



LAPORAN PENELITIAN

**PERBANDINGAN KINERJA SISTEM PENGAPIAN ELEKTRONIK
TIPE MAGNETO (AC) DAN TIPE BATTERY (DC) DITINJAU
DARI KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN EMISI
GAS BUANG PADA SEPEDA MOTOR**

Oleh :

**Beni Setya Nugraha, S.Pd.T.
Joko Sriyanto, MT.**

**DIBIAYAI OLEH PNBP UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
NOMOR 1331/d.J35.15/PNBP/PL/2006**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
TAHUN 2006**

**PERBANDINGAN KINERJA SISTEM PENGAPIAN ELEKTRONIK
TIPE MAGNETO (AC-CDI) DAN TIPE BATTERY (DC-CDI) DITINJAU
DARI KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN EMISI
GAS BUANG PADA SEPEDA MOTOR**

Beni Setya Nugraha, S.Pd.T.

Joko Sriyanto, MT.

(Dosen Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif F.T. UNY)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja sistem pengapian AC-CDI dengan sistem pengapian DC-CDI pada sepeda motor. Perbandingan kinerja sistem pengapian ditinjau dari penurunan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang dihasilkan. Sehubungan dengan hal tersebut tujuan khusus penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan kinerja sistem pengapian AC-CDI dan DC-CDI ditinjau dari efisiensi konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang dihasilkan pada sepeda motor.

Masalah-masalah penelitian di atas dicari jawabnya dengan dilakukan penelitian eksperimen. Penelitian ini dilaksanakan di Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif FT UNY. Metode pengumpulan data dilakukan dengan mengukur parameter-parameter yang telah ditentukan, dan mencatat hasil pengukuran dalam lembar observasi yang telah dipersiapkan. Data yang terkumpul kemudian dianalisis menggunakan analisis statistik deskriptif kuantitatif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara keseluruhan sistem pengapian DC-CDI mampu memperbaiki kinerja motor pada putaran rendah hingga menengah dalam hal meningkatkan efisiensi pemakaian bahan bakar dan menurunkan kadar emisi gas buang karbon monoksida dan hidrokarbon yang dihasilkan, dibandingkan sepeda motor yang menggunakan sistem pengapian AC-CDI.

Kata kunci : sistem pengapian, konsumsi bahan bakar, emisi gas buang.

Pendahuluan

Sepeda motor merupakan alat transportasi yang paling efektif untuk masyarakat Indonesia, selain harganya terjangkau sepeda motor dapat digunakan di berbagai medan jalan. Setiap tahun, populasi sepeda motor di Indonesia meningkat pesat. Tahun 2003, populasi sepeda motor mencapai 18 juta unit (www.kompas.com) dan terus meningkat pesat hingga pada tahun 2006 tercatat sekitar 35 juta unit (www.bisnis.com). Peningkatan populasi kendaraan yang sangat pesat tersebut menimbulkan masalah nasional yang sangat krusial, yaitu polusi udara serta krisis bahan bakar mineral (minyak bumi). Indonesia yang saat ini dikenal sebagai salah satu negara pengekspor minyak bumi diperkirakan akan mengimpor bahan bakar minyak pada 10 tahun mendatang, karena produksi dalam negeri tidak dapat lagi memenuhi permintaan pasar yang meningkat dengan cepat.

Masalah polusi udara di kota-kota besar, kontribusi gas buang kendaraan bermotor sebagai sumber polusi udara mencapai 60-75 persen. Sementara kontribusi gas buang dari cerobong asap industri hanya berkisar 10-15 persen, sisanya berasal dari sumber pembakaran lain, misalnya dari rumah tangga, pembakaran sampah, kebakaran hutan, dan lain-lain. Polusi udara saat ini sudah menunjukkan tingkat yang memprihatinkan dan polusi tersebut sebagian besar disebabkan oleh penggunaan kendaraan bermotor.

Secara garis besar, polusi udara yang diakibatkan oleh kendaraan bermotor bersumber dari : (a) polusi yang berasal dari penguapan bahan bakar sebesar 20%, (b) polusi yang berasal dari blow by gas sebesar 20%, dan (c) polusi yang berasal dari emisi gas buang sebesar 60%. Tingginya emisi gas buang pada kendaraan bermotor (motor bensin) disebabkan oleh tidak sempurnanya proses pembakaran di dalam silinder sehingga dihasilkan gas dan partikel sisa pembakaran atau emisi gas buang yang mengandung unsur polutan yang berbahaya bagi kesehatan.

Permasalahan polusi udara yang disebabkan oleh emisi kendaraan bermotor khususnya sepeda motor serta masalah krisis bahan bakar mineral mendorong usaha perlunya mencari terobosan baru untuk mengantisipasi masalah tersebut. Tujuan dari semua itu adalah untuk meningkatkan efisiensi kerja motor guna

mengatasi masalah yang ada. Efisiensi kerja motor ditengarai oleh beberapa indikator : (1) efektif; yaitu dapat bekerja dengan baik dan tepat (akurat) menurut spesifikasi yang ditentukan oleh pabriknya, (2) efisien; mampu menghasilkan tenaga yang optimal dengan kerugian yang sekecil-kecilnya, dan (3) ekonomis; terkait dengan konsumsi bahan bakar. Efisiensi kerja motor dalam sebuah motor bensin sangat dipengaruhi oleh keberlangsungan proses pembakaran. Proses pembakaran yang ideal akan mengoptimalkan kerja motor sehingga meningkatkan efisiensi pemakaian bahan bakar dan menyisakan sedikit emisi gas buang. Proses pembakaran di dalam silinder dipengaruhi banyak faktor, diantaranya : sistem pengapian, tekanan kompresi, konstruksi ruang bakar, mekanisme katup, bahan bakar, perbandingan campuran bahan bakar dan udara.

Industri otomotif terus berbenah dan telah mengalami kemajuan yang pesat. Teknologi otomotif terus mengalami perkembangan menuju kesempurnaan. Adanya kemajuan yang cukup pesat dimana teknologi elektronika diaplikasikan ke dalam teknologi otomotif diharapkan dapat memperbaiki kinerja sistem-sistem yang mendukung proses kerja motor. Salah satu aplikasi teknologi elektronika adalah penggunaan sistem pengapian elektronik CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) sebagai pengganti sistem pengapian konvensional. Pada motor bensin, sistem pengapian diperlukan untuk menghasilkan loncatan bunga api pada busi untuk menyalakan campuran bahan bakar dan udara yang telah dikompresikan oleh piston di dalam silinder. Agar campuran bahan bakar terbakar dengan sempurna, diperlukan suatu mekanisme sistem pengapian yang mampu melayani kebutuhan mesin pada setiap putaran mesin secara berkesinambungan. Sistem pengapian (bunga api busi) yang kuat dan akurat akan mampu membakar campuran bahan bakar secara sempurna dan tepat pada waktu yang diperlukan sehingga dihasilkan output tenaga mesin yang optimal dengan penggunaan bahan bakar yang efisien (hemat), dan dimungkinkan menyisakan emisi gas buang yang rendah.

Sistem pengapian CDI merupakan sistem pengapian elektronik yang bekerja dengan memanfaatkan pengisian (*charge*) dan pengosongan (*discharge*) muatan kapasitor. Proses pengisian dan pengosongan muatan kapasitor

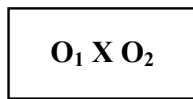
dioperasikan oleh saklar elektronik. Saat ini terdapat dua tipe sistem pengapian elektronik yang digunakan pada sepeda motor, yaitu : (1) sistem pengapian elektronik tipe magneto (AC-CDI), dan (2) sistem pengapian elektronik tipe baterai (DC-CDI).

Sistem pengapian AC-CDI memanfaatkan sumber tegangan yang didapat dari *alternator*, sehingga arus yang digunakan merupakan arus bolak-balik (AC). Tegangan yang dihasilkan alternator besarnya fluktuatif berdasarkan naik turunnya putaran (rpm) motor, pada putaran motor rendah tegangannya cenderung kecil dan akan naik seiring dengan bertambahnya putaran motor. Sistem pengapian DC-CDI merupakan tipe yang belakangan ini lebih banyak dikembangkan dibandingkan tipe AC. Sumber tegangan sistem pengapian DC-CDI diperoleh dari tegangan baterai (yang disupply oleh sistem pengisian) sehingga arus yang digunakan merupakan arus searah (DC). Tegangan baterai relatif stabil (tidak fluktuatif) pada setiap putaran motor, baik pada putaran rendah, putaran menengah maupun putaran tinggi.

Secara teoritis, kinerja sistem pengapian DC-CDI lebih unggul dibandingkan tipe AC-CDI, sistem pengapian bekerja lebih optimal, sehingga diharapkan proses pembakaran berlangsung lebih sempurna yang akan meningkatkan efisiensi bahan bakar (bahan bakar lebih ekonomis), tenaga yang dihasilkan lebih optimal, dan dimungkinkan mengurangi gas sisa hasil pembakaran (emisi gas buang lebih rendah). Berdasarkan beberapa persoalan yang telah diuraikan di atas, perlu dilakukan kajian mengenai pengujian kinerja sistem pengapian DC-CDI sebagai alternatif pengganti sistem pengapian AC-CDI dalam upaya peningkatan efisiensi bahan bakar dan pengurangan emisi gas buang pada sepeda motor.

Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja sistem pengapian DC-CDI dan sistem pengapian AC-CDI ditinjau dari efisiensi pemakaian bahan bakar dan emisi gas buang yang dihasilkan pada sepeda motor. Penelitian dirancang dalam format eksperimen, menggunakan desain *Pre-Experimental Designs*, dengan bentuk *One-Group Pretest-Posttest Design* (Sugiyono, 2003: 64). Desain penelitian dapat digambarkan sebagai berikut :



O_1 = Nilai *pretest* subyek mesin dengan sistem pengapian AC-CDI.

O_2 = Nilai *posttest* subyek mesin yang telah dimodifikasi dengan sistem pengapian DC-CDI.

X = *Treatment*.

Obyek penelitian adalah unit sepeda motor dengan sistem pengapian AC-CDI yang kemudian dimodifikasi menjadi tipe DC-CDI (selanjutnya disebut obyek eksperimen). Obyek pembanding adalah unit sepeda motor tersebut dalam keadaan standar (dengan sistem pengapian AC-CDI). Instrumen yang digunakan dalam untuk mengumpulkan data penelitian ini berupa lembar observasi, yaitu lembar observasi untuk mencatat data pengukuran konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang dihasilkan dari masing-masing sistem pengapian CDI yang digunakan.

Pengumpulan data dilakukan melalui metode eksperimen. Prosedur eksperimen yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Mempersiapkan obyek eksperimen (memodifikasi sistem pengapian menjadi DC-CDI, kemudian memanaskan obyek eksperimen hingga mencapai suhu kerja.
3. Melakukan pengujian terhadap parameter yang telah ditentukan.

Pengukuran emisi gas buang dilakukan dengan *Concentration Control Method*, yaitu mengukur konsentrasi emisi gas buang pada kondisi mesin

berputar idle dan sepeda motor tidak bergerak. Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut :

- a. Menghidupkan mesin,
- b. Menyetel putaran stasioner (1500 rpm) dan memanaskan mesin,
- c. Menghidupkan alat penguji emisi gas buang dengan mengikuti prosedur yang ditunjukkan pada alat,
- d. Memasukkan alat pengukur (*probe*) ke knalpot, kurang lebih 600 mm, kemudian menunggu sampai pembacaan alat ukur stabil,
- e. Mencatat hasil pengukuran emisi gas buang pada lembar observasi.

Pengukuran konsumsi bahan bakar dilakukan pada saat yang sama dengan saat pengukuran emisi gas buang, hal ini dimaksudkan agar diperoleh hasil pengukuran yang valid terkait dengan kondisi kerja mesin dan emisi yang dihasilkan. Pengukuran konsumsi bahan bakar dilakukan dengan cara menampung bahan bakar dalam buret, kemudian konsumsi bahan bakar diukur melalui pengurangan volume bahan bakar yang teramati pada skala buret selama periode waktu yang telah ditentukan.

4. Mencatat hasil pengukuran/pengujian dalam lembar observasi yang telah dipersiapkan.
5. Mempersiapkan obyek pembanding dengan cara mengembalikan kondisi obyek eksperimen pada kondisi standar (menggunakan sistem pengapian AC-CDI).
6. Mengulangi prosedur (3-4).

Demi menjaga validitas hasil-hasil pengujian, maka dilakukan teknik pengumpulan data sebagai berikut : (1) Pembacaan hasil pengukuran dilakukan oleh lebih dari satu orang untuk menghindari kesalahan pembacaan; dan (2) Proses pengujian dilakukan secara berulang-ulang untuk menghindari faktor kebetulan.

Hasil penelitian dianalisis secara deskriptif, dengan menghitung rerata dan menampilkannya ke dalam grafik. Sesuai dengan tujuan penelitian dan untuk menjawab hipotesis dari penelitian ini, teknik analisis data yang digunakan adalah

teknik statistik *one-way separated varians t-test*. Formula teknik statistik *one-way*

separated varians t-test (Sugiyono, 2003 : 197) adalah :
$$t = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Ketentuan yang berlaku adalah : (a) apabila t_{hitung} lebih besar daripada t_{tabel} ($t_{hitung} > t_{tabel}$) maka hipotesis alternatif (H_a) diterima, dan (b) jika t_{hitung} lebih kecil daripada t_{tabel} ($t_{hitung} < t_{tabel}$) maka hipotesis alternatif (H_a) ditolak.

Hasil dan Pembahasan

Seperti yang telah dikemukakan sebelumnya, tujuan penelitian ini untuk membandingkan kinerja sistem pengapian DC-CDI dengan sistem pengapian AC-CDI pada sepeda motor. Perbandingan kinerja ditinjau dari konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. Pengukuran terhadap konsumsi bahan bakar dalam satuan cc/menit, sedangkan emisi gas buang yang diukur adalah kadar *carbon monoksida* dan *hydrocarbon* (CO dan HC).

Pengambilan data konsumsi bahan bakar dilakukan dengan mengukur konsumsi bahan bakar menggunakan buret berdasarkan periode waktu yang telah ditentukan. Pengukuran konsumsi bahan bakar dilakukan pada sepeda motor dengan sistem pengapian DC-CDI, kemudian dilanjutkan dengan pengukuran konsumsi bahan bakar pada sepeda motor dengan sistem pengapian AC-CDI. Variasi putaran pengukuran adalah 1500, 2000, dan 2500 rpm. Pengukuran diulang sebanyak 3 kali, agar data yang diperoleh lebih teliti. Berdasarkan data hasil pengukuran, diperoleh efisiensi konsumsi bahan bakar pada sepeda motor dengan sistem pengapian DC-CDI dibandingkan dengan sistem pengapian AC-CDI pada semua rpm pengujian, dengan rincian sebagai berikut : (a) efisiensi konsumsi bahan bakar sebesar 6,780 % pada 1500 rpm; (b) efisiensi konsumsi bahan bakar sebesar 5,634 % pada 2000 rpm; dan (c) efisiensi konsumsi bahan bakar sebesar 4,651 % pada 2500 rpm. Data hasil pengukuran di atas menunjukkan bahwa penggunaan sistem pengapian DC-CDI memiliki pengaruh terhadap penurunan konsumsi bahan bakar pada semua rpm pengujian. Konsumsi bahan bakar pada obyek eksperimen (sepeda motor dengan sistem pengapian DC-

CDI) rata-rata berkurang dibandingkan konsumsi bahan bakar pada obyek pembandingan (sepeda motor dengan sistem pengapian AC-CDI).

Pengambilan data emisi gas buang dilakukan melalui pengukuran kadar emisi gas buang dengan alat pengukur emisi gas buang. Pengukuran emisi gas buang dilakukan pada sepeda motor dengan sistem pengapian DC-CDI, kemudian dilanjutkan dengan pengukuran emisi gas buang pada sepeda motor dengan sistem pengapian AC-CDI. Variasi putaran pengukuran adalah 1500, 2000, dan 2500 rpm. Pengukuran emisi gas buang diulang sebanyak 3 kali, agar data yang diperoleh lebih teliti. Berdasarkan data hasil pengukuran, diperoleh penurunan emisi gas buang CO dan HC pada sepeda motor dengan sistem pengapian DC-CDI dibandingkan dengan sistem pengapian AC-CDI pada semua rpm pengujian, dengan rincian sebagai berikut : (a) penurunan emisi gas buang CO sebesar 24,409 % dan penurunan emisi gas buang HC sebesar 22,454 % pada 1500 rpm; (b) penurunan emisi gas buang CO sebesar 20,477 % dan penurunan emisi gas buang HC sebesar 30,928 % pada 2000 rpm; dan (c) penurunan emisi gas buang CO sebesar 14,007 % dan penurunan emisi gas buang HC sebesar 19,493 % pada 2500 rpm. Data hasil pengukuran di atas menunjukkan bahwa penggunaan sistem pengapian DC-CDI memiliki pengaruh terhadap penurunan emisi gas buang CO dan HC pada semua rpm pengujian. Emisi gas buang CO dan HC pada obyek eksperimen (sepeda motor dengan sistem pengapian DC-CDI) rata-rata berkurang dibandingkan emisi gas buang CO dan HC pada obyek pembandingan (sepeda motor dengan sistem pengapian AC-CDI).

Hipotesis dari penelitian ini adalah hipotesis komparatif. Pengujian hipotesis dilakukan menggunakan *separated varians* atau *polled varians t-test*. Prosedur pengujian hipotesis adalah sebagai berikut : (a) Apabila varians data penelitian homogen ($\sigma_1^2 \leq \sigma_2^2$), maka untuk mencari t_{tabel} digunakan $db = n_1 + n_2 - 2$; (b) Apabila $n_1 = n_2$ dan varians tidak homogen, maka untuk mencari t_{tabel} digunakan $db = n_1 - 1$ atau $db = n_2 - 1$; (c) Jika harga t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} maka terdapat perbedaan signifikan pada penelitian (H_a diterima); (d) apabila harga t_{hitung} lebih kecil dari t_{tabel} maka pada penelitian ini tidak terdapat perbedaan

yang signifikan (H_a ditolak); dan (e) Taraf signifikansi pada t_{tabel} ditentukan sebesar 5 %.

Berdasarkan hasil analisis data, diketahui bahwa pada semua rpm pengujian terdapat perbedaan konsumsi bahan bakar yang signifikan antara obyek eksperimen dengan obyek pembanding. Uji signifikansi dilakukan dengan menggunakan *separated varians t-test*, dengan taraf signifikansi 5 %. Hasil uji-t menunjukkan bahwa $t_{hitung} > t_{tabel}$ pada semua rpm pengujian (1500, 2000, dan 2500 rpm). Dengan demikian hipotesis alternatif (H_a) diterima pada semua rpm pengujian. Kesimpulan yang diperoleh, penggunaan sistem pengapian DC-CDI menurunkan konsumsi bahan bakar pada putaran rendah hingga menengah (diuji pada 1500, 2000, dan 2500 rpm) dibandingkan penggunaan sistem pengapian AC-CDI.

Hasil analisis data emisi gas buang CO menunjukkan bahwa pada semua rpm pengujian (1500, 2000, dan 2500 rpm) terdapat perbedaan emisi gas buang CO yang signifikan antara obyek eksperimen dengan obyek pembanding. Uji signifikansi dilakukan dengan menggunakan *separated varians t-test*, dengan taraf signifikansi 5 %. Hasil uji-t menunjukkan bahwa $t_{hitung} > t_{tabel}$ pada semua rpm pengujian. Dengan demikian pada semua rpm pengujian hipotesis alternatif (H_a) diterima. Kesimpulan yang diperoleh, penggunaan sistem pengapian DC-CDI menurunkan emisi gas buang CO pada rpm rendah hingga menengah (diuji pada 1500, 2000, dan 2500 rpm) dibandingkan penggunaan sistem pengapian AC-CDI.

Hasil analisis data emisi gas buang HC menunjukkan bahwa pada semua rpm pengujian (1500, 2000, dan 2500 rpm) terdapat perbedaan emisi gas buang HC yang signifikan antara obyek eksperimen dengan obyek pembanding. Uji signifikansi dilakukan dengan menggunakan *separated varians t-test*, dengan taraf signifikansi 5 %. Hasil uji-t menunjukkan bahwa $t_{hitung} > t_{tabel}$ pada semua rpm pengujian. Dengan demikian pada semua rpm pengujian hipotesis alternatif (H_a) diterima. Kesimpulan yang diperoleh, penggunaan sistem pengapian DC-CDI menurunkan emisi gas buang HC pada putaran rendah hingga putaran menengah (diuji pada 1500, 2000, dan 2500 rpm) dibandingkan penggunaan sistem pengapian AC-CDI.

Secara keseluruhan, berdasarkan data pengukuran dan pengujian dapat disimpulkan bahwa penggunaan sistem pengapian DC-CDI pada sepeda motor mampu meningkatkan kinerja proses pembakaran pada putaran rendah hingga putaran menengah. Peningkatan kinerja proses pembakaran ditinjau dari penurunan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang dihasilkan.

Simpulan

Berdasarkan uraian hasil dan pembahasan penelitian yang disampaikan, maka dapat disimpulkan :

1. Penggunaan sistem pengapian DC-CDI menurunkan konsumsi bahan bakar pada semua rpm pengujian (1500, 2000, dan 2500 rpm) dibandingkan penggunaan sistem pengapian AC-CDI. Berdasarkan hasil tersebut disimpulkan bahwa kinerja sistem pengapian DC-CDI pada putaran rendah hingga menengah lebih baik dibandingkan kinerja sistem pengapian AC-CDI, ditinjau dari penurunan konsumsi bahan bakar.
2. Penggunaan sistem pengapian DC-CDI menurunkan emisi gas buang CO pada semua rpm pengujian (1500, 2000, dan 2500 rpm) dibandingkan penggunaan sistem pengapian AC-CDI. Berdasarkan hasil tersebut disimpulkan bahwa kinerja sistem pengapian DC-CDI pada putaran rendah hingga menengah lebih baik dibandingkan kinerja sistem pengapian AC-CDI, ditinjau dari penurunan emisi gas buang CO.
3. Penggunaan sistem pengapian DC-CDI menurunkan emisi gas buang HC pada semua rpm pengujian (1500, 2000, dan 2500 rpm) dibandingkan penggunaan sistem pengapian AC-CDI. Berdasarkan hasil tersebut disimpulkan bahwa kinerja sistem pengapian DC-CDI pada putaran rendah hingga menengah lebih baik dibandingkan kinerja sistem pengapian AC-CDI, ditinjau dari penurunan emisi gas buang HC.

Daftar Pustaka

- Anonim. (1994). *Pengantar teknologi motorbakar bensin*. Yogyakarta : Honda & ATC FPTK IKIP Yogyakarta.
- Anonim. (tt). *Yamaha technical academy*. Jakarta : Yamaha Training Division.
- B.P.M. Arends., H. Berenschot. (1994). *Motor bensin*. Jakarta : Erlangga.
- H. Schuring & J. Alserda. (1982). *Teknik kendaraan bermotor II*. Bandung : Binacipta.
- Heywood, John B. (1988). *Internal combustion engine fundamentals*. Singapore: McGraw-Hill International Edition.
- Nakoela Soenarto & Shoichi Foruhama. (1995). *Motor serba guna*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- Obert., F. Edward. (1973). *Internal combustion engines and air polution*. New York : Harper & Row Publisher.
- Sugiyono. (2003). *Metode penelitian bisnis*. Bandung : Alfabeta.
- Sugiyono. (2003). *Statistika untuk penelitian*. Bandung : Alfabeta.
- Wardan Suyanto, Dr., M.A. (1989). *Teori motor bensin*. Jakarta : Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.