

## Rancang bangun Generator Asitilin Untuk Pengelasan Pelat Body Kendaraan

<sup>1</sup> Dominggus G.H. Adoe, <sup>1</sup>Rima Nindia Selan

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana  
Jl. AdiSucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597  
E-mail: mesin\_undana@yahoo.com

### Abstract

*Oxyacetylene Generator available in commercially has a price which is more expensive and has a complicated construction workings. Therefore it is necessary Oxyacetylene generator with a more simple construction made of materials that are easily obtainable and has a good safety factor and easy to operate. Oxyacetylene gas formation process which is not proportional to the strength of the materials used can result in damage of occurrence, because it needs to be calculated strength of the construction of the generator Oxyacetylene. This research used steel pipe with a diameter of 141.322 mm and a thickness of 9.7 mm and an overall length of 1510 mm. The maximum gas pressure that occurs Oxyacetylene 20.25 with the average voltage in the Oxyacetylene generator amounted to 60.65 N / m<sup>2</sup>. Test results indicate that the generator design asitelin result has been able to work well. From the test data showed that the length of the door frame welding Oxyacetylene generator is 93.31, while the welding length is 360 mm designed it can be said safely against the forces acting due to the pressure and stress that occurs in the Oxyacetylene generator still under stress and pressure of the material permits. With a force that will decide the generator cover amounting to 317,380.39 N Oxyacetylene declared safe to welding because  $\sigma_i = 125 \text{ N / mm}^2$  greater than  $\tau = 101.79 \text{ N / mm}^2$ . While the force will decide on the lintel of 317,380.39 N Oxyacetylene generator is declared safe to welding because  $\sigma_i = 125 \text{ N / mm}^2$  greater than  $\tau = 124.6 \text{ N / mm}^2$ .*

*Keywords: Oxyacetylene welding, Oxyacetylene generator, strength of materials*

### PENDAHULUAN

Pengelasan dengan gas asetilin dilakukan dengan membakar bahan bakar gas asetilin yang dicampur dengan oksigen (O<sub>2</sub>) sehingga menimbulkan nyala api dengan suhu tinggi yang mampu mencairkan logam induk dan logam pengisinya. Gas asetilen (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) dihasilkan dari reaksi kalsium karbida dengan air. Kalsium karbida atau sering disebut karbid adalah senyawa kimia dengan rumus kimia CaC<sub>2</sub>. Gas asetilin dapat dibuat secara sederhana dengan cara mencampur karbid (*kalsium karbida*) ditambah air. Pencampuran ini dilakukan dalam sebuah tabung yang disebut generator asetilin. Bagian-bagian utama dari generator asetilin adalah ruang karbit dan dapur gas, ruang air, ruang gas asetilin, kunci asetilin, alat pembersih gas dan alat pengaman bila kelebihan tekanan gas.

Seringnya terjadi kecelakaan kerja akibat ledakan generator asetilin saat ini adalah

dikarenakan sistem pengaman yang kurang memadai serta tidak terlepas dari umur dan kondisi bahan yang digunakan. Pemilihan bahan yang asal-asalan tanpa memperhitungkan umur pakai dan penurunan kekuatan bahan akibat pemakaian, merupakan penyebab utama terjadinya kecelakaan akibat ledakan pada tabung generator asetilin. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan pengembangan dan optimasi generator asetilin untuk mendapatkan suatu desain, rancangan dan produk generator asetilin yang memiliki safety factor yang tinggi, aman dan mudah digunakan dalam jangka waktu yang lama, dengan tingkat efisiensi yang tinggi pula.

### TINJAUAN PUSTAKA

Teknik pengelasan secara sederhana telah ditemukan dalam rentang waktu antara 4000 sampai 3000 SM. Setelah energi listrik dipergunakan dengan mudah, teknologi

pengelasan maju dengan pesatnya sehingga menjadi suatu teknik yang mutakhir. Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Normen*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las adalah sambungan dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Pengelasan dengan gas asetilin adalah proses pengelasan secara manual dengan pemanasan permukaan logam yang akan dilas atau disambung sampai mencair oleh nyala gas asetilin melalui pembakaran  $C_2H_2$  dengan gas  $O_2$  dengan atau tanpa logam pengisi. Proses penyambungan dilakukan dengan tekanan yang sangat tinggi sehingga dapat mencairkan logam. Untuk memperoleh nyala pembakaran yang baik perlu pengaturan campuran gas yang dibakar. Jika jumlah gas  $O_2$  di tambah maka akan dihasilkan suhu yang sangat tinggi, lebih tinggi dari pada suhu lebur baja atau metal lainnya sehingga dalam waktu sekejap mampu mencairkan logam tersebut yang cukup tebal.

Pengelasan dengan gas asetilin dilakukan dengan membakar bahan bakar gas asetilin yang dicampur dengan oksigen ( $O_2$ ) sehingga menimbulkan nyala api dengan suhu tinggi yang mampu mencairkan logam induk dan logam pengisinya. Gas asetilen ( $C_2H_2$ ) dihasilkan dari reaksi kalsium karbida dengan air. Kalsium karbida atau sering disebut karbid adalah senyawa kimia dengan rumus kimia  $CaC_2$ .

### **Bagian-Bagian Las Asetilin**

#### **Tabung Oksigen**

Tabung oksigen adalah suatu silinder atau botol yang terbuat dari bahan baja karbon yang berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan gas oksigen dengan tekanan kerja tertentu. Tabung oksigen ini bertekanan  $150 \text{ kg/cm}^2$  dan biasanya berwarna hijau, biru atau abu-abu. Tabung ini mempunyai katup atau pembuka katup berupa roda tangan dan baut serta mur pengikatnya adalah ulir kanan. Pada bagian atas ada dudukan untuk memasang regulator dan umumnya tabung ini mempunyai ukuran tinggi 1295 mm dengan diameter atau garis tengah 228 mm. pada busur api las

asetilin kadar oksigen ini mempunyai peranan penting sebagai penunjang guna penghematan, kecepatan, dan efisiensi kerja sewaktu melakukan pekerjaan mengelas. Kadar oksigen murni yang dikandungnya adalah 99,5 %, karena pada baja akan sukar di las dengan busur api yang kadarnya kurang dari 90 %, dan pada kadar 88 % tidak dapat dipakai untuk mengelas. Ketidakmurnian oksigen ini akan menyebabkan turunnya suhu pada waktu pengelasan, sehingga kadar zat asam ini harus senantiasa tinggi. (*sumber Teknik Mengelas dan Mematri Logam, Drs.Daryanto hal 12*).

#### **Tabung Asetilin**

Tabung asetilin adalah silinder atau botol yang terbuat dari bahan baja yang berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan gas asetilin dengan tekanan kerja tertentu.

#### **Regulator Gas**

Regulator atau lebih tepat dikatakan Katup Penutup Tekan, dipasang pada katub tabung dengan tujuan untuk mengurangi atau menurunkan tekanan hingga mencapai tekanan kerja torch. Regulator ini juga berperan untuk mempertahankan besarnya tekanan kerja selama proses pengelasan atau pemotongan. Bahkan jika tekanan dalam tabung menurun, tekanan kerja harus dipertahankan tetap oleh regulator.

#### **Selang Gas**

Untuk mengalirkan gas yang keluar dari tabung menuju torch digunakan selang gas. Untuk memenuhi persyaratan keamanan, selang harus mampu menahan tekan kerja dan tidak mudah bocor. Dalam pemakaiannya, selang dibedakan berdasarkan jenis gas yang dialirkan. Untuk memudahkan bagaimana membedakan selang oksigen dan selang asetilen cukup memperhatikan kode warna pada selang.

#### **Katup pengatur**

Pengatur keluarnya gas dari dalam tabung digunakan katup. Katup ini ditempatkan tepat dibagian atas dari tabung. Pada tabung gas oksigen, katup biasanya dibuat dari material kuningan, sedangkan untuk tabung gas asetilen, katup ini terbuat dari material baja.

### **Torch atau Pembakar**

Gas yang dialirkan melalui selang selanjutnya diteruskan oleh torch, gas dan oksigen tercampur didalamnya dan akhirnya pada ujung nosel terbentuk nyala api. torch memiliki fungsi yaitu sebagai pencampur gas oksigen dan gas bahan bakar, juga sebagai pembentuk nyala api diujung nosel.

### **Generator Asetilin**

Gas asetilin dapat dibuat secara sederhana dengan cara mencampur karbid (*kalsium karbida*) ditambah air. Pencampuran ini dilakukan dalam sebuah tabung yang disebut generator asetilin. Bagian-bagian utama dari generator asetilin adalah ruang karbit dan dapur gas, ruang air, ruang gas asetilin, kunci asetilin, alat pembersih gas dan alat pengaman bila kelebihan tekanan gas. Pada generator asetilin, tekanan dibatasi maksimal hingga 15 kg/cm<sup>2</sup>

Ada dua jenis generator asetilin, generator asetilin sistem tetes dan generator asetilin sistem celup.

### **Generator Asetilin Sistem Celup/Lempar**

Cara kerja generator ini adalah karbid dijatuhkan atau dicelupkan ke dalam air yang ditampung. Gas asetilin yang terjadi bergerak naik karena sifatnya yang ringan. Gas kemudian berkumpul di dalam ruang gas terus ke kunci air. Dari kunci air tersebut gas siap digunakan.

### **Generator Asetilin Sistem Tetes**

Cara kerja generator ini adalah air ditetaskan ke permukaan karbit yang terletak pada laci didalam retor. Gas asetilin yang terjadi kemudian masuk ke ruang gas. Dari ruang gas masuk ke kunci air dan siap digunakan.

### **Kekuatan Tarik**

Kekuatan tarik adalah kemampuan logam untuk menahan beban maksimum, yang merupakan salah satu sifat mekanis yang dimiliki oleh setiap logam, terutama dalam perhitungan-perhitungan konstruksi. Untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tarik dari suatu material atau bahan, perlu

dilakukan pengujian tarik.

Tujuan dilakukannya pengujian tarik adalah untuk mengetahui nilai kuat tarik suatu bahan, untuk menghitung berapa persen perpanjangan dan pengurangan luas untuk menganalisis kerusakan, dan untuk mengetahui modulus elastisitas.

Dalam proses pengujian tarik, spesimen atau benda uji dikenai beban aksial yang naik atau bertambah secara perlahan-lahan dan terus menerus, dimana data beban dan perpanjangan di gunakan untuk menentukan besarnya tegangan maksimum dan regangan. Kekuatan tarik bahan di nyatakan sebagai beban maksimum yang dapat diterima oleh bahan dibagi luas penampang semula bahan uji. (sumanto1994:6)

$$\sigma_i = \frac{\sigma_u}{n} \text{ (N/mm}^2\text{)}.$$

$\sigma_i$  = Tegangan tarik yang diijinkan (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_u$  = Kekuatan tarik bahan

n = nilai factor keamanan = 2 (karena bahan yang dipakai sudah lama yang mungkin sudah berkurang kekuatannya).

### **Pengelasan**

Pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari defininsi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa pengelasan adalah sambungan setempat dari beberapa logam dengan menggunakan energi panas. (Harsono Wiryosumarto, 2004 :1). Untuk keperluan perencanaan biasany erdasarkan tegangan geser pada luas leher dan sekaligus mengabaikan tegangan normal, sedangkan untuk tegangan rata-rata adalah (Josep E. Shigley, 1991 : 431).

$$\tau = \frac{F}{0,707 h.l} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$\tau$  = Tegangan rata-rata (N/mm<sup>2</sup>)

F = Gaya (N)

h = lebar las-lasan (mm)

l = Panjang las-lasan (mm)

Syarat tegangan yang diizinkan harus lebih besar dari tegangan rata-rata ( $\sigma_i > \tau$ ) sehingga perencanaan dikatakan aman.

### Bejana Tekan Silinder

Struktur-struktur simetri sumbu mempunyai simetri geometri terhadap sebuah sumbu, dan selain itu memiliki simetri pembebanan terhadap sumbu yang sama. Contoh yang lazim adalah bejana-bejana ber dinding tipis dan tebal, bertekanan, silindris dan piringan berputar. Sebuah bejana silindris bertekanan secara internal dengan ujung-ujungnya tertutup. Kalau ketebalan dinding ( $t$ ) adalah kecil dibanding diameter silinder ( $d$ ), ada alasan bahwa tegangan lentur dan tegangan langsung pada arah radial ( $\sigma_r$ ) diabaikan. Dinding-dinding silinder mempunyai komponen tegangan langsung dalam arah sumbu longitudinal silinder ( $\sigma_z$ ) dan pada arah melingkar di sekeliling silinder ( $\sigma_\theta$ ). Tegangan terakhir ini dinamakan suatu tegangan tangensial.

Harga-harga komponen tegangan biaxial diperoleh dengan memandang keseimbangan bagian-bagian silinder.

$$\sigma_\theta = \frac{p \cdot r}{t}$$

$$\sigma_r = \frac{p \cdot r}{2t}$$

$$\sigma_z = \frac{p \cdot r}{2t}$$

dimana :

$\sigma_\theta$  = Tegangan Tangensial

$\sigma_r$  = tegangan arah sumbu radial

$\sigma_z$  = tegangan arah sumbu longitudinal

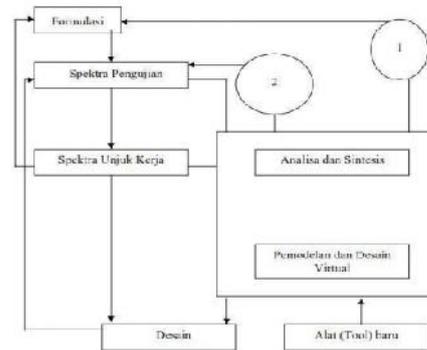
$p$  = tekanan

$t$  = tebal

### METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini merupakan penelitian tindakan (*action research*) yang berorientasi pada penelitian pengembangan teknologi (*development reseach*) khususnya teknologi generator asitelin untuk pengusaha bengkel dan pengelasan yang bertujuan untuk menghasilkan suatu generator asitelin yang

memiliki *safety factor* yang tinggi namun aman dan mudah digunakan, serta mudah dalam perawatan sehingga dapat digunakan oleh para praktisi las yang saat ini sudah mulai beralih dari teknologi ini dan menggunakan trafo listrik karena menganggap generator asitelin sebagai suatu mesin/alat yang tidak aman digunakan dan mudah mengalami ledakan.



Gambar 1. Skema Pengembangan Teknologi Maju Pembuatan Generator Asitelin Generasi Baru

Proses rancang bangun Generator Asitelin ini dimulai dari pemilihan konsep dan mekanisme, pembuatan gambar pra-rancang, dimana dari gambar pra-rancang ini akan ditentukan kesetaraan dimensi, bentuk dan jenis material, modifikasi komponen dilakukan apabila diperlukan berdasarkan konsep dan tujuan yang ingin dicapai dari rancangan ini. Proses Manufaktur Generator Asitelin diawali dengan menentukan urutan pekerjaan berdasarkan gambar desain, pembuatan komponen dan *quality control*, perakitan dan *finishing*, dan dengan melakukan perhitungan serta uji coba fungsional setiap komponennya.

### PEMBAHASAN

Rancang bangun Generator Asitelin untuk pengelasan pelat body kendaraan ini telah dilakukan di Bengkel Jurusan Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknik Undana serta telah di ujicoba pada bengkel motor Golgota (bengkel profesional) yang terletak di Naibonat Kabupaten Kupang. Tahap pertama dalam kegiatan ini adalah perancangan Generator asitelin sistem lempar dengan tabung penampung gas tunggal, yang memiliki *safety*

factor yang tinggi, murah dan mudah dioperasikan.

Setelah Generator Asitelin selesai dibuat, maka dipasang alat ukur tekanan, temperatur, dan putaran kompresor. Kemudian dilakukan pengisian air kedalam corong / lubang pemasukan dan persiapan kalsium karbida dengan. Setelah itu Generator Asitelin operasikan dengan air dan karbit dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Alat ukur tekanan (P) dan suhu (T) akan melakukan pembacaan tekanan dan suhu pada tiap-tiap tabung reaksi. Begitu perubahan tekanan mendekati 1/3 dari kekuatan maksimum bahan, secara otomatis, katup penghubung antara tabung reaksi ke tabung penyimpanan 1 membuka dan gas secara otomatis dialirkan ke tabung penyimpanan 1. Kemudian apabila tekanan dalam tabung penyimpanan 1 sudah sampai 3/4 dari kekuatan ijin maksimum tabung, maka katup pengatur tekanan akan membuka dan membuang tekanan berlebih melalui selang penghantar ke udara luar. Perubahan tekanan pada tabung generator dicatat oleh akuisisi data berdasarkan perubahan waktu selama penelitian, hal ini dimaksudkan agar diperoleh data yang valid. Setelah pengujian selesai sesuai dengan waktu yang ditentukan maka dilakukan pengujian tekanan balik dan nyala balik untuk mengetahui dan menguji kemampuan pintu air dalam mengamankan tabung gas dari kemungkinan ledakan akibat nyala api balik dari burner.



Gambar 2. Rancang Bangun Generator Asitelin

#### Kekuatan tarik bahan pipa baja

Bahan yang digunakan adalah pipa baja lunak structural (ASTM-A36) dengan tegangan

tarik ( $\sigma$ ) sebesar 250 N/mm<sup>2</sup>, tegangan tarik yang diijinkan ( $\sigma_i$ ) adalah:

$$\sigma_i = \frac{\sigma}{n}$$

$\sigma_i$  = tegangan tarik yang diijinkan (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma_u$  = tegangan tarik bahan = 250 N/mm<sup>2</sup>

n = nilai factor keamanan = 2

Karena bahan yang dipakai adalah bahan yang sudah lama, yang mungkin sudah berkurang kekuatannya, maka besar tegangan tarik yang diijinkan yang dipakai dalam memperhitungkan kekuatan pipa adalah :

$$\sigma_i = \frac{\sigma_u}{n}$$

$$\sigma_i = \frac{250}{2}$$

$$\sigma_i = 125 \text{ N/mm}^2$$

#### Tekanan Dalam Generator Asitelin

Pengujian tekanan yang terjadi dalam generator asitelin bertujuan untuk memastikan bahwa tekanan maksimum yang terjadi dalam generator asitelin tidak melebihi kekuatan maksimum tabung reaksi dan untuk memastikan bahwa katup pengaman berfungsi dengan baik untuk membuang tekanan berlebih apabila tekanan yang terjadi sudah melebihi tekanan maksimum yang diijinkan.

$p_1 = 1,5 \text{ N/mm}^2$  (tekanan gas maksimum di dalam generator asetilin).

$$v_1 = 200 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$$

$$r = 60 \text{ mm}$$

$$r^2 = 3600 \text{ mm}$$

$$L = 780 \text{ mm}$$

$$t = 9,7 \text{ mm}$$

Sehingga:

$$\sigma = \frac{p_1 \cdot v_1}{\pi \cdot r \cdot t}$$

$$L = \frac{p_1 \cdot v_1}{\pi \cdot r \cdot \sigma}$$

$$L = \frac{1,5 \cdot 200 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 60 \cdot 125,9,7}$$

$$L = 1310 \text{ mm}$$

Dengan demikian desain dengan panjang

tabung reaksi 1310 mm dan panjang keseluruhan generator asetilin 1510 mm bisa dikatakan aman karena tekanan maksimum yang terjadi tidak melebihi tekanan ijin maksimum. Namun apabila terjadi tekanan berlebih secara otomatis katup pengaman akan membuang gas dalam tabung reaktor untuk menjaga tekanan yang terjadi tidak melebihi tekanan ijin maksimum.

Pengujian tekanan maksimum yang terjadi didalam generator asetilin Sebelum Katup Pengaman membuka.

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

$$p_2 = \frac{1,5 \cdot 200 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 60^2 \cdot 1310}$$

$$p_2 = 20,25 \text{ N/mm}^2$$

Jadi tekanan maksimum yang terjadi dalam generator asetilin sebelum katup membuka adalah 20,25 N/mm<sup>2</sup>.

Pada generator asetilin terjadi tegangan yang disebabkan oleh tekanan yang terjadi didalam generator asetilin dimana : t = 9,7 mm, r = 70 mm, P = 20,25 N/mm<sup>2</sup> (P= tekanan, didapat dari tekanan maksimum yang terjadi didalam generator asetilin)

#### Tegangan Tangensial

$$\sigma_{\theta} = \frac{P}{t}$$

$$\sigma_{\theta} = \frac{20,25}{9,7}$$

$$\sigma_{\theta} = 146,13 \text{ N/mm}^2$$

Jadi tegangan arah sumbu tangensial yang terjadi pada generator asetilin adalah 146,13 N/mm<sup>2</sup> sedangkan tegangan tarik yang diizinkan adalah 125 N/mm<sup>2</sup>, hal ini menunjukkan bahwa pada generator asetilin yang dirancang terdapat kelemahan terhadap tegangan tangensial meskipun tekanan yang terjadi masih dibawah tegangan ijin bahan.

#### tegangan arah sumbu radial :

$$\sigma_r = -\frac{P}{2}$$

$$\sigma_r = -\frac{20,25}{2}$$

$$\sigma_r = -10,25 \text{ N/mm}^2$$

Jadi tegangan arah sumbu radial yang

terjadi pada generator asetilin adalah -10,25 N/mm<sup>2</sup> sedangkan tegangan tarik yang diizinkan adalah sebesar 125 N/mm<sup>2</sup>, hal ini menunjukkan bahwa pada perancangan generator asetilin dikatakan aman terhadap tegangan arah sumbu radial.

#### Tegangan arah sumbu longitudinal :

$$\sigma_z = \frac{P}{2}$$

$$\sigma_z = \frac{20,25}{2}$$

$$\sigma_z = 10,125 \text{ N/mm}^2$$

Jadi tegangan arah sumbu longitudinal pada generator asetilin adalah 10,125 N/mm<sup>2</sup> sedangkan tegangan tarik yang diizinkan adalah sebesar 125 N/mm<sup>2</sup>, hal ini menunjukkan bahwa pada perancangan generator asetilin dikatakan aman terhadap tegangan arah sumbu longitudinal.

Sehingga secara umum generator asetilin dapat dikatakan aman, karena tegangan dan tekanan maksimum yang terjadi masih dibawah tegangan dan tekanan ijin bahan yang digunakan, serta masih berada diatas tekanan kerja dari katup pengaman.

#### KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diberikan pada laporan kemajuan penelitian awal tahun pertama ini adalah :

- Generator Asitelin untuk pengelasan plat body kendaraan hasil rancang bangun ini telah mampu bekerja dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan karena tegangan dan tekanan maksimum yang terjadi masih dibawah tegangan dan tekanan ijin bahan yang digunakan, serta masih berada diatas tekanan kerja dari katup pengaman.
- Generator asetilin yang dirancang mempunyai kelemahan terhadap tegangan tangensial karena  $\sigma_{\theta} = 146,13 \text{ N/mm}^2$ , namun kondisi ini masih aman karena sebelum terjadi tegangan maksimum katup pengaman akan membuka sehingga terjadi penurunan tekanan dan tegangan dalam tabung, sedangkan tegangan tarik yang diizinkan adalah sebesar 125 N/mm<sup>2</sup> dan pada perhitungan terhadap tegangan arah sumbu radial dan tegangan arah sumbu

tangensial dikatakan aman karena  $\sigma_r = -10,25$  N/mm<sup>2</sup> dan  $\sigma_z = 73,04$  N/mm<sup>2</sup> lebih kecil dari tegangan tarik yang diizinkan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. Daryanto., 1984. Dasar-Dasar Teknik Mesin. Bina Aksara, Jakarta
- [2]. Boentarto (1997) Teknik Mengelas Karbit, CV Aneka, Solo
- [3]. Sumanto, MA, 1996, Pengetahuan Bahan, andi offset, Yogyakarta
- [4]. George E. Dieter, 1987, jilid 1, Metalurgi Mekanik, Erlangga, Jakarta
- [5]. Harsono Wiryosumarto, dan Toshie Okumura, 2004, cet. 9, Teknologi pengelasan logam, Pradnya Paraminta, Jakarta
- [6]. MJ Iremonger, (1990) Dasar analisis tegangan, universitas indonesia
- [7]. Shigley J & Mitchell L., 1991, Jilid I Perencanaan Teknik Mesin, Erlangga, Jakarta
- [8]. Spotts, M. F., (1985), Design of Machine Element, Six Edition, India.
- [9]. Sularso, dan Kiyokatsu, Suga., (1997), Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

