya yaitu di pengaruhi oleh suhu. Dimana bagaimana keadaan suhu pada saat tersebut sangat berpengaruh pada hambatan. Kondisi tersebut akan bisa membuat besarnya hambatan yang terdapat pada sebuah peralatan elektronik berubah.

- **Volt (V)**

Satuan yang digunakan untuk menyatakan besarnya tegangan listrik disebut sebagai satuan Volt. Satuan Volt ini sendiri diklasifikasikan menjadi empat tingkatan atau level. Setiap tingkatan dipisah berdasarkan ukuran dan juga perbedaan potensialnya. Berikut ini empat tingkatan satuan Volt yang perlu Anda ketahui:

- Ekstra Low Voltage (tegangan listrik ekstra rendah).
- Low Voltage (tegangan listrik rendah).
- High Voltage (tegangan listrik tinggi).
- Ekstra High Voltage (tegangan listrik ekstra tinggi).

- **Watt (W)**

Satuan daya listrik yang satu ini rasanya jauh lebih familiar, bukan? satuan Watt ini umumnya umumnya bisa kita temui pada label stiker di beragam peralatan elektronik rumahan. Fungsinya yakni untuk menyatakan tingkat besaran daya listrik yang dibutuhkan untuk mengoperasikan sebuah alat.

Setiap alat listrik tentunya mempunyai kebutuhan yang beragam. Ini tergantung pada fungsi dari alat itu sendiri. Semakin canggih dan seperti fungsinya, biasanya kapasitas daya yang dibutuhkan juga semakin besar. Kebutuhan daya untuk peralatan listrik rumahan umumnya berkisar antara 15 sama dengan 500 watt.

Satuan Watt dibedakan menjadi beberapa tingkatan, yaitu watt hour dan juga kilo watt hour. Watt hour (Wh) merupakan jumlah pemakaian daya watt dalam 1 jam. Sedangkan kilo watt hour (kWh) adalah nilai satuan yang nilainya setara dengan 1000 Wh.

- **Volt Ampere (VA)**

Volt Ampere merupakan nilai dari satuan yang berasal dari hasil kali antara tegangan dengan arus listrik. Tidak hanya terdapat Volt Ampere (VA), ada juga kilo watt ampere (KVA). Yang mana untuk 1 KVA nilainya adalah setara dengan 1000 VA.

- **Hertz (Hz)**

Hertz sering disebut juga sebagai frekuensi. Lebih tepatnya frekuensi untuk satuan daya listrik dapat dinyatakan dengan Hz. Satuan ini mengacu pada kemunculan sebuah kejadian yang terjadi secara berulang pada periode waktu tertentu. Jadi, bisa dibayangkan hertz ini adalah periode gelombang yang dihitung berdasarkan jumlah siklus perdetik. Kontribusinya biasanya digunakan untuk mengukur gelombang elektromagnetik

2.10.8 Konversi satuan daya listrik¹²

Masing-masing satuan tersebut memiliki fungsi dan penempatannya tersendiri. Namun, meskipun demikian hubungan dari masing-masing satuan tersebut juga dapat dikonversikan.

¹²Badi.2022. Daya Listrik : Pengertian, Jenis, Rumus, Konversi dan Perhitungan
<https://thecityfoundry.com/daya-listrik/> (Diakses pada tanggal 28 Juli 2022)

Untuk mengetahui hubungan antara watt, Ampere, volt dan berbagai satuan daya listrik PLN lainnya, Anda dapat memahami prinsip kerja dari masing-masing satuan tersebut. Diantaranya adalah berikut ini:

- Dengan nilai tegangan (Volt) yang tetap, ketika nilai hambatan (resistansi) semakin besar, maka daya listrik (watt) juga akan semakin mengecil. Kemudian arus listrik (Ampere) yang dibutuhkan juga akan semakin mengecil.
- Ketika menggunakan tegangan (volt) yang tetap. Kemudian nilai resistansi (ohm) yang dihasilkan mengecil, maka daya listrik (watt) dan arus listrik (ohm) yang dibutuhkan juga akan semakin besar.
- Dengan beban daya listrik (watt) yang sama. Ketika tegangan (volt) listrik yang dibutuhkan semakin besar. Maka aliran arus listrik (ampere) yang dihasilkan pun akan semakin kecil.
- Dengan beban listrik (Watt) yang sama, jika tegangan listrik (volt) yang dibutuhkan mengecil. Maka aliran arus listrik (Ampere) yang dihasilkan akan semakin membesar.

2.11 Arus¹³

Arus listrik juga merupakan aliran elektron dari atom ke atom yang terjadi pada sebuah penghantar dengan kecepatan dalam waktu tertentu. Timbulnya arus listrik dikarenakan adanya beda potensial pada kedua ujung penghantar yang terjadi karena mendapatkan suatu tenaga untuk mendorong elektron-elektron tersebut berpindah-pindah tempat.

Gerakan aliran elektron ini akan menuju tempat yang lebih lemah tekanannya. Besar kecilnya arus listrik yang terjadi bergantung pada pembangkit listrik yang mengeluarkan tenaga tersebut.

Tenaga dorong listrik dibutuhkan agar kita bisa memanfaatkan energi listrik, namun tenaga ini haruslah mencukupi dan sesuai jumlahnya. Berdasarkan hal tersebut, arus listrik harus dapat dialirkan dan diputuskan dengan kecepatan yang stabil.

Kecepatan perpindahan arus listrik disebut dengan *laju arus* yang dapat ditulis dengan I dengan satuan *Ampere*. Arus listrik tersebut terjadi jika muatan listrik tersebut mengalir setiap detik, sehingga terdapat persamaan muatan listrik, arus listrik, dan waktu, dengan rumus sebagai berikut.

$$I = Q/t \text{ atau } Q = I \times t$$

Dimana,

I = Kuat arus listrik (A)

Q = Banyaknya muatan Listrik (Coulomb)

T = waktu (s)

Aliran arus listrik dari sumber arus listrik dibedakan menjadi dua macam, yakni arus searah dan arus bolak-balik.

1. Arus searah (*direct current*)

Arus searah merupakan arus listrik yang nilainya tidak berubah yaitu positif atau hanya negatif saja, dan mempunyai nilai tetap atau konstan terhadap satuan waktu.

Sumber arus searah diperoleh dari elemen-elemen yang memberikan energi listrik yang mengalir secara merata setiap saat, seperti elemen volta, baterai, dan akumulator (*Dasar Teknik Elektro*, H. Ponto: 2018).

2. Arus bolak-balik (*alternating current*)

Arus bolak-balik merupakan arus listrik yang memiliki arah arus yang berubah-ubah dengan bolak-balik.

Sifat arus listrik bolak-balik berbentuk gelombang sinusoida sehingga memungkinkan pengaliran energi secara efisien. Umumnya arus AC ini adalah arus yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti alat-alat elektronik yang dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia. Arus listrik bolak-balik dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik yang bernama generator pada pembangkit listrik.(Adelliarosa).