

Komparasi Konsumsi Energi Listrik Pada Motor Listrik Di HAR Unit 4 PT. Indonesia Power Suralaya

Alfi Manarulhuda Hanafiah

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email: alfimanarul@gmail.com

Irwanto Irwanto

Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email: irwanto.ir@untirta.ac.id

Abstract. *Along with the increasing population which is directly proportional to the increasing demand for electricity, energy comparisons are needed. Comparison of electrical energy is one of the energy conservation efforts that can be done. In this way, one of the positive impacts of saving electricity is reducing the cost of energy use. Energy conservation can be carried out thoroughly or only at certain electrical loads. The electricity load that is most widely used and requires the most energy consumption in the industrial sector is electric machines because most of the energy consumption in the industrial sector is used to supply electric motors.*

Keywords: *electric motor, electric energy, energy consumption*

Abstrak. Seiring dengan bertambahnya populasi penduduk yang berbanding lurus dengan bertambahnya kebutuhan listrik, maka komparasi energi sangat diperlukan. Perbandingan energi listrik merupakan salah satu upaya konservasi energi yang dapat dilakukan. Dengan cara seperti ini salah satu dampak positif dari penghematan energi listrik ini adalah pengurangan biaya dari penggunaan energi. Konservasi energi dapat dilakukan secara menyeluruh atau hanya pada beban listrik tertentu. Beban listrik yang paling banyak digunakan dan paling banyak membutuhkan konsumsi energi pada sektor industri adalah mesin listrik karena sebagian besar konsumsi energi pada sektor industri digunakan untuk menyuplai motor listrik.

Kata kunci: Motor Listrik, Energi Listrik, Konsumsi Energi

LATAR BELAKANG

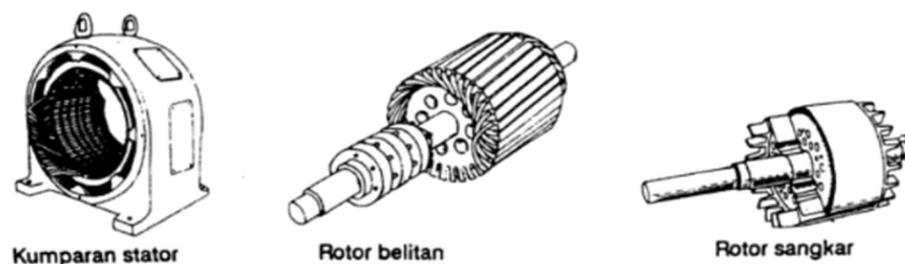
PT. Indonesia Power merupakan pembangkit listrik terbesar yang ada di Indonesia. Indonesia Power merupakan anak perusahaan dari PLN (Perusahaan Listrik Negara) yang menjalankan tugas pada bidang pembangkit tenaga listrik. Negara Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki wilayah yang luas, sehingga tingkat kebutuhan listrik pada setiap wilayahnya sangat tinggi. Oleh karena itu, Indonesia mempunyai pembangkit listrik seperti PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) yang merupakan pembangkit listrik yang paling banyak digunakan di Indonesia. Hal ini

disebabkan pada jenis pembangkit listrik tersebut memiliki berbagai macam kelebihan yaitu dapat dioperasikan dengan berbagai jenis bahan bakar, dapat dibangun dengan kapasitas yang bervariasi, dapat dioperasikan dengan berbagai pembebanan, dan usia pakainya relatif tahan lama.

KAJIAN TEORITIS

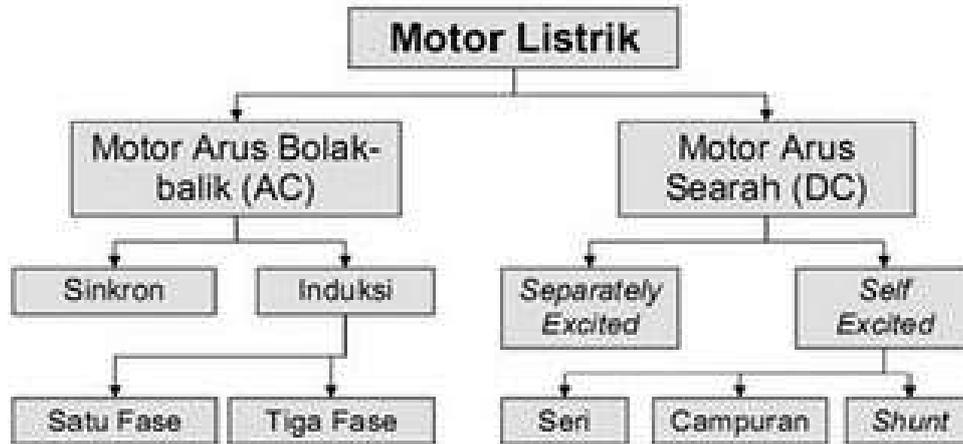
Motor listrik adalah mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak mekanik, energi tersebut berupa putaran dari motor. Motor listrik dapat ditemui pada alat elektronika seperti kipas angin, pompa air, mesin cuci, mixer, penyedot debu dan lainnya. Motor induksi merupakan motor arus bolak balik yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara kecepatan rotasi rotor dan kecepatan rotasi medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.

Kumparan Stator dihubungkan dengan suatu sumber tegangan tiga Fasa akan menghasilkan Medan magnet yang berotasi dengan kecepatan rotasi sinkron ($n_s = 120f/2p$). Medan magnet putar pada Stator tersebut akan memotong penghantar penghantar pada rotor, sehingga terinduksi arus dan sesuai dengan hukum lenz Rotor pun akan turut berputar mengikuti Medan magnet putar Stator. Perbedaan kecepatan Rotasi relatif antara Stator dan rotor disebut slip. bertambahnya beban akan memperbesar Torsi beban motor, sehingga memperbesar arus induksi pada rotor, dan sleep antara Medan magnet putar Stator dan putaran rotor juga akan bertambah besar. Jadi, bila beban motor bertambah, Putra Doktor cenderung menurun. Dikenal dua tipe motor induksi (Gambar 1) yaitu motor induksi dengan rotor Kumparan dan motor induksi dengan rotor Sangkar.



Gambar 1. Tipe Motor Induksi

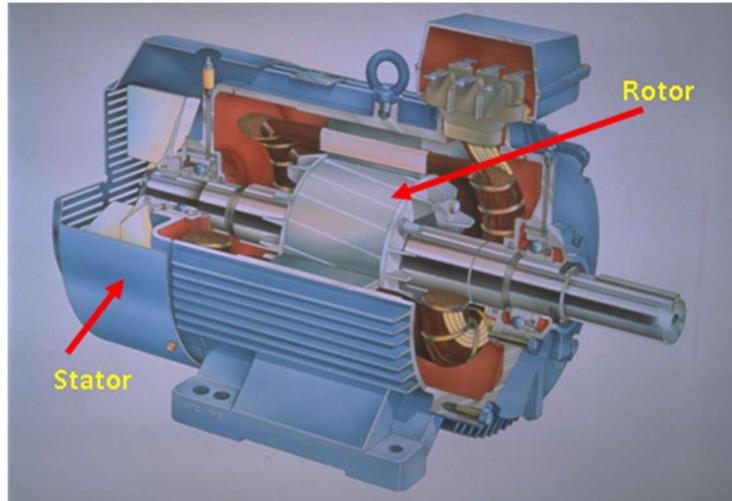
Pada dasarnya motor listrik terbagi menjadi 2 macam yaitu motor listrik DC dan motor listrik AC. Dari 2 macam tersebut digolongkan menjadi beberapa klasifikasi lagi sesuai dengan karakteristiknya.



Gambar 2. Jenis Motor Listrik

Motor listrik AC adalah sebuah motor yang mengubah arus listrik menjadi gerak maupun mekanik dari pada rotor yang didalamnya. Motor listrik AC tidak terpengaruh kutub positif maupun negatif, dan bersumber tenaga listrik. Motor ini berkerja dengan memanfaatkan perbedaan fasa sumber untuk menimbulkan gaya putar pada rotornya. Motor listrik AC menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Berdasarkan sumber dayanya, motor listrik AC dibedakan menjadi 2, yaitu motor sinkron dan motor listrik induksi.

Motor sinkron adalah motor AC bekerja pada kecepatan tetap pada sistim frekwensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) untuk pembangkitan daya dan memiliki torque awal yang rendah, dan oleh karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekwensi dan generator motor. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistim, sehingga sering digunakan pada sistim yang menggunakan banyak listrik. Motor sinkron menurut penggunaannya dapat didefinisikan sebagai motor yang mendapat masukan dari tenaga listrik untuk menghasilkan putaran atau memperbaiki faktor daya. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistem, sehingga sering digunakan pada sistem yang menggunakan banyak listrik.



Gambar 3. Bentuk Motor Sinkron

Rangka Stator (Housing), terbuat dari besi tuang. Rangka motor merupakan rumah dari bagian-bagian motor yang lain. Stator, bagian yang diam, terdiri dari belitan-belitan stator. Pada saat belitan stator tersebut diberi aliran listrik maka akan menghasilkan fluks magnet stator (medan putar). Rotor, bagian yang berputar, terdiri dari belitanbelitan penguat. Inti magnet dan slip ring ini berfungsi untuk memasukan listrik DC pada belitan penguat sehingga timbul kutub magnet pada rotor. Prinsip Kerja motor sinkron mempunyai kumparan jangkar pada stator dan kumparan medan pada rotor. Kumparan jangkarnya terbentuk sama dengan motor induksi, sedangkan kumparan medan rotor sinkron berbentuk kutub sepatu (salient pole) atau kutub dengan celah udara sama rata (rotor silinder). Arus searah (DC) untuk menghasilkan fluks pada kumparan medan dialirkan ke rotor melalui cincin dan sikat. Apabila jangkar dihubungkan dengan sumber tegangan tiga fasa, maka akan menimbulkan medan putar pada stator. Kutub medan rotor yang diberi penguat arus searah mendapat tarikan dari kutub medan stator hingga turut berputar dengan kecepatan yang sama atau sinkron.

Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi tiga fasa dan motor induksi satu fasa. Motor induksi tiga fasa dioperasikan pada sistem tenaga tiga fasa dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas daya yang besar. motor induksi satu fasa dioperasikan pada sistem tenaga satu fasa dan banyak digunakan terutama untuk peralatan rumah tangga seperti kipas angin,

lemari es, pompa air, mesin cuci dan sebagainya karena motor induksi satu fasa mempunyai daya keluaran yang rendah.

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Bila kumparan stator motor induksi 3-fasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3-fasa, maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul emf (ggl) atau tegangan induksi. Karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor. Penghantar (kumparan) rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya fluks yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya Lorentz yang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan arah pergerakan medan induksi stator.

Motor listrik satu fasa Motor ini hanya memiliki satu gulungan stator, beroperasi dengan pasokan daya satu fasa, memiliki sebuah rotor kandang tupai, dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini motor ini merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti fan angin, mesin cuci dan pengering pakaian, dan untuk penggunaan hingga 3 sampai 4 Hp. Motor listrik tiga fasa motor induksi tiga fasa Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fasa yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi, dapat memiliki kandang tupai atau gulungan rotor (walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai); dan penyalaan sendiri. Diperkirakan bahwa sekitar 70% motor di industri menggunakan jenis ini, sebagai contoh, pompa, kompresor, belt konveyor, jaringan listrik, dan grinder. Tersedia dalam ukuran 1/3 hingga ratusan Hp.

Motor arus searah (DC) adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/directunidirectional. Dalam motor dc terdapat dua kumparan yaitu kumparan medan yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnet dan kumparan jangkar yang berfungsi sebagai tempat terbentuknya gaya gerak listrik. Jika arus dalam kumparan jangkar berinteraksi dengan medan magnet, akan timbul torsi (T) yang akan memutar motor.

Pada motor DC kumparan medan disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tagangan \mathcal{E} (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan angkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub- kutub magnet permanen.

Catu tegangan dc dari baterai menuju ke lilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar di atas disebut angker dinamo. Angker dinamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet. Jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar konduktor. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor. Aturan Genggaman Tangan Kanan bisa dipakai untuk menentukan arah garis fluks di sekitar konduktor. Genggam konduktor dengan tangan kanan dengan jempol mengarah pada arah aliran arus, maka jari-jari anda akan menunjukkan arah garis fluks. Medan magnet hanya terjadi di sekitar sebuah konduktor jika ada arus mengalir pada konduktor tersebut. Pada motor listrik konduktor berbentuk U disebut angker dinamo. Jika konduktor berbentuk U (angker dinamo) diletakkan di antara kutub utara dan selatan yang kuat medan magnet konduktor akan berinteraksi dengan medan magnet kutub.

Lingkar bertanda A dan B merupakan ujung konduktor yang dilengkungkan (*looped conductor*). Arus mengalir masuk melalui ujung A dan keluar melalui ujung B. Medan konduktor A yang searah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di bawah konduktor. Konduktor akan berusaha bergerak ke atas untuk keluar dari medan kuat ini. Medan konduktor B yang berlawanan arah jarum

jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di atas konduktor. Konduktor akan berusaha untuk bergerak turun agar keluar dari medan yang kuat tersebut. Gaya-gaya tersebut akan membuat angker dinamo berputar searah jarum jam. Dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam magnet menghasilkan tegangan (GGL). Energi adalah sesuatu yang dibutuhkan oleh benda agar benda dapat melakukan usaha. Dalam kenyataannya setiap dilakukan usaha selalu ada perubahan. Sehingga usaha juga didefinisikan sebagai kemampuan untuk menyebabkan perubahan.

Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak diciptakan dan tidak dapat pula dimusnahkan. Energi listrik hanya dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk yang lain. Demikian pula energi listrik yang merupakan hasil perubahan energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik. Adapun kegunaan energy listrik dalam kehidupan sehari-hari merupakan suatu penerangan, pemanas, motor-motor listrik dan lain lain. Energi yang digunakan alat listrik merupakan laju penggunaan daya (energi) dikalikan waktu selama alat tersebut digunakan. Jika daya diukur dalam kurungan watt jam, maka:

$$W = P \times t \dots\dots\dots(1)$$

Apabila:

- P = daya dalam watt
- t = waktu dalam jam
- W = energi dalam watt jam

Sistem tenaga listrik merupakan sistem yang kompleks yang terdiri dari pusat pembangkit, saluran transmisi dan jaringan distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan daya dari pusat pembangkit ke pusat pusat beban. Energi listrik dibangkitkan oleh pembangkit tenaga listrik, disalurkan melalui saluran transmisi dan kemudian didistribusikan ke beban. Sistem tenaga listrik sering pula hanya disebut dengan sistem tenaga, bahkan kadangkala cukup hanya dengan sistem.

Tujuan operasi system tenaga listrik maka ada tiga hal yang diperhatikan yaitu ekonomi, kenadalan, dan kualitas. Ekonomi berarti listrik harus dioperasikan secara ekonomis, walaupun dengan ekonomis tetapi tetap memperhatikan kualitas dan keandalannya. Keandalannya merupakan tingkat kemanan dari sistem terhadap kemungkinan terjadinya gangguan. Sedapat mungkin gangguan di pembangkit maupun transmisi adapat diatasi tanpa mengakibatkan pemadam di sisi konsumis. Kualitas tenaga

listrik yang diukur dengan kualitas tegangan dan frekuensi yang dijaga sedemikian rupa sehingga tetap pada kisaran yang ditetapkan.

Daya merupakan sebagai energi yang dikeluarkan untuk melakukan usaha. Dalam sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk melakukan kerja atau usaha, seperti panas, cahaya, mekanik, suara. Daya listrik biasanya watt menjadi dalam satuannya. Daya semu adalah daya yang digerakan oleh generator pada sistem pembangkit tenaga listrik. Daya semu juga dismbolkan S dan memiliki satuan volt ampere (VA). Daya semu terdiri dari daya aktif dan daya reaktif. Daya aktif adalah daya yang digunakan oleh suatu konsumen. Daya aktif biasanya satuannya menjadi dalam watt. Daya reaktif merupakan daya yang sebenarnya digunakan untuk menghasilkan medan magnet. Daya aktif diberi simbol Q, tetapi satuan daya reaktif adalah volt ampere reactive (VAR). Segitiga yang menggambar hubungan matematis antara tipe-tipe daya yang berbeda (daya semu, aktif, dan reaktif) berdasarkan prinsip trigonometri adalah segitiga daya.

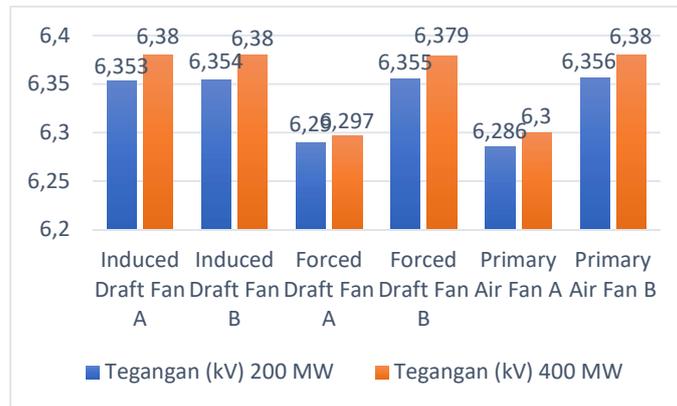
METODE PENELITIAN

Penelitian kali ini menggunakan penelitian dengan observasi lapangan. Studi literatur yang digunakan adalah dengan cara mengumpulkan referensi yang telah dilakukan oleh beberapa penelitian dan menarik kesimpulan untuk membuat judul dan penelitiannya. Selain itu melakukan observasi lapangan yang dilakukan secara langsung di perusahaan PT.Indonesia Power Suralaya PGU.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemakaian energi listrik yang tinggi tidak seiring dengan peningkatan penyediaan energi listrik, sementara pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) sendiri membutuhkan energi listrik untuk menjalankan alat-alat yang ada di pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) untuk menghasilkan energi listrik. Perkiraan pemakaian energi listrik yang bertujuan untuk mengetahui gambaran pemakaian energi listrik dengan menanalisa dan mengkomparasikan pemakaian energi listrik pada alat-alat di pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) salah satunya motor listrik yang terdapat pada alat-alat tersebut. Tegangan listrik merupakan ukuran beda potensial antara dua titik dalam rangkaian kelistrikan, dapat diartikan juga sebagai jumlah energi yang diperlukan untuk memindahkan muatan listrik dari satu lokasi ke lokasi lain. Satuan dari tegangan adalah Volt atau Voltage yang dilambangkan dengan huruf "V". Volt adalah standar satuan

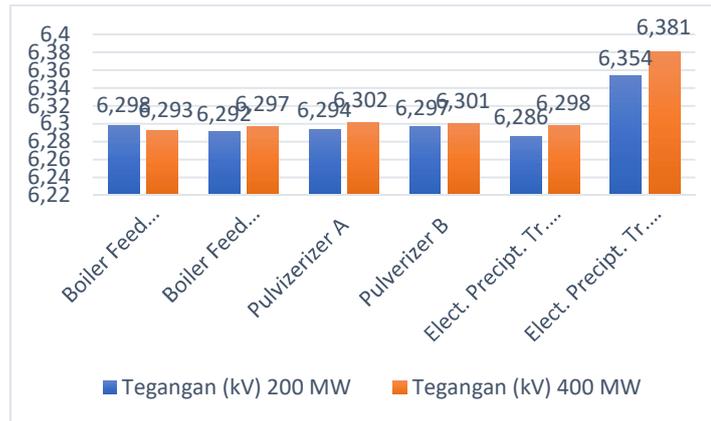
listrik yang digunakan untuk menilai tegangan dalam rangkain listrik. Tegangan dibangkitkan dari pembangkit listrik yang dibedakan menjadi tegangan sangat rendah, rendah, menengah, tinggi, ekstra tinggi, dan ultra tinggi. Informasi mengenai nilai tegangan diperlukan agar komponen yang digunakan sesuai dengan spesifikasi jaringan listrik. Alat yang digunakan untuk mengukur tegangan adalah voltmeter atau multimeter.



Gambar 4. Perbandingan Tegangan 1

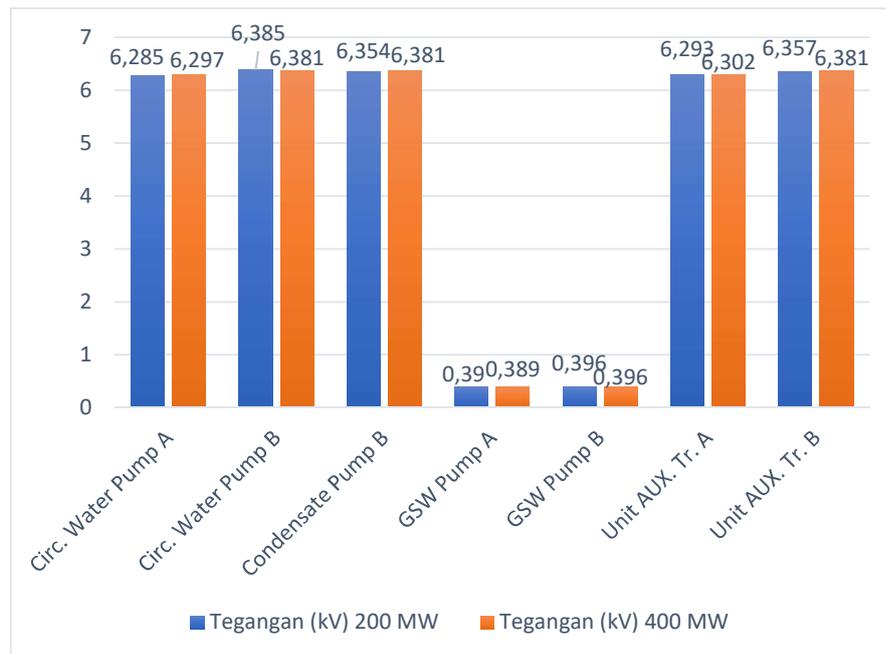
Pada gambar 4 merupakan grafik antara perbandingan tegangan beban 200 MW dengan 400 MW pada peralatan *Induced Draft Fan A*, *Induced Draft Fan B*, *Forced Draft A*, *Forced Draft Fan B*, *Primary Air Fan A*, dan *Primary Air Fan B*. *Induced Draft Fan A* memiliki perbandingan tegangan pada 200 MW adalah 6.353 kV sedangkan untuk beban 400 MW adalah 6.38 kV. Untuk *Induced Draft Fan B* terdapat 6.354 kV pada beban 200 MW dan untuk beban 400 MW adalah 6.38 kV. Pada *Forced Draft Fan A* 200 MW 6.29 kV dan untuk 400 MW 6.297 kV. Sedangkan untuk *Forced Draft Fan B* terdapat 6.355 kV pada beban 200 MW, untuk 400 MW terdapat 6.379 kV. Untuk *Primary Air A* dan *Primary Air Fan B* memiliki perbandingan antara bebannya, untuk beban 200 MW masing masing tegangan yang dihasilkan adalah 6.286 kV dan 6.356 kV, sedangkan untuk beban 400 MW *Primary Air Fan A* menghasilkan tegangan 6.3 kV dan untuk *Primary Air Fan B* menghasilkan tegangan 6.38 kV.

Komparasi Konsumsi Energi Listrik Pada Motor Listrik Di HAR Unit 4 PT. Indonesia Power Suralaya



Gambar 5. Perbandingan Tegangan 2

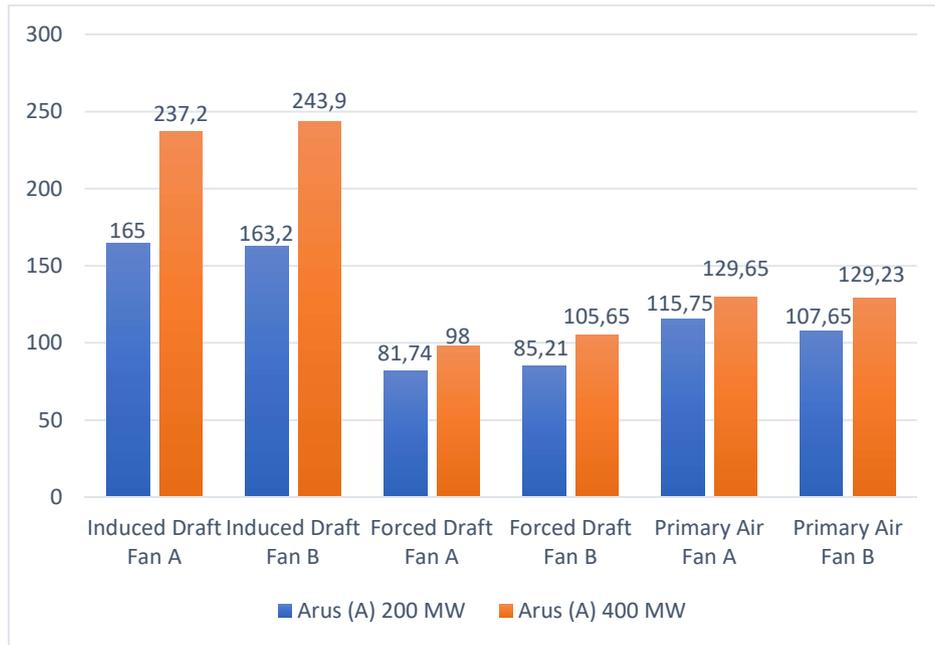
Terlihat pada grafik perbandingan tegangan antara beban 200 MW dan 400 MW pada beberapa peralatan seperti Boiler Feed Pump A, Boiler Feed Pumo B, Pulverizer A, Pulverizer B, Electrical Precipt. Tranformator A, dan Electrical Precipt. Transformator B. pada Boiler Feed Pump A dan Boiler Feed Pump B diatas menggambarkan bahwa perbandingannya antara 200 MW dan 400 MW, jika beban 200 MW masing-masing peralatan menghasilkan tegangan 6.298 kV dan 6.292 kV, dan untuk beban 400 MW terlihat angka hasil dari tegangan tersebut yaitu masing masing 6.293 kV dan 6.297 kV. Untuk alat Pulverizer A dan Pulverizer B terdapat perbandingannya yaitu untuk 200 MW adalah masing-masing 6.294 kV dan 6.297 kV, jika beban yang digunakan 400 MW maka tegangannya adalah masing-masing 6.302 kV dan 6.301 kV. Dan untuk perbandingan beban 200 MW dan 400 MW pada peralatan Electrical Precipt. Tranformator A dan Electrical Precipt. Transformator B, terlihat pada beban 200 MW dihasilkan tegangan masing-masing 6.354 kV dan 6.381 kV, dan untuk beban 400 MW memiliki tegangan 6.298 kV dan 6.381 kV.



Gambar 6. Perbandingan Tegangan 3

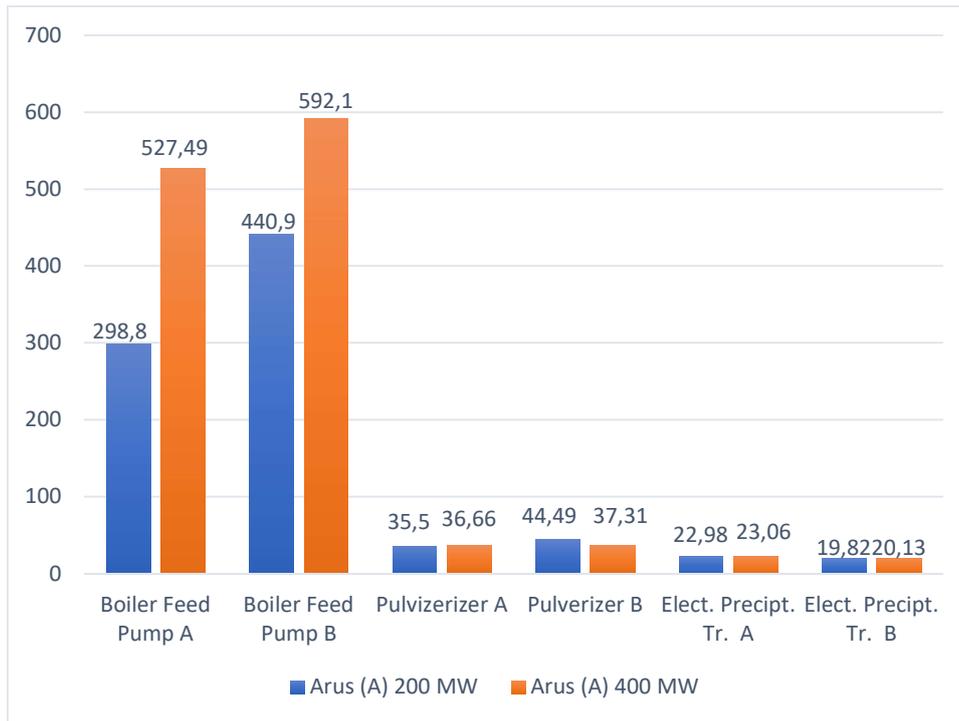
Pada grafik perbandingan tegangan ini dapat diketahui bahwa memiliki perbedaan terhadap hasil tegangan pada peralatan Circle Water Pump A, Circle Water Pump B, Condensate Pump B, GSW Pump A, GSW Pump B, Unit AUX. Transformator A, Unit AUX Transformator B. Pada beban 200 MW pada setiap peralatan menghasilkan tegangan masing-masing 6.285 kV, 6.385 kV, 6.354 kV, 0.39 kV, 0.396 kV, 6.293 kV, dan 6.357 kV. Pada beban 400 MW setiap peralatan menghasilkan tegangan masing masing tegangan tersebut adalah 6.297 kV, 6.381 kV, 6.354 kV, 0.389 kV, 0.396 kV, 6.302 kV, 6.381 kV.

Arus listrik merupakan kecepatan aliran muatan listrik yang melalui suatu penghantar dalam waktu tertentu. Arus listrik dinyatakan dalam satuan Ampere yang dilambangkan dengan huruf "A". Ampere adalah satuan listrik yang digunakan untuk menunjukkan arus yang mengalir dalam rangkaian listrik. Nilai ampere diketahui dengan alat amperemeter, multimeter, atau tang ampere.



Gambar 7. Perbandingan Arus 1

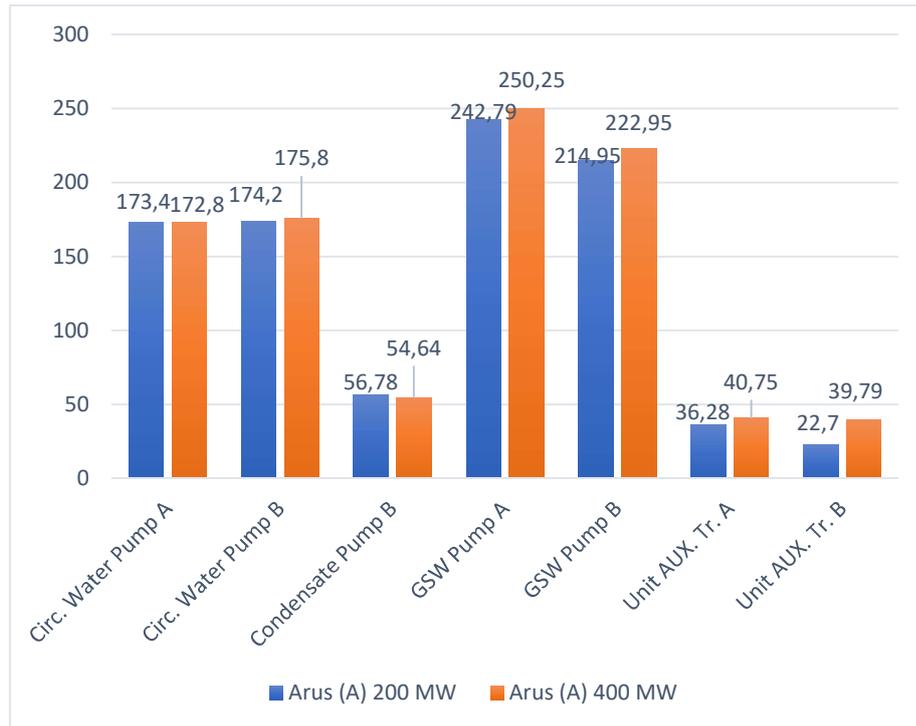
Pada gambar 7 merupakan grafik antara perbandingan arus beban 200 MW dengan 400 MW pada peralatan *Induced Draft Fan A*, *Induced Draft Fan B*, *Forced Draft A*, *Forced Draft Fan B*, *Primary Air Fan A*, dan *Primary Air Fan B*. *Induced Draft Fan A* memiliki perbandingan arus pada 200 MW adalah 165 A sedangkan untuk beban 400 MW adalah 237.2 A. Untuk *Induced Draft Fan B* terdapat 163.2 A pada beban 200 MW dan untuk beban 400 MW adalah 243.9 A. Pada *Forced Draft Fan A* 200 MW 81.74 A dan untuk 400 MW yaitu 98 A. Sedangkan untuk *Forced Draft Fan B* terdapat 85.21 A pada beban 200 MW, untuk 400 MW terdapat 105.65 A. Untuk *Primary Air A* dan *Primary Air Fan B* memiliki perbandingan antara bebannya, untuk beban 200 MW masing masing arus yang dihasilkan adalah 115.75 A dan 107.65 A, sedangkan untuk beban 400 MW *Primary Air Fan A* menghasilkan tegangan 129.65 A dan untuk *Primary Air Fan B* menghasilkan arus 129.23 A.



Gambar 8. Perbandingan Arus 2

Terlihat pada grafik perbandingan arus antara beban 200 MW dan 400 MW pada beberapa peralatan seperti Boiler Feed Pump A, Boiler Feed Pumo B, Pulverizer A, Pulverizer B, Electrical Precipt. Tranformator A, dan Electrical Precipt. Transformator B. pada Boiler Feed Pump A dan Boiler Feed Pump B diatas menggambarkan bahwa perbandingannya antara 200 MW dan 400 MW, jika beban 200 MW masing-masing peralatan menghasilkan arus 298.8 A dan 440.9 A, dan untuk beban 400 MW terlihat angka hasil dari arus tersebut yaitu masing masing 527.49 A dan 592.1 A. Untuk alat Pulverizer A dan Pulverizer B terdapat perbandingannya yaitu untuk 200 MW adalah masing-masing 35.5 A dan 44.49 A, jika beban yang digunakan 400 MW maka arusnya adalah masing-masing 36.66 dan 37.31 A. Dan untuk perbandingan beban 200 MW dan 400 MW pada peralatan Electrical Precipt. Tranformator A dan Electrical Precipt. Transformator B, terlihat pada beban 200 MW dihasilkan daya masing-masing 22.98 A dan 19.82 A, dan untuk beban 400 MW masing masing alat memiliki arus 23.06 A dan 19.82 A.

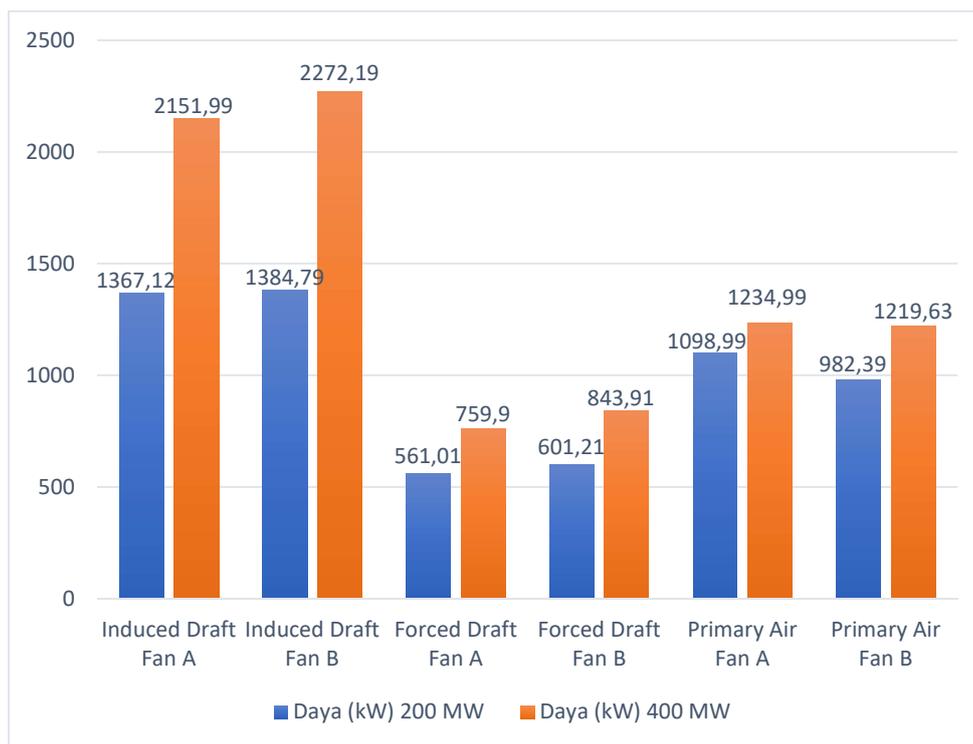
*Komparasi Konsumsi Energi Listrik Pada Motor Listrik
Di HAR Unit 4 PT. Indonesia Power Suralaya*



Gambar 9. Perbandingan Arus 3

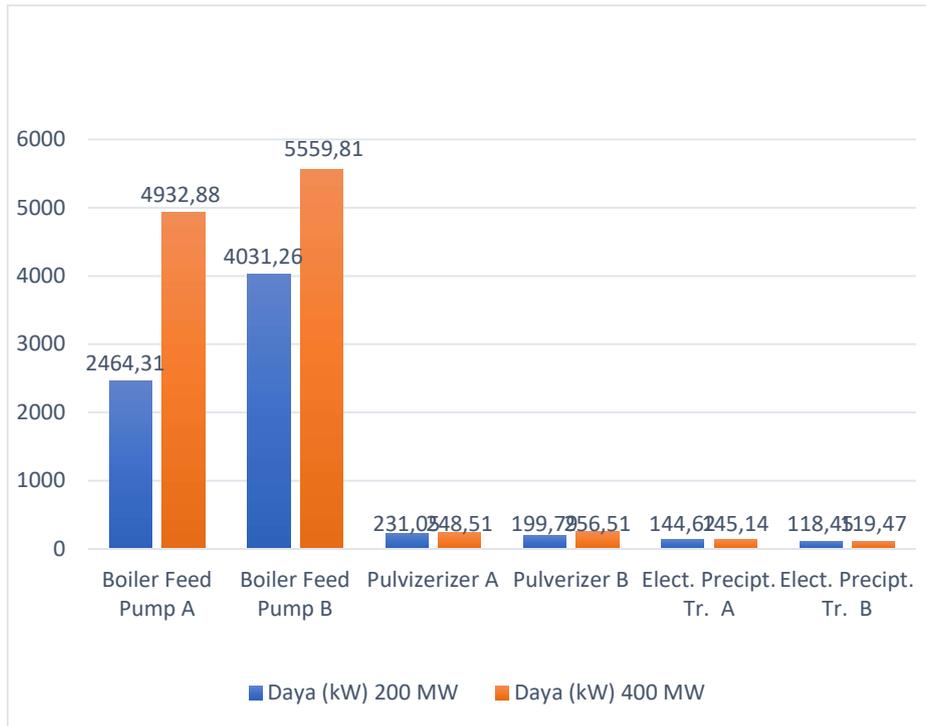
Pada grafik perbandingan tegangan ini dapat diketahui bahwa memiliki perbedaan terhadap hasil tegangan pada peralatan Circle Water Pump A, Circle Water Pump B, Condensate Pump B, GSW Pump A, GSW Pump B, Unit AUX. Transformator A, Unit AUX Transformator B. Pada beban 200 MW pada setiap peralatan menghasilkan tegangan masing-masing 173.4 A, 174.2 A, 56.78 A, 242.75 A, 214.95 A, 36.29 A dan 22.73 A. Pada beban 400 MW setiap peralatan menghasilkan tegangan masing masing tegangan tersebut adalah 172.8 A, 175.8 A, 54.64 A, 250.25 A, 222.95 A, 40.75 A, dan 39.79 A.

Daya listrik adalah tingkat konsumsi energi suatu rangkaian listrik atau perangkat elektronik. Daya listrik dinyatakan dalam satuan Watt yang dilambangkan dengan huruf “W”. Watt adalah satuan listrik yang digunakan untuk menunjukkan nilai daya/kekuatan/kapasitas suatu perangkat listrik.



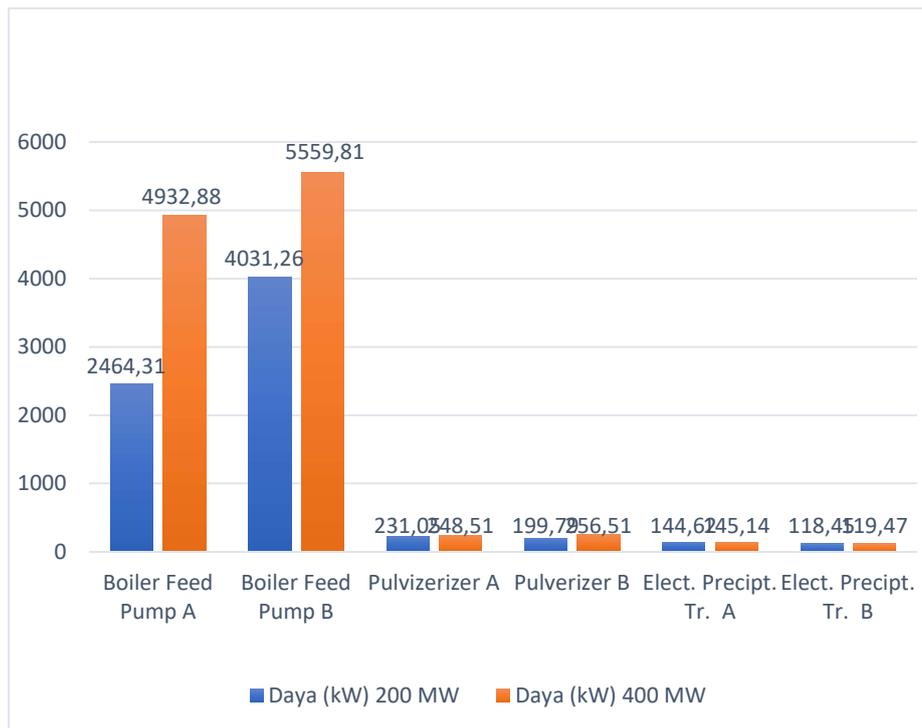
Gambar 10. Perbandingan Daya 1

Pada gambar 10 merupakan grafik antara perbandingan daya beban 200 MW dengan 400 MW pada peralatan *Induced Draft Fan A*, *Induced Draft Fan B*, *Forced Draft A*, *Forced Draft Fan B*, *Primary Air Fan A*, dan *Primary Air Fan B*. *Induced Draft Fan A* memiliki perbandingan daya pada 200 MW adalah 165 A sedangkan untuk beban 400 MW adalah 237.2 A. Untuk *Induced Draft Fan B* terdapat 163.2 A pada beban 200 MW dan untuk beban 400 MW adalah 243.9 A. Pada *Forced Draft Fan A* 200 MW 81.74 A dan untuk 400 MW yaitu 98 A. Sedangkan untuk *Forced Draft Fan B* terdapat 85.21 A pada beban 200 MW, untuk 400 MW terdapat 105.65 A. Untuk *Primary Air A* dan *Primary Air Fan B* memiliki perbandingan antara bebannya, untuk beban 200 MW masing masing daya yang dihasilkan adalah 115.75 A dan 107.65 A, sedangkan untuk beban 400 MW *Primary Air Fan A* menghasilkan tegangan 129.65 A dan untuk *Primary Air Fan B* menghasilkan daya 129.23 A.



Gambar 11. Perbandingan Daya 2

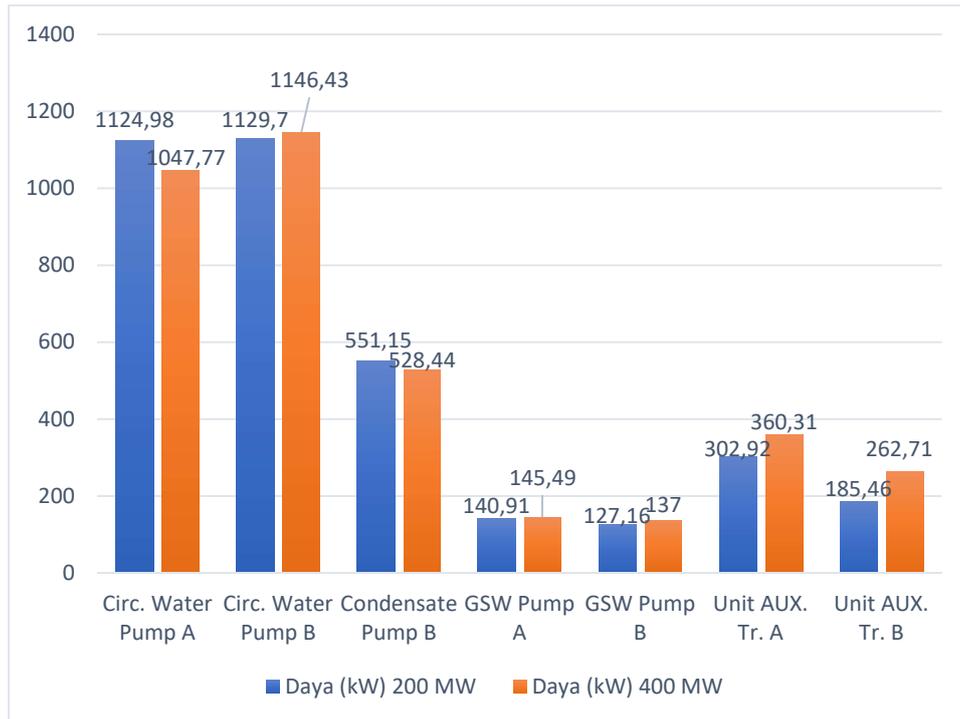
Pada gambar 11 merupakan grafik antara perbandingan daya beban 200 MW dengan 400 MW pada peralatan Induced Draft Fan A, Induced Draft Fan B, Forced Draft A, Forced Draft Fan B, Primary Air Fan A, dan Primary Air Fan B. Induced Draft Fan A memiliki perbandingan daya pada 200 MW adalah 165 A sedangkan untuk beban 400 MW adalah 237.2 A. Untuk Induced Draft Fan B terdapat 163.2 A pada beban 200 MW dan untuk beban 400 MW adalah 243.9 A. Pada Forced Draft Fan A 200 MW 81.74 A dan untuk 400 MW yaitu 98 A. Sedangkan untuk Forced Draft Fan B terdapat 85.21 A pada beban 200 MW, untuk 400 MW terdapat 105.65 A. Untuk Primary Air A dan Primary Air Fan B memiliki perbandingan antara bebannya, untuk beban 200 MW masing masing daya yang dihasilkan adalah 115.75 A dan 107.65 A, sedangkan untuk beban 400 MW Primary Air Fan A menghasilkan tegangan 129.65 A dan untuk Primary Air Fan B menghasilkan daya 129.23 A.



Gambar 12. Perbandingan Daya 2

Terlihat pada grafik perbandingan daya antara beban 200 MW dan 400 MW pada beberapa peralatan seperti Boiler Feed Pump A, Boiler Feed Pumo B, Pulverizer A, Pulverizer B, Electrical Precipt. Tranformator A, dan Electrical Precipt. Transformator B. pada Boiler Feed Pump A dan Boiler Feed Pump B diatas menggambarkan bahwa perbandingannya antara 200 MW dan 400 MW, jika beban 200 MW masing-masing peralatan menghasilkan daya 2464.31kW dan 4031.26 kW, dan untuk beban 400 MW terlihat angka hasil dari arus tersebut yaitu masing masing 4932.88 kW dan 5559.81 kW. Untuk alat Pulverizer A dan Pulverizer B terdapat perbandingannya yaitu untuk 200 MW adalah masing-masing 231.05 kW dan 199.79 kW, jika beban yang digunakan 400 MW maka dayanya adalah masing-masing 248.51 kW dan 256.51 kW. Dan untuk perbandingan beban 200 MW dan 400 MW pada peralatan Electrical Precipt. Tranformator A dan Electrical Precipt. Transformator B, terlihat pada beban 200 MW dihasilkan daya masing-masing 144.61 kW dan 118.45 kW, dan untuk beban 400 MW masing masing alat memiliki arus 245.14 kW dan 219.47 kW.

*Komparasi Konsumsi Energi Listrik Pada Motor Listrik
Di HAR Unit 4 PT. Indonesia Power Suralaya*

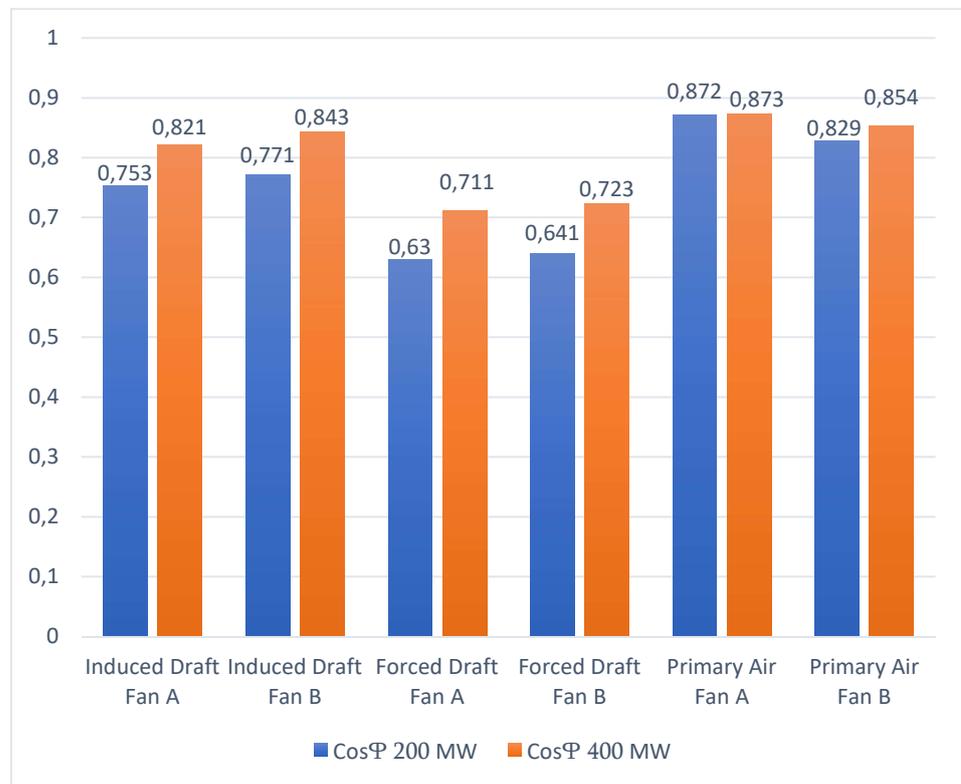


Gambar 13. Grafik Perbandingan Daya 3

Pada data grafik diatas dapat dilihat perbandingan daya dengan beban antara 200 MW dan 400 MW, perbandingan tersebut menggunakan alat yang ada di pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) Suralaya yaitu *Circle Water Pump A*, *Circle Water Pump B*, *Condensate Pump B*, *GSW Pump A*, *GSW Pump B*, *Unit AUX. Transformator A*, *Unit AUX Transformator B*. pada alat *Circle Water Pump A* dapat dilihat perbedaannya antara 200 MW dengan 400 MW, pada beban 200 MW *Circle Water Pump A* dapat mengeluarkan daya 1124.98 kW dan pada beban 400 MW alat *Circle Water Pump A* dapat mengeluarkan daya 1047.77 kW. Pada alat berikutnya yaitu *Circle Water Pump B* dilihat juga perbandingannya beban antara 200 MW dengan 400 MW, jika dilihat pada beban 200 MW alat *Circle Water Pump B* mengeluarkan daya 1129.7 kW, dan untuk beban 400 MW alat *Circle Water Pump B* mengeluarkan daya 1146.43 kW. Pada alat *Condensate Pump B* memiliki perbedaan daya yang dikeluarkan pada setiap bebannya, untuk beban 200 MW alat *Condensate Pump B* memiliki daya sebesar 551.15 kW, untuk beban 400 MW alat *Condensate Pump B* mengeluarkan daya 528.44 kW. Pada alat *GSW Pump* tidak hanya bebannya yang berbeda tetap *unit board* nya juga berbeda ada yang *unit board A* dan *unit board B*, pada *GSW Pump A* pada beban 200 MW mengeluarkan daya sebesar 140.9kW, dan pada 400 MW alat *GSW Pump A* mengeluarkan daya 145.49 kW. Jika

pada *GSW Pump B* pada beban 200 MW dapat dilihat daya yang dikeluarkan yaitu 127.16 kW dan untuk beban 400 MW alat *GSW Pump B* dapat mengeluarkan daya 137 kW. Pada alat *Unit AUX. Transformator A* terdapat 2 beban juga yang dibandingkan yaitu beban 200 MW dan beban 400 MW, pada 200 MW alat *Unit AUX. Transformator A* dapat mengeluarkan daya sebesar 302.92 kW, sedangkan untuk beban 400 MW nya sendiri mengeluarkan daya 360.31 kW. Dan untuk alat *Unit AUX. Transformator B* pada beban 200 MW dapat dilihat dapat mengeluarkan daya 185.46 kW, dan untuk 400 MW alat *Unit AUX. Transformator B* dapat mengeluarkan daya 262.71 kW.

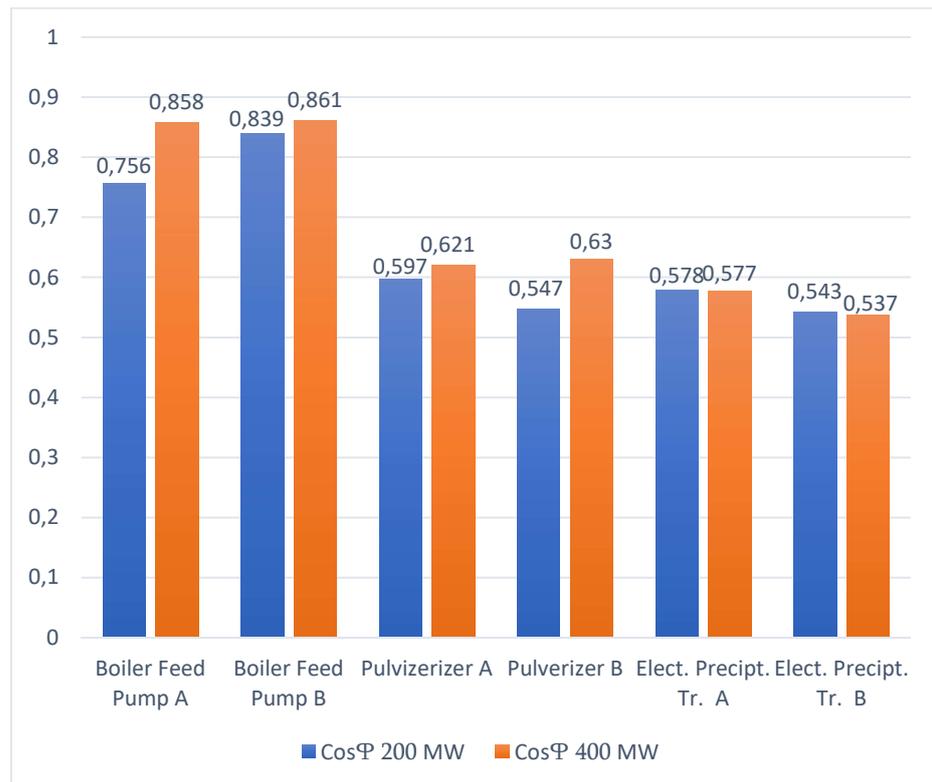
$\cos \phi$ adalah Nilai Perbandingan antara besarnya daya aktif dengan besaran Daya Semu. Daya Aktif adalah Besaran Daya sebenarnya yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan peralatan listrik. Daya Aktif menggunakan satuan Watt atau Kilowatt (KW).



Gambar 14. Perbandingan Cos φ 1

Pada gambar 14 merupakan grafik antara perbandingan $\cos \phi$ beban 200 MW dengan 400 MW pada peralatan *Induced Draft Fan A*, *Induced Draft Fan B*, *Forced Draft Fan A*, *Forced Draft Fan B*, *Primary Air Fan A*, dan *Primary Air Fan B*. *Induced Draft Fan A* memiliki perbandingan $\cos \phi$ pada 200 MW adalah 0.753 sedangkan untuk beban 400 MW adalah 0.821. Untuk *Induced Draft Fan B* terdapat 0.771 pada beban 200 MW

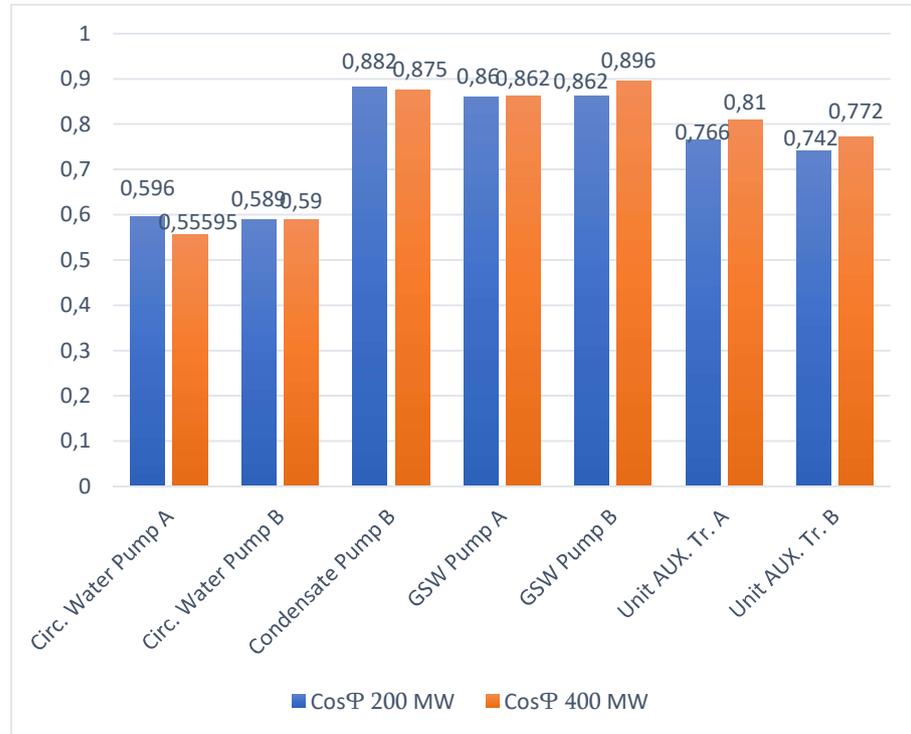
dan untuk beban 400 MW adalah 0.843. Pada *Forced Draft Fan A* 200 MW 0.63 dan untuk 400 MW yaitu 0.771. Sedangkan untuk *Forced Draft Fan B* terdapat 0.641 pada beban 200 MW, untuk 400 MW terdapat 0.723. Untuk *Primary Air A* dan *Primary Air Fan B* memiliki perbandingan antara bebannya, untuk beban 200 MW masing masing $\cos \phi$ yang dihasilkan adalah 0.872 dan 0.829, sedangkan untuk beban 400 MW *Primary Air Fan A* menghasilkan $\cos \phi$ 0.873 dan untuk *Primary Air Fan B* menghasilkan $\cos \phi$ 0.854.



Gambar 15. Perbandingan Cos ϕ 2

Terlihat pada grafik perbandingan daya antara beban 200 MW dan 400 MW pada beberapa peralatan seperti Boiler Feed Pump A, Boiler Feed Pumo B, Pulverizer A, Pulverizer B, Electrical Precipt. Transformator A, dan Electrical Precipt. Transformator B. pada Boiler Feed Pump A dan Boiler Feed Pump B diatas menggambarkan bahwa perbandingannya antara 200 MW dan 400 MW, jika beban 200 MW masing-masing peralatan menghasilkan daya 0.756 dan 0.839, dan untuk beban 400 MW terlihat angka hasil dari arus tersebut yaitu masing masing 0.858 dan 0.861. Untuk alat Pulverizer A dan Pulverizer B terdapat perbandingannya yaitu untuk 200 MW adalah masing-masing 0.597 dan 0.547, jika beban yang digunakan 400 MW maka $\cos \phi$ nya adalah masing-masing

0.621 dan 0.63. Dan untuk perbandingan beban 200 MW dan 400 MW pada peralatan Electrical Precipt. Tranformator A dan Electrical Precipt. Transformator B, terlihat pada beban 200 MW dihasilkan $\cos \phi$ masing-masing 0.578 dan 0.543, dan untuk beban 400 MW masing masing alat memiliki arus 0.577 dan 0.537.



Gambar 16. Perbandingan Cos ϕ 3

Pada data grafik di atas dapat dilihat perbandingan $\cos \phi$ dengan beban antara 200 MW dan 400 MW, perbandingan tersebut menggunakan alat yang ada di pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) Suralaya yaitu Circle Water Pump A, Circle Water Pump B, Condensate Pump B, GSW Pump A, GSW Pump B, Unit AUX. Tranformator A, Unit AUX Transformator B. pada alat Circle Water Pump A dapat dilihat perbedaannya antara 200 MW dengan 400 MW, pada beban 200 MW Circle Water Pump A dapat mengeluarkan $\cos \phi$ 0.596 dan pada beban 400 MW alat Circle Water Pump A dapat mengeluarkan 0.55595. Pada alat berikutnya yaitu Circle Water Pump B dilihat juga perbandingannya beban antara 200 MW dengan 400 MW, jika dilihat pada beban 200 MW alat Circle Water Pump B mengeluarkan $\cos \phi$ 0.589, dan untuk beban 400 MW alat Circle Water Pump B mengeluarkan $\cos \phi$ 0.59. Pada alat Condensate Pump B memiliki perbedaan $\cos \phi$ yang dikeluarkan pada setiap bebannya, untuk beban 200 MW alat Condensate Pump B memiliki $\cos \phi$ sebesar 0.880, untuk beban 400 MW alat Condensate

Pump B mengeluarkan $\cos \phi$ 0.875. Pada alat GSW Pump tidak hanya bebannya yang berbeda tetap unit board nya juga berbeda ada yang unit board A dan unit board B, pada GSW Pump A pada beban 200 MW mengeluarkan $\cos \phi$ sebesar 0.86, dan pada 400 MW alat GSW Pump A mengeluarkan $\cos \phi$ 0.862. Jika pada GSW Pump B pada beban 200 MW dapat dilihat $\cos \phi$ yang dikeluarkan yaitu 0.862 dan untuk beban 400 MW alat GSW Pump B dapat mengeluarkan $\cos \phi$ 0.896. Pada alat Unit AUX. Transformator A terdapat 2 beban juga yang dibandingkan yaitu beban 200 MW dan beban 400 MW, pada 200 MW alat Unit AUX. Transformator A dapat mengeluarkan $\cos \phi$ sebesar 0.766, sedangkan untuk beban 400 MW nya sendiri mengeluarkan $\cos \phi$ 0.81. Dan untuk alat Unit AUX. Transformator B pada beban 200 MW dapat dilihat dapat mengeluarkan $\cos \phi$ 0.742, dan untuk 400 MW alat Unit AUX. Transformator B dapat mengeluarkan $\cos \phi$ 0.772.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada pemakaian alat tersebut dapat disimpulkan pada tegangan dengan beban 200 MW Circle Water Pump B dan Unit AUX Transformator B memiliki tegangan yang paling tinggi yaitu 6.357 kV. Sedangkan untuk arus dengan beban 200 MW Boiler Feed Pump B memiliki arus paling besar yaitu 440.90 A. Pada daya beban 200 MW Boiler Feed Pump B juga memiliki daya terbesar yaitu 4031.26 kW. Dan untuk $\cos \phi$ beban 200 MW Condensate Pump B memiliki 0.882 yang menandakan menjadi paling besar $\cos \phi$ nya. Pada beban 400 MW Circle Water Pump B dan Condensate Pump B memiliki tegangan terbesar yaitu 6.381 kV. Untuk arus Boiler Feed Pump B memiliki 592.10 A yang menjadi arus terbesar. Boiler Feed Pump B memiliki 5559.81 kW menjadi daya terbesar pada beban 400 MW. Dan untuk $\cos \phi$ terbesar yaitu GSW Pump senilai 0.896.

DAFTAR REFERENSI

- Alfauzi. (2019). Rancang Bangun Alat Perbaikan Faktor Daya Listrik Satu Fasa Berbasis Mikrokontroler. *Proceedings of Applied Science*, 5(3).
- Almanda, D. (2017). SISTEM PENGENDALIAN MOTOR SINKRON SATU FASA BERBASIS. *Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*.
- Apriyanto, O. (2018). SISTEM MONITORING DAN PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK DAMPER CAP HK592 BERBASIS WEB DI PT. KOMPINDO WIRATAMA. *Universitas Muhammadiyah Gresik*.
- Chengel.A. (1989). *Thermodynamics an engineering approach*. USA: Sixth Edition.

- Firmansyah, A., & Marniati, Y. (2017). Pemodelan Karakteristik Motor DC Shunt, Motor DC Seri, dan Motor DC Kompon Menggunakan Matlab Simulink sebagai Media Pembelajaran Modul Praktikum Mesin-mesin Listrik. *Jurnal Teknik Elektro*, 6(1), 63-73.
- Hajar, I. (2018). ANALISA NILAI SAIDI SAIFI SEBAGAI INDEKS KEANDALAN PENYEDIAAN. *Energi dan Kelistrikan*.
- Hartono, R., Noor, M. F., & Kurnia, E. (2016). Perancangan Dan Pembuatan Mobil Sel Surya Menggunakan Motor DC Magnet Permanen. *Energy-Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 6(1), 37-42.
- Irfan, M. (2021). SISTEM KENDALI DAN MONITORING FAKTOR DAYA LISTRIK BERBASIS MIKROKONTROLER DAN INTERNET OF THINGS (IOT). *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*.
- Kasendri, A. (2009). Pandangan Mahasiswa Teknik Geofisika Terhadap Green. *Teknik Geofisika, Fakultas Pertambangan dan Perminyakan, Institut Teknologi Bandung*.
- LESTARI, R. A. (2019). *ANALISA KESETIMBANGAN ENERGI PADA HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR (HRSG) PT. CONSOLIDATED ELECTRIC POWER ASIA (CEPA)* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Luqman, M. K. (2018). RANCANG BANGUN ALAT PENERING HASIL PERTANIAN BERBASIS PLC (STUDI KASUS: PENERING JAGUNG). *Doctoral dissertation, UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945*.
- Pattiapon, D. R. (2019). PENGGUNAAN MOTOR SINKRON TIGA PHASA TIPE SALIENT POLE SEBAGAI. *JURNAL SIMETRIK VOL.9, NO.2*.
- Priatam, P. P. T. D., Zambak, M. F., Suwarno, S., & Harahap, P. (2021). Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 4(1).
- Raikhani, A. (2015). Studi Pengaruh Pembebanan Pada Motor Dc Penguatan Shunt Terhadap Arus Stator. . *Trisula*.
- Umam, F. (2017). *Motor Listrik*. Madura: Media Nusa Creative.
- Zuhal, P. (2009). *Prinsip Dasar Elektronik*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.