

PERANCANGAN MESIN POLES SERBA GUNA (MODIFIKASI CAMSHAFT/NOKEN AS)

Yuspian Gunawan¹, Jenny Delly²
La Sawaludin³, Samsul Murila⁴, La Ode Dedy Solihin⁵

^{3,4,5}Mahasiswa Program Studi D-III Teknik Mesin, Program Pendidikan Vokasi, UHO

^{4,5}Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo

Jl. H.E.A Mokodompit, Kampus Hijau Bumi Tridarma Andounohu, Kendari 93232

Abstrak

Perancangan mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft*). Modifikasi atau memapas *camshaft* dengan tujuan menambah atau memperlebar *camshaft* dan meningkatkan efisiensi volumetrik dan merubah karakter sebuah mesin, agar mesin menghasilkan tenaga yang lebih besar dan sesuai kebutuhan. Perancangan mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft*) dirancang untuk dapat bekerja dengan putaran yang disesuaikan dengan kebutuhan pada saat bekerja. Selain itu mesin ini dirancang tidak lagi menggunakan tenaga manusia sebagai penggerak utamanya melainkan dengan sebuah motor listrik. Hasil perancangan menghasilkan desain gambar kerja produk mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft*) meliputi gambar dudukan motor listrik, gambar dudukan pencekam *camshaft*, dan gambar sistem transmisi. Sumber penggerak mesin adalah motor listrik 1 HP (± 25 watt). Mesin modifikasi *camshaft* yang dihasilkan memiliki konstruksi yang kuat dan spesifikasi mesin berdimensi panjang 350 mm x lebar 250 mm x tinggi 230 mm dengan konstruksi dudukan terbuat dari profil L yaitu 250 x 170 x 90 mm.

Kata kunci : Perancangan, mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft*).

Abstract

Design of All-purpose polishing machines (modification camshaft) polishing camshaft with the purpose of increase or widen the camshaft and increase the volumetric efficiency and changed the character of a machine, in order for the machine to produces greater power and according to the needs. Design of All-purpose polishing machines (modification camshaft) designed to work with a round with the requirements at the time of work. In addition this engine designed no longer using human power as its main driving force but by an electric motor. The results of design generates a work product image design all-purpose polishing machines (modification camshaft) includes pictures, mounting an electric motor, picture holder dibble camshaft, and picture transmission system. Powerplant engine is electric motor 1 HP (± 25 watts). A modified camshaft engine has generated a strong construction and engine specifications dimensional length 350 mm x 250 mm width x height 230 mm with stand construction is made of profile L i.e. 250 x 170 x 90 mm.

Keywords: Design, of all-purpose polishing machines (modification camshaft).

1. Pendahuluan

Perkembangan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia sekarang ini mengalami peningkatan yang cukup tinggi. Ini terlihat dari data yang dikeluarkan oleh BPS yang bekerja sama dengan POLRI dimana jumlah kendaraan bermotor bertambah setiap tahunnya. Dibandingkan dengan kendaraan bermotor yang lain, sepeda motorlah yang mengalami peningkatan jumlah yang paling signifikan. Ini karena sepeda motor merupakan kendaraan bermotor yang mempunyai

nilai ekonomis yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan yang lain. Sepeda motor adalah kendaraan yang terbentuk oleh beberapa komponen penyusun, salah satunya yaitu *camshaft*. Seiring dengan bertambahnya jumlah sepeda motor di Indonesia, hal ini juga berpengaruh dengan bertambah majunya dunia otomotif khususnya *road race*. Dahulu yang mana kejuaraan *road race* masih jarang diadakan, sekarang ini banyak diadakan dimana-mana seperti *Indoprix*, *Yamaha cup race*, *Honda cup race* dan yang lain-lain. Didalam *road*

race dituntut motor dengan laju kecepatan yang tinggi dan ketahanan mesin yang bagus juga, namun sekarang ini para pembalap kurang puas dengan kemampuan standart pabrikan mesin sepeda motornya dan tidak sedikit dari mereka menginginkan untuk meningkatkan kemampuan unjuk kerja mesin sepeda motornya. Untuk meningkatkan kemampuan mesin tersebut para mekanik berlomba-lomba mendesain ulang komponen-komponen yang berhubungan dengan unjuk kerja mesinnya khususnya yang berhubungan dengan ruang pembakaran. Diantaranya adalah dengan cara memodifikasi atau merubah sudut *camshaft* dengan cara menggerindanya. *Camshaft* yang ada sekarang masih belum bisa memenuhi keinginan pembalap dan mekanik karena durasi *camshaft* yang dimiliki sekarang ini masih kecil sehingga tenaga mesin yang dihasilkan kecil, oleh karena itu perlu dirubah durasi *camshaft* agar mendapatkan tenaga mesin yang lebih besar. Proses penggerindaan *camshaft* yang ada sekarang ini menggunakan dua cara yaitu secara manual dan menggunakan alat/mesin gerinda *camshaft* buatan sendiri. Proses penggerindaan yang dilakukan secara manual yaitu proses penggerindaan yang menggunakan gerinda duduk saja dalam memodifikasi *camshaft*, proses ini hanya mengandalkan pengalaman dan kemahiran dari mekaniknya sehingga jika kemahiran mekaniknya kurang maka akan menghasilkan *camshaft* yang kurang baik. Sedangkan proses penggerindaan yang menggunakan alat/mesin buatan sendiri jika dibandingkan dengan yang dikerjakan secara manual jauh lebih baik karena kemahiran tidak terlalu berpengaruh, tetapi alat/mesin modifikasi *camshaft* yang ada sekarang ini memiliki beberapa kekurangan. Kekurangan

mesin yang ada sekarang ini yaitu masih terbatasnya *camshaft* yang bisa dikerjakan, harga mesin yang masih terlalu mahal, pergerakan dudukan *camshaft* yang hanya bisa ke samping saja dan lain-lain. Fungsi alat ini adalah kita dapat merubah durasi *camshaft* standar menjadi lebih besar derajatnya dalam hitungan derajat dari kruk as serta kita dapat menentukan *lift*. Mesin ini merupakan pengembangan dari mesin yang sudah ada sebelumnya.

Tujuan perancangan mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft*/noken as) sebagai berikut:

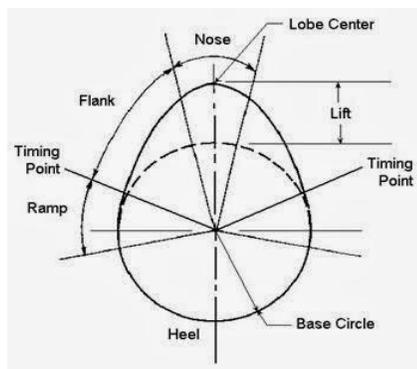
1. Untuk membuat desain dan konstruksi mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft*/noken as).
2. Untuk mengetahui spesifikasi mesin dan sistem transmisi yang digunakan mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft*/noken as).

2. Tinjauan Pustaka

Cam atau yang disebut dengan noken as adalah komponen penting pada motor 4 langkah yang berfungsi mengatur sirkulasi bahan bakar dengan udara yang masuk keruang bakar maupun mengatur gas hasil pembakaran keluar dari ruang bakar. *Cam* di desain berdasarkan 4 hal :

1. Sudut Durasi adalah waktu buka-tutup katup dalam 1 siklus kerja yang dihitung berdasarkan perubahan posisi poros engkol yang diukur dalam bentuk derajat.
2. *Lift* adalah tinggi angkatan katup dihitung dari posisi katup menutup sempurna sampai dengan posisi katup membuka *full* sempurna. Selisih dari hal tersebut adalah *lift* katup. Besar kecil *lift* katup ditentukan oleh diameter katup (0,32 dari D katup), perbandingan *rocker arm*, kualitas bahan katup dan pegas katup.

3. Profil adalah bentuk dari *cam*, yang membedakan antara *cam* satu dengan yang lainnya adalah dilihat dari *flank* dan *nose*.
4. *Lobe Separation Angle* (LSA) adalah jarak titik puncak tonjolan antara *cam in* dan *cam ex* yang diterjemahkan dalam bentuk sudut derajat poros engkol. Hal ini berhubungan dengan sudut *overlapping cam* motor. (Muhammad Mauludi Elma Raharja, 2016)

Gambar 1 *Lobe Separation Angle*

Camshaft

Camshaft/noken as merupakan salah satu mekanisme penggerak katup (*valve*). Di dalam motor empat langkah terdiri dari dua jenis katup, yaitu katub hisap (*intake valve*) dan katub buang (*exhaust valve*). Katub hisap berfungsi untuk mengatur aliran campuran udara dan bahan bakar masuk ke dalam silinder motor, sedangkan katub buang berfungsi untuk mengatur aliran gas buang ke luar dari silinder motor. Katup membuka dan menutup masing-masing satu kali setiap satu kali putaran *camshaft* dan dua kali putaran poros engkol (*crankshaft*). (Yoyok Drajat Siswanto, 2008).

Gambar 2 *Camshaft*

Bahan Camshaft

Bahan *camshaft* terbuat dari besi tuang yang dilapisi dengan *chrom* dan pada permukaannya dilakukan diproses pengerasan (*hardening*). Pengerasan bertujuan untuk meningkatkan ketahanan terhadap keausan ketika bergesekan dengan *rocker arm*, karena noken as harus mempunyai nilai ketahanan yang tinggi terhadap gesekan. (Supriyanto dan Zaini Abdillah 2011).

Cara Kerja Camshaft

Waktu pembukaan katup pada siklus ideal yaitu pada saat dimana piston di titik mati atas ataupun bawah, namun beberapa halangan menyebabkan mereka tidak mungkin membuka pada saat-saat tersebut, namun harus dibuka atau ditutup sebelum dan sesudah titik mati. Ada dua faktor utama yang menyebabkan yaitu mekanikal dan dinamik. Faktor mekanikal, katup-katup dibuka dan ditutup oleh mekanisme *cam* yang mana disana terdapat celah antara *cam*, *tappet* dan katup yang harus diangkat secara perlahan untuk menghindari keausan dan suara berisik, dengan alasan yang sama katup tidak boleh ditutup secara mendadak, atau akan terjadi *bouncing*, sehingga bentuk dari kontur harus sedemikian rupa sehingga tidak terjadi *bouncing*. Faktor dinamik, selain masalah mekanikal untuk membuka dan menutup katup maka yang diperhatikan disini adalah akibat aliran dinamik gas yang terjadi pada katup. Mendesain ulang *camshaft* standar diharapkan mampu meningkatkan efisiensi volumetris udara yang masuk ke ruang bakar dan meningkatkan tekanan kompresi di ruang bakar sehingga dapat memperbaiki kualitas pembakaran didalam ruang bakar. Kualitas

pembakaran yang lebih baik dapat meningkatkan unjuk kerja dan emisi gas buang menurun. (Firman Iffah Darmawangsa dan Bambang Sudarmanta, 2016).

Mesin Poles Serba Guna (Modifikasi *Camshaft*)

Mesin Modifikasai *Camshaft* adalah salah satu jenis alat tepat guna. Sesuai dengan namanya, mesin tersebut berfungsi sebagai alat untuk memodifikasi *camshaft* standar menjadi *camshaft racing*. Konsep dan cara kerja mesin tersebut memiliki persamaan dengan mesin gerinda yang telah ada sebelumnya, karena mesin tersebut sama-sama berfungsi untuk mengerinda atau mengikis benda. Harapannya adalah untuk menyesuaikan terhadap kebutuhan pasar. Pengembangan teknis suatu desain merupakan salah satu syarat utama keberhasilan sebuah produk dalam memenuhi kebutuhan konsumen. Upaya tersebut memerlukan beberapa langkah konstruktif yaitu: (Ibrahim Hasan, 2012).

Besi (*Iron*)

Besi (*iron*) merupakan salah satu unsur pembentuk bermacam-macam logam dan baja paduan. Dalam ilmu bahan teknik, besi memiliki peranan penting dalam sejarah teknologi. Kandungan biji besi berdasarkan presentasinya, terbagi menjadi empat macam dengan ciri yang berbeda pula. (Nukman dan Rheino Sadu Wijaya, 2008).

Wrought Iron

Wrought iron adalah besi yang mempunyai kemurnian besi mendekati 100%. Komposisi kimia bahan tersebut yaitu 99,5% - 99,9% besi; 0,02% karbon; 0,120% silikon; 0,018% sulfur, 0,02% fosfor; dan 0,07% kerak besi.

Bahan tersebut bersifat lunak, liat, dan tidak mampu menahan beban kejut secara tiba-tiba serta berlebihan. Kekuatan tarik *wrought iron* berkisar 2500-5000 Kg/cm² dan kekuatan tekannya 3000 Kg/cm². Bahan tersebut biasa digunakan pada pembuatan rantai (*chains*), *crane hooks*, *railway coupling*, pipa uap, dan pipa air. (Ibrahim Hasan, 2012)

Cast Iron

Cast iron merupakan paduan besi dan karbon. Kandungan karbon pada material ini bervariasi dari 1,7% sampai 4,5%. *Cast iron* juga mengandung sejumlah unsur lain, seperti silikon, mangan, fosfor, dan sulfur. Bentuk karbon yang terdapat dalam *cast iron* terdapat dua macam, yaitu karbon bebas yang dinamakan *graphite* dan gabungan karbon yang dinamakan *cementite*. (Ibrahim Hasan, 2012). *Cast iron* adalah material yang rapuh, tidak dapat digunakan untuk elemen mesin yang mengalami pembebanan kejut (*shock loaded*). Sifat-sifat yang membuatnya berharga adalah karena harganya murah, karakteristik coran yang baik, kekuatan kompresinya lebih tinggi dari pada tegangan tariknya. Variasi *cast iron* meliputi: *grey cast iron*, *mottled cast iron*, *White cast iron*, *malleable cast iron*, dan *alloy cast*.

Baja (*Steel*)

Baja (*steel*) adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,1% hingga 1,7% sesuai tingkatannya. Dalam proses pembuatan baja akan terdapat unsur-unsur lain selain karbon yang akan tertinggal di dalam baja seperti mangan (Mn), silikon (Si), kromium (Cr), vanadium (V), dan unsur lainnya.

Secara garis besar baja dibagi menjadi dua macam, yaitu baja karbon (*carbon steel*) dan baja paduan (*alloy steel*). (Arief Murtiono, 2012).

Baja Karbon

Baja karbon merupakan paduan besi dan karbon serta mengandung mangan, silikon, fosfor, dan sulfur dalam jumlah tertentu yang dapat diketahui. Apabila keempat unsur tersebut terdapat dalam jumlah normal, maka hasilnya adalah *plain carbon steel* atau baja karbon biasa. (Firdaus Habibi, 2010).

Baja Paduan (*Alloy Steel*)

Baja paduan adalah material *ferro* yang mengandung unsur-unsur paduan selain karbon seperti: *nikel (Ni)*, *khrom (Cr)*, *molibden (Mo)*, *mangan (Mn)*, atau *silisium (Si)* yang berjumlah minimal 5 %. Menurut Amstead (1993), bahwa baja paduan mempunyai paduan khusus karena sifatnya yang unggul dibandingkan dengan baja karbon.

Sifat Mekanis Logam

Sifat mekanis logam adalah kemampuan suatu logam untuk menahan beban yang diberikan pada logam tersebut. Pembebanan yang diberikan dapat berupa pembebanan statis (besar dan arahnya tetap), ataupun pembebanan dinamis (besar dan arahnya berubah). Yang termasuk sifat mekanis pada logam, antara lain: (Ahmad Fauzi, 2010).

1. Kekuatan bahan (*strength*)
2. Kekerasan (*hardness*)
3. Elastisitas
4. Kekakuan
5. Plastisitas
6. Kelelahan Bahan

3. Metode Penelitian

Penelitian Perancangan ini direncanakan pada bulan Februari-April 2017. Adapun tempat perancangan yang dilakukan pada perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft/noken as*) dilakukan di Bengkel Faris Motor 24.
2. Pengujian kerja mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft/noken as*) dilakukan di Bengkel Faris Motor 24.

Alat dan bahan yang digunakan :

Alat

Alat yang digunakan: Mesin bor tangan, mesin gerinda tangan, mata bor 12 & 10, meteran saku, palu kaca, kunci pas dan kunci L, obeng, tang, mesin las, dan elektroda las.

Bahan

Bahan yang digunakan: Dinamo air, Tombol Stop Kontak, Kabel listrik, Besi siku, Lahar, Aluminium bubut, Pulley, Baut dan mur, Ampelas kasar, Cat besi, Lem vox dan Fer.

Prosedur Pengerjaan

Prosedur pengerjaan dibuat untuk mempermudah pekerja dalam melakukan proses pembuatan produk yang menghasilkan produk sesuai dengan apa yang diinginkan. Dalam pembuatan alat mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft/noken as*) ini memiliki beberapa urutan pengerjaan yaitu :

1. Mendesain gambar
2. Pematangan bahan
3. Perakitan bahan



Gambar 3 Mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft*/noken as)

4. Hasil dan Pembahasan

Konstruksi mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft*) ditentukan atas berbagai pertimbangan sebagai berikut:

- Mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft*) tidak lagi menggunakan tenaga penggerak manusia sebagai penggerak utamanya melainkan diganti dengan tenaga motor listrik.
- Spesifikasi mesin yang ergonomis sehingga nyaman bagi operator dan mudah disesuaikan dengan ruang kerja atau ruang usaha yang kecil dan dapat dipindah tempatkan yang diperkirakan berdimensi panjang 350 mm x lebar 250 mm x tinggi 230 mm.
- Memiliki kecepatan putaran *pulley* yang dapat disesuaikan kebutuhan putaran pada saat bekerja.
- Mudah dalam pengoperasian, perawatan maupun pergantian suku cadang mesin.

Motor Listrik

Dengan pertimbangan kerja mesin agar berfungsi dengan maksimal dan ketersediaan motor listrik di pasaran, maka motor listrik yang digunakan adalah motor dengan daya 1HP.



Gambar 4 Motor listrik

Spesifikasi motor listrik yang digunakan adalah :

P	: 1 HP
N	: 1200 rpm
Output	: 25 Watt
Tegangan	: 110/220 V

Pulley

Pulley motor listrik merupakan salah satu elemen mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft*/noken as) yang berfungsi untuk melekatnya amplas sebagai pemoles *camshaft*/noken as. *Pulley* motor listrik ini melekat pada poros motor listrik dengan diameter 30 cm.



Gambar 5 *Pulley*

Pengoperasian Mesin Poles Serba Guna (Modifikasi *Camshaft*/Nokes As)

Proses pengoperasian mesin cukup mudah tanpa pengaturan yang sulit dipahami oleh operator. Mesin ini tidak menuntut pemakainya untuk harus mempunyai latar belakang pendidikan yang tinggi dan juga keahlian khusus untuk mengoperasikannya.



Gambar 6 Pengoperasian mesin poleserba guna

Memodifikasi *camshaft*/noken as atau yang lebih akrab dikenal dengan istilah papas *camshaft*/noken as bertujuan untuk meningkatkan efisiensi volumetrik dan merubah karakter sebuah mesin, agar mesin menghasilkan tenaga yang lebih besar dan sesuai kebutuhan. Pada umumnya mengorek noken as dari standar bertujuan untuk menambah atau memperlebar durasi *camshaft*/noken as dengan maksud agar bukaan klep menjadi lebih lama, sehingga pasokan campuran udara dan bahan bakar yang mengalir ke dalam silinder menjadi lebih banyak dan proses pembuangan sisa gas hasil pembakaran menjadi lebih optimal. Durasi semakin besar maka puncak tenaga akan bergeser ke putaran yang semakin tinggi atau tenaga semakin besar diputaran atas, sebaliknya bila durasi semakin kecil maka puncak tenaga akan bergeser ke putaran yang lebih rendah atau mesin cenderung menghasilkan tenaga di putaran bawah dan menengah. Modifikasi atau ubahan pada *lift camshaft*/noken as akan mempengaruhi keseluruhan proses tersebut, durasi buka tutup klep pun juga dapat diperpanjang atau diperpendek sehingga mesin sepeda motor pun menghasilkan *power* yang diinginkan.

Kesimpulan

Hasil perancangan mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft*/noken as) dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Desain dari mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft*/noken as) dengan komponen berupa stop kontak untuk meneruskan gaya dari motor listrik, *pulley* yang dilapisi oleh amplas dengan diameter 300 mm, 2 buah *bearing* sebagai penopang porosudukan *camshaft* dengan jarak diantaranya 200 mm, dan *drill chuck* sebagai pencekam

camshaft sehingga semua jenis merek *camshaft* dapat dikerjakan.

2. Spesifikasi dari mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft*/noken as) adalah sebagai berikut :
 - a. Ukuran mesin : panjang 350 mm x lebar 250 mm x tinggi 230 mm.
 - b. Dudukan : *mild steel* profil L berukuran 250 mm x 170 mm x 90 mm. dengan sistem penyambungan dudukan menggunakan pengelasan.
 - c. Tenaga penggerak : motor listrik 1 HP dengan daya 1200 rpm.

Saran

Perancangan mesin poles serba guna (modifikasi *camshaft*/noken as) ini masih lebih jauh dari kata sempurna, baik dari segi kualitas, bahan, penampilan, dan sistem kerja/fungsi. Oleh karena itu, untuk dapat menyempurnakan rancangan mesin ini perlu adanya pemikiran yang lebih jauh lagi dengan segala pertimbangannya. Beberapa saran untuk langkah yang dapat membangun dan menyempurnakan mesin ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu adanya penutup atau pelindung pada bagian sistem transmisi agar keamanan lebih terjamin dan menambah nilai jual produk.
2. Pada dudukan mesin sebaiknya diberi karet sebagai peredam getaran akibat dari motor listrik.
3. Sebaiknya pilihlah amplas yang berkualitas baik agar tidak sering mengganti-ganti amplas.

Daftar Pustaka

- Muhammad Mauludi Elma Raharja, 2016, *Perancangan Cam*, Universitas Pasundan, Bandung: 2016

- Dharmawan Harsokusoemo, 2004, *Pengantar Perancangan Teknik*. Institut Teknologi Bandung, Bandung: 2004
- Drajat Yoyok Siswanto, 2008, *Pengaruh Variasi Lobe Separation Angle Camshaft Dan Variasi Putaran Mesin Terhadap Daya Pada Sepeda Motor*, Universitas Negeri Semarang, Surakarta: 2008
- Andrianto Priyo Stevansa, 2014, *Pengaruh Penggunaan Camshaft Standardan Camshaft Racing Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin Empat Langkah*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta: 2014
- Supriyanto dan Zaini Abdillah 2011, *Tinjauan Ketahanan Aus Hasil Modifikasi Noken As Pada Motor Balap*, Universitas Janabadra. Yogyakarta: 2011
- Firman Iffah Darmawangsa dan Bambang Sudarmanta, 2016, *Analisis Pengaruh Penambahan Durasi Camshaft Terhadap Unjuk Kerja Dan Emisi Gas Buang Pada Engine Sinjai 650 Cc*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Surabaya: 2016
- Ibrahim Hasan, 2012, *Perancangan Mesin Modifikasi Camshaft (Noken As)*, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta: 2012
- Nukman dan Rheino Wijaya 2008, *Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Austemper pada Besi Cor Nodolar Non Paduan Terhadap Perubahan Struktur Mikro dan Perubahan Sifat Mekanis*, Universitas Sriwijaya. Palembang: 2008
- Arief Murtiono 2012, *Pengaruh Quenching dan Tempering Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik Serta Struktur Mikro Baja Karbon*, Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara: 2012
- Firdaus Habibi 2010, *Karakterisasi Sifat Fisis dan Mekanis Grinding Ball Impor Diameter 40 mm yang Digunakan Di PT. Indocement Tunggal Prakarsa, Tbk*, Universitas Sebelas Maret. Surakarta: 2010
- Ahmad Fauzi 2010, *Pengetahuan Sifat Logam (Mekanik & Fisik)*, Universitas Gunadarma. Bekasi: 2010