

STUDI NAIKNYA TEMPERATUR PADA TURBIN UAP MEREK SHINKO BERDAYA 4000 KW PADA PT. PERKEBUNAN NUSANTARA X DI PABRIK GULA DJOMBANG BARU

Pandegani Yuana Pratikno^{1*}, Eka Darmana^{2*}

¹Alumus Politeknik Bumi Akpelni

²Program Studi Teknika, Politeknik Bumi Akpelni Semarang
Jl. Pawiyatan luhur II/17 Bendan Duwur, Gajah Mungkur – Semarang
Email: ganiyuana@gmail.com

Abstrak

Turbin uap merupakan suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik dan selanjutnya diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin, langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi, dihubungkan pembangkit listrik atau generator. Berbagai kasus terjadi saat turbin uap beroperasi sehingga mengganggu jalannya produksi. Salah satu kasus yang terjadi adalah panas yang tinggi diikuti bunyi safety valve terbuka. Supaya kasus tersebut tidak terulang maka perlu dianalisis. Dalam studi ini dilakukan observasi dilapangan yaitu pabrik gula Djombang Baru, kemudian dilakukan diskusi dengan teknisi. Setelah itu dikorelasikan dengan teori dan kajian pustaka. Hasil studi ini menyatakan bahwa turbin uap mengalami overheating dikarenakan pendingin pada turbin uap mengalami kotor sehingga pendingin tidak berjalan dengan baik hingga turbin uap mengalami overheating dan safety valve terbuka dikarenakan uap didalam turbin mengembang sehingga uap masuk turbin yang awalnya 20 bar naik hingga 25 bar.

Kata kunci : cooler kotor, overheating, safety valve, dan turbin uap

PENDAHULUAN

Pabrik Gula Djombang Baru adalah salah satu unit pengolahan gula tebu yang di miliki oleh PT. Perkebunan Nusantara X (Persero). Pabrik ini terletak di jalan Sudirman No.1, Desa Pulo Lor, Kelurahan Pulo Lor, Kecamatan Jombang, Kabupaten Jombang, Provinsi Jawa Timur. PT. Perkebunan Nusantara X (persero) merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang industri pergulaan. Perusahaan ini memiliki sebuah kantor direksi yang berlokasi di jalan Jembatan Merah No. 3-11 Surabaya.

Pada pabrik gula tersebut terdapat beberapa stasiun yaitu stasiun gilingan, setasiun pemurnian, stasiun pengguapan, stasiun penyaringan, setasiun pemisahan, stasiun ketel, dan instalasi. Pada saat taruna praktik darat (PRADA) taruna menemukan masalah pada turbin yang berfungsi untuk memutar rotor pada generator, pada 05 Oktober 2017 jam 10 a.m terdapat masalah pada turbin. Turbin uap merupakan suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik dan selanjutnya diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran

poros turbin. Poros turbin, langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi, dihubungkan dengan mekanisme yang akan digerakkan. Observasi taruna saat praktik darat (PRADA) selama 3 bulan. Ada beberapa kendala pada turbin uap merek shinko berdaya 4000 kw yaitu turbin mengalami *blackout* dikarenakan pada sistem pendingin turbin mengalami kendala yaitu tersumbat oleh kotoran yang terbawa oleh sistem pendingin, sehingga turbin tersebut mengalami panas berlebihan dan mengalami *overheating* sehingga turbin tersebut *blackout*. Untuk itu perlu pemeliharaan dan pengoprasian mesin turbin uap agar setiap turbin uap beroperasi tidak terjadi masalah. Paling utama, untuk melakukan pemeliharaan dan pengoperasian turbin uap harus berpedoman pada *manual book* yang telah diberikan.

LANDASAN TEORI

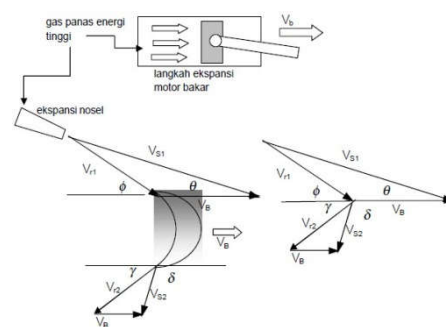
Dikutip dari buku Turbin Uap bahwa ide turbin uap ini sudah lama. Sudah diketahui bahwa kira-kira tahun 120 S.M. Hero di Alexandria membuat prototip turbin pertama yang bekerja berdasarkan prinsip

reaksi. Alat ini menjelma menjadi instalasi tenaga uap yang primitif terdiri dari sumber kalor, bejana, yang diisi dengan air, penampang berbentuk bola dengan pipa penyembur (nosel). Akibat kalor air yang ada dalam bejana dipanaskan dan diuapkan yang menghasilkan uap jenuh, mengalir melalui pipa-pipa vertikal dan pipa-pipa mendatar yang dimasukkan kedalam penampang berbentuk bola. Dengan kenaikan tekanan, uap yang ada didalam penampang berbentuk bola tadi dikeluarkan ke atmosfer melalui nosel. Turbin uap merupakan suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik dan selanjutnya diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin, langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi, dihubungkan dengan mekanisme yang akan digerakkan. Tergantung pada jenis mekanisme yang digunakan, turbin uap dapat digunakan diberbagai bidang industri, untuk pembangkit tenaga listrik dan transportasi. Pada proses perubahan energi potensial menjadi energi mekanisnya yaitu dalam bentuk putaran poros dilakukan dengan berbagai cara. Pada dasarnya turbin uap terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator dan rotor yang merupakan komponen utama pada turbin kemudian ditambah komponen lainnya meliputi pendukungnya seperti bantalan koping dan sistem bantu lainnya agar kerja turbin dapat lebih baik. Sebuah turbin uap memanfaatkan energi kinetik fluida kerjanya yang bertambah akibat penambahan energi *thermal*.

Klasifikasi Turbin Uap Berdasarkan Prinsip Kerjanya

Klasifikasi turbin uap berdasarkan prinsip kerjanya yaitu turbin implus. Turbin implus atau turbin tahapan implus adalah turbin sederhana berotor satu atau banyak (gabungan) yang mempunyai sudu-sudu pada rotor itu. Bentuk dari sudu tetap turbin implus ada dua macam yaitu bentuk simetris dan bentuk tidak simetris. Pada bentuk simetris profil kecepatan dan tekanan adalah sama, tidak ada perubahan

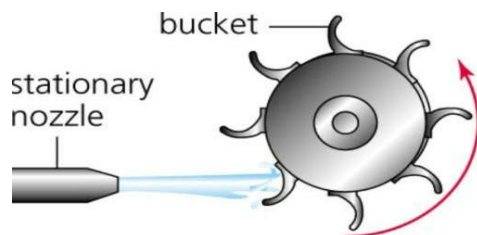
kecepatan dan tekanan. Sedangkan pada sudu tetap yang berfungsi sebagai nosel mempunyai bentuk seperti nosel, yaitu antarpemampang sudut membetuk penampang yang menyempit pada ujungnya. Untuk melukis *profile* sudu jalan baik 1/2 pasang maupun 1 pasang atau 2 buah sudu jalan harus diketahui sudu-sudu jalan sisi masuk $\omega_1 = \omega_2$, lebar sudu, lebar sudu dan harus diingat bahwa kecepatan relatif sisi masuk W_1 menyinggung punggung sudu, begitu juga kecepatan relatif sisi keluar W_2 menyinggung punggung sudu. Adapun cara kerja dari turbin satu tahap aliran uap panas masuk nosel konvergen divergen, didalam nosel uap berekspansi sehingga tekanannya turun. Bersamaan dengan penurunan tekanan, kecepatan uap panas naik, hal ini berarti terjadi kenaikan energi kinetik uap panas. Setelah berekspansi, uap panas menyembur keluar nosel dan menumbuk sudu-sudu implus dengan kecepatan V_{s1} . Pada sudu-sudu implus uap panas memberikan sebagian energinya ke sudu-sudu, dan mengakibatkan sudu-sudu bergerak dengan kecepatan V_b . Tekanan pada sudut-sudut turbin adalah konstan atau tetap, sedangkan kecepatan uap keluar sudut berkurang menjadi V_{s2} . Berbeda dengan turbin satu tahap, turbin Curtiss mempunyai beberapa baris sudu bergerak dan baris sudu tetap.



Gambar 1. segitiga kecepatan

- V_{s1} = kecepatan absolut fluida meninggalkan nosel
- V_B = kecepatan sudu
- V_{r1} = kecepatan relatif fluida
- V_{r2} = kecepatan relatif fluida meninggalkan sudu
- V_{s2} = kecepatan absolut fluida meninggalkan sudu
- θ = sudut nosel
- ϕ = sudut masuk sudu
- δ = sudut ke luar sudu
- γ = sudut ke luar fluida

Susunan turbin uap Curtiss, proses ekspansi uap panas pada nosel, dimana kecepatan uap panas naik (V_{s1}) dan tekanan turun. Uap panas yang mempunyai kecepatan tinggi masuk baris pertama sudu bergerak, pada tahap ini uap memberikan sebagian energinya sehingga kecepatannya turun (V_{s2}). Selanjutnya, sebelum masuk baris sudu bergerak tahap II, terlebih dahulu melewati sudu tetap. Pada sudu-sudu tetap yang berbentuk simetris, uap tidak kehilangan energinya, kecepatan (V_{s3}) dan tekanannya konstan. Uap dengan kecepatan V_{s3} setelah melewati sudu tetap masuk baris sudu bergerak tahap II, uap memberikan energinya yang tersisa ke sudu-sudu bergerak, karena itu kecepatannya turun kembali menjadi V_{s4} . Ciri-ciri dari turbin implus antara lain Proses pengembangan uap/penurunan tekanan seluruhnya terjadi pada sudu diam / nosel dan akibat tekanan dalam turbin sama sehingga disebut dengan tekanan rata.



Gambar 2. Turbin Impuls

Prinsip Kerja Turbin Uap

Untuk prinsip kerja turbin uap yaitu Turbin uap terdiri dari sebuah cakram yang dikelilingi oleh daun-daun cakram yang disebut sudu-sudu. Sudu-sudu ini berputar karena tiupan dari angin yang bertekanan yang berasal dari ketel uap, yang dipanasi terlebih dahulu dengan menggunakan bahan bakar padat, cair, dan gas. Uap tersebut

kemudian terbagi dengan menggunakan kran pengontrol yang akan dipakai untuk memutar turbin yang dikopelkan langsung dengan pompa dan juga sama halnya dikopel dengan sebuah penggerak utama lainnya. Setelah melewati turbin uap, uap yang bertekanan dan bertemperatur tinggi tadi muncul menjadi uap bertekanan rendah. Panas yang sudah diserap oleh kondensor menyebabkan uap berubah menjadi air yang kemudian dipompakan kembali menuju boiler. Sisa panas dibuang oleh kondensor mencapai setengah jumlah panas semula yang masuk.

Komponen-komponen Utama Sistem Turbin Uap



Gambar 3. Turbin Uap Merek Shinko

Adapun komponen-komponen utama sistem turbin uap yaitu penggerak pompa oil utama dan regulator buat penutup cepat, bila terjadi kemungkinan putaran rotor turbin sampai lebih besar daripada yang telah ditentukan (*overspeed*), maka peralatan ini akan bergerak ke luar dan dengan melalui sistem pemindahan tuas uap yang masuk kedalam turbin bisa dikurangi (ke dua baut tersebut untuk pengaman), bantalan tekanan dan bantalan dukung turbin, tabung paking poros. Dengan adanya paking labirin kebocoran uap melalui celah antara poros dan rumah turbin yang bebas dari singgungan atau geseran bisa dikurangi sangat dibendung, tetapi kerugian kebocoran ini tetap tidak bisa dihindari, tingkatan pertama. Disini uap baru setelah melalui nosel level menggerakkan roda curtis dengan 2 sudu jalan, 11 tingkatan turbin. Masing-masing tingkatan roda turbin sendiri-sendiri, bagian ini bisa

disebut sebagai bagian turbin tekanan tinggi, 4 tingkatan turbin. Yang mana tekanan rendah dengan pertambahan panjang sudu yang sangat besar, uap dari sebelah pinggir paking poros. Bagian tekanan tinggi diambil dan dialirkan ke tabung paking tingkat tekanan rendah untuk dipakai sebagai uap printing, tabung paking. Tabung ini terdapat tekanan kerendahan (kurang dari 1 bar) dengan dialirkannya uap printing maka udara luar sekitar turbin terhalang tidak terhisap masuk ke dalam saluran uap bekas. Pada temperatur uap baru yang tinggi seperti dalam masalah ini, sebagai atau seluruh uap tersebut dialirkan melalui nosel level untuk mengerjakan sudu-sudu roda turbin Curtis. Ruang kosong antara dinding sebelah, luat dan dalam digunakan untuk mengalirkan uap ekstraksi (uap dicerat dari turbin) E1 dan E2 guna dimasukkan ke dalam pesawat pemanas pendahuluan air pengisi ketel uap ini melalui lubang di belakang roda jalan 4 dan 7. Tekanan dan temperatur akan terbagi merata, sehingga beban dan tegangan panas (tegangan yang timbul akibat adanya panas) dalam bagian-bagian rumah turbin bisa turun, rumah turbin. Ruang kosong antara dinding sebelah, luat dan dalam di gunakan untuk mengalirkan uap ekstraksi (uap yang di cerat dari turbin) E1 dan E2 guna dimasukkan ke dalam pesawat pemanas pendahuluan air pengisi ketel uap ini melalui lubang di belakang roda jalan 4 dan 7. Tekanan dan temperatur akan terbagi merata, sehingga beban dan tegangan panas (tegangan yang timbul akibat adanya panas) dalam bagian-bagian rumah turbin bisa turun, pelat pembungkus. Dibawah plat ini terdapat suatu bahan isolasi untuk menyekat panas, cerobong uap tabung paking tekanan rendah. Dari cerobong ini harus terlihat bawah sisa uap perinting mengalir keluar, yang berarti menunjukkan bawah prosesnya tidak terbalik menjadi udara luar yang terisap masuk ke dalam saluran uap bekas. Saluran uap bekas yang serantak sebagai penghubung antara turbin dengan kondensator dan dinding penyekat dengan pemegang sudu pengarah dibagian bahwa

pada E3 adalah tempat pengambilan uap ekstraksi untuk dialirkan ke pesawat pemanas pendahuluan pengisian ketel tetap rumah turbin. Disini bila rumah turbin memuai karena panas ia akan bergeser dari tempat ini ke kiri. Sebab rumah turbin di titik tetap sini diikat dengan fondasi (maka rumah turbin bagian muka yang akan meluncur di atas fondasi) penyangga sebelah kiri, dengan demikian penumpu bantalan yang di muka (hantaran pada nomor 2) ikut bergeser pada waktu yang bersamaan rotor dari bantalan tekanan tekan pada no 2 juga akan dibawah kekiri. Tetapi dengan adanya kelonggaran yang sesuai dengan geseran kesisi (yang aksial) antara rotor dan bagian rumah turbin, juga pada tabung paking, maka kontak atau gesekan satu sama lainnya bisa dihindari, generator turbo.

Proses Tenaga Uap dan Kerangka Turbin Uap

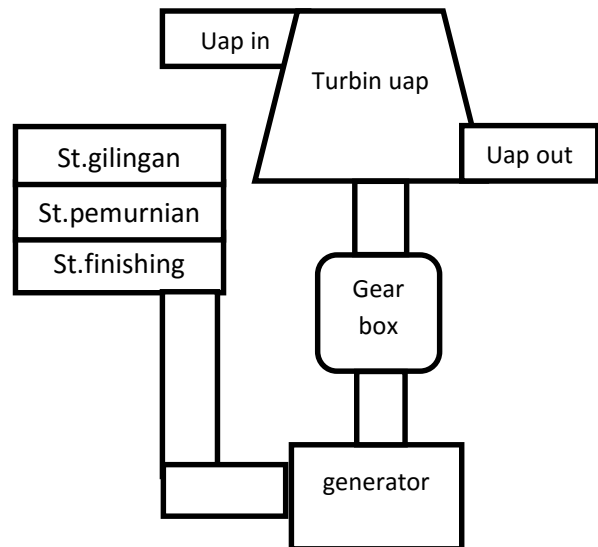
Didalam turbin terdapat proses tenaga uap dimulai dari pompa pengisian ketel, ruang bakar atau ketel, *superheater*, uap masuk turbin, kondensator, pompa kondensator, reservoir, disini dipompa memakai pompa air pengisian ketel dimasukkan kedalam ketel lagi, dengan demikian proses siklus (clausiun-rankine-proses) kembali diulang lagi. Kerangka-kerangka yang terdapat pada turbin uap antara lain Kopling. Sebagai penghubung antara mekanisme turbin uap dengan mekanisme yang digerakkan. Bantalan luncur berfungsi untuk menumpu poros beban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung dengan halus dan aman. Poros turbin sebagai komponen utama tempat dipasangnya cakram-cakram sepanjang sumbu. Casing turbin atas. Berfungsi untuk menghindari deburan air, serta untuk mengarahkan air ke *tail race* dan sebagai keamanan. Sudu jalan alat yang menerima gaya dari energi kinetik uap melalui nosel. Sudu arah. Adalah sebuah mekanisme, dibuat dengan bantalan sudu pengarah, dalam bentuk roda. Rumah (Casing) turbin bawah. Merupakan rumah logam, dimana uap dari ketel, dibawah tekanan dan

temperatur tertentu, didistribusikan disekeliling sudu tetap (mekanisme pengarah) di dalam rumah turbin. *Labyrinth* adalah salah satu bentuk *mechanical seal* yang menggunakan bentuk lintasan berliku untuk mencegah terjadinya kebocoran *fluida*. Bantalan radial dan aksial. bagian dari elemen turbin yang menumpu sebuah poros agar dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Penumpu bantalan depan. Bagian yang berfungsi untuk menyokong ujung depan poros yang banyak menerima beban. Penumpu bantalan belakang. Bagian yang berfungsi untuk menyokong ujung belakang poros. Sistem kontrol hidrolis. adalah suatu sistem yang memanfaatkan tekanan *fluida* sebagai *power* (tenaga) pada sebuah mekanisme. Katup pengontrol. merupakan alat untuk menerima *signal bar* dimana dengan perubahan *signal* masukan itu akan menyebabkan *valve* bergerak dari posisi membuka penuh sampai menutup penuh yang berjarak maksimum 90 mm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Spesifikasi Turbin Uap

Model	: Shinko
Type	: Ack Pressure
Number of stuges	: 17 Rateou
Type of rotor	: Inegral
Type of stuges	: Low action
Reted of emegency	: 5000 rpm
Trip speed	: 5500 rpm
Inlet connection	: \varnothing 200 mm
Exhaust connection	: \varnothing 400 mm
Inlet pressure	: 20 bar
Inlet temperature	: 380 °C



Gambar 4. bagan turbin uap

Uap masuk turbin dengan tekanan 20 bar mendorong sudu sudu turbin. Putaran turbin diredam oleh *gear box* lalu memutar rotor pada generator untuk menghasilkan listrik dan disalurkan ke panel untuk dibagi ke sistem produksi. Masalah atau kendala pada teknik pemeliharaan pada turbin uap di PT. Perkebunan nusantara unit pabrik gula Djombang Baru terjadi masalah pada turbin uap dikarenakan kurangnya pengontrolan pada turbin uap sehingga tidak tahu bahwasannya *cooler* pendingin turbin mengalami masalah sehingga *temperature* turbin dari 80o C naik menjadi 110 oC pada *temperature switch* sehingga menyebabkan turbin *uap over heating* dan *safety falve* membuka. *Safety falve* membuka dikarenakan untuk membuang tekanan berlebihan yang ada didalam turbin uap. Tekanan berlebihan itu ada karena mengembangnya tekanan uap dari 22 bar menjadi 25 bar pada *pressure switch* turbin uap, sedangkan *set point* pada *safety falve* diatur maksimal adalah 23 bar sehingga apabila tekanan didalam turbin uap melebihi 23 bar, maka otomatis *safety falve* akan membuka dan mengeluarkan tekanan berlebih tersebut agar tidak terjadi ledakan pada turbin uap yang diakibatkan oleh tekanan berlebih. Tekanan berlebih muncul karena adanya pengembangan tekanan di dalam turbin yang disebabkan oleh naiknya temperatur pada turbin,

apabila temperatur pada turbin naik, maka tekanan uap pada turbin juga naik. Penyebab temperatur turbin naik adalah karena tidak lancarnya cooler sehingga proses pendinginan menjadi tidak maksimal dan menyebabkan turbin menjadi panas dan itu mempengaruhi tekanan pada uap sehingga ketika *cooler* kotor dan proses pendinginan tidak berjalan dengan baik, maka akan berdampak atau berkait dengan masalah yang lain seperti tekanan yang naik akibat temperatur pada turbin naik. Oleh karena itu, menyebabkan alarm pada *control room* berbunyi, sedangkan temperatur uap keluar normal dari turbin adalah 75oC dan tekanan uap keluar normal dari turbin menjadi 3 bar. Menurut Anonim (2008) apabila tekanan naik maka temperatur naik dan apabila tekanan turun maka temperatur turun. Persamaan tersebut berlaku untuk gas ideal. Gas ideal itu adalah gas real (benar-benar ada di luar) di idealisasikan sehingga persamaannya menjadi mudah. Sifat-sifat gas real mendekati

turbin uap merupakan pesawat bantu yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik dan selanjutnya diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin yang digunakan sebagai penggerak di industri dan di dunia pelayaran. Turbin uap memiliki berbagai macam tipe yang sesuai kegunaannya. Sebaiknya turbin uap dirawat selama mesin berjalan dengan cara membersihkan bagian turbin dan melakukan pengecekan secara berkala dalam satu jam sekali selama turbin uap beroperasi. Perawatan yang dilakukan harus sesuai dengan *manual book* yang ada untuk meminimalisir kejadian yang telah dialami seperti *overheating* pada turbin uap hingga *safety valve* membuka karena terjadi pengembangan tekanan di dalam turbin yang diakibatkan oleh suhu panas. Faktor – faktor yang menyebabkan turbin uap tidak bekerja dengan baik antara lain : Terjadinya uap basah pada *boiler* sehingga mengakibatkan turbin pelan berputar. Kerusakan pada pompa oli. Bocornya pipa-pipa uap maupun pipa oli. Pendinginan yang

sifat-sifat gas ideal pada kondisi tertentu. Bisa dirasakan perubahan tekanan mengakibatkan perubahan temperature gas. caranya sederhana balikan sebuah wadah atau mangkuk yang dicelupkan kedalam air. maka akan tersisa udara di atas permukaan air di dalam wadah atau mangkuk itu. Rasakan temperature udara dengan memasukan tangan ke dalam udara yang ada di dalam wadah. Semakin dalam kamu mencelupkan wadah kedalam air maka semakin tinggi tekanannya dan semakin tinggi temperaturnya. Agar tidak terjadi masalah pada turbin uap para mekanik harus melakukan pemeriksaan secara rutin dan melakukan pemeliharaan yang dilakukan secara rutin agar tidak terjadi kendala atau masalah saat pengoperasian pada turbin uap. Adapun kegiatan pemeliharaan yang di bagi menjadi dua jenis, yaitu *preventive maintenance* dan *break down maintenance*.

KESIMPULAN

tidak lancar. Perawatan yang dilakukan dengan *manual book* akan mempermudah dalam pengoperasian serta menjaga komponen-komponen dalam sistem pembakaran tetap dalam keadaan ukuran yang standar.

DAFTAR PUSTAKA

- Antonym. 2008. *hubungan suhu dan tekanan*. Dalam id.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080424041850AAcJk1p. Diakses : 03 Juli 2019
- Corder, Anthony. 1992. *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. Jakarta: Erlangga
- Hadi. 1992, *Metodologi Penelitian*. Dalam <https://merlitafutriana0.blogspot.com/2012/07/metodologi-penelitian.html> Diakses: 25 Januari 2018.
- Iskandar. 2008, *Metodologi Penelitian Pendidikan Dan Sosial (Kuantitatif Dan Kualitatif)*. Jakarta: GP Press.

- Margono S. Drs. 2007, *Metologi Penelitian Pendidikan Komponen MKDK*. PT. Rineka Cipta, Jakarta
- Riduwan.2004, *Metode Riset*. Jakarta : Rineka Cipta
- S.M Hero. 2013, *Pengertian Turbin Uap*. Dalam <https://zend09mt.blogspot.com/2013/06/pengertian-turbin-uap.html>. Diakses: 27 januari 2018
- Sofyan Assauri. 1993, *Manajemen Dan Oprasi*. Library.Binus
- Sofjan, Assauri. 1993, *Manajemen Produksi Dan Operasi*. Fakultas Ekonomi UI