

ANALISIS PEMANFAATAN SUMBER GAS ALAM PADA PENGUNAAN BAHAN BAKAR UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK

Akhyar Fatahillah Nahar¹, Abdul Hasan Husain²

dreambirds1998@gmail.com¹, abdullhasanhusain3@gmail.com²

Prof Dr Hazairin SH

ABSTRAK

Suatu sistem Combine Cycle yang ada di PLTGU-Sengkang yaitu perpaduan antara Pusat Listrik Tenaga Gas dan yang masih mempunyai temperatur suhu tinggi (5310C) dipakai untuk memanaskan air di ketel uap yang mana menghasilkan uap dan dipakai untuk memutar turbin uap sehingga membangkitkan listrik lagi. Besarnya Daya yang dihasilkan oleh Turbin Gas dan Uap yang terdiri dari 2 unit turbin gas yang masing-masing berkapasitas 45550 kW (45MW) dan satu unit turbin uap yang berkapasitas 45200 kW (45 MW), sehingga daya totalnya adalah 136,3 MW (135 MW). Dan penggabungan antara instalasi turbin gas dan instalasi turbin uap sebagai suatu instalasi gabungan (Combine Cycle) dengan kapasitas total dayanya sebesar 136,3 MW (135 MW) pada PLTGU-Sengkang, akan mencapai efisiensi sebesar 48,6% dibandingkan dengan efisiensi dari instalasi turbin gas sendiri sebesar 32,26% dan efisiensi instalasi turbin uap sendiri sebesar 31,3%.

Kata Kunci: Gas, Pembangkit Dan Listrik.

ABSTRACT

A Combine Cycle system at PLTGU-Sengkang is a combination of a gas-powered electricity center and one that still has a high temperature (5310C) which is used to heat water in a steam boiler which produces steam and is used to spin a steam turbine to generate electricity again. The amount of power produced by the Gas and Steam Turbine which consists of 2 gas turbine units each with a capacity of 45550 kW (45MW) and one steam turbine unit with a capacity of 45200 kW (45 MW), so the total power is 136.3 MW (135 MW). And the combination of gas turbine installations and steam turbine installations as a combined installation (Combine Cycle) with a total power capacity of 136.3 MW (135 MW) at PLTGU-Sengkang, will achieve an efficiency of 48.6% compared to the efficiency of the turbine installation gas itself was 32.26% and the efficiency of the steam turbine installation itself was 31.3%.

Keywords: Gas, Generation And Electricity.

PENDAHULUAN

Dalam era globalisasi saat ini kebutuhan akan sumber energi terus-menerus mengalami peningkatan. Meningkatnya kebutuhan akan energi tidak saja disebabkan oleh adanya peningkatan jumlah manusia tetapi juga karena kemajuan perindustrian dan perekonomian yang dituntut meningkat.

Tenaga listrik merupakan landasan bagi kehidupan modern yang cukup menjadi syarat bagi suatu masyarakat untuk mempunyai taraf kehidupan yang layak dan perkembangan industri yang maju.

Tiap dasawarsa kebutuhan suatu negara akan tenaga listrik semakin bertambah, kebutuhan tenaga listrik ini merupakan fenomena yang harus di sikapi dan ditindaklanjuti oleh pemerintah Indonesia dewasa ini.

Salah satu bentuk nyata kepedulian pemerintah untuk mengantisipasi kebutuhan masyarakat akan tenaga listrik adalah dengan membangun pusat - pusat pembangkit listrik yang menggunakan sumber alam yang fluida kerjanya, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) dan Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU).

Dalam merealisasikan hal tersebut, pemerintah telah memberikan kesempatan dan peluang secara meluas terhadap tumbuhnya sektor -sektor industri di berbagai bidang dan pemanfaatan sumber daya yang ada diseluruh kawasan Indonesia. Iklim yang kondusif serta pembangunan sarana dan prasarana (infrastruktur) pendukung dapat menjadi acuan bagi para investor untuk menanamkan dan mengembangkan modalnya disektor industri di seluruh wilayah Indonesia.

Proyek lapangan gas dan tenaga terpadu di Sengkang, tepatnya di Desa Gilireng Kampung Baru Kabupaten Wajo terdapat lapangan pengeboran sumur Gas yang diresmikan pada tanggal 24 agustus 1996, oleh pemerintah yang merupakan salah satu bentuk realisasi dari pembangunan sektor industri yang berteknologi tinggi.

Perusahaan Multinasional ini menghasilkan sumber gas alam kemudian digunakan sebagai bahan bakar untuk Pembangkit Listrik Swasta dibawah naungan PT. Energi Sengkang yang berlokasi di Desa Patila Kecamatan Pammana.

PT. Energi Sengkang merupakan Perusahaan Swasta pertama yang mengelola Pembangkit Listrik di Sulawesi - Selatan berkapasitas 135 MW, dengan sistem Interkoneksi bersama- sama dengan Pembangkit Listrik yang sudah ada, guna menyuplai kebutuhan listrik di seluruh wilayah (PLTD), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) dan Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU).

Dalam merealisasikan hal tersebut, pemerintah telah memberikan kesempatan dan peluang secara meluas terhadap tumbuhnya sektor -sektor industri di berbagai bidang dan pemanfaatan sumber daya yang ada diseluruh kawasan Indonesia. Iklim yang kondusif serta pembangunan sarana dan prasarana (infrastruktur) pendukung dapat menjadi acuan bagi para investor untuk menanamkan dan mengembangkan modalnya disektor industri di seluruh wilayah Indonesia.

Proyek lapangan Gas dan Tenaga terpadu di Sengkang, tepatnya di Desa Gilireng Kampung Baru Kabupaten Wajo terdapat lapangan pengeboran sumur Gas yang diresmikan pada tanggal 24 agustus 1996, oleh pemerintah yang merupakan salah satu bentuk realisasi dari pembangunan sektor industri yang berteknologi tinggi.

Perusahaan Multinasional ini menghasilkan sumber gas alam kemudian digunakan sebagai bahan bakar untuk Pembangkit Listrik Swasta dibawah naungan PT. Energi Sengkang yang berlokasi di Desa Patila Kecamatan Pammana.

PT. Energi sengkang merupakan Perusahaan Swasta pertama yang mengelola Pembangkit Listrik di Sulawesi - Selatan berkapasitas 135 MW, dengan sistem Interkoneksi bersama- sama dengan Pembangkit Listrik yang sudah ada, guna menyuplai kebutuhan listrik di seluruh wilayah Sulawesi - Selatan yang dengan sendirinya tentu akan berdampak pada pertumbuhan ekonomi baik berskala industri maupun kerakyatan. Realisasi dari Mega Proyek ini merupakan pusat Pembangkit Tenaga Listrik bertenaga Gas dan Uap (PLTGU).

Guna mendukung pengoperasian yang andal, PT. Energi Sengkang bekerja sama dengan PT. Alstom Power - ESI Surabaya dengan masa kontrak 5 tahun sejak September 1997 dalam hal Operasional dan Maintenance.

Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) yang berteknologi modern, efesien dan mampu memberikan manfaat bagi pembangunan perekonomian di Indonesia, khususnya di wilayah Sulawesi - Selatan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

a. Waktu

Pembuatan tugas akhir ini akan dilaksanakan selama 6 bulan, mulai dari bulan Januari 2023 sampai dengan Juni 2023 sesuai dengan perencanaan waktu yang terdapat pada jadwal penelitian.

b. Tempat

Penelitian ini dilakukan pada kantor pembangkit listrik tenaga gas dan uap pada PT. Energi Sengkang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Sistem Gabungan (Combine Cycle Gas dan Uap) PLTGU Sengkang.

Penggabungan antara sistem turbin gas dan sistem turbin uap pada perencanaan PLTGU Sengkang dapat mencapai efisiensi thermal menjadi 48,6 % dibandingkan dengan efisiensi dari turbin gas sendiri sebesar 32,26 % untuk daya 45204,67 kW atau sistem turbin uap sebesar 31,3 % untuk daya 45859,47 kW. Hal ini dimungkinkan karena supply bahan bakar sebesar 280200 kW (2 unit) hanya dilakukan pada unit turbin gas. (2 unit) dan kemudian gas buang yang bertemperatur 531°C Yang kemudian bereksipansi menggerakkan turbin uap dengan daya sebesar 45859,47 kW.

Dengan demikian temperatur gas buang yang masih tinggi dari turbin gas justru menjadi faktor utama dalam perencanaan sebuah instalasi pembangkit daya gabungan (Combine Cycle) sekaligus mempengaruhi tingkat efisiensi dari siklus secara keseluruhan. Lebih jelas dari perhitungan diperoleh informasi sebagai berikut:

- Keluaran daya turbin gas (2 unit) 90409,34 kW
- Keluaran daya turbin uap (dari 2 unit HRSG) 45849,47 kW
- Supply kalor pada ruang bakar turbin gas (2 unit) 280200 kJ/s
- Efisiensi thermal turbin gas sendiri 32,26 %
- Efisiensi thermal turbin uap sendiri 31,3 %
- Efisiensi thermal siklus gabungan 48,6 %

Pada data diatas diperlihatkan bahwa peningkatan efisiensi dari siklus combine cycle pada tinjauan gas buang berbeda dengan peningkatan efisiensi dari turbin sendiri, dimana pada sebuah instalasi PLTG diharapkan temperatur gas buang tidak terlalu tinggi untuk meningkatkan efisiensi sementara pada sistem gabungan atau instalasi PLTGU temperatur gas buang yang tinggi mampu meningkatkan efisiensi thermal secara keseluruhan.

B. Generator

PLTGU- Sengkang menggunakan 3 buah generator sebagai pembangkit yang dioperasikan untuk melayani beban penuh. PLTGU ini berfungsi untuk memikul beban besar, yang bekerja secara penuh sepanjang hari dan sepanjang tahun.

Dari data spesifikasi yang ada pada lampiran maka kita dapat menghitung :

a. Jumlah Kutub Generator

- Untuk Generator yang dibangkitkan turbin Gas
- $$f = \frac{p}{2} \times \frac{n}{60} = \frac{p \cdot n}{120}$$
- $$P_G = \frac{120 \cdot f}{n}$$

dimana diketahui dari data PLTGU Sengkang didapatkan

$f = 50 \text{ Hz}$

$n_{G1} = 3000 \text{ rpm}$

$n_{G2} = 3000 \text{ rpm}$

$$n_{G3} = 3000 \text{ rpm}$$

- n_{G1} jumlah kutubnya yaitu :

$$P_{G1} = \frac{120 \cdot f}{n_{G1}}$$

$$= \frac{120 \times 50}{3000}$$

$$= 2 \text{ (pasang)}$$

- n_{G2} jumlah kutubnya yaitu :

$$P_{G2} = \frac{120 \cdot f}{n_{G2}}$$

$$= \frac{120 \times 50}{3000}$$

$$= 2 \text{ (pasang)}$$

- n_{G3} jumlah kutubnya yaitu :

$$P_{G3} = \frac{120 \cdot f}{n_{G3}}$$

$$= \frac{120 \times 50}{3000}$$

$$= 2 \text{ (pasang)}$$

C. Proses Pembangkitan Energi Listrik PLTGU – Sengkang

Udara yang masuk dikompresor di kompresi kemudian dialirkan ke ruang. Berdasarkan data sistem pembangkit PLTGU Sengkang yang berkapasitas total 135 MW, PLTGU ini merupakan gabungan antara Pusat Listrik Tenaga Gas (PLTG) dan Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU), PLTGU ini terdiri dari 2 unit turbin gas yang masing-masing berkapasitas 45550 Kw atau 45 MW dan 1 unit turbin uap yang berkapasitas 45200 Kw atau 45 MW. Jika dipergunakan sistem Combine cycle (gabungan) antara PLTG dan PLTU maka efisiensi yang dihasilkan adalah sebesar 135 MW.

Suatu sistem kelistrikan yang besar ini terdiri atas beberapa generator yang bekerja atau berhubungan secara paralel atau saling ber-interkoneksi dengan pembangkit - pembangkit yang lain yang ada di Sulawesi- Selatan.

Sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Gas ini terdiri dari sebuah kompresor, ruang pembakaran, turbin gas dan generator listrik.

Pembakaran bersamaan dengan bahan bakar yang disulut. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar gas alam. Gas alam ini diperoleh dari proyek Perusahaan Gas Alam terpadu yang ada di Desa Gilireng Kampung Baru wajo yang disalurkan melalui pipa besar ke Pembangkit listrik Energi Sengkang.

Gas terkembang dan memiliki suhu dan tekanan yang tinggi ini dimasukkan ke dalam turbin gas hingga turbin berputar yang pada gilirannya menggerakkan generator.

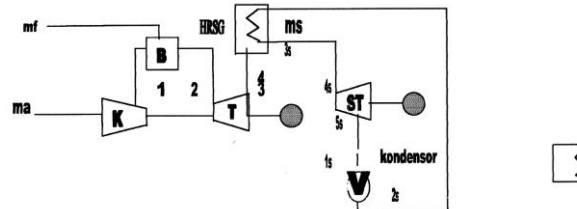
Turbin gas bekerjanya atas dasar prinsip siklus tenaga gas, Bryton atau Joule yang merupakan suatu proses standar siklus udara pada Turbin Gas.

Kedua jenis gas turbin ini merupakan gas turbin yang ramah lingkungan tanpa menimbulkan polusi udara, gas buang (exhaust) dari unit pembangkit ini masing-masing dihubungkan pada ketel uap (HRSG) untuk dimanfaatkan pada proses penguapan, mengingat gas buang ini masih memiliki enthalpy yang tinggi yang temperaturnya masih berkisar 531°C

Kedua unit turbin gas (gas buangnya) dihubungkan dengan masing-masing ketel yang terdiri dari ekonomiser, evaporator dan superheter. Uap kering yang keluar dari masing-masing ketel disatukan sehingga laju aliran massa uap yang kemudian diekspansikan kedalam turbin uap menjadi 2 kali lipat. Pembangkit tenaga uap ini berkapasitas sebesar 45200 kW (45 MW).

Sumber air untuk turbin uap ini diambil dari sungai Cenrana'e dengan proses penjernihan dan pengolahan yang berteknologi tinggi sehingga sama sekali tidak menghasilkan limbah sebelum dialirkan kembali ke sungai.

D. Proses Penggabung (Combine Cycle)



Gambar 1. Instalasi Gabungan Gas - Uap sederhana (combine cycle)

Gambar diatas memperlihatkan contoh instalasi gabungan sederhana dimana satu unit turbin gas yang digabungkan dengan satu unit turbin uap.

Proses Penggabungan (Combine Cycle) adalah proses penggabungan antara Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) dan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).

Gas buang (exhaust) dari unit pembangkit tenaga gas ini masing-masing dihubungkan pada ketel / boiler atau Heat Recovery Steam Generator (HRSG) untuk dimanfaatkan pada proses penguapan mengingat gas buang ini masih memiliki enthalpy yang tinggi yang temperaturnya berkisar 531 °C

Energi gas buang hasil pembakaran bahan bakar tersebut yang dimanfaatkan untuk memanaskan dan menguapkan air dalam ketel (HRSG) sehingga menghasilkan uap kering (super heat) yang selanjutnya dipakai untuk memutar turbin dan membangkitkan listrik lagi.

Instalasi Gabungan (Combine Cycle) antara turbin gas dan uap dengan menghubungkan dua unit ketel dan turbin uap pada saluran gas buang dari 2 unit turbin gas, memiliki fleksibilitas yang tinggi guna memenuhi kebutuhan beban yang bervariasi setiap hari.

Antara ketel dan saluran gas buang terdapat bay pass stack yang berfungsi membuka saluran buang jika turbin gas akan dioperasikan secara terbuka (open cycle). Untuk kebutuhan beban (45 MW), maka tentunya 1 unit instalasi turbin gas ($P = 45,2$ MW) dapat dioperasikan sendiri secara terbuka sehingga gas buang keluar, melalui bay pass stack, sementara untuk beban dasar dibawah daya tersebut diatas dapat dilakukan dengan mengurangi laju aliran masa udara masuk kompressor.

Pada kebutuhan untuk beban sedang yang tinggi (misalnya 135 MW) atau di atas beban maksimum dari 2 turbin gas (sekitar 90 MW) maka tentunya sistem harus dioperasikan secara gabungan (Combine Cycle) dengan menghubungkan langsung saluran gas buang dengan ketel untuk produksi uap .

Untuk memperoleh fleksibilitas pengoperasian dan keandalan yang baik maka konfigurasi PLTGU umumnya terdiri dari 2 turbin gas + 2 ketel uap (HRSG) + 1 Turbin Uap atau 3 Turbin Gas + 3 Ketel Uap (HRSG) + 1 Turbin Uap.

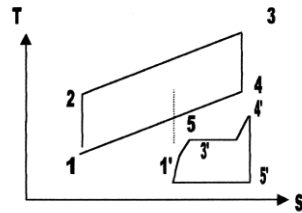
Konfigurasi sistem gabungan tersebut memiliki keuntungan bila salah satu turbin gas tidak beroperasi karena pemeliharaan atau gangguan maka sistem tersebut masih dapat beroperasi dengan beban lebih rendah (partial load).

Uap bekas yang telah berekspansi di dalam turbin kemudian dikondensasikan dengan memanfaatkan air sungai sebagai media pendingin dan selanjutnya dipompakan kembali sebagai air pengisi ke masing-masing ketel.

Sumber air untuk turbin uap diperoleh dari sungai cenrana'e dengan proses penjernihan dan pengolahan berteknologi tinggi sehingga sama sekali tidak menghasilkan

limbah sebelum dialirkan kembali ke sungai.

Di bawah ini akan dijelaskan tentang proses pengkombinasian (Combine Cycle) dalam diagram T – S



Gambar 2 Diagram T- S siklus gabungan (combine cycle)

Gambar diagram T - S dari siklus gabungan diperlihatkan dimana pada titik 1-2 merupakan proses pengisapan dan pemampatan udara atmosfer oleh kompresor, titik 2-3 merupakan proses pembakaran dimana udara yang bertekanan dan bertemperatur cukup tinggi dimasukkan kedalam ruang bakar untuk selanjutnya mengalami proses pembakaran sehingga menghasilkan gas dengan temperatur dan tekanan yang sangat tinggi, titik 3-4 adalah langkah ekspansi dimana gas pembakaran berekspansi untuk menggerakkan turbin, titik 4-5 adalah proses pengeluaran kalor atau gas buang yang sekaligus merupakan proses penyerapan kalor oleh fluida air menuju ke fase uap dari titik 2s-3s-4s, titik 4s-5s merupakan langkah ekspansi uap menggerakkan turbin pada instalasi uap, titik 5s-1s adalah proses pelepasan kalor dalam kondensor, sementara 1s-2s merupakan proses pemompaan fluida air untuk selanjutnya masuk kedalam ketel.

1. Prinsip Kerja

Sistem utama PLTG terdiri dari kompresor, ruang bakar, turbin dan generator. Udara luar ditekan dengan kompresor yang umumnya dikopel/diputar langsung dengan turbin gas untuk memperoleh jumlah oksigen guna keperluan pembakaran. Udara yang telah dikompresikan tersebut selanjutnya dipergunakan untuk membakar bahan bakar dalam ruang bakar (Combustion- Chamber). Gas hasil pembakaran diekspansikan melalui sudu turbin gas sehingga menghasilkan momen putar pada poros turbin gas. Momen tersebut dipergunakan untuk memutar kompresor dan generator. Gas buang setelah berekspansi dalam turbin terbuang keluar dengan temperatur yang masih cukup tinggi (450 - 550 ° C).

Dap kering (Super Heat) yang dihasilkan dari ketel gas buang selanjutnya dipergunakan untuk memutar turbin uap. Setelah di ekspansikan dalam turbin uap, uap kering menjadi uap jenuh (basah) agar uap terbuang, uap tersebut dikondensasikan dalam kondensor yang didinginkan dengan air pendingin, untuk dipompakan kembali kedalam ketel gas buang.

E. Efisiensi Termal

Berdasarkan proses kerja dari sistem kombinasi diatas maka efisiensi thermal dari siklus gabungan dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$\eta_{nc} = \frac{P_{gt} + P_{st}}{Q_{gt}} \times 100\%$$

Dimana :

η_{nc} = Efisiensi Thermal.

P_{gt} = daya yang dihasilkan oleh Turbin Gas (kW).

P_{st} = Daya yang dihasilkan oleh Turbin Uap (kW).

Q_{gt} = Pemasukan kalor pada Turbin Gas (kJ/s).

Sementara jika sistem menggunakan pembakaran tambahan (supplementary firing) maka efisiensi thermal dapat diketahui dari persamaan:

$$\eta_c \frac{P_{gt} + P_{st}}{Q_{gt} + Q_{sf}} = \eta \times 100\%$$

Dimana :

Q_{sf} = Pemasukan kalor pada pembakaran tambahan (kJ/s)

F. Perhitungan Turbin Gas

1. Laju Aliran Massa Bahan bakar

Laju aliran massa bahan bakar yang di supply pada ruang bakar dari unit turbin gas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dari kalor hasil pembakaran:

$Q_f = m \cdot \text{LHV}$ kJ/s.

KESIMPULAN

Dan hasil pembahasan diatas maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Suatu sistem Combine cycle yang ada di PLTGU-Sengkang yaitu perpaduan antara Pusat Listrik Tenaga Gas dan Pusat listrik Tenaga Uap yang mana Gas buang yang meninggalkan turbin gas yang masih mempunyai temperatur suhu yang tinggi (531°C) dipakai untuk memanaskan air di ketel uap yang mana menghasilkan uap dan dipakai untuk memutar turbin uap sehingga membangkitkan listrik lagi.
- Besarnya Daya yang dihasilkan oleh Turbin Gas dan Uap yang terdiri dari 2 unit turbin gas yang masing-masing berkapasitas 45550 kW (45 MW) dan satu unit turbin Uap yang berkapasitas 45200 kW (45 MW), sehingga daya totalnya adalah 136,3 MW (135 MW).
- Penggabungan antara instalasi turbin gas dan instalasi turbin uap sebagai suatu instalasi gabungan (Combine Cycle) dengan kapasitas total dayanya sebesar 136,3 MW (135 MW) pada PLTGU - Sengkang, akan mencapai efisiensi sebesar 48,6 % dibandingkan dengan efisiensi dari instalasi turbin gas sendiri sebesar 32,26 % dan efisiensi instalasi turbin uap sendiri sebesar 31,3 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Asi, Sunggono. (2021). Buku Pegangan Kerja Menangani Teknik Tenaga Listrik. Jakarta: CV. Aneka.
- Dietzel Fritz dan Dakso Srijono, Turbin Pompa dan Kompresor, Edisi kedua. Erlangga, Jakarta, (2021)
- Fitzgerald, A.E dkk. (2020). Dasar-Dasar Elektro Teknik. Jakarta : Erlangga.
- Ir. M J. Djoko Setyarjo, Ketel Uap Edisi kedua, PT. Pradnya Paramita, Jakarta (2021).
- Hicks Edwards, Teknoloqi Pemakaian Pompa Penerbit Erlangga, (2020).
- Ir. Hamzah. Ibrahim, Teknik Tenaga Listrik, Penerbit Andi offset, Yogyakarta, (2021).
- Pearce, Sir Leonard. Electric Power Station. Volume Two.
- Pusat Pendidikan dan Latihan Perusahaan Umum Listrik Negara. Relay Proteksi Peralatan Pembangkit. Jawa Barat.
- Rohl Kolhoyer (ABB), Combine Cycle Turbin Power Plant (1991).
- Suprianto, Studi Penerapan Sistem Refrigerasi Absorpsi PLTD, Penerbit STT-YPLN, (2021).
- Stevenson.Jr, William D. (2020). Analisis Sistem Tenaga Listrik. Jakarta : Erlangga.
- Zuhail, Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, 1993), Gramedia, Jakarta.
- Upload In VERTEX ELEKTRO UNISMUH MAKASSAR:
<https://journal.unismuh.ac.id/index.php/vertex/author/submission/12740>