



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**STUDI KARAKTERISTIK DAN STRUKTUR MIKRO MATERIAL  
*CONNECTING ROD YAMAHA F1ZR 110 CC***

**TUGAS AKHIR**

**M. RADHITYO TRI ARDI NUGROHO  
L2E 308 022**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**SEMARANG**


**2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : M. Radhityo Tri Ardi N

NIM : L2E 308 022

Tanda Tangan : 

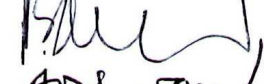
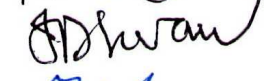

Tanggal : Juni 2011

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
NAMA : M. Radhityo Tri Ardi Nugroho  
NIM : L2E 308 022  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Studi Karakteristik dan Struktur Mikro  
*Connecting Rod* Yamaha F1ZR 110 cc

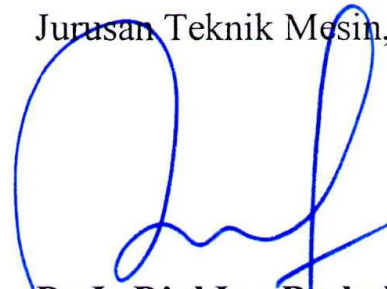
**Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.**

### TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Ap. Bayuseno, MSc (  )  
Penguji : Dr. Joga Dharma S, MSc (  )  
Penguji : Dr. Rusnaldy, ST, MT (  )

Semarang, Juni 2011

Ketua  
Jurusan Teknik Mesin,



**Dr.Ir.Dipl Ing Berkah Fajar TK.**

NIP. 195907221987031003

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : M. Radhityo Tri Ardi Nugroho  
NIM : L2E 308 022  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya dan Dr. Ir. Ap. Bayuseno, MSc sebagai pembimbing saya yang berjudul :

### **“Studi Karakteristik dan Struktur Mikro *Conneting Rod* Yamaha F1ZR 110 cc”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya dan Dr. Ir. Ap. Bayuseno, MSc sebagai pembimbing saya selama tetap mencantumkan nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang  
Pada Tanggal : 29 Maret 2011

Yang menyatakan



( **M. Radhityo Tri Ardi N** )

## HALAMAN PERSEMBAHAN

TUGAS AKHIR INI SAYA PERSEMBAHKAN UNTUK  
KEDUA ORANG TUA KU  
YANG SELALU MEMBERIKAN YANG TERBAIK  
TANPA PERNAH MENUNTUT APAPUN DARIKU

## ABSTRAKSI

Dalam perkembangan teknologi bahan khususnya dalam bagian permesinan automotif seperti piston, *connecting rod*, *crank pin* dan *crank shaft* merupakan komponen yang selalu bekerja. Pemilihan material untuk suatu komponen ataupun struktur umumnya menyangkut beberapa aspek, yaitu: aspek kekuatan spesifik, kekakuan, ringan, tidak korosif dan ketahanan atau umur material. Aspek tersebut perlu diperhatikan baik pada saat pembuatan maupun setelah jadi komponen dan struktur tersebut beroperasi dan mengalami pembebanan. Untuk itu, penulis melakukan pengujian dan analisa pada material *connecting rod*.

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan dan pengujian struktur mikro. Pengujian komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui komposisi dari material *connecting rod*. Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan setiap bagian dari material *connecting rod*. Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui jenis struktur mikro pada material *connecting rod*. Setelah mendapatkan hasil pengujian kemudian dilakukan analisa hasil.

Berdasarkan uji komposisi kimia, *connecting rod* terbuat dari baja SAE 1020 yang mempunyai kandungan carbon antara 0,18% - 0,23%. Menurut Tabel Mechanical Properties SAE 1020 baja ini mempunyai nilai kekerasan 117 HV. Setelah dilakukan pengujian kekerasan, bagian luar *connecting rod* mempunyai nilai kekerasan 81,4 HRA (697 HV). Hal ini karena dalam pembuatan *connecting rod* mengalami proses heat treatment . Berdasarkan uji struktur mikro, fasa pada material *connecting rod* yaitu pearlit dan ferrit. Berdasarkan hasil penelitian yang didapat dari beberapa pengujian, material ini sesuai dengan standar yang digunakan dan karakteristik tersebut dapat menahan beban kerja yang diterima.

Kata kunci : *connecting rod*, karakteristik, struktur mikro.

## ABSTRACT

*In the development of materials technology, especially in automotive engine parts such as pistons, connecting rods, crank pin and crank shaft a component that is always working. Selection of materials for a component or structure usually involves several aspects, there are aspects of specific strength, stiffness, lightweight, uncorrosive materials and resistance or age. These aspects need to be considered during manufacture or after the finished components and structures operate and at the time of loading. so, the author does material testing and analysis of the connecting rods.*

*This experiment is testing the chemical composition, hardness testing and microstructure testing. The chemical composition testing is used to know the material composition of connecting rods. Hardness testing to know the hardness of each part of the connecting rods material. The microstructure testing to know microstructure types of connecting rods material. After experiment results next to be done analysis results.*

*Based on the chemical composition test, crank pin is made of SAE 1020 steel which has a carbon content between 0.18% - 0.23%. According to Table Mechanical Properties SAE 1020 steel has a hardness value of 117 HV. After the hardness testing, the outside of the connecting rod has a value of 81.4 HRA hardness (697 HV). That because in the manufacture of connecting rods undergo a process of heat treatment. Based on the micro-structure testing, phase in the connecting rod material is pearlit and ferrite. Based on research results which obtained from several tests, this material an accordance with the standards used and the characteristics can withstand the work load.*

*Key word: connecting rod, characteristic, microstructure*

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah* , segala puji syukur penulis haturkan kehadirat Allah SWT, karena dengan taufik dan hidayah-Nya kita masih diberi kekuatan untuk menorehkan amal kebajikan untuk membuat hidup ini lebih bermakna, dan hanya karena izin Allah semata penulis dapat menyelesaikan penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Studi Karakteristik dan Struktur Mikro *Connecting Rod* Yamaha F1ZR 110cc”.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa terselesaikannya tugas akhir ini berkat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu dengan segenap rasa tulus dan segenap kerendahan hati penulis sampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Ir. AP. Bayuseno, MSc. selaku Dosen Pembimbing yang sudi meluangkan banyak waktu, pikiran, dan tenaga bagi penulis dalam menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan dan banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan penulisan ini.

Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya di lingkungan Jurusan Teknik Mesin UNDIP.

Semarang, Juni 2011

Penulis



## DAFTAR SIMBOL

|          |   |
|----------|---|
| A        | : Luas Area (cm <sup>2</sup> )                    |
| d        | : Diameter (cm)                                   |
| E        | : Modulus Elastisitas (Mpa)                       |
| F        | : Gaya (N)  |
| HB       | : <i>Hardness Brinell</i>                         |
| HR       | : <i>Hardness Rockwell</i>                        |
| HV       | : <i>Hardness Vickers</i>                         |
| HRC      | : <i>Hardness Rockwell Cone</i>                   |
| I        | : Inertia   |
| P        | : Tekanan Fluida Kerja (bahan bakar + udara)      |
| Pg       | : Tekanan (Kpa)                                   |
| Qm       | : Jumlah Kalor Yang Dimasukkan (hasil pembakaran) |
| V        | : Volume  |
| VL       | : Volume Langkah Torak                            |
| VS       | : Volume Sisa                                     |
| x        | : Panjang Poros Engkol (mm)                       |
| $\sigma$ | : Tegangan (Mpa)                                  |
| $\delta$ | : Defleksi (mm)                                   |

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                          | i    |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....        | ii   |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....                     | iii  |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b>     |      |
| <b>TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> ..... | iv   |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....                    | v    |
| <b>ABSTRAK</b> .....                                | vi   |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                         | viii |
| <b>DAFTAR SIMBOL</b> .....                          | ix   |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....                             | x    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                          | xiii |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....                           | xv   |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....                      | 1    |
| 1.1. Latar Belakang .....                           | 1    |
| 1.2. Tujuan Penelitian .....                        | 2    |
| 1.3. Batasan Masalah .....                          | 2    |
| 1.4. Metodologi Penelitian .....                    | 3    |
| 1.5. Sistematika Penulisan .....                    | 4    |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                | 5    |
| 2.1. Siklus Motor Bensin 2 Langkah .....            | 5    |
| 2.2. <i>Connecting Rod</i> .....                    | 10   |
| 2.3. Kekerasan Material .....                       | 15   |
| 2.3.1 Brinell .....                                 | 16   |
| 2.3.2 Rokwell.....                                  | 18   |
| 2.3.3 Vickers.....                                  | 22   |
| 2.3.4 Micro Hardness.....                           | 24   |
| 2.4. Mikrofografi .....                             | 24   |
| 2.5. Karakteristik Baja dan Paduannya .....         | 32   |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.5.1 Baja S35C dan S25C.....                         | 34        |
| 2.5.2 Baja SCM 440.....                               | 34        |
| 2.5.3 Diagram Fasa .....                              | 36        |
| 2.6. Analisa Tekanan pada <i>Connecting Rod</i> ..... | 39        |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>            | <b>42</b> |
| 3.1. Tahapan Penelitian .....                         | 42        |
| 3.2. Produk Bahan Uji .....                           | 43        |
| 3.3. Pengujian Bahan Uji .....                        | 43        |
| 3.3.1. Pengamatan Visual .....                        | 43        |
| 3.3.2. Pengujian Metalografi.....                     | 44        |
| 3.3.3. Pengujian Komposisi Kimia .....                | 46        |
| 3.3.4. Pengujian Kekerasan.....                       | 47        |
| <b>BAB IV ANALISIS DATA DAN HASIL PENGUJIAN .....</b> | <b>49</b> |
| 4.1. Analisa Perhitungan Tekanan .....                | 49        |
| 4.2. Pengamatan Visual <i>Connecting Rod</i> .....    | 54        |
| 4.3. Pengujian Komposisi Kimia .....                  | 56        |
| 4.4. Pengujian Metalografi .....                      | 61        |
| 4.5. Pengujian Kekerasan.....                         | 67        |
| 4.5. Analisa Perbandingan dan Penyelesaian.....       | 69        |
| <b>BAB V PENUTUP .....</b>                            | <b>71</b> |
| 5.1. Kesimpulan .....                                 | 71        |
| 5.2. Saran .....                                      | 71        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                           | <b>72</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>                                       |           |

## DAFTAR GAMBAR

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 2.1. | Skema Motor Bakar Torak.....   | 6  |
| Gambar 2.2. | Hubungan P dan V pada Proses Pembakaran.....   | 6  |
| Gambar 2.3. | <i>Connecting Rod</i> sepeda motor.....  | 10 |
| Gambar 2.4. | Penampang <i>Connecting Rod</i> .....  | 11 |
| Gambar 2.5. | Bagan Produksi <i>Connecting Rod</i> .....   | 14 |
| Gambar 2.6. | Pengujian <i>Brinell</i> .....   | 17 |
| Gambar 2.7. | Metode <i>Brinell</i> .....  | 18 |
| Gambar 2.8  | Prinsip kerja metode pengukuran kekerasan Rockwell.....  | 19 |
| Gambar 2.9  | Pengujian Rockwell.....  | 19 |
| Gambar 2.10 | Alat uji kekerasan Rockwell .....  | 20 |
| Gambar 2.11 | Pengujian Vickers .....  | 22 |
| Gambar 2.12 | Bentuk Indendor Vickers .....  | 23 |
| Gambar 2.13 | Macam-macam lekukan yang dihasilkan penumbuk instan.....   | 23 |
| Gambar 2.14 | Bentuk Indentor Knoop.....   | 24 |
| Gambar 2.15 | Struktur kubik pemusatan ruang logam .....   | 26 |
| Gambar 2.16 | Struktur kubik pemusatan sisi pada logam.....  | 27 |
| Gambar 2.17 | Struktur Kristal Hexagonal Closed Packed.....  | 27 |
| Gambar 2.18 | Diagram fasa Fe-C .....  | 37 |
| Gambar 3.1. | Tahapan Penelitian .....   | 42 |
| Gambar 3.2. | <i>Connecting Rod</i> .....  | 43 |
| Gambar 3.3. | <i>Connecting Rod</i> dengan penggunaan selama 7 tahun .....   | 43 |
| Gambar 3.4. | Diagram alir uji metalografi.....  | 44 |
| Gambar 3.5. | Alat Uji metalografi .....   | 45 |
| Gambar 3.6. | Alat Uji Spectrometri .....  | 46 |
| Gambar 3.7. | Skema Alat Uji Kekerasan .....   | 48 |
| Gambar 4.1. | <i>Connecting Rod</i> Baru dan Bekas .....   | 54 |
| Gambar 4.2. | Penampang Small End <i>Connecting Rod</i> yang di rangkai .....                                      | 55 |
| Gambar 4.3. | Struktur <i>Carburizing Connecting Rod</i> dan Baja .....  | 62 |
| Gambar 4.4. | Struktur Martensit Bagian Permukaan <i>Small End</i> (a) dan Struktur Martensite Pembanding (b)..... | 63 |

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Gambar 4.5.  | Struktur Bagian Dalam <i>Connecting Rod</i> .....  | 64 |
| Gambar 4.6.  | Struktur Mikro Baja SAE 1020.....  | 65 |
| Gambar 4.7.  | Proses <i>Carburizing</i> .....  | 66 |
| Gambar 4.8.  | Grafik Pengujian Kekerasan <i>Connecting Rod</i> .....   | 68 |
| Gambar 4.9.  | Grafik Pengaruh Waktu terhadap Suhu Tempepring .....   | 69 |
| Gambar 4.10. | Arah Tekanan dan kontak yang terjadi pada <i>Connecting Rod</i><br>dan Needle roller bearing ..... | 70 |

## DAFTAR TABEL

|            |  |    |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1. | Perbedaan motor 2 tak dan 4 tak.....               | 9  |
| Tabel 2.2. | Dimensi connecting rod sepeda motor 2 langkah..... | 11 |
| Tabel 2.3. | Komposisi Kimia Connecting Rod .....               | 12 |
| Tabel 2.4  | Mechanical Properties Baja SAE 1020.....           | 13 |
| Tabel 2.5  | Standar Uji Brinell .....                          | 18 |
| Tabel 2.6  | Skala Kekerasan Rockwell .....                     | 21 |
| Tabel 2.7  | Skala Superficial Rockwell.....                    | 22 |
| Tabel 2.8  | Berbagai macam struktur kristal .....              | 25 |
| Tabel 4.1. | Mechanical Properties Baja SAE 1020.....           | 53 |
| Tabel 4.2. | Hasil Uji Komposisi Kimia.....                     | 57 |
| Tabel 4.3. | Komposisi Kimia untuk Carbon .....                 | 58 |
| Tabel 4.4. | Mechanical Properties Baja SAE 1020.....           | 51 |
| Tabel 4.5. | Hasil Pengujian Kekerasan Connecting Rod .....     | 67 |