

PERBANDINGAN PERUBAHAN SIFAT MEKANIK ALUMINIUM PADUAN AKIBAT PERUBAHAN NILAI H_0/D_0 BILLET PADA PROSES TEMPA DINGIN

P.Y.M. Wibowo Ndaruhadi

Jurusan Teknik Mesin – UNJANI, Cimahi
Telp./Fax. (022)6610219, E-mail: wibonda@yahoo.co.id

ABSTRAK

Banyak produk yang dibuat menggunakan material aluminium paduan yang diproses melalui proses tempa (*forging*) yang merupakan salah satu jenis proses dalam pembentukan logam. Keunggulan dari proses tempa adalah mampu menghasilkan produk yang memiliki kekuatan tinggi. Kekuatan suatu produk merupakan kombinasi antara geometri produk dengan sifat mekanik materialnya. Sifat mekanik dari material dapat berubah akibat aliran logam (*metal flow*) saat terjadi deformasi pada proses pembentukan logam. Dengan melakukan percobaan proses penempaan dingin menggunakan *single action hydrolic press machine* pada material aluminium paduan serta bervariasi tiga nilai rasio antara panjang terhadap diameter (H_0/D_0) pada billet, diketahui bahwa terjadi perubahan sifat mekanik yang berbeda berdasarkan besar dan pola distribusi nilai kekerasannya pada setiap nilai rasio H_0/D_0 . Perubahan nilai kekerasan rata-rata terbesar dari semua bagian produk terjadi pada $H_0/D_0 = 2$ yaitu sebesar 22,99 HV atau 43%, sedangkan perubahan terkecil dihasilkan pada $H_0/D_0 = 1$ yaitu sebesar 15,01 HV atau 28%, dan $H_0/D_0 = 1$ menghasilkan pola distribusi perubahan yang relative merata pada semua bagian produk.

Kata Kunci: tempa, rasio dimensi billet, aluminium paduan.

PENDAHULUAN

Material aluminium termasuk salah satu jenis logam ringan yang mempunyai kekuatan dan sifat mampu bentuk serta ketahanan korosi dan konduktivitas yang cukup baik, sehingga penggunaannya sudah sangat luas (Tata. S, 1999). Banyak produk yang terbuat dari material aluminium maupun aluminium paduan dibuat dengan tingkat keamanan dan kekuatan yang tinggi. Salah satu jenis proses dalam proses pembentukan logam yang dapat serta masih banyak digunakan oleh industri dalam menghasilkan

produk adalah proses tempa. Kalpakjian *et.al.* menyatakan bahwa keunggulan dari proses tempa adalah mampu menghasilkan produk dengan kekuatan serta ketangguhan yang tinggi, sehingga produk tersebut dapat digunakan untuk persyaratan tegangan yang tinggi dan pemakaian yang kritis (Kalpakjian, 2001).

Prinsip kerja dari proses tempa adalah dengan memberikan gaya tekan untuk mendeformasikan material benda kerja sehingga menjadi produk yang diinginkan. Pada proses tempa biasanya melewati beberapa tahapan

proses pembentukan, yang lazim disebut sebagai proses tahapan prabentuk (*perform*). Umumnya untuk menghasilkan produk dengan geometri yang kompleks digunakan metode tempa cetakan tertutup (*closed die forging*). Pada penelitiannya, A.G Mamalis; *et.al.* menyatakan bahwa desain prabentuk merupakan salah satu aspek yang penting dalam proses *closed die forging*, yang diantaranya adalah penentuan jumlah prabentuk, desain bentuk, serta dimensi dari masing-masing prabentuk (A.G Mamalis, 1996). Fungsi cetakan (*die*) adalah menahan serta mengarahkan aliran material (*metal flow*) dari benda kerja saat proses deformasi dalam membentuk profil sesuai dengan profil rongga cetakan atau produk yang diinginkan. Merrygold; *et.al.* dalam penelitiannya menyatakan bahwa agar berhasil mendeformasikan material benda kerja sehingga terbentuk profil yang diharapkan, volume material benda kerja harus terdistribusi merata mengikuti bagian rongga cetakan (Merrygold, 1998).

Distribusi volume dan aliran material yang terjadi berdampak juga pada struktur butir yang terjadi akibat deformasi. Hal tersebut dipengaruhi oleh geometri material dari awal (*billet*) sampai dengan produk yang diinginkan. George Dieter menyampaikan bahwa secara teoritis maksimum rasio H_0/D_0 *billet* adalah 2, hal tersebut dikarenakan bila melebihi rasio maksimum tersebut efek yang dapat timbul pada saat penekanan adalah dapat terjadinya *buckling* pada *billet* yang dapat menimbulkan cacat ataupun kegagalan produk (Dieter George, 1985). Aliran material / logam dan struktur butir yang terjadi pada produk hasil proses tempa dingin berkaitan erat dengan sifat-sifat mekanik dari produk tersebut. Hal tersebut karena adanya mekanisme pengerasan regang (*strain hardening*). Nilai dan distribusi kekerasan dapat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui sifat mekanik material / produk.

Berdasarkan uraian tersebut diatas, untuk mengetahui perubahan sifat mekanik produk tempa dingin akibat perubahan nilai H_0/D_0 *billet* pada material aluminium, maka dalam studi ini akan dilakukan percobaan proses penempaan dingin dengan memvariasikan tiga nilai rasio H_0/D_0

D_0 billet. Proses penempaan dilakukan menggunakan *single action hydrolic press machine* serta melewati satu tahapan prabentuk.

TINJAUAN PUSTAKA

Proses tempa merupakan salah satu jenis proses dalam teknik pembentukan logam. Pada proses tersebut dalam mendeformasikan material benda kerja menggunakan suatu gaya tekan (Mardjono. S, 1985). Secara umum keunggulan proses tersebut adalah mampu menghasilkan produk yang memiliki kekuatan dan ketangguhan yang tinggi, sehingga produk yang dihasilkan dengan proses ini dapat digunakan untuk persyaratan tahanan yang tinggi dan pemakaian kritis (Kalpakjian, 2001). Dibandingkan dengan proses pembentukan yang lainnya seperti pemesinan dan pengecoran, proses tempa dan produk yang dihasilkannya memiliki keunggulan seperti pada tabel 1.

Biasanya proses tempa dilakukan dengan melewati beberapa tahapan proses. Ditinjau dari cara pembentukan yang dilakukan pada proses tempa dibedakan menjadi dua kondisi, yaitu proses penempaan dengan cetakan tertutup (*closed-die forging*) dan proses penempaan dengan cetakan terbuka (*open-die forging*). Dalam proses penempaan tertutup ditinjau dari prosesnya dibedakan lagi, yaitu penempaan cetakan tertutup dengan *flash* atau *forging with flash* dan penempaan cetakan tertutup tanpa *flash* atau *flashless forging* (T. Altan, 1995).

Kegagalan ataupun cacat yang dapat terjadi pada proses tempa dikategorikan ke dalam dua kelompok, yaitu kegagalan / cacat produk dan kegagalan cetakan, baik akibat adanya keterkaitan langsung maupun tidak langsung. Kurangnya volume material benda kerja dan kesalahan dalam penyetelan (*bad setting*) merupakan contoh dari kegagalan dengan keterkaitan tidak langsung. Untuk kegagalan yang mempunyai hubungan yang erat antara material benda kerja dan cetakan digolongkan menjadi 6 group, yaitu lipatan (*folds*); cacat geser (*shear defects*); retak (*cracks*); cacat permukaan (*surface defects*); cacat bentuk (*form defects*) serta cacat struktur (*structural defects*) (Arentoft, 1997).

Tabel 1. Keunggulan dari Proses Tempa dan Produk yang Dihasilkan (Byrer.TG,1985)

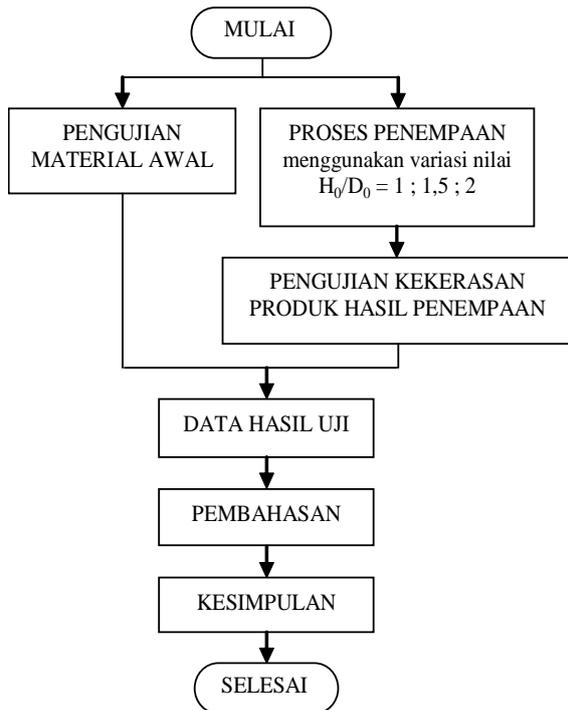
Sifat	Keunggulan
Kekuatan terarah	Struktur hasil penempaan menghasilkan aliran butir (<i>grain flow</i>) yang terarah, sehingga berkaitan erat terhadap sifat-sifat kekuatan, keuletan, dan ketahanan terhadap dampak, serta kelelahan yang dihasilkan.
Struktur utuh	Tidak ada gas yang terperangkap (<i>internal gas pockets</i>) atau kehampaan (<i>voids</i>) yang dapat menyebabkan kerusakan/ cacat yang tidak diharapkan dibawah kondisi adanya tegangan atau dampak. Disamping itu penyebaran unsur paduan atau unsur bukan logam lebih seragam, sehingga akibat / reaksi yang tidak terprediksi pada saat perlakuan panas dan resiko komponen yang membahayakan pada saat pembebanan dapat dihindarkan.
Kekuatan dampak yang baik	Produk hasil tempa memiliki kekuatan dan ketangguhan terhadap beban, ditambah dengan sifatnya yang ulet sehingga mengakibatkan tahan terhadap kerusakan yang diakibatkan adanya beban kejut/ dampak.
Keseragaman	Keseragaman terhadap komposisi dan struktur menghasilkan proses reproduksi yang konsisten dalam sifat, proses perlakuan panas, dan pemesinan.
Semua logam (<i>ferrous</i> dan <i>nonferrous</i>) dapat ditempa.	
Batasan fisik produk tempa yang dibuat sangat luas.	
Produk tempa akan sama atau lebih unggul dibandingkan produk yang dihasilkan dengan metode lain, bila dikombinasikan dengan proses yang lain (seperti perlakuan panas, pengelasan, pemesinan, perakitan, dan perlakuan permukaan).	
Leluasa terhadap segala bentuk permintaan, laju kegagalan yang rendah, biaya pemesinan yang ekonomis, dan hemat dalam penggunaan material.	

Dalam memahami proses tempa cetakan tertutup, perlu mengetahui aspek-aspek yang mempengaruhi secara keseluruhan dari sistem

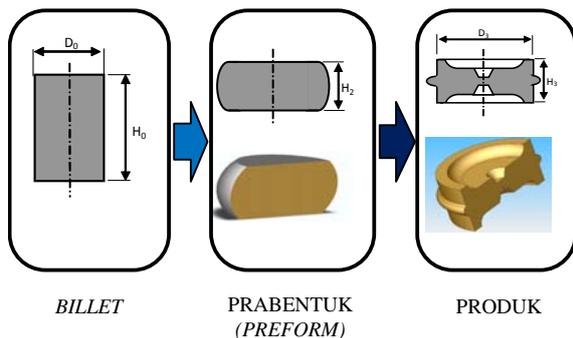
didalam proses tersebut. Aspek-aspek tersebut meliputi benda kerja (*billet characterization*), cetakan dan mesin press yang digunakan (*tooling and equipment*), kondisi kontak antara cetakan dan benda kerja (*conditions at tool / material interface*), deformasi yang terjadi (*mechanics of deformation*), produk (*product geometry and properties*). Beberapa faktor penting dalam aspek *billet characterization* diantaranya adalah komposisi material, tegangan alir, serta mampu bentuk (mampu tempa) dari material benda kerja tersebut, serta geometri awal *billet* (T. Altan, 1995). Jenis material dan komposisi unsurnya mempunyai hubungan dengan sifat mampu tempa, tegangan alir serta kemampuan material dalam mengisi cetakan. Mampu tempa (*forgeability*) secara umum didefinisikan sebagai kemampuan material mengalami deformasi melalui proses penempaan tanpa mengalami perpatahan (Kalpakjian, 2001). Sedangkan faktor dari geometri awal *billet*, salah satunya adalah perbandingan antara tinggi dan diameter awal *billet* (H_0/D_0). Secara teoritis maksimum rasio H_0/D_0 adalah 2, bila melebihi rasio maksimum tersebut efek yang dapat timbul adalah pada saat penekanan dapat terjadi *buckling* pada *billet*, sehingga akan menimbulkan cacat atau kegagalan produk (Dieter George, 1985).

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam studi ini adalah *experimental* dengan tahapan dan langkah-langkah seperti terlihat pada gambar 1. Pengujian material awal yang dilakukan meliputi pengujian tarik dan kekerasan serta spektrometri. Hal itu dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik awal dan komposisi unsur kimia pada spesimen (*billet*) yang digunakan dalam percobaan (*experiment*) penempaan tersebut. Tahapan pembentukan dan perubahan geometri material (*billet*) yang dilakukan pada percobaan penempaan seperti terlihat pada gambar 2 dan tabel 2.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

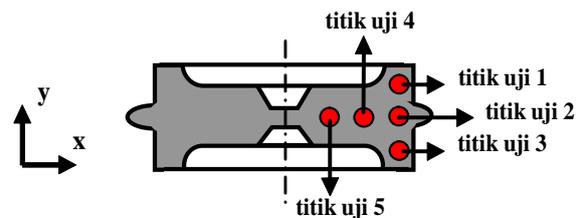


Gambar 2. Tahapan Pembentukan

Tabel 2. Dimensi Tahapan Pembentukan

Tahapan Pembentukan	Dimensi Billet (mm)		Volume (mm ³)
	Panjang	Diameter	
BILLET	H_0	D_0	Volume tetap / konstan
$H_0/D_0 = 1$	16	16	
$H_0/D_0 = 1,5$	21	14	
$H_0/D_0 = 2$	25	12,5	
PRABENTUK (PREFORM)	H_1	D_1	
	12	menyesuaikan	
PRODUK (tanpa flash)	H_2	D_2	
	10	20	

Indikator yang digunakan dalam mengetahui perubahan sifat mekanik adalah nilai kekerasannya melalui pengujian kekerasan dengan menggunakan *Micro Hardness Vickers* cara *Knoop*. Posisi titik-titik uji telah ditentukan dengan merepresentasikan distribusi kekerasan yang terjadi berdasarkan sumbu-x dan sumbu-y seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Posisi Titik Uji Kekerasan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pengamatan spektrometri yang dilakukan dengan menggunakan mesin *Emission Spectrometer* menunjukkan bahwa unsur-unsur yang dominan pada aluminium paduan ini adalah $Mg = 1,035\%$ dan $Si = 0,815\%$ sehingga aluminium ini dikategorikan sebagai paduan Al-Mg-Si yang termasuk paduan aluminium tempa dan mempunyai sifat kemampuan pemesinan yang cukup baik, dengan kekuatan tinggi serta dapat mempengaruhi penurunan perubahan pembentukan dingin. Sedangkan hasil pengujian tarik dari material awal yang dilakukan dengan menggunakan mesin *Aflared Amster/Swiss* berkapasitas 20 ton didapatkan nilai rata-rata $F = 2156,67 \text{ kgf}$; $\sigma_u = 16,99 \text{ kgf/mm}^2$, $\sigma_y = 14,47 \text{ kgf/mm}^2$, dan $\alpha = 25\%$. Sementara itu hasil dari pengujian kekerasan pada semua produk percobaan penempaan dengan variasi rasio H_0/D_0 billet yang telah ditetapkan diatas, didapatkan data nilai kekerasan rata-rata seperti terlihat tabel 3.

Berdasarkan data pengujian kekerasan produk hasil penempaan dingin tersebut serta dengan membandingkannya terhadap nilai kekerasan rata-rata dari material awal produk, terlihat adanya peningkatan nilai kekerasan pada material. Hal tersebut menunjukkan adanya



Gambar 4. Spesimen pengujian

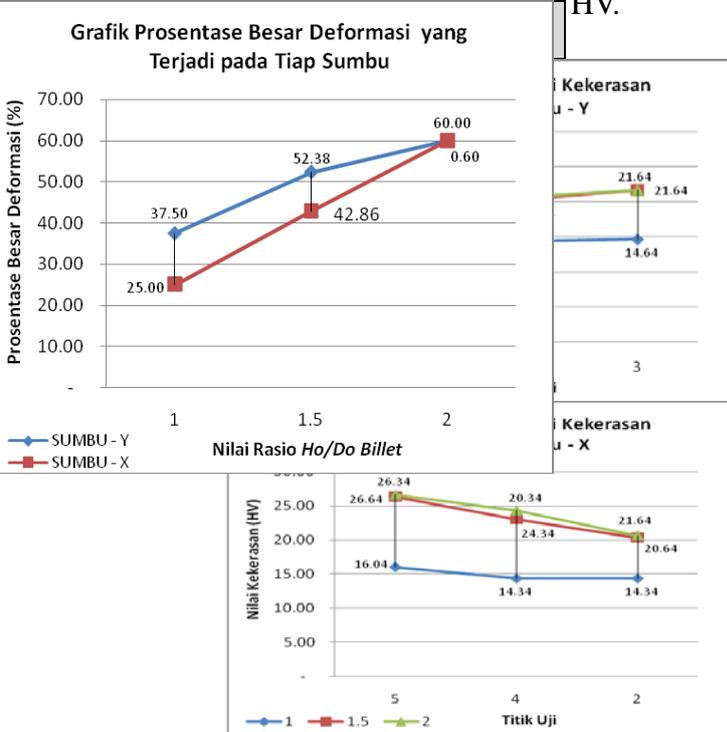
Tabel 3. Hasil Pengujian Kekerasan

perubahan sifat mekanik material yang digunakan. Besar perubahan nilai kekerasan material yang terjadi berdasarkan nilai rasio H_0/D_0 billet dan prosentase besar deformasi yang terjadi pada tiap sumbu seperti terlihat di grafik pada gambar 5 dan gambar 6. Nilai kekerasan rata-rata material awal didapatkan berdasarkan hasil ekivalensi nilai tegangan tarik bahan hasil uji tarik yang telah dilakukan yaitu sebesar 52,06 HV.

Gambar 6. Grafik Prosentase Besar Deformasi yang Terjadi pada Tiap Sumbu

Pola atau *trend* data perubahan nilai kekerasan yang terjadi pada tiap nilai rasio H_0/D_0 billet, baik pada sumbu-y maupun pada sumbu-x mempunyai kemiripan. Pada sumbu-y, pola data menunjukkan bahwa pada bagian tengah yaitu pada titik uji 2 mengalami peningkatan nilai kekerasan terkecil. Peningkatan nilai kekerasan terbesar terjadi pada bagian atas (titik uji 1), yaitu sebesar 16,34 HV ($H_0/D_0=1$); 25,34 HV ($H_0/D_0=1,5$) dan 24,04 ($H_0/D_0=2$). Sedangkan pada sumbu-x, pola data menunjukkan bahwa semakin mengarah keluar (menjauh dari sumbu benda kerja) peningkatan nilai kekerasan yang terjadi semakin mengecil. Peningkatan nilai kekerasan terbesar terjadi pada bagian tengah produk (titik uji 5), yaitu sebesar 16,04 HV ($H_0/D_0=1$); 26,34 HV ($H_0/D_0=1,5$) dan 26,64 ($H_0/D_0=2$).

Nilai rasio H_0/D_0 billet = 1 pada sumbu-y, peningkatan nilai kekerasan rata-rata yang terjadi sebesar 15,11 HV atau sebesar 28%. Sedangkan pada nilai rasio H_0/D_0 billet = 1,5 mengalami peningkatan nilai kekerasan rata-rata sebesar 22,44 HV atau sebesar 42%, dan pada nilai rasio H_0/D_0 billet = 2 peningkatan nilai kekerasan rata-rata yang terjadi sebesar 22,11 HV atau sebesar 41%. Sementara pada sumbu-x, peningkatan nilai kekerasan rata-rata yang terjadi pada nilai rasio H_0/D_0 billet = 1; 1,5 dan 2 adalah sebesar 14,91 HV (28%); 23,24 (43%)



Gambar 5. Grafik peningkatan nilai kekerasan rata-rata yang terjadi

dan 23,87 HV (44%). Bila ditinjau dari besar deformasi yang terjadi pada setiap nilai rasio H_f/D_0 billet, pada $H_f/D_0 = 1$ sebesar 37,50% pada sumbu-y dan 25,0% pada sumbu-x. Sedangkan pada $H_f/D_0 = 1,5$ deformasi yang terjadi pada sumbu-y dan sumbu-x sebesar 52,38% dan 42,86%, serta pada $H_f/D_0 = 2$ masing-masing sebesar 60%.

Kecenderungan semakin mengecilnya peningkatan nilai kekerasan yang mengarah keluar (menjauh dari sumbu benda kerja / produk) pada sumbu-x dan penurunan kekerasan pada bagian tengah pada sumbu-y, menunjukkan bahwa terjadi penurunan (berkurangnya) tegangan pada daerah tersebut bila dibandingkan terhadap bagian lainnya saat material terdeformasi. Titik uji 2 pada semua nilai rasio H_f/D_0 billet mengalami peningkatan nilai kekerasan yang terkecil. Hal itu disebabkan karena garis pemisah (*parting line*) cetakan dan “pembuangan” kelebihan volume material (*flash*) terletak pada bagian tersebut.

Perubahan (peningkatan) nilai kekerasan yang terjadi pada proses pembentukan dingin, pada dasarnya karena terjadinya *strain hardening*. Namun begitu, dalam studi ini besar deformasi yang terjadi menunjukkan tidak serta merta berpengaruh pada besar peningkatan kekerasan yang terjadi pada produk. Hal tersebut khususnya ditunjukkan pada nilai rasio H_f/D_0 billet = 1,5 dan 2. Bila berdasarkan peningkatan nilai kekerasan rata-rata yang terjadi pada semua bagian produk, prosentase peningkatan terbesar terjadi pada H_f/D_0 billet = 2, namun peningkatan nilai kekerasan rata-rata terbesar berdasarkan sumbu-y terjadi pada H_f/D_0 billet = 1,5. Selain itu, walaupun besar deformasi rata-rata berdasarkan sumbu-y dari semua nilai rasio H_f/D_0 lebih besar 7,34% dibandingkan yang terjadi pada sumbu-x, namun besar peningkatan nilai kekerasan rata-rata yang terjadi pada sumbu-x lebih besar 0,39 HV atau sebesar 1% dari pada yang terjadi pada sumbu-y. Sementara pada H_f/D_0 billet = 1 yang merupakan billet dengan deformasi terkecil

mengalami peningkatan nilai kekerasan yang paling rendah namun memiliki distribusi peningkatan yang lebih merata pada setiap bagiannya.

Kualitas dimensional cetakan juga dapat berpengaruh terhadap perubahan nilai kekerasan yang terjadi. Perbedaan peningkatan nilai kekerasan berdasarkan arah sumbu-y pada bagian atas dan bawah (titik uji 1 dan 3) dimungkinkan karena pengaruh kualitas dimensional cetakan yang kurang simetris. Hal tersebut disadari sebagai kelemahan dalam pembuatan cetakan yang dilakukan pada studi ini dengan menggunakan mesin konvensional.

SIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil pada studi ini adalah sebagai berikut :

- Terjadi perubahan, yaitu peningkatan nilai kekerasan (sifat mekanik) dari setiap perubahan nilai rasio H_f/D_0 billet.
- Besar perubahan dan distribusi nilai kekerasan yang berbeda-beda pada setiap nilai rasio H_f/D_0 billet, namun kesemuanya memiliki kecenderungan pola / *trend* distribusi perubahan yang relative sama.
- Peningkatan nilai rasio H_f/D_0 billet ataupun besar deformasi yang terjadi tidak serta merta berpengaruh pada besar peningkatan nilai kekerasan rata-rata (sifat mekanik) yang terjadi pada produk.
- Peningkatan nilai kekerasan rata-rata yang terjadi pada sumbu-x lebih besar dari pada yang terjadi pada sumbu-y, walaupun besar deformasi rata-rata yang terjadi pada sumbu-y lebih besar dari pada sumbu-x.
- Peningkatan nilai kekerasan rata-rata terbesar terjadi pada nilai rasio H_f/D_0 billet = 2, yaitu sebesar 22,99 HV atau sebesar 43%. Pada nilai rasio H_f/D_0 billet = 1 mengalami peningkatan nilai kekerasan rata-rata terkecil yaitu sebesar 15,01 HV atau sebesar 28%, namun memiliki distribusi kenaikan yang relative lebih merata.

DAFTAR PUSTAKA

- A.G. Mamalis., D.E. Manolakos., A.K. Baldoukas., (1996), *Finite Element Simulation of Axisymmetric Preform in Precision Forging at Elevated Temperatures*, Journal Materials Processing Technology , 57, 103-111.
- Arentoft. M., Wanhein., (1997), *The Basic for a Design Support System to Prevent Defect in Forging* , Journal of Materials Processing Technology., 69.
- Byrer, TG., (1985), *Forging Handbook*, Forging Industry Association., Cleveland, Ohio.
- Dieter, George. E., “*Evaluation of Workability, Mechanical Testing*” , Vol. 8., 9th Edition, Metals Handbook, American Society for Metal, 1985.
- E. Merrygold., F.H. Osman., (1998), *Forging of Complex Geometries with Differential Heating*, Journal of Materials Processing Technology , 80-81, 179-183.
- Kalpakjian Serope., Steven. R.S., (2001), *Manufacturing Engineering and Technology* , Fourth Edition, Prentice-Hall. Inc.
- Mardjono Siswosuwarno., (1985), *Teknik Pembentukan Logam, Jilid I*, Jurusan Mesin FTI – ITB.
- T. Altan., S.OH, H. Gegel, (1995), *Metal Forming; Fundamentals and Applications*, Sixth printing., American Society for Metals.
- Teruie Takemasu., Victor Vazquez., Brett Painter., Taylan Altan, (1996), *Investigation of Metal Flow and Preform Optimization in Flashless Forging of a Connecting Rod* , Journal of Materials Processing Technology., 59, 95-105.

STUDI PENGARUH PARAMETER PEMOTONGAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES UP DAN DOWN MILLING DENGAN PENDEKATAN VERTICAL MILLING

Muh Alfatih Hendrawan

Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A Yani Pabelan Kartasura Surakarta 57102
Email : alfatih@ums.ac.id

ABSTRAK

Salah satu kualitas dari proses pemotongan logam adalah kekasaran permukaan hasil pemotongan. Kekasaran hasil pemotongan pada horizontal milling banyak dipengaruhi oleh proses yang terjadi selama pemotongan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proses pemotongan; kedalaman pemotongan, kecepatan pemakanan, kecepatan pemotongan, terhadap kekasaran permukaan. Rancangan percobaan yang digunakan adalah menggunakan metode factorial design 2³. Dari eksperimen yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa kecepatan pemakanan mempunyai pengaruh positif terhadap peningkatan kekasaran permukaan, sedangkan kecepatan potong mempunyai pengaruh negatif.

Kata Kunci: *kekasaran, milling, factorial design*

PENDAHULUAN

Untuk membuat suatu produk yang berkualitas tentunya harus didukung oleh proses pemesinan yang baik. Setiap proses pemesinan mempunyai ciri tertentu atas permukaan benda kerja yang dihasilkan, salah satunya adalah kekasaran permukaan. Hal ini terjadi karena pada proses pemesinan sering terjadi penyimpangan-penyimpangan yang disebabkan oleh kondisi pemotongan dan kekakuan mesin.

Untuk mengatasi hal tersebut, maka diadakan percobaan untuk menganalisis pengaruh kondisi pemotongan seperti kedalaman potong, kecepatan pemakanan dan kecepatan potong terhadap kekasaran permukaan pada proses freis tegak dengan tinjauan proses down dan up milling.

Adapun didalam beberapa penelitian yang telah dilakukan dianjurkan bahwa bentuk

hubungan kekasaran permukaan dan kondisi pemotongan adalah dalam bentuk sebagai berikut:

$$SR = C \cdot V_c^p \cdot V_f^q \cdot d^r \quad [1]$$

Dimana SR adalah kekasaran permukaan (μm), C adalah konstanta, V_c adalah kecepatan potong (m/menit), V_f adalah kecepatan pemakanan (mm/menit) dan d adalah ketebalan pemotongan (mm).

Tujuan penelitian yaitu mengetahui pengaruh kecepatan potong, kecepatan pemakanan dan kedalaman pemotongan terhadap kekasaran permukaan pada proses freis tegak. Tujuan yang kedua adalah membandingkan kekasaran permukaan benda kerja hasil proses up milling dan

down milling. Tujuan ketiga adalah menentukan persamaan regresi kekasaran permukaan terhadap parameter pemotongan.

TINJAUAN PUSTAKA

Proses pemotongan up milling dan down milling

Berbeda dengan pemesinan yang lain, proses mengefrais tidak menghasilkan geram dengan tebal yang tetap melainkan berbentuk koma dengan tebal geram yang beaibah. Tebal geram tersebut dipengaruhi oleh gerak makan pergigi (f_z) dan sudut posisi (f) yang pada setiap saat berubah harganya karena perubahan posisi mata potong (gigi pahat frais). Gambar 1 menunjukkan perubahan tebal geram sebelum terpotong (h) untuk proses mengefrais datar dan tegak.

Gambar 1. Perubahan Tebal Geram pada Proses Frais

Hubungan kekasaran permukaan dengan parameter potong

Proses milling adalah suatu proses pemesinan yang faktor utamanya adalah gesekan antara pahat dengan benda kerja. Selama proses milling akan terjadi bebrapa gerakan yang saling berkaitan. Gerakan ini dapat diatur berdasarkan parameter pemctongan. Parameter yang diteliti adalah kecepatan potong (V_c), kecepatan pemakanan (V_f), dan ketebalan potong (a). Hubungan ketiga parameter tersebut dengan kekasaran permukaan (SR) yang dihasilkan dapat dimodelkan sebagai berikut :

$$SR = f(V_c, V_f, a) \quad [2]$$

Dengan pemodelan diatas, maka diketahui bahwa kekasaran permukaan merupakan fungsi dari ketiga parameter pemotongan. Untuk mempermudah dalam meneliti hasil-hasil yang diperoleh, maka persamaan diatas dapat dikembangkan menjadi sebagai berikut :

$$SR = C.V_c^p, V_f \cdot q. a. r \quad [3]$$

dimana :

SR = Harga kekasaran permukaan

V_c = Kecepatan potong

V_f = Kecepatan pemakanan

a = ketebalan potong

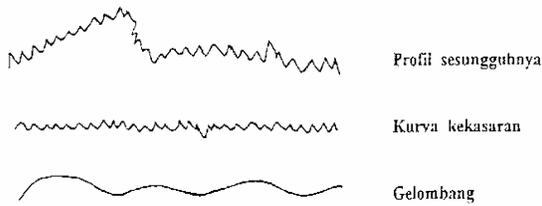
p, q, r = Konstanta percobaan

SR (Surface Roughness) adalah variabel tidak bebas (respon) dan model persamaan fungsional pada persamaan sebelumnya dapat diubah menjadi bentuk logaritma linear sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Log } SR &= \text{Log } C + p \text{ Log } V_c \\ &+ q \text{ Log } V_f + r \text{ Log } a \end{aligned} \quad [4]$$

Kekasaran permukaan

Sifat permukaan benda kerja hasil proses pemesinan terdiri dari dua kriteria yaitu kekasaran permukaan dan kerataan permukaan. Diantara dua elemen tersebut kekasaran permukaan adalah suatu sifat yang dapat dirasakan halus atau kasar. Pada setiap proses pemesinan dihasilkan suatu garis bentuk. Garis bentuk yang terjadi tersebut mempunyai ciri-ciri tersendiri tergantung dari mata potong peralatan yang dipakai. Tetapi semuanya mengarah pada suatu pola yaitu puncak dan lembah. Garis bentuk yang diperlihatkan oleh irisan tegak lurus terhadap permukaan inilah yang dinamakan kurva kekasaran. Pada irisan ini dapat dilihat adanya gelombang yang mempunyai jarak horisontalnya (antara puncak dan lembah) lebih panjang daripada jarak vertikalnya (antara puncak dengan lembah). Jika fokus penginderaan dipertajam, maka akan terlihat kurva kekasaran.



Gambar 2. Profil Kurva Kekasaran Permukaan

Harga kekasaran permukaan dari benda kerja dapat dideteksi dengan meneliti garis pusat rata-rata (R_a) dan juga jarak puncak tertinggi dengan lembah terdalam (R_t). Dari beberapa cara untuk menentukan kekasaran permukaan, metode garis pusat rata-rata dapat digunakan untuk menaksir dan menyatakan kekasaran untuk panjang (l) sejauh garis pusat. Kurva garis center dapat dinyatakan secara matematis yaitu :

$$Y = f(x) \quad [5]$$

Dimana garis pusat tersebut dinyatakan sebagai sumbu x dan besaran vertikal sebagai sumbu y, sehingga nilai R_a dapat dicari dengan rumus :

Kec.Potong (m/min)	Kec.makan (mm/min)	Kedalaman potong (mm)	a_1	a	a_2
Vc1	Vf1				
	Vf2				
Vc2	Vf1				
	Vf2				

$$Ra = \frac{1}{l} \times \int_0^l f(x) dx \quad [6]$$

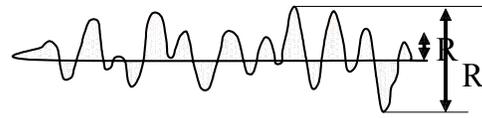
Pada gambar 3 jumlah luasan diatas dan dibawah garis pusat adalah besar, jika luasan tersebut dinyatakan sebagai A, maka akan didapat :

$$\int_0^l f(x) dx = A \quad \int_0^l f(x) dx = A \quad [7]$$

Sehingga nilai R_a menjadi :

$$Ra = \frac{A}{l} \quad Ra = \frac{A}{l} \quad [8]$$

Ukuran R_t adalah jarak puncak tertinggi dengan lembah terdalam (paling rendah), jika gelombang (kuva kekasaran) dalam bentuk sebenarnya kecil, maka nilai R_t dapat dinyatakan dengan R_{maks} atau tinggi maksimum.



Gambar 3. Garis Pusat Rata-rata dan Tinggi Maksimum Kekasaran Permukaan

Pada umumnya kekasaran permukaan disimbulkan hanya dengan nilai R_a , ini dikarenakan harga rata-rata cukup mewakili kekasaran sesungguhnya.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

- Peralalatan yang digunakan pada penelitian adalah mesin milling EMCO MAXIMAT SUPER 11 dengan kemampuan feed rate 0,003 – 0,30 mm/putaran dan putaran mesin 120 – 2000 rpm.
- Material yang digunakan pada percobaan adalah SS42 dengan kekerasan 80 HB, dengan dimensi panjang 24 mm, lebar 10 mm dan tinggi 10 mm.
- pahat yang dipakai dalam penelitian ini adalah pahat End Mill HSSA1 dengan diameter f 14 mm dan jumlah gigi sebanyak 4.
- Perencanaan eksperimen yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:
 - a. respon yang akan dicari adalah kekasaran permukaan (mm) atau bisa disebut variabel dependen.
 - b. variabel independen atau dapat disebut predictor adalah kecepatan potong (V_c), kecepatan makan (V_f) dan kedalaman pemotongan (a).
 - c. replikasi pada setiap pengambilan data adalah dua kali
 - d. Model eksperimen adalah sebagaimana pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Percobaan

Keterangan :

- V_{c1} = kecepatan potong 1 = 5,28 m/min
- V_{c2} = kecepatan potong 2 = 16,27 m/min
- V_{f1} = kecepatan pemakanan 1 = 14,4 mm/min
- V_{f2} = kecepatan pemakanan 2 = 222 mm/min
- a_1 = kedalaman potong 1 = 0,5 mm
- a_2 = kedalaman potong 2 = 1 mm

- Proses pemesinan yang dilakukan adalah pendekatan proses up milling dan down pada mesin milling vertikal. (lihat Gambar 4 dan 5)



Gambar 4. Proses up milling



Gambar 5. Proses down Milling

- Pengukuran kekasaran permukaan dengan menggunakan alat ukur SURFTEST 401 Series 178 dan posisi pengukuran adalah ditunjukkan pada Gambar 7 dan 8.

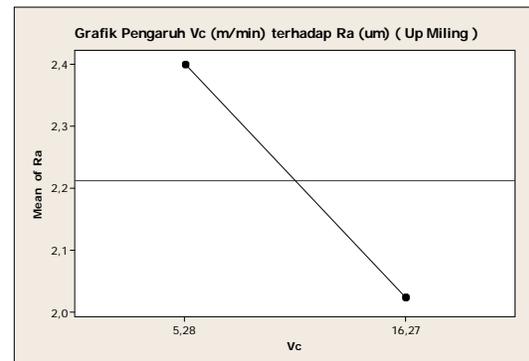
Gambar 6. Alat Ukur SURFTEST 401



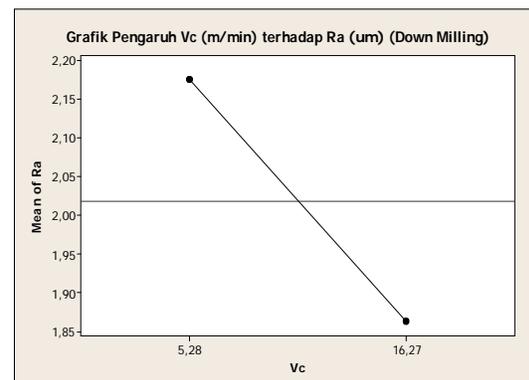
Gambar 7. Posisi Pengukuran Kekasaran Permukaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan hasil proses milling up dan down dapat dilihat pada grafik-grafik berikut.



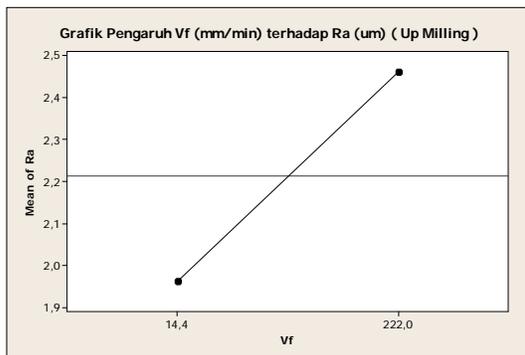
Gambar 8. Grafik Pengaruh Rata-rata Ra vs V_c pada Proses up Milling



Gambar 9. Grafik Pengaruh Rata-rata Ra vs V_c pada Proses down Milling

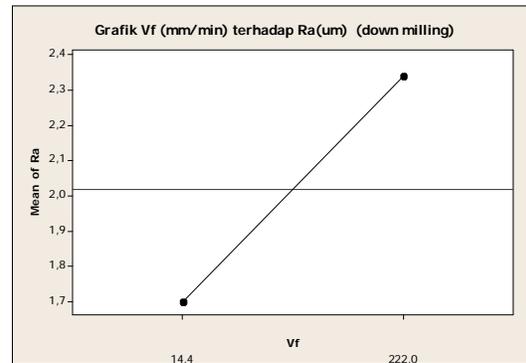
Dari Gambar 8 dan 9 terlihat baik pada proses up maupun down milling mempunyai pengaruh yang negatif terhadap kekasaran permukaan, artinya bahwa semakin besar kecepatan potong maka semakin kecil kekasaran permukaan yang dihasilkan. Jika dibandingkan antara proses up milling dengan down milling terlihat bahwa pada kecepatan yang sama maka kekasaran yang terjadi lebih besar pada up milling. Hal ini dikarenakan ada upmilling terjadi proses getaran yang lebih besar dibandingkan dengan downmilling.

Pada Gambar 10 dan 11 dapat dianalisis bahwa kecepatan pemakanan V_f mempunyai pengaruh positif terhadap kekasaran permukaan, artinya semakin besar kecepatan pemakanan maka semakin besar pula kekasaran permukaan benda kerja hasil proses milling. Jika dibandingkan antara kedua proses milling maka up milling lebih menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih besar dibandingkan proses down milling, hal ini dapat dilihat pada kecepatan pemakanan yang sama proses milling jenis up menghasilkan kekasaran yang lebih tinggi.

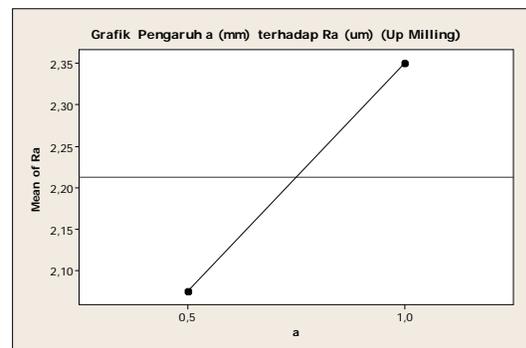


Gambar 10. Grafik Pengaruh Rata-rata Ra vs V_f pada Proses up Milling

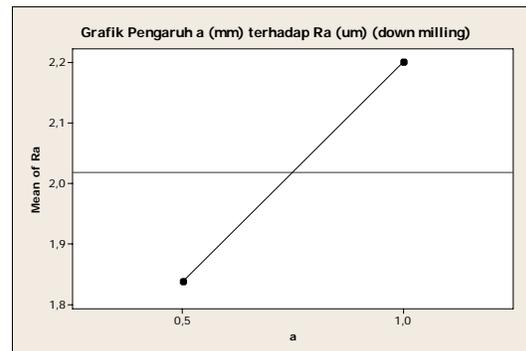
Kedua gambar yaitu Gambar 12 dan 13 menunjukkan bahwa kedalaman potong a mempunyai pengaruh yang positif terhadap kekasaran permukaan benda kerja, artinya bahwa semakin besar kedalaman potong maka semakin besar pula kekasaran permukaan benda kerja hasil pemotongan. Kekasaran permukaan hasil proses up milling pada kedalaman potong yang sama lebih besar jika dibandingkan dengan proses milling jenis down.



Gambar 11. Grafik Pengaruh Rata-rata Ra vs V_f pada Proses down Milling



Gambar 12. Grafik Pengaruh Rata-rata Ra vs a pada Proses up Milling



Gambar 13. Grafik Pengaruh Rata-rata Ra vs a pada Proses up Milling

KESIMPULAN

Dari pengamatan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kecepatan potong (V_c), kecepatan pemakanan (V_f) dan kedalaman pemotongan (a)

- mempunyai pengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja hasil proses milling.
2. Kedalaman pemotongan dan kecepatan pemakanan mempunyai pengaruh yang positif terhadap kekasaran permukaan, sedangkan kecepatan potong berpengaruh negatif.
 3. Proses down milling menghasilkan permukaan benda kerja lebih halus dari pada proses up milling.
 4. Persamaan regresi untuk kekasaran permukaan yaitu :
 proses down milling

$$R_a = 1,87V_c^{-0,152}V_f^{0,120}a^{0,274}$$
 proses up milling

$$R_a = 2,36V_c^{-0,161}V_f^{0,0,086}a^{0,20}$$

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus, SURFTEST 401 series 178 Manual Book, Mitutoyo.
- Iriawan, Nur, Astuti, Septin Puji, Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14, Andi Offset, Yogyakarta, 2006
- Kalpakjian, Serope, Steven R. Schmid, Manufacturing Engineering and Technology, fourth edition, Addison Wesley, India, 2000
- Rochim, Taufiq, Teori dan Teknologi Proses Pemesinan, Laboratorium Teknik Produksi, FTI, Institut Teknologi Bandung, 1993

PENGARUH PEMASANGAN ALAT PENINGKAT KUALITAS BAHAN BAKAR TERHADAP UNJUK KERJA DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR SPESIFIK MOTOR BENซิน

Alim Kurnia Ismawan, Sunardi Wiyono, Nur Aklis

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Surakarta
email : kurniaalim@yahoo.co.id

ABSTRAK

Minyak merupakan Bahan bakar tidak dapat diperbaharui, karena itu, penghematan dan peningkatan kualitas bahan bakar minyak menjadi sesuatu yang sangat penting. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemasangan alat peningkat kualitas bahan bakar terhadap torsi, daya dan konsumsi bahan bakar spesifik motor bensin. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan prestasi mesin motor bensin merk Yamaha Jupiter Z yang dipasang alat peningkat kualitas bahan baker merk Femax Combo dengan tanpa alat peningkat kualiatas bahan bakar. Setiap pengujian dilakukan pada putaran mesin 1500 rpm, 1750 rpm, 2000 rpm, 2250 rpm, 2500 rpm, 2750 rpm dan 3000 rpm. Hasil yang didapatkan dari analisa data adalah torsi dan daya pada pengujian menggunakan Femax Combo mengalami kenaikan dibandingkan dengan pengujian tanpa menggunakan Femax Combo. Sedangkan hasil analisa konsumsi bahan bakar spesifik dari pengujian menggunakan Femax Combo mengalami penurunan pada putaran mesin rendah dibandingkan dengan pengujian tanpa menggunakan Femax Combo. Akan tetapi pada putaran mesin tinggi, konsumsi bahan bakar spesifik pada pengujian menggunakan Femax Combo tidak mengalami penurunan yang signifikan dibandingkan dengan pengujian tanpa menggunakan Femax Combo.

Kata Kunci: *alat peningkat kualitas bahan bakar, prestasi mesin*

PENDAHULUAN

Bahan bakar minyak (BBM) berperan sangat penting dalam perkembangan teknologi, terutama dalam bidang teknologi industri dan otomotif. Penggunaan bahan bakar minyak semakin hari semakin meningkat. Padahal bahan bakar minyak merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan suatu saat akan habis. Kenaikan harga minyak mentah dunia yang mencapai titik tertinggi pada pertengahan tahun 2008 menghantam segala sendi perekonomian

dan kehidupan masyarakat Indonesia. Selain itu, permasalahan mengenai kualitas bahan bakar yang kurang baik juga menimbulkan emisi gas buang yang buruk sehingga berbahaya bagi lingkungan.

Maka dari itu, melakukan penghematan bahan bakar minyak menjadi sesuatu yang sangat penting. Selain penghematan, memperbaiki kualitas bahan bakar minyak juga perlu dilakukan sehingga akan menghasilkan emisi gas buang yang ramah lingkungan.

Salah satu cara yang digunakan untuk menghemat dan meningkatkan kualitas bahan bakar minyak adalah dengan penggunaan magnet. Alat peningkat kualitas bahan bakar minyak merk *Femax Combo* adalah suatu alat yang menggunakan medan magnet. Dengan pemberian medan magnet pada saluran bahan bakar diharapkan konsumsi bahan bakar akan berkurang dan meningkatkan kualitas bahan bakar, sehingga akan menghemat bahan bakar, meningkatkan prestasi mesin dan dapat mengurangi kadar emisi gas buang.

Masalah dalam penelitian ini, apakah dengan adanya alat peningkat kualitas BBM merk *Femax Combo* yang menggunakan magnet permanen pada saluran bahan bakar dapat meningkatkan kualitas bahan bakar menjadi semakin reaktif, sehingga dapat meningkatkan torsi dan daya, serta dapat menurunkan kebutuhan bahan bakar spesifik pada motor bensin.

TINJAUAN PUSTAKA

Kajian Pustaka

Fitriadi (2006), telah melakukan penelitian mengenai pengaruh pemasangan magnet pada saluran bahan bakar motor bensin terhadap unjuk kerja dan konsumsi bahan bakar spesifik. Pada hasil penelitian didapatkan bahwa dengan adanya pemasangan magnet pada saluran bahan bakar motor bensin akan meningkatkan torsi dan daya, serta pemakaian bahan bakar menjadi semakin irit. Perbandingan antara menggunakan magnet dengan tanpa menggunakan magnet pada saluran bahan bakar motor bensin ada pengaruh yang signifikan sebesar 10% untuk torsi, daya dan kebutuhan bahan bakar spesifik.

Ramadian (2007), melakukan suatu penelitian mengenai pengaruh pemasangan magnet pada saluran bahan bakar motor diesel terhadap konsumsi bahan bakar spesifik. Pada proses penelitian digunakan dua macam variabel percobaan, yaitu tanpa menggunakan magnet dan dengan menggunakan magnet pada saluran bahan bakar. Dari hasil penelitian didapatkan data percobaan yang dilakukan dalam waktu 1 jam untuk tiap kondisi (dengan dan tanpa magnet), konsumsi bahan bakar berkurang 30 lt/jam

dengan produksi kWh yang sama, yaitu 0,08 kWh. Dari hasil analisa, menggunakan magnet pada saluran bahan bakar dapat menurunkan konsumsi bahan bakar sebesar 5,45% dari pemakaian normal tanpa menggunakan magnet.

Hariadi (2009), telah melakukan suatu penelitian mengenai pengaruh pemasangan alat *Electrical Magnetic Resonance* (EFT) terhadap konsumsi bahan bakar pada sepeda motor. Yang dimaksud dengan EFT adalah yang menggunakan metode menceraiberaikan material yang didalamnya mengandung hidrokarbon dengan induksi elektromagnetik, yang diharapkan ikatan antar molekul-molekul rantai hidrokarbon menjadi lebih renggang, sehingga pada saat proses pembakaran di ruang bakar mesin akan menjadi lebih sempurna. Dari hasil penelitian pada sepeda motor, 1 liter bensin menempuh jarak 50 km, setelah menggunakan EFT hasilnya 1 liter bensin mampu menempuh jarak 62 km.

Dasar Teori

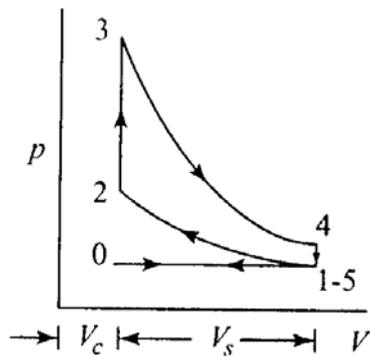
Motor Bensin

Motor Otto atau *Beau de Roches* merupakan mesin pengonversi energi tidak langsung, yaitu dari energi kimia bahan bakar menjadi energi panas dan baru kemudian menjadi energi kinetik.

Berdasarkan siklus kerjanya, motor bensin dibedakan menjadi dua, yaitu :

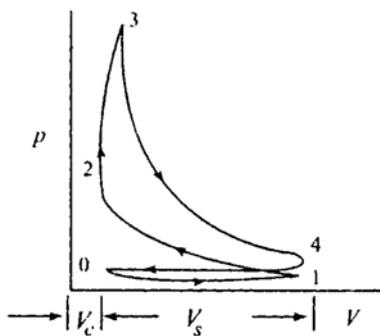
- a) Motor bensin dua langkah (*Two Stroke*)
Motor bensin dua langkah adalah motor yang pada dua langkah piston (satu putaran poros engkol) sempurna akan menghasilkan satu langkah kerja.
- b) Motor bensin empat langkah (*Four Stroke*)
Motor bensin empat langkah adalah motor yang pada setiap empat langkah piston (dua putaran poros engkol) sempurna, menghasilkan satu tenaga kerja (satu langkah kerja).

Proses teoritis motor bensin adalah proses yang bekerja berdasarkan siklus Otto, dimana proses pemasukan kalor berlangsung pada volume konstan



Gambar 1. Siklus Teoritis Motor Bensin Empat Langkah

Sedangkan siklus aktual yang terjadi pada motor bensin, efisiensinya jauh lebih rendah daripada efisiensi siklus teoritis, karena berbagai kerugian yang terjadi dalam operasi mesin.



Gambar 2. Siklus Aktual Motor Bensin Empat Langkah

Sistem bahan bakar pada sepeda motor terdiri dari sistem suplai bahan bakar dan sistem penakar bahan bakar. Sistem suplai bahan bakar berfungsi mengalirkan bahan bakar dari tangki ke sistem penakar bahan bakar. Sedangkan sistem penakar bahan bakar berfungsi untuk menarik jumlah udara dan bahan bakar agar diperoleh campuran udara–bahan bakar yang dapat dibakar dengan cepat dan sempurna di dalam silinder dan juga berfungsi untuk atomisasi dan penyebar bahan bakar di dalam aliran udara.

Dasar Teori Kemagnetan

Macam-macam bahan ditinjau dari sifat kemagnetannya ada tiga macam, yaitu:

- Feromagnetik**
Adalah bahan yang menimbulkan sifat kemagnetan yang kuat di bawah pengaruh medan magnet dari luar.
- Paramagnetik**
Adalah bahan yang menunjukkan sifat kemagnetan lemah dibawah pengaruh medan magnet dari luar.
- Diamagnetik**
Adalah bahan yang sedikit melawan pengaruh sifat kemagnetan dari pengaruh medan magnet dari luar.

Dasar Teori Katalisator Bensin

Cara kerja katalisator bensin adalah dengan menggunakan sistem kemagnetan, yaitu dengan pemberian suatu medan magnet pada saluran bahan bakar yang menuju karburator. Sebelum masuk ke ruang bakar, bensin mengalami restrukturisasi ion positif dan negatif agar lebih mudah terbakar di dalam silinder.



Gambar 3. Efek Kemagnetan

Molekul hidrokarbon merupakan unsur penyusun utama bensin, cenderung untuk saling tertarik satu sama lain, membentuk gugus molekul (*clustering*). Pemberian suatu medan magnet pada molekul hidrokarbon tersebut menyebabkan penolakan penolakan antar molekul hidrokarbon (*declustering*), sehingga terbentuk jarak yang optimal antara molekul hidrokarbon dan melemahkan ikatan antara atom H-C dan mudah tertarik dengan oksigen pada proses pembakarannya.

Dengan adanya hal tersebut di atas, bahan bakar yang terkena efek kemagnetan akan menjadi semakin reaktif dalam proses pembakaran yang sempurna di ruang pembakaran, sehingga akan mempengaruhi unjuk kerja mesin yang semakin meningkat.

Prestasi Mesin

Prestasi mesin adalah kemampuan mesin ditinjau dari daya dan torsiya terhadap putaran mesin. Selain itu akan dibahas mengenai konsumsi bahan bakar spesifik motor bensin.

a) Perhitungan Torsi

Torsi adalah perbandingan antara beban dan putaran poros mesin yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$T = \frac{P \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n} \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

- T = Torsi (Nm)
- P = Beban instalasi (Watt)
- n = Putaran mesin (rpm)

b) Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (KBBS)

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk melakukan pembakaran tiap jam untuk menghasilkan satu satuan daya. Konsumsi bahan bakar spesifik dapat dihitung dengan rumus :

$$KBBS = \frac{mf}{P} \dots\dots\dots(2)$$

$$mf = \frac{b}{t} \times \frac{3600}{1000} \times \rho_{bb} \dots\dots(3)$$

dimana :

- KBBS = konsumsi bahan bakar spesifik (kg/jam.HP)
- Mf = Konsumsi bahan bakar (kg/jam)
- P = Daya (HP)
- B = Volume buret yang dipakai dalam pengujian (cc)
- t = Waktu pengosongan buret (s)
- \tilde{n}_{bb} = Massa jenis bahan bakar bensin (0,74 kg/l)

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat pengujian yang digunakan :

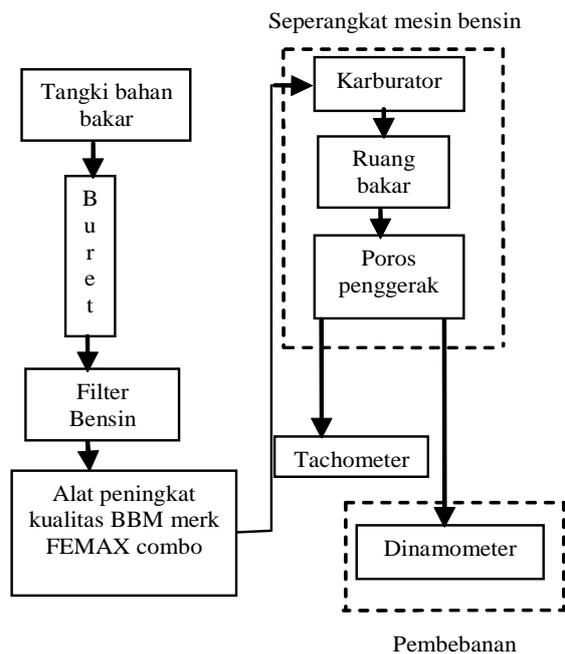
- a. Mesin bensin merk Yamaha Jupiter Z
- b. *Dinamometer* Tecquipment Limited

- c. *Tachometer* (digital) KOSO
- d. *Burret*
- e. *Stopwatch*

Spesimen uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat peningkat kualitas BBM merk *Femax Combo*.

Instalasi Pengujian

Pemasangan alat uji dapat dilihat pada gambar 4 dan 5 sebagai berikut,



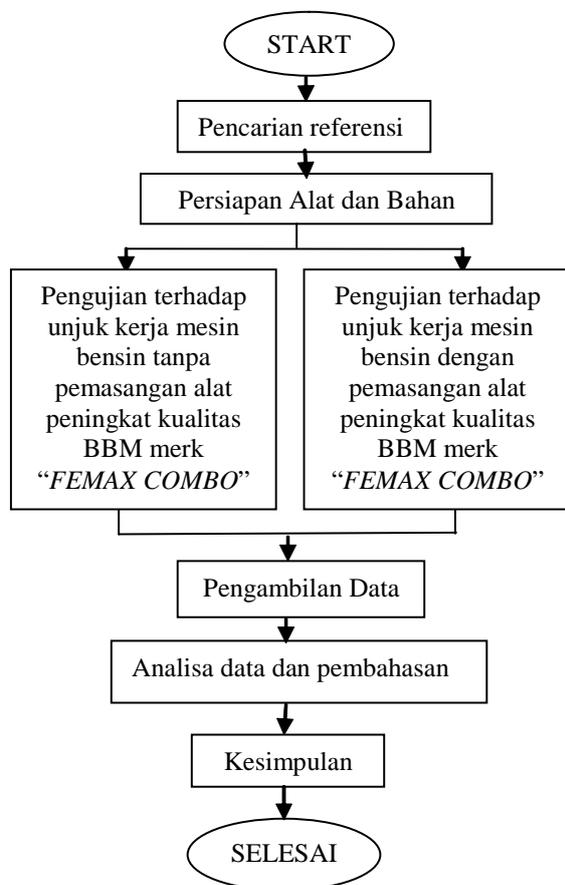
Gambar 7. Skema Instalasi



Gambar 5. Instalasi Pengujian

Alur Penelitian

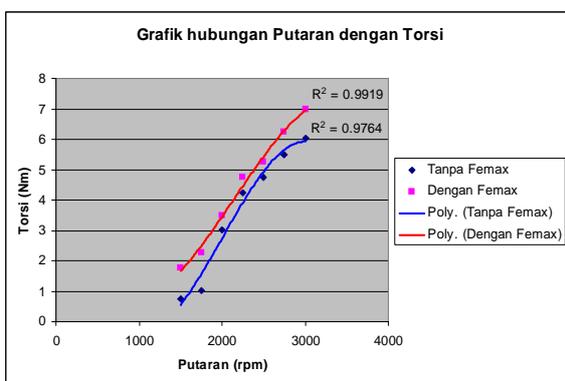
Gambar 6 menunjukkan diagram alir penelitian



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Putaran dengan Torsi



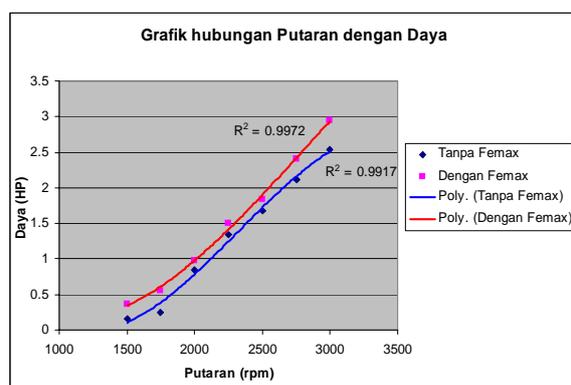
Gambar 7. Grafik Hubungan Putaran dengan Torsi

Gambar 7 menunjukkan hubungan antara putaran dengan torsi. Dari gambar dapat diketahui bahwa torsi yang dihasilkan pengujian yang menggunakan alat peningkat kualitas *bahan bakar* menunjukkan hasil yang lebih tinggi jika dibanding dengan percobaan tanpa menggunakan alat untuk setiap variasi putarannya.

Jika dibandingkan dengan grafik *engine performa* jenis motor bensin, kurva tanpa *Femax Combo* pada putaran 3000 rpm akan mencapai torsi pada titik maksimum, karena kurva cenderung untuk tidak naik lagi. Sedangkan pada kurva dengan *Femax Combo*, torsi pada putaran di atas 3000 rpm masih ada kecenderungan untuk naik karena kurva belum mendekati torsi maksimum.

Hal ini terjadi karena pada putaran tinggi bahan bakar yang terkena efek kemagnetan *alat* dari karburator mengalir cepat ke ruang pembakaran, sedangkan posisi torsi maksimum bergantung pada efisiensi volumetris dan kerugian-kerugian gesek pada ruang bakar. Dengan adanya pembakaran lebih sempurna, maka efisiensi volumetris akan meningkat dan kerugian – kerugian gesek pada ruang bakar dapat berkurang, sehingga torsi yang dihasilkan akan naik.

Hubungan Putaran dengan Daya



Gambar 8. Grafik Hubungan Putaran dengan Daya

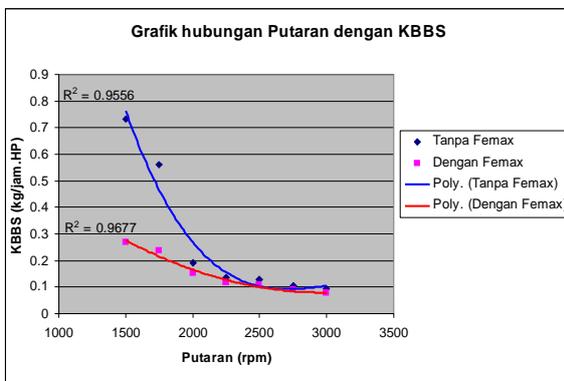
Pada grafik gambar 8 dapat dilihat bahwa daya yang mampu dikerjakan mesin pada percobaan menggunakan alat peningkat kualitas bahan bakar mengalami kenaikan dibandingkan

percobaan tanpa menggunakan alat untuk tiap variasi putaran mesin.

Pada pengujian tanpa menggunakan alat, kurva sedikit melengkung karena disebabkan pada putaran yang lebih tinggi kecepatan piston terhadap lamanya putar, katup terbuka terlalu besar (pengisian tidak sempurna). Akibatnya tekanan efektif pada piston semakin berkurang sehingga daya yang dihasilkan akan semakin kecil. Jika dibandingkan dengan grafik *engine performa* motor bensin, posisi kurva pada putaran di atas 3000 rpm akan mencapai pada titik daya maksimum.

Sedangkan pada kurva pengujian dengan Femax Combo tidak mengalami pelengkungan menurun, sehingga jika dibandingkan dengan grafik *engine performa* jenis motor bensin, daya yang dihasilkan pada putaran di atas 3000 rpm akan tetap mengalami kenaikan dan belum mendekati titik daya maksimum.

Hubungan Putaran dengan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik



Gambar 9. Grafik Hubungan Putaran dengan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Pada grafik hubungan putaran dengan konsumsi bahan bakar gambar 9, spesifik didapat bahwa semakin tinggi putaran, KBBS

akan mengalami penurunan selanjutnya akan mengalami kenaikan pada putaran tertentu. Perbedaan nilai KBBS yang signifikan antara tanpa menggunakan alat dengan menggunakan alat terjadi pada putaran rendah, sedangkan pada putaran 200 rpm ke atas selisih nilai KBBS tidak terlalu besar.

Jika dibandingkan dengan grafik *engine performa* jenis motor bensin, pada kurva tanpa alat di atas 3000 rpm berada pada titik minimum, sehingga KBBS memiliki kecenderungan untuk naik lagi. Sedangkan pada percobaan dengan alat, jika dibandingkan dengan grafik *engine performa* jenis motor bensin, pada putaran 3000 rpm kurva belum mencapai titik minimum, sehingga KBBS memiliki kecenderungan untuk dapat turun lagi.

KESIMPULAN

Dari pengujian dan analisa data yang diperoleh, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Torsi pada pengujian dengan menggunakan alat peningkat kualitas bahan bakar merk *Femax Combo* mengalami kenaikan dari pada pengujian tanpa menggunakan alat.
2. Daya pada pengujian dengan menggunakan alat peningkat kualitas bahan bakar merk *Femax Combo* mengalami kenaikan dari pada pengujian tanpa menggunakan *Femax Combo*,
3. KBBS pada putaran rendah dari pengujian menggunakan *Femax Combo* mengalami penurunan yang cukup signifikan dibandingkan dengan pengujian tanpa menggunakan *Femax Combo*. Akan tetapi pada putaran tinggi, KBBS antara pengujian menggunakan *Femax Combo* dengan pengujian tanpa menggunakan *Femax Combo* tidak mengalami penurunan yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arends, BPM, Berenschot, H., 1980, *Motor Bensin*, Erlangga, Jakarta
- Darsono, N., 2004, Studi Awal Pengaruh Magnetisasi Sistem Dipol Terhadap Komposisi Struktur Senyawa dan Indeks Refraksi serta Viskositas Kerosin, Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Tangerang
- Fitriadi, A., 2006, Pengaruh Pemasangan Magnet Pada Saluran Bahan Bakar Terhadap Unjuk Kerja Motor Bensin, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Sukoharjo
- Ganesan, V., 2003, Internal Combustion Engines, 2nd edition, Tata McGraw-Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi
- Hariadi, 2009, Menggunakan Alat Electric Fuel Treatment Bisa Hemat BBM, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Tangerang
- Sudrajad, A., Hendratna, K.K., 2006, Menghemat Bahan Bakar dengan Magnet Portabel, Inovasi Online Vol 6/ XVIII/ Maret 2006, Tokyo
- _____, 2005, Alat Penghemat BBM (hemat 30%) Untuk Mobil dan Motor, Harian Republika, Edisi 20/ Januari/ 2005, Jakarta
- _____, 2005, Katalisator Bensin Adu Hemat 3 Magnet, Majalah Otomotif, Edisi 39: XIV, 31/Januari/2005, Jakarta

STUDI KARAKTERISTIK AIRFOIL NACA 2410 DAN NACA 0012 PADA BERBAGAI VARIASI ANGLE OF ATTACK

Sarjito

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartosura
email: sarjito_ums@yahoo.com

ABSTRAK

In the past, for making and investigating performance of airfoil should be conducted by trial and error, and often a lot of materials waste. Since every time, if we would like to change of the model, we have to produce new model first for doing next investigation. Beside that, for testing the airfoil should be physically done in the wind tunnel, it is not very easy to get information of pressure and velocity distribution accurately. Now adays, it can be done computationally, faster and cheaper by using both of open sources and commercial software. The aim of this research is to investigate the characteristics of airfoil performance. It covers the pressure distribution, velocity around the airfoil, and visualization of trajectories.

Comparison between symmetric airfoil NACA-0012 and asymmetric airfoil NACA-2410 performance will be explained, especially relationship between CL , CD versus a computationally. Experiment is preceded by making of symmetric airfoil model as well as asymmetric airfoil model by using design foil open source software, and then for adjusting angle of attach was assisted by the AutoCAD software, after that, meshing and solving process to be done in the Solid Work Cosmos Flow software 2007. Analysis covers distribution of pressure, velocity and trajectories simulation. The result of the research shows, that increasing of angle of attach will be followed by increasing of lift coefficient polynomially, other than coefficient lift is drag coefficient which proportional with angle of attach. However, it can be seen that NACA-0012 has the higher coefficient of lift and drag coefficient than NACA-2410. These patterns has also be compared with U.S Department of Transportation Federal Aviation document, apparently there has similar trend each others

Kata Kunci: *airfoil, NACA, simmetry, aerodinamics*

PENDAHULUAN

Airfoil atau seringkali dikenal dengan nama Aerofoil merupakan hal yang penting dipelajari dalam aerodinamika, oleh karena sebagian besar analisis akan berkisar di sekitar airfoil ini. Airfoil adalah suatu bentuk geometri yang apabila ditempatkan di suatu aliran fluida akan mempro-

duksi gaya angkat (lift) lebih dari gaya hambatan (drag). Dahulu, untuk membuat dan menguji unjuk kerja airfoil harus dilakukan dangan sistim coba-coba, hal ini terjadi pemborosan karena setiap kali mengganti model harus memproduksi terlebih dahulu dan bekasnya tidak dapat dipakai lagi. Begitu pula untuk mengujinya harus dilaku-

kan didalam terowongan angin (*wind tunnel*) yang seringkali terdapat kesulitan untuk mengetahui distribusi tekanan dan kecepatan, bahkan untuk melakukan visualisasi, seringkali hasilnya kurang akurat.

Dengan kemajuan metode numerik memungkinkan semua ini dapat dilakukan dengan mudah, cepat dan murah, yaitu dengan perangkat lunak (*software*). Salah satu cabang ilmu terapan dalam bidang teknik yang sangat memerlukan perangkat lunak adalah bagaimana mensimulasikan perilaku aerodinamika baik merupakan aliran internal maupun eksternal, dalam kondisi tunak atau tak tunak.

Akhir-akhir ini banyak bisa ditemukan jenis *soft ware* yang dapat dipakai dalam mensimulasikan aliran eksternal maupun internal, misalnya *Fluent*, *ANSYS* dan *Solid Work Cosmos Flow*. Dalam penelitian ini telah dipilih suatu penyelesaian, kajian masalah karakteristik aerodinamika disekitar airfoil menggunakan *software solidwork cosmos flow 2007* dengan sampel airfoil simetri dan tidak simetri. Salah satu alasan pemakaian *software* ini adalah karena, baik pemodelan, proses *meshing*, *setting boundary condition*, *solving* dan *ploting* dapat dilakukan secara terintegrasi dengan satu *software* saja.

Namun, apakah hasil simulasinya bisa memberikan hasil sebagaimana grafik yang telah diterbitkan oleh *NACA* untuk berbagai jenis air foil masih perlu dilakukan pendalaman, khususnya hubungan koefisien lift (*Cl*) dan koefisien drag (*Cd*) terhadap sudut serang (α) atau angle of attach (*AOA*), sebab dibandingkan dengan *soft* sejenis pemilihan penyelesaian ini kurang detail. Walaupun demikian diharapkan kesalahan yang timbul tidak memberikan pengaruh yang sangat berarti.

TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa eksperimen kadang-kadang kurang representatif, mengingat terbatasnya pengesetan sudut serang (α) sehingga hubungan *cd* dan α hanya nampak yang yang linier saja, sedangkan gambaran kondisi *Stall* tidak bisa terlihat (*Harahap, Y., 2003*). Pada penelitian yang lain, dengan memanfaatkan *software SolidWork*

hubungan koefisien lift (*Cl*) dan koefisien drag (*Cd*) terhadap sudut serang (α) pada suatu airfoil simetri *NACA 0012* diperoleh hubungan polinomial (*Yusmanto A, 2008*).

Namun, apakah hal ini juga berlaku untuk airfoil yang tidak simetri, masih menjadi pertanyaan, maka dengan melakukan eksperimen lanjut akan diperoleh definisi karakteristik sebuah airfoil yang lebih akurat baik airfoil simetri maupun non simetri.

Suatu kesimpulan membuktikan bahwa, suatu lempeng sayap yang terbang di dekat permukaan *ground* akan mengalami perubahan gaya aerodinamika, yaitu gaya-angkat menjadi lebih besar dan gaya drag menjadi lebih kecil dibandingkan pada saat sayap terbang jauh dari *ground board*.

Kondisi paling sering dijumpai adalah pada suatu saat pesawat *take-off* dan *landing*, dimana pesawat mengalami fenomena di atas berada pada ketinggian dalam orde satu chord sayap. Dalam kondisi seperti itu fenomena aliran baik di permukaan sayap maupun pada *ground board* akan mengalami perubahan, terutama pada kondisi tersebut sayap dalam posisi terbang dengan gaya lift tinggi yang berhubungan erat misalnya dengan separasi aliran dan sebagainya. Efek dari *ground* tersebut akan berkurang dan menghilang dengan bertambahnya ketinggian sayap dari *ground* (*Casmara dan S. Wiriadidjaja, 2008*).

Gaya aerodinamika dapat dinyatakan sebagai akibat aliran udara pada suatu benda yang bersumber dari distribusi tekanan pada permukaan dan tegangan geser pada permukaan. Pada setiap titik mengalami perbedaan tekanan yang berbeda tergantung letak titik-titik tersebut. Perbedaan ini mengakibatkan terjadinya distribusi tekanan yang berbeda pada permukaan sehingga mengakibatkan timbulnya gaya, yang dinamakan gaya aerodinamis (*Soejono Tjitro, 1999*).

Daerah hidung atau nose dari airfoil berpengaruh terhadap kecepatan aliran udara melewati daerah tersebut. Untuk sudut serang positif, bagian atas dari daerah hidung airfoil menyebabkan bertambahnya akselerasi (*sharp*

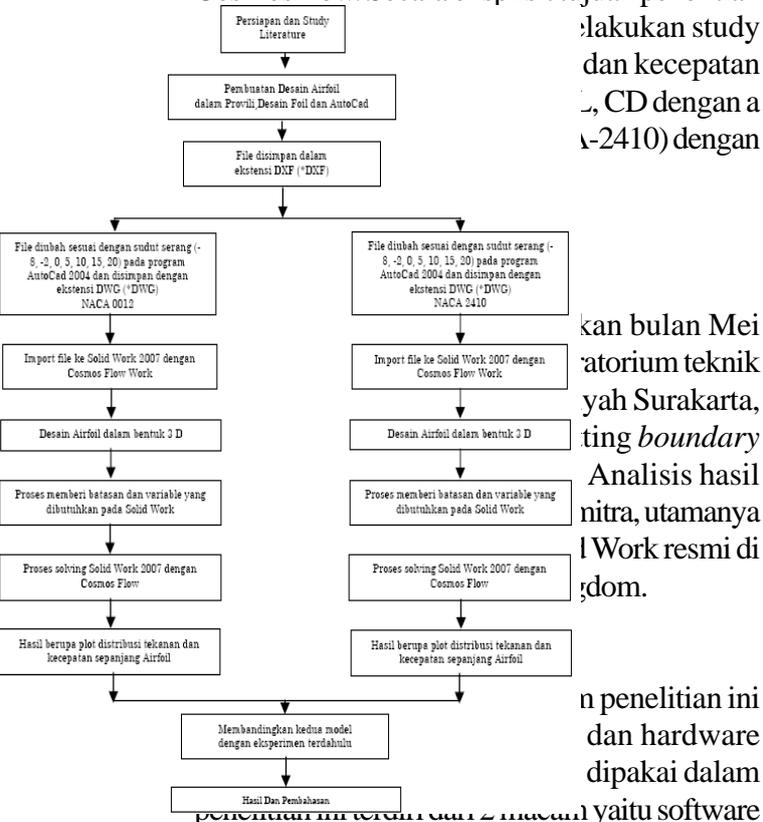
acceleration), sebaliknya untuk bagian bawah dari hidung airfoil menyebabkan perlambatan (*deceleration*), yang dialami oleh aliran udara yang melewati daerah hidung airfoil. Sedangkan untuk sudut serang sama dengan nol di daerah hidung airfoil menyebabkan perlambatan yang seimbang (*moderate acceleration*), antara bagian bawah dengan bagian atas dari daerah hidung airfoil yang dialami oleh aliran udara yang melewati daerah tersebut (Yudiansah Harahap 2003).

Berawal dari uraian diatas, dalam laporan penelitian ini diuraikan hasil studi lebih lanjut mengenai perbedaan hubungan CL, CD terhadap dengan menggunakan alat bantu software SolidWork 2007 CosmosFlow, disamping itu juga dijelaskan mengenai distribusi tekanan dan kecepatan. Untuk validasi hasil, sebagai perbandingan telah diteliti perbedaan karakteristik antara airfoil NACA 0012 dan airfoil NACA 2410, pada berbagai sudut serang secara komputasional. Karena sejauh ini belum banyak tulisan yang menjelaskan tentang kelebihan dan kekurangan airfoil simetris dan tidak simetris, terutama menggunakan software SolidWork CosmosFlow. Secara eksplisit tujuan penelitian

dan hardware. Software dimaksud meliputi; software desain Foil, software Auto Cad dan software Solidwork, dan hardware yang dipakai adalah: Laptop dengan spesifikasi; ACER Inc. Dengan AcerSystem Intel(R) Pentium(R)M Processor 1.73GHz, 1.99 GB of RAM

Jalannya Penelitian

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 1.

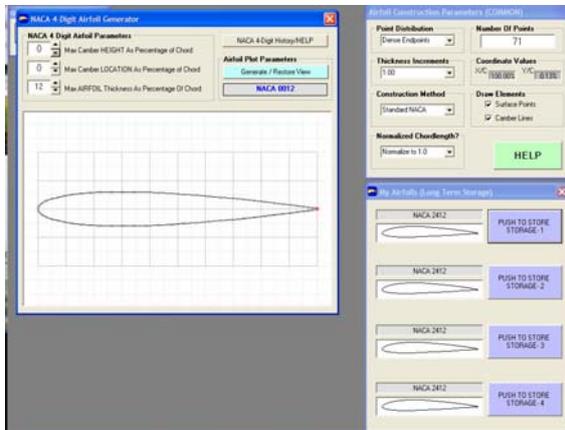


Gambar 1. Diagram Alir Jalannya Penelitian

Diagram alir diatas menjelaskan urutan penelitian yang mencakup rangkaian kegiatan sebagai berikut:

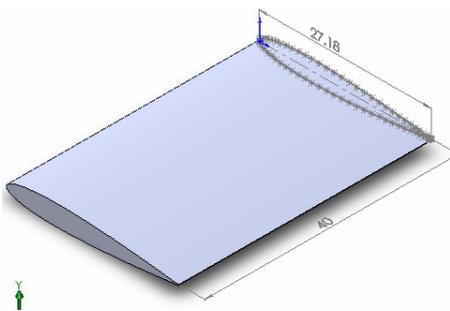
1. Pembuatan model dengan software desain foil
2. Pengubahan/setting sudut serang dilakukan dengan bantuan software AutoCad
3. Proses *setting boundary condition*, *solving* dan *ploter* dilakukan dengan software Solid Work 2007.

Bentuk dan dimensi airfoil dibuat dengan bantuan software Design Foil R6 Demo. Terdapat beberapa pilihan model sesuai dengan standar NACA seperti gambar 2.



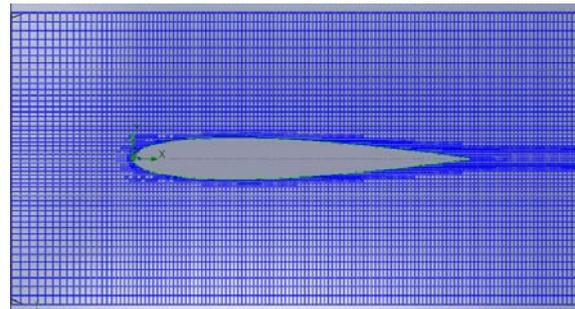
Gambar 2. Pemodelan Koordinat Airfoil NACA 0012 Menggunakan Software Design Foil R6 Demo

Setelah gambar model diperoleh, kita dapat mengekspornya ke SolidWork untuk dilakukan extruding sebagaimana diperlihatkan dalam gambar 3. dibawah.

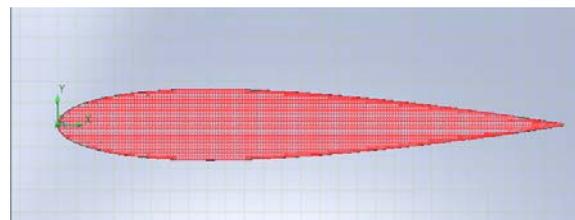


Gambar 3. Airfoil, Panjang 40 mm dan Chord 27,18 mm Diexport ke SolidWork

Hasil meshing baik computational domain maupun benda pejal ditunjukkan secara jelas, dalam contoh seperti ditunjukkan pada gambar 4 dan 5 berikut.



Gambar 4 Meshing Komputasional Domain



Gambar 5. Meshing Permukaan Pejal

Dari setting pembuatan model terlihat dalam proses ini bahwa jumlah mesh total sebanyak 8260 elemen, masing masing untuk fluida sebanyak 7124 elemen dan untuk specimen airfoil sebanyak 1136 elemen. Semakin banyak elemen yang dibuat akan semakin teliti dalam analisis, namun diperlukan waktu iterasi lama dan sebaliknya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis data

Analisis hasil ditampilkan dalam visualisasi contour plot warna dan garis arus. Untuk melihat efek dari berbagai sudut serang dalam penelitian ini, akan diuraikan secara diskriptif mulai dari sudut serang positif sampai sudut serang negatif. Adapun data kuantitatif akan ditampilkan dalam grafik dibagian akhir paper ini.

Sudut serang -8°

Pada airfoil NACA 0012 terlihat bahwa tekanan di ujung airfoil (*leading edge*) tidak sebesar pada airfoil NACA 2410. Pada kedua airfoil tersebut, NACA 0012 dengan NACA 2410 sama-sama terjadi Lift ke bawah tetapi

Lift pada NACA 2410 lebih besar dari pada NACA 0012 di tunjukkan oleh gradasi warna kuning dan coklat pada NACA 2410, sama-sama mengalami drag, tetapi lebih besar NACA 2410 daripada NACA 0012 di tunjukkan bahwa gradasi warna merah pada NACA 2410 lebih besar dari NACA 0012. (lihat gambar 6)

Sudut Serang -2⁰

Pada kedua NACA simmetris dan tak simmetris terlihat sama-sama mengalami *Lift* ke bawah, tetapi NACA 2410 Lift yang terjadi tidak sebesar NACA 0012 hal tersebut terlihat pada gradasi warna yang dimiliki oleh kedua NACA yaitu warna biru tua yang dimiliki NACA 0012 lebih luas dari pada NACA 2410. Gaya *drag* yang terjadi yaitu NACA 2410 lebih besar daripada NACA 0012 di tunjukkan oleh gradasi warna kuning yaitu NACA 2410 lebih besar dari pada NACA 0012, besaran masing-masing variable dapat dilihat pada bar satuan pada gambar (*legend*).

Sudut serang 0⁰

Pada gambar kedua NACA dibawah terlihat, NACA 2410 mengalami gaya *Lift* keatas dan Naca 0012 tidak mengalami gaya *Lift*. Dapat di tunjukkan oleh gradasi warna kedua NACA terlihat bahwa gradasi warna pada NACA 2410 warna biru tua di bagian atas *airfoil* lebih besar dari pada dibagian bawah *airfoil* yang berskala besar. Tetapi warna biru tua memiliki nilai skala yang paling kecil. Gaya *drag* yang terjadi NACA 2410 mengalami *drag* lebih besar daripada NACA 0012. Hal tersebut di tunjukkan dengan gradasi warna hijau yang lebih besar daripada NACA 0012. Pada bagian ekor (*trailing edge*) NACA 2410 memiliki tekanan lebih besar daripada NACA 0012. yang di tunjukkan oleh warna hijau

Sudut serang 5⁰

Dari kedua gambar di bawah, ditunjukkan bahwa NACA 0012 dengan NACA 2410 sama-sama mengalami *Lift* ke atas, tetapi *Lift* untuk NACA 2410 lebih besar dari pada NACA 0012. Hal tersebut di tunjukkan oleh

gradasi warna pada bagian atas *airfoil* NACA 2410 berwarna biru sedangkan pada bagian bawah berwarna hijau berdasarkan skala warna hijau lebih besar tekanannya daripada warna biru. Gaya *drag* yang terjadi pada NACA 0012 lebih besar daripada NACA 2410 ditunjukkan pada gradasi warna kuning yang lebih besar pada NACA 0012 dengan NACA 2410.

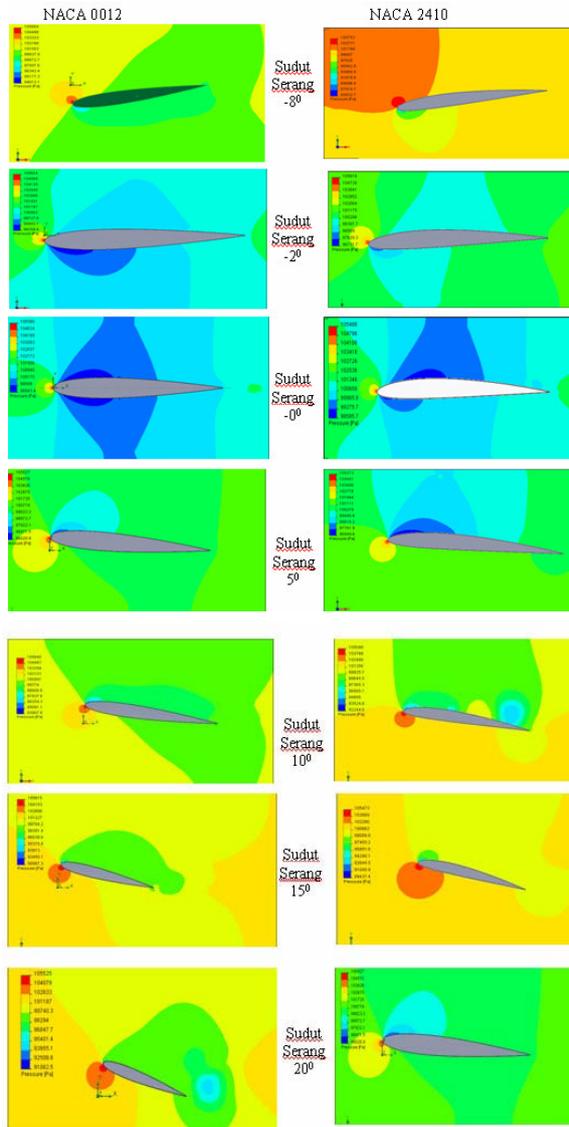
Sudut serang 10⁰

Pada gambar airfoil di bawah terlihat bahwa kedua airfoil juga mengalami *Lift* keatas tetapi gaya angkat terbesar terjadi pada NACA 2410 dari pada NACA 0012. Di tunjukkan oleh gradasi warna yang terjadi yaitu NACA 2410 pada bagian bawah airfoil terbentuk gradasi warna kuning dan bagian atas terjadi gradasi warna hijau dan biru, apabila diukur pada skala warna kuning lebih besar dari pada warna hijau dan biru. Pada NACA 0012 gaya angkat kecil daripada NACA 2410 ditunjukkan oleh gradasi warna hijau dan kuning. Dapat terjadi gaya angkat karena pada bagian bawah airfoil terdapat gradasi warna kuning dan pada bagian atas terjadi gradasi warna hijau. Sedangkan gaya *drag* yang terjadi pada NACA 2410 terjadi gaya drag lebih besar daripada NACA 0012 karena gradasi warna merah pada ujung *airfoil* NACA 2410 lebih besar daripada NACA 0012

Sudut serang 15⁰

Kedua airfoil sama-sama mengalami mengalami gaya *Lift* ke atas, tetapi gaya *Lift* pada NACA 2410 tidak sebesar NACA 0012. Hal tersebut ditunjukkan oleh gradasi warna hijau pada NACA 0012 lebih banyak daripada gradasi warna hijau pada NACA 2410. Tekanan pada bagian bawah lebih besar NACA 0012 di dibandingkan NACA 2410 terlihat bahwa pada NACA 0012 terdapat gradasi warna kuning cerah, kuning tua dan sedikit gradasi warna merah pada ujung *airfoil* tersebut, sedangkan pada NACA 2410 gradasi warna yang terbentuk adalah warna kuning tua dengan merah. Gaya *drag* yang besar terjadi pada

NACA 2410 daripada NACA 0012 terlihat gradasi warna merah bata lebih besar terbentuknya daripada gradasi warna merah bata pada NACA 0012.



Gambar 6. Distribusi Tekanan NACA 0012 dan NACA 2410 pada Berbagai Sudut Serang (contour plot)

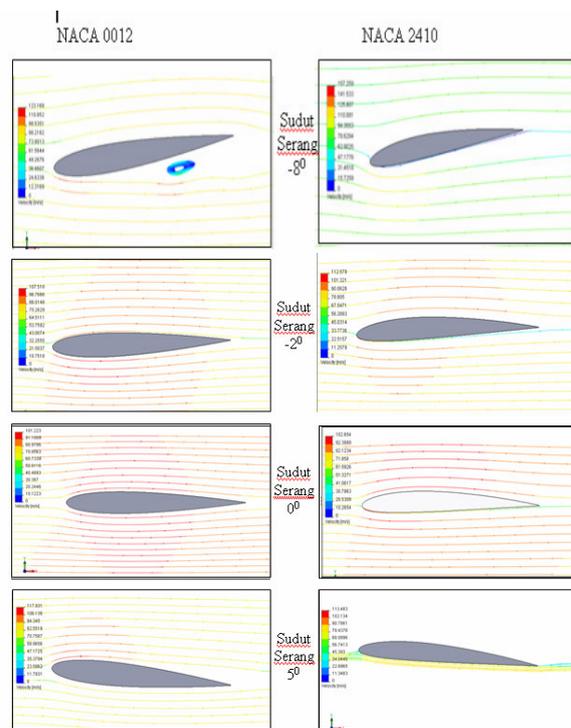
Sudut serang 20⁰

Pada NACA 0012 terlihat bahwa gaya angkatnya tidak sebesar NACA 2410, hal tersebut dilihat pada gradasi warna hijau dan biru. Warna hijau pada NACA 0012 berskala lebih besar daripada warna biru pada NACA 2410, karena tekanan pada bagian bawah

kedua *airfoil* memiliki perbedaan tekanan yaitu tekanan pada NACA 0012 lebih besar daripada NACA 2410 ditunjukkan oleh gradasi warna hijau dan kuning, NACA 0012 warna hijau di bagian tersebut hampir tidak ada, sedangkan NACA 2410 warna hijau lebih banyak daripada warna kuning. Gaya *drag* yang terjadi, NACA 0012 terjadi gaya *drag* yang lebih besar daripada gaya *drag* pada NACA 2410. Ditunjukkan oleh gradasi warna merah pada bagian ujung airfoil. Warna merah pada NACA 0012 lebih besar daripada warna merah pada ujung *airfoil* NACA 2410.

Dari keterangan di atas dapat diperlihatkan hasil distribusi tekanan pada gambar 6.

Sedangkan perilaku aliran fluida antara airfoil simetri dan tidak simetri diperlihatkan pada gambar 7. berikut:



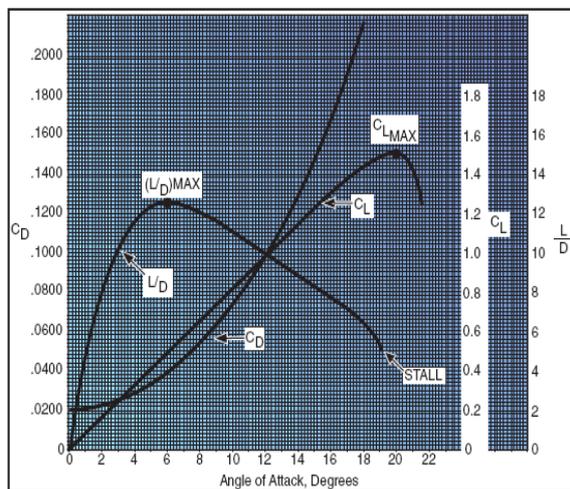
Gambar 7. Distribusi tekanan NACA 0012 dan NACA 2410 pada Berbagai Sudut Serang (trajectory plot)

Harga coefisien drag pada masing-masing sudut serang dapat diplot dalam sebuah grafik sebagaimana gambar 8.

Gambar 8. Perbandingan Koefisien Drag NACA 0012 dan NACA 2410 terhadap Sudut Serang dengan NACA dari U.S Departemnt of Transportation Federal Aviation

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa hasil eksperimen dibandingkan dengan data sekunder grafik dari U.S Departemnt of Transportation Federal Aviation Administration memperlihatkan bahwa ketiga grafik hasil percobaan memiliki kemiripan atau identik. Sumber lain yang bias sebagai acuan juga bias

berikut.

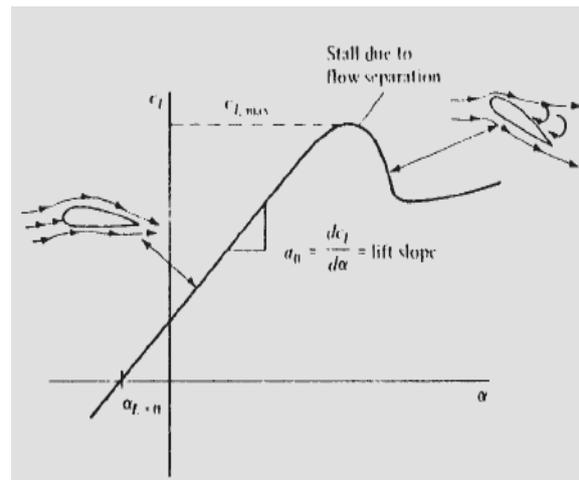


Gambar 9. Hasil eksperimen CD terhadap α (U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, 2003)

Dari grafik diatas utamanya C_l , grafik yang terbentuk dari sudut serang 00 sampai

200 memberikan trend linier, kemudian dari sudut serang 200 keatas terjadi bentuk grafik polynomial karena terjadi perubahan. Pada C_D bentuk grafik dari sudut serang 00 sampai 120, grafik berbentuk polynomial, dari 120 sampai 180 grafik berbentuk linier dan grafik tersebut terus mengalami kenaikan.

Data sejenis juga dapat dilihat pada gambar 11. uatu hasil eksperimen yang pernah dilakukan oleh (John D. Anderson, Jr, 1984).



Gambar 10. Grafik grafik CL terhadap (John D. Anderson, Jr, 1984)

Tabel dan grafik yang baik bisa memberikan penjelasan dengan sendirinya, namun sering perlu tambahan sedikit narasi untuk mempermudah pembaca dalam memahaminya. Hasil akan lebih sempurna jika diberi perbandingan dengan penelitian lain yang serupa.

KESIMPULAN

1. Hasil iterasi dengan SolidWork, terbukti cukup memberikan gambaran untuk mendiskripsikan karakteristik airfoil, dengan hasil mirip dengan grafik yang dikeluarkan NACA
2. Hasil perbandingan tekanan antara Airfoil NACA 0012 dengan NACA 2410, adalah pada tekanan yang mempengaruhi gaya lift lebih besar NACA 2410 dari pada NACA 0012.

3. Hasil pengamatan kecepatan, terutama pada aliran kecepatan Airfoil NACA 0012 lebih banyak mengeluarkan turbulensi dari pada NACA 2410 sehingga menyebabkan nilai dari gaya hambatnya jadi lebih besar, pada NACA 2410 gaya hambatnya lebih kecil karena turbulensi pada Airfoil sangat kecil.
4. Pada grafik perbandingan CL dan CD antara NACA 0012 dengan NACA 2410 perbedaan yang terjadi adalah pada grafik CL NACA 0012 mengalami kondisi stall, pada NACA 2410 tidak mengalami kondisi stall, nilai puncak dari NACA0012 terjadi pada sudut 150 sedang pada NACA 2410 kondisi puncak pada 100. Namun demikian NACA0012 memberikan efek lift lebih besar dibandingkan dengan NACA 2410. Dengan kata lain airfoil simetri lebih ideal untuk mendapatkan efek lift yang baik.

PERSANTUNAN

Paper ini dapat terselesaikan berkat sumbang saran dan masukan dari Dr. Dani Harmanto dari University of Derby United Kingdom dan saudara Irawan Prasetyanto mahasiswa Tugas Akhir jurusan teknik mesin Fakultas teknik UMS dan saudara Marwan Effendy.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson. John D, Jr. 2007. *Fundamental of Aerodynamics, Fourth Edition*. Mc Graw Hill. Higher Education. New York.
- Casmara dan S. Wiriadidjaja, 2008, Efek *Ground board* Terhadap Aerofoil GAW, Jurnal Saint dan Teknologi BPPT, Jakarta. <http://www.iptek.net.id/ind/?mnu=8&ch=jsti&id=243>
- Dugdale, R.H., 1986, *Mekanika Fluida (Terjemahan)*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Djojodihardjo, Harijono, 1983, *Mekanika Fluida*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Hakim, Azki. 2007. Kronologis Teknis Perkembangan Airfoil. <http://aeroblog.wordpress.com/2007/II/22/Kronologis-Teknis-Perkembangan-Airfoil/>
- Harahap, Yudiandah, Dkk. 2003. Analisa Karakteristik Distribusi Tekanan dan Kecepatan Pada Bodi Aerodinamika Airfoil Dengan Metoda Panel Dalam Fenomena "*Flow Around Body*". Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. Surabaya. <http://puslit.petra.ac.id/journals/mechanical/>
- Giles, Randal V. Soemitro, Herman W. 1993. *Mekanika Fluida & Hidraulika*, Edisi kedua (SI-Metrik). Erlangga. Jakarta.
- Nakayama, Yasuki, dkk. 1999. *Introduction to Fluid Mechanics*. Butterworth-Heinemann. Oxford.
- R. Munson, Bruce, dkk. 2002. *Mekanika Fluida jilid 2*. Erlangga. Jakarta.
- Tjitro, Soejono, Dkk. 1999. Perbaikan Karakteristik Aerodinamika pada Kendaraan Niaga. Universitas Kristen Petra. Jakarta.
- Yusmanto, Arif, 2008. Studi Karakteristik Distribusi Tekanan Dan Kecepatan Disekeliling *Airfoil* dengan Solid Works. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.

ANALISIS SIFAT FISIS DAN MEKANIS ALUMINIUM (Al) PADUAN DAUR ULANG DENGAN MENGGUNAKAN CETAKAN LOGAM DAN CETAKAN PASIR

Masyrukan

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Surakarta 57102

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanis pada aluminium paduan daur ulang yang dicetak dengan menggunakan cetakan logam dan cetakan pasir. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium paduan yang berasal dari daur ulang aluminium bekas, yang dilebur di dalam dapur krusible tipe ciduk dan dicetak didalam cetakan logam dan cetakan pasir. Alat yang digunakan dalam uji kekerasan, uji struktur mikro, dan uji komposisi kimia secara berturut-turut adalah Vickers hardness tester, Olympus Metallurgical Microscope, Metal Scan Spectrometer. pengujian kekerasan menggunakan pengujian vickers dengan standar ASTM E 92, pengujian struktur mikro menggunakan standar ASTM E 3 dengan cara melihat spesimen dibawah mikroskop dan pengujian komposisi kimia dilakukan dengan cara menembakkan gas argon kepermukaan spesimen, sehingga hasilnya akan terbaca pada komputer. Spesimen I HV= 98,2 kgf/mm², spesimen II HV =104,3 kgf/mm. Sedangkan pada aluminium (Al) paduan dengan cetakan pasir diperoleh Spesimen I HV= 81,2 kgf/mm, spesimen II HV = 83 kgf/mm. Pada uji komposisi kimia pada aluminium paduan dengan cetakan logam didapat kandungan unsur-unsur utama yaitu Al = 85,96%, Si = 5,26%, Cu = 4,25% dan Zn = 2,23%. Komposisi kimia pada aluminium (Al) paduan dengan cetakan pasir didapat kandungan unsur-unsur utama yaitu Al = 83,69 %, Si = 4,83 %, Cu = 7,44 % dan Zn = 2,01 %. Pada pengujian struktur mikro terlihat butiran fasa AlSi pada aluminium paduan cetakan logam memiliki struktur butiran halus (kecil) dengan bentuk memanjang serta jarak antar butirannya rapat. Hal ini menyebabkan hasil coran dengan menggunakan cetakan logam memiliki tingkat kekerasan lebih baik.

Kata Kunci: aluminium (Al), cetakan, paduan, logam, pasir.

PENDAHULUAN

Aluminium (Al) adalah salah satu logam non ferro yang memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah memiliki berat jenis yang ringan, ketahanan terhadap korosi, dan mampu bentuk yang baik (Diharjo, 1999). Adapun sifat dasar dari aluminium (Al) murni adalah memiliki sifat mampu cor yang baik dan sifat mekanik yang

jelek. Oleh karena itu dipergunakan aluminium paduan sebagai bahan baku pengecoran sebab sifat mekanisnya akan dapat diperbaiki dengan menambahkan unsur-unsur lain seperti tembaga (Cu), silisium (Si), mangan (Mn), magnesium (Mg) dan sebagainya (Surdia dkk, 1985). Dengan keunggulan tersebut, maka pemanfaatan material aluminium pada beberapa sektor industri

menjadi semakin meningkat. Sehingga pemanfaatan kembali aluminium bekas merupakan salah satu alternatif untuk menanggulangi kelangkaan bahan baku aluminium (Al), selain itu akan lebih menghemat sumber daya alam yang ada.

Proses pembentukan aluminium dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya menggunakan metode pengecoran dengan menggunakan cetakan. Untuk membuat coran harus dilakukan proses-proses seperti pencairan logam, pembuatan cetakan, menuang dan membersihkan coran. Cetakan dibuat dengan jalan memadatkan pasir, adapun jenis pasir yang sering digunakan adalah pasir alam atau pasir buatan yang mengandung tanah liat. Cetakan pasir mudah dibuat dan memiliki nilai ekonomis yang lebih dibandingkan dengan cetakan logam. Selain menggunakan cetakan pasir juga dipakai cetakan yang dibuat dengan menggunakan bahan logam. Jenis logam yang digunakan pada cetakan ini, titik leburnya harus lebih tinggi dari logam yang dicairkan.

Dari uraian diatas, perlu kiranya untuk mengadakan penelitian terhadap aluminium hasil dari proses daur ulang dengan menggunakan cetakan logam dan cetakan pasir. Sehingga hasil dari penelitian tersebut dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam penggunaan cetakan oleh industri pengecoran untuk menghasilkan material atau produk yang baik dan siap pakai.

TINJAUAN PUSTAKA

Arifin, B (2006), Meneliti tentang pengaruh tembaga (Cu) hingga 5% pada paduan Al-Si5 untuk cetakan pasir dan logam. Pada penelitian ini Al-Si tidak dapat ditingkatkan sifat mekaniknya dengan perlakuan panas. Tambahan unsur (Cu) atau (Mg) dapat meningkatkan sifat mekanis benda cor setelah dilakukan perlakuan panas. Hasil cor pada cetakan logam menunjukkan sifat mekanik yang lebih baik dan permukaan cor yang lebih halus dibandingkan cetakan pasir. Adanya tambahan tembaga (Cu) hingga 5% pada paduan Al-Si5 meningkatkan kekerasan dan kuat tarik benda cor baik untuk cetakan pasir maupun cetakan logam.

Proses pengecoran paduan aluminium silikon dilakukan pada dapur krusibel tipe ciduk

dengan kapasitas 70 kg, menggunakan bahan bakar minyak solar. Kadar silikon ditambahkan dari ingot Al-Si 20% dan kadar tembaga dibuat *master alloy* dalam dapur induksi Al-Cu 20% dengan menggunakan kawat tembaga. Pengujian tarik dilakukan berdasarkan standar ASTM B2/B26M spesimen diambil dari hasil cor dengan cetakan logam dan cetakan pasir sebanyak dua buah setiap cetakan. Setelah spesimen tarik jadi langsung dilakukan pemanasan larutan (*solution treatment*) pada suhu 480-500C dan 500C selama 12 jam kemudian dilanjutkan proses penuaan (*artificial aging*) pada suhu 175C selama 10 jam.

Untuk *solution treatment* 500C dengan bertambahnya kadar tembaga pada benda cor untuk cetakan logam, menunjukkan nilai kekerasan meningkat dan kuat tarik cukup besar, pada *solution treatment* 520C nilai kekerasan menurun. sedangkan untuk proses penuaan yang dilakukan setelah pemanasan larutan dapat meningkatkan lagi sifat mekanis benda cor cetakan pasir.

Widiyanto, Y (2006), Meneliti Pengaruh Si dalam *Recycling* Aluminium Terhadap Fluiditas Dan Struktur Mikro Sebagai Bahan Baku Pembuatan Komponen Sepatu Rem Sepeda Motor. Paduan Al-Si mempunyai sifat fluiditas yang baik, dengan proses *recycling*, limbah aluminium dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku paduan Al-Si. Fluiditas merupakan prinsip utama keberhasilan dalam pengecoran logam maupun paduan logam. Fluiditas yang tidak cukup baik akan membentuk misrun terutama pada bagian yang tipis dari tuangan. Komponen sepatu rem sepeda motor terbuat dari bahan paduan Al-Si melalui proses pengecoran. Sehubungan dengan hal tersebut dilakukan penelitian tentang pengaruh Si terhadap fluiditas dari paduan Al-Si dengan bahan *recycling*, yang jenis dan komposisi kimianya berbeda-beda. Diawali dengan memadu bahan-bahan *recycling* dengan variasi AL8Si, AL9Si dan AL10Si.

Kemudian dilakukan percobaan pengecoran paduan Al-Si untuk komponen sepatu rem sepeda motor. Pengecoran dilakukan pada temperatur 700°C, kandungan Si 10%, tempe-

ratur cetakan 130°C dan tekanan dies 120 kgf/cm². Setelah itu lalu diuji komposisi kimia, fluiditas, struktur mikro dan kekerasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa paduan AL8Si, AL9Si dan AL10Si hasil *recycling*, yang karakteristiknya mendekati produk komponen sepatu rem adalah AL 10Si. Semakin banyak kandungan Si, fluiditas semakin besar dan kecepatan aliran rata-rata logam cair semakin tinggi. Semakin tinggi temperatur, fluiditasnya juga semakin besar. Prosentase fasa α -Al pada AL8Si > AL9Si > AL10Si, sedangkan fasa Si pada AL8Si < AL9Si < AL10Si. Kekerasan AL8Si > AL9Si > AL10Si, sebab dalam paduan Al-Si mengandung 0,8% Fe yang menyebabkan pembentukan fasa β dalam AL8Si > AL9Si > AL10Si.

Ahmadi, N (2002), meneliti tentang pengaruh pengecoran batang torak dari aluminium paduan AL-Cu-Ni dengan cetakan pasir dan cetakan logam terhadap kekerasan dan kekuatan tarik. Material ini menggunakan aluminium bekas kendaraan roda dua dan roda empat yang dilebur dalam dapur krusibel yang dicetak dalam bentuk batang torak dengan cetakan logam dan cetakan pasir. Ukuran untuk pengujian tarik menggunakan JIS Z2201 dengan skala 1:5, untuk pengujian kekerasan menggunakan uji *vickers*. Hasil penelitian menunjukkan hasil cetakan logam mempunyai kekerasan lebih dibanding cetakan pasir, dengan kekerasan rata-rata 109,20 kg/mm dan 81 kg/mm sedangkan kekuatannya 13,56 kg/mm dan 9,77 kg/mm.

Dari penelitian tersebut dapat diketahui unsur-unsur yang terkandung dalam aluminium dan pengaruhnya terhadap sifat fisis dan mekanis aluminium, serta pengaruh dari cetakan yang digunakan untuk pengecoran aluminium terhadap sifat fisis dan mekanis.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

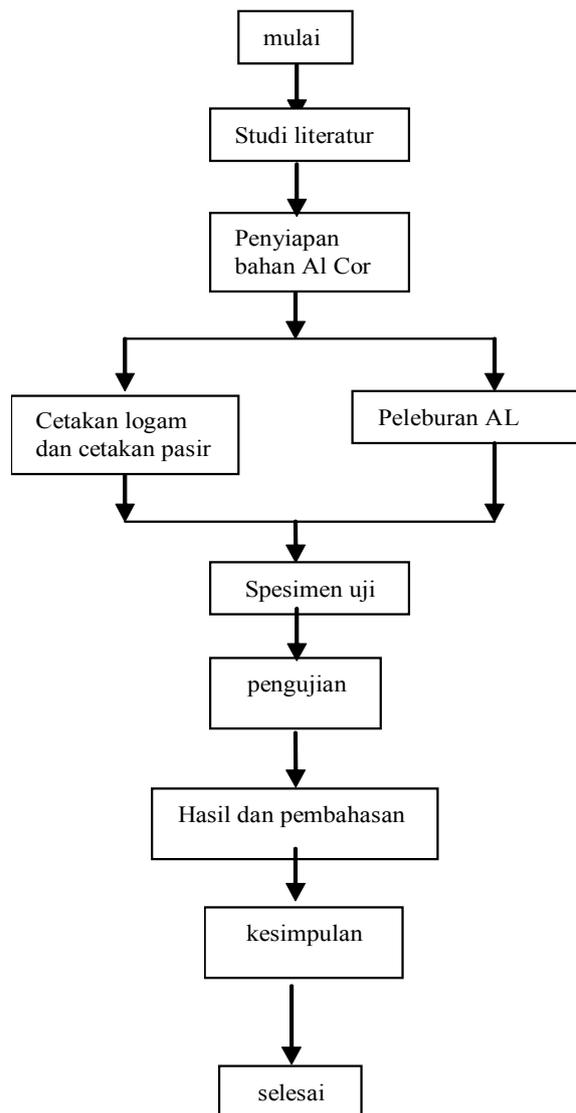
1. Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium bekas yang didaur ulang melalui proses pengecoran.

2. Alat

1. Tungku peleburan
2. Alat tuang
3. Cetakan logam dan cetakan pasir
4. Alat uji struktur mikro
5. Alat uji kekerasan
7. Alat uji komposisi kimia

Untuk mempermudah dalam penelitian maka dibuat diagram alir penelitian seperti gambar 1.



Gambar 1. diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Uji Komposisi Kimia

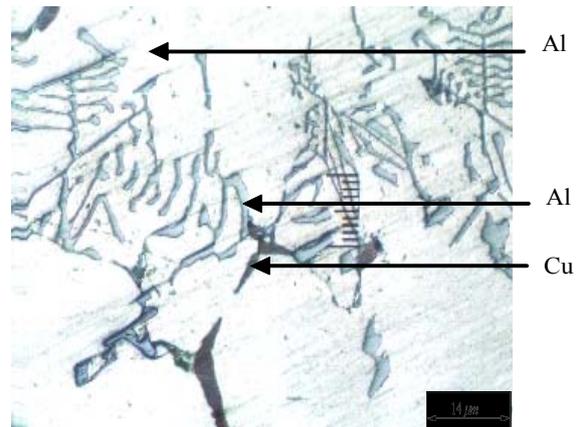
Tabel .1. Data Hasil Uji Komposisi Kimia Aluminium Paduan dari Proses Daur Ulang Dengan Menggunakan Cetakan Logam dan Cetakan Pasir

No	Unsur	Prosentase (%)	
		Cetakan logam	Cetakan pasir
1	Al	85.96	83.96
2	Si	5.26	4.83
3	Fe	1.24	1.14
4	Cu	4.25	7.44
5	Mn	0.147	0.137
6	Mg	0.144	0.124
7	Cr	0.0145	0.0134
8	Ni	0.0645	0.0609
9	Zn	2.23	2.01
10	Ti	0.0791	0.0729
11	Ca	0.00	0.00
12	Pb	0.173	0.114
13	Sn	0.443	0.372
14	V	0.0020	0.00
15	Zr	0.0116	0.0012

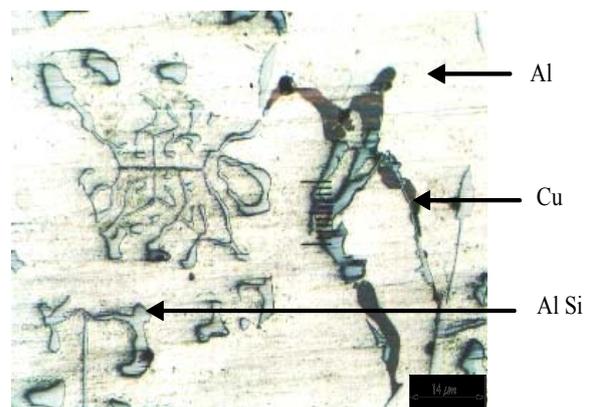
Pembahasan Pengujian Komposisi Kimia

Dari hasil pengujian komposisi kimia pada aluminium paduan daur ulang yang dicetak menggunakan cetakan logam dan cetakan pasir, diperoleh sebanyak 15 unsur penyusun pada aluminium paduan cetakan pasir dan 14 unsur pada cetakan logam. Berdasarkan prosentase unsur penyusunnya, kedua jenis aluminium paduan dikategorikan kedalam aluminium paduan *Casting Alloy* dengan nomor seri mendekati 3xx.x {Al-Si-Cu}.

Data Hasil Pengamatan Struktur Mikro



Gambar 3. Struktur Mikro Spesimen Aluminium Daur Ulang dengan Cetakan Logam, dengan Perbesaran 200 x



Gambar 4. Struktur Mikro Spesimen Aluminium Daur Ulang dengan Cetakan Pasir, dengan Perbesaran 200 x

Pembahasan Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro pada aluminium paduan daur ulang dengan menggunakan cetakan logam dan cetakan pasir terbentuk beberapa fasa, diantaranya fasa Al, fasa $CuAl_2$ dan fasa AlSi.

Pada aluminium paduan yang dicetak menggunakan cetakan logam dengan prosentase silikon (Si) 5.26 % dan tembaga (Cu) 4.25%, terlihat bahwa distribusi fasa AlSi memiliki struktur butiran dengan ukuran lebih kecil

memanjang dengan jarak antar butiran yang rapat, dan distribusi fasa CuAl_2 lebih cenderung meregang atau struktur butiran yang terbentuk tidak mengelompok. Sedangkan pada aluminium paduan daur ulang yang dicetak menggunakan cetakan pasir, dengan unsur paduan silikon (Si) 4,83% dan tembaga (Cu) 7,44%, memiliki distribusi dan bentuk struktur butiran fasa AlSi yang cenderung menggumpal dengan ukuran butiran lebih besar dan jarak antar butirannya meregang, serta fasa CuAl_2 yang terbentuk memiliki struktur butiran yang mengelompok.

Berdasarkan uraian diatas, diperoleh kesimpulan bahwa proses daur ulang aluminium bekas dengan menggunakan cetakan logam menghasilkan distribusi fasa AlSi dan CuAl_2 yang lebih merata, dengan struktur butiran lebih halus (kecil) dan jarak antar butiran yang rapat.

Hasil Uji Kekerasan

Tabel 2. Data Hasil Uji Kekerasan Aluminium Paduan Daun Ulang Dengan Menggunakan Cetakan Pasir

Benda uji	HV (Kgf/mm ²)	HV <i>Rata-rata</i> (Kgf/mm ²)
Spesimen 1	73,5	81,2
	94,1	
	76,1	
Spesimen 2	65,8	83,0
	97,2	
	86,2	

Tabel 3. Data Hasil Uji Kekerasan Aluminium Paduan Daun Ulang Dengan Menggunakan Cetakan Logam

Benda uji	HV (Kgf/mm ²)	HV <i>Rata-rata</i> (Kgf/mm ²)
Spesimen 1	98,0	98,2
	101,7	
	95,0	
Spesimen 2	88,3	104,3
	123,4	
	101,2	

Pembahasan Hasil Pengujian Kekerasan

Berdasarkan data hasil pengujian kekerasan *Vickers* pada aluminium paduan daur ulang yang dicetak dengan menggunakan cetakan logam dan cetakan pasir, diketahui bahwa harga kekerasan rata-rata aluminium paduan yang dicetak dengan menggunakan cetakan logam, untuk spesimen satu sebesar 98.2 kg/mm² dan spesimen dua sebesar 104.3 kg/mm². Sedangkan harga kekerasan rata-rata pada aluminium paduan yang dicetak menggunakan cetakan pasir, spesimen satu sebesar 81.2 kg/mm² dan spesimen dua sebesar 83 kg/mm². Dari uraian diatas, diketahui bahwa tingkat kekerasan aluminium paduan yang dicetak menggunakan cetakan logam memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibanding harga kekerasan aluminium paduan dengan menggunakan cetakan pasir.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan pembahasan hasil penelitian pada aluminium paduan yang dicetak dengan menggunakan cetakan logam dan cetakan pasir, diperoleh kesimpulan sebagai berikut;

1. Pada aluminium paduan yang dicetak menggunakan cetakan pasir diperoleh 15 unsur penyusun aluminium paduan dan 14 unsur untuk aluminium paduan dengan menggunakan cetakan logam. Dari unsur penyusunnya diperoleh 5 unsur dominan, yang antara lain ; Al, Si, Cu, Zn, dan Fe. Besarnya prosentase unsur dominan aluminium Berdasarkan prosentase unsur penyusunnya, kedua jenis aluminium paduan dikategorikan kedalam aluminium paduan *Casting Alloy* dengan nomor seri mendekati 3xx.x dengan paduan utama Al-Si-Cu.
2. Dari pengamatan struktur mikro pada kedua spesimen uji, terbentuk beberapa fasa yang dapat diamati, yang antara lain : fasa Al (berwarna terang), fasa AlSi (kelabu terang) dan fasa CuAl_2 (berwarna kelabu gelap kecoklatan). Terlihat pada aluminium paduan yang dicetak dengan cetakan logam

distribusi fasa AlSi dan CuAl₂ lebih merata, dengan struktur butiran lebih halus (kecil) dan jarak antar butiran yang rapat. Dengan distribusi dan struktur butiran demikian maka akan dapat meningkatkan nilai kekerasan dari coran yang dihasilkan. Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa metode pengecoran dengan menggunakan cetakan logam menghasilkan distribusi fasa yang lebih merata bila dibandingkan dengan menggunakan cetakan pasir.

3. Dari pengujian kekerasan diperoleh harga kekerasan rata-rata untuk aluminium paduan

dengan cetakan logam spesimen satu sebesar HV= 98.2 kg/mm² dan spesimen dua sebesar HV=104.3 kg/mm². Sedangkan harga kekerasan rata-rata pada aluminium paduan menggunakan cetakan pasir, spesimen satu sebesar HV= 81.2 kg/mm² dan spesimen dua sebesar HV= 83 kg/mm². Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa harga kekerasan pada cetakan logam lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena terjadinya penyebaran kristal yang halus dan homogen dari unsur silikon (Si) pada material tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Beumer, B.J.M., Alih Bahasa : B, S., Anwir, 1994, *Ilmu Bahan Logam*, Jilid II, cetakan Ke-2, PT. Bhratara, Jakarta.
- Dieter, G. E., 1990, *Metalurgi Mekanik*, Jilid I, Edisi Ke-3, Terjemahan : Sriatie Djaprie, PT. Erlangga, Jakarta.
- Purwanto, D., 2004, *Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Velg Racing Alumimium Sebelum dan Sesudah di Aging*, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarata.
- Putro, T. H., 2005, *Studi Pengecoran Aluminium Silikon (Al+Si) Dengan Cetakan Logam Berpendingin Air dan Udara*, Tugas Akhir S-1, Teknik Mesin, Institut Sains dan Teknologi Akprind, Yogyakarta.
- Suharto., 1995, *Teori Bahan dan Pengaturan Teknik*, PT. Rineka Cipta, Jakarta.
- Surdia, T., Chijiwa, K., 2000, *Teknik Pengecoran Logam*, Cetakan Ke-8, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Surdia, T., Saito, S., 1985, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Ke-3, PT. Padnya Paramita, Jakarta.
- Van Vlack, L., H., 1992, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Edisi Ke-5, Terjemahan : Sriatie Djaprie, PT. Erlangga, Jakarta.
- Van Vlack, L., H., 2001, *Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material*, Edisi Ke-6, Terjemahan : Sriatie Djaprie, PT. Erlangga, Jakarta

----- . 1998, *Annual Book OF ASTM Standards*.

----- . 1972, *Metals Hand Book Atlas Of Mikrostrukture of Industrial Alloy*, Volume 7, Edisi Ke-8, Metals Park, Ohio.

PENGARUH PERLAKUAN ALKALI PADA REKAYASA BAHAN KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT RAMI BERMATRIK POLIESTER TERHADAP KEKUATAN MEKANIS

Agus Hariyanto

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartosura
email: agus_haryanto@ums.ac.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh waktu perlakuan alkali terhadap peningkatan kekuatan bending dan dampak komposit berpenguat serat rami bermatrix poliester. Mekanisme perpatahan diamati dengan photo makro.

Bahan utama penelitian adalah serat rami, resin unsaturated polyester 157 BQTN. Hardener yang digunakan adalah MEKPO dengan konsentrasi 1%. Komposit dibuat dengan metode cetak tekan (press mold). Komposit terdiri dari serat rami acak. Fraksi volume serat komposit adalah 40%. Perlakuan alkali (NaOH) 5% dengan variasi lama perendaman 2, 4, 6, 8 jam. Spesimen dan prosedur pengujian bending dan dampak izod mengacu pada standart ASTM D 790 dan ASTM D 5941. Penampang patahan dilakukan foto makro untuk mengidentifikasi pola kegagalannya.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan waktu perlakuan alkali (NaOH) 5% menurunkan kekuatan bending dan kekuatan dampak secara signifikan pada komposit. Mekanisme patahan terjadi patah getas akibat kekuatan bending dan dampak, diawali oleh tahapan pola kegagalan tarik pada komposit sisi bawah dan kegagalan tekan pada komposit sisi atas, kegagalan fiber pull out.

Kata Kunci: *komposit, perlakuan alkali, kekuatan bending kekuatan dampak mekanisme kegagalan.*

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan komposit sebagai alternatif pengganti bahan logam dalam bidang rekayasa sudah semakin meluas, yang tidak hanya sebagai panel di bidang transportasi tetapi juga merambah pada bidang lainnya seperti properti dan arsitektur. Hal ini dikarenakan oleh adanya keuntungan penggunaan bahan komposit seperti konstruksi menjadi lebih ringan, tahan korosi dan kekuatannya dapat didesain sesuai dengan arah pembebanan. Fokus pemilihan bahan yang tepat untuk suatu konstruksi menuntut

sebuah kepastian tentang material penyusun yang tepat pula. Tuntutan fungsi panel saat ini tidaklah hanya sebatas kekuatan mekanik saja, tetapi juga sifat fisisnya (Peijs, 2002). Dalam penelitian ini ditekankan pada penyelidikan kekuatan bending dan kekuatan dampak bermatrix poliester serta pola kegagalannya. Penggunaan kembali serat alam, dipicu oleh adanya regulasi tentang persyaratan habis pakai (*end of life*) produk komponen otomotif bagi negara-negara Uni Eropa dan sebagian Asia. Bahkan sejak tahun 2006, negara-negara Uni Eropa telah mendaur ulang 80%

komponen otomotif, dan akan meningkat menjadi 85% pada tahun 2015. Di Asia khususnya di Jepang, sekitar 88% komponen otomotif telah di daur ulang pada tahun 2005 dan akan meningkat pada tahun 2015 menjadi 95%. Pengembangan teknologi komposit berpenguat serat alam sejalan dengan kebijakan pemerintah untuk menggali potensi *local genius* yang ada. Hal ini tentu akan mampu meningkatkan pemberdayaan sumber daya alam lokal yang dapat diperbaharui (Jamarsi, 2008). Lebih lanjut lagi, perkembangan teknologi komposit pun mengalami perkembangan yang sangat dinamis dan cepat. Saat ini material penguat komposit mengalami pergeseran dari penggunaan serat sintesis menuju serat alam. Hal ini disebabkan oleh adanya efek limbah serat sintesis yang tidak dapat terurai secara alami. Indonesia sebagai negara tropis menghasilkan berbagai jenis serat alam seperti kenaf, rami, abaca, agave, dan lain sebagainya. Produksi serat rami di dunia dapat dikatakan cukup besar, 400.000 ton per tahun sampai saat ini kekurangan pasokan sebesar 270.000 ton per tahun, dengan total penawaran 130.000 ton. Dari hasil penelitian, serat rami di Indonesia kualitasnya mampu bersaing dengan serat rami dari Cina, Brazil, Filipina, Taiwan, Korea, Komboja, Thailand dan Vietnam. Dengan demikian pengembangan tanaman ini memiliki prospek yang sangat cerah, karena sampai saat ini Indonesia merupakan potensi yang besar untuk menggerakkan ekonomi rakyat melalui perekonomian pedesaan (Sudiro.D., 2004). Dengan demikian, pemanfaatan serat rami sebagai penguat panel komposit merupakan salah satu solusi yang tepat untuk meningkatkan nilai teknologi dan ekonomi serat rami.

Kajian riset bahan panel komposit kini banyak dikonsentrasikan pada studi sifat mekanis dan fisis. Namun, penggunaan komposit sebagai panel tidak lepas dari tuntutan keselamatan pengguna. Salah satu sifat panel yang mendukung keselamatan yang baik adalah panel yang sudah diketahui kekuatan mekanisnya. Sebagai contoh, penggunaan bahan hasil industri yang diketahui spesifikasinya. Seiring dengan konsep rancangan bahan komposit serat rami bermatrik

poliester yang akan digunakan sebagai panel, maka sifat mekanis yang baik diperlukan sebagai salah satu parameter yang menentukan keselamatan pemakaian.

Pentingnya analisis mekanis ini didasarkan pada penentuan kekuatan desain struktur untuk memberikan keyakinan atas keselamatan pemakaian. Uraian tersebut di atas menunjukkan bahwa kajian riset panel menjadi penting untuk di kaji. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki sifat mekanis bending dan impact komposit berpenguat serat rami dengan matrik *unsaturated polyester*. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki sifat mekanis bending dan impact komposit berpenguat serat rami dengan matrik *unsaturated polyester*. Penelitian ini dilakukan dalam rangka memperoleh solusi pemilihan material struktur komposit ataupun solusi alternatif rancangan struktur komposit yang dalam aplikasinya erat kaitannya dengan keamanan/ keselamatan pemakaian.

TINJAUAN PUSTAKA

Pada penelitian pendahuluan, Nugraha, dkk (2005) melakukan perlakuan kimia serat alam ramie (*Boehmeria Nivea*) yang menunjukkan kekuatan tarik serat dapat ditingkatkan sehingga akan mampu menjadi alternatif media penguatan pada bahan komposit polimer penguatan serat alam. Marsyahyo, dkk (2005) membandingkan kekuatan tarik komposit polimer *epoxy* dan *polyester* dengan penguatan serat alam dari beberapa tanaman tropis tanpa mengalami perlakuan (*green fibers*) dengan hasil bahwa serat ramie memiliki penguatan relatif paling tinggi dibandingkan serat alam daun nenas, pelepah pisang, kenaf, bambu, serbuk tempurung kelapa dan agel (*agave*).

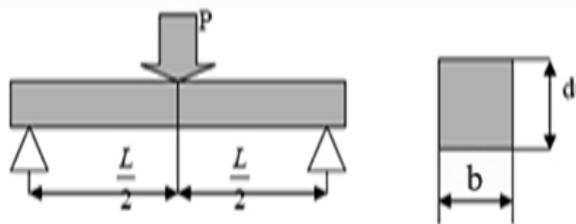
Perlakuan serat kenaf kontinu dan acak dengan 5 % NaOH yang direndam pada suhu 19 ± 2 °C selama 48 jam menyebabkan permukaan serat menjadi lebih kasar karena lapisan lignin dan kotoran di bagian permukaan serat hilang. Topografi permukaan serat yang kasar akan menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik dengan matrik. Perlakuan 5 % NaOH serat kenaf kontinu selama

48 jam masing-masing mempengaruhi elastisitas bending, kekuatan bending, dan harga impact komposit kenaf-*polyester* pada $V_f = 64\%$, yaitu 13 GPa, 123 MPa, dan 75 KJ/m². Hasil tersebut menunjukkan bahwa perlakuan serat selama 48 jam menurunkan elastisitas bending sebesar 3%, kekuatan bending sebesar 3%, dan harga impact sebesar 3%, dibandingkan tanpa perlakuan alkali (Azis dkk, 2003).

METODE PENELITIAN

Bahan utama penelitian adalah serat rami acak dengan massa jenis 1,53 gr/cm³, *unsaturated poliester type 157 BQTN*, hardener MEKPO dengan kadar 1%. Serat *ramie* yang digunakan dengan perlakuan alkali (NaOH) = 5% dengan variasi lama perendaman 2, 4, 6, dan 8 jam.

Pembuatan komposit dibuat dengan metode cetak tekan (*press mold*). Variabel penelitian ini adalah fraksi volume serat *ramie* sebesar 40%. Pengujian bending dilakukan dengan *three point bending method*, seperti ditunjukkan pada gambar 1. Spesimen dan metode pengujiannya mengacu pada standar ASTM D 790-02.



Gambar 1. Metode Pengujian Three Point Bending (ASTM D790)

Kekuatan bendingnya dapat dihitung dengan persamaan berikut (ASTM, D 790):

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots(1)$$

dengan catatan; P = beban (N), L = panjang span (mm), b = lebar (mm), dan d = tebal (mm). Jika defleksi maksimum yang terjadi lebih dari 10% dari jarak antar penumpu (L),

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bh^2} \left[1 + 4 \left(\frac{\delta}{L} \right)^2 \right] \dots\dots\dots(2)$$

Modulus elastisitas bendingnya dapat dirumuskan dengan persamaan :

$$E_b = \frac{1}{4} \times \frac{L^3}{bh^3} \times \frac{P}{\delta} \dots\dots\dots(3)$$

Perhitungan kekakuan bending:

$$D = E_b \times I \dots\dots\dots(4)$$

Momen inersia untuk balok:

$$I = \frac{b \times h^3}{12} \dots\dots\dots(5)$$

Rumusan untuk menghitung besarnya energi yang terserap komposit pada pengujian impact izot adalah (*Manual book of Gotech-Izod Impact*);

$$E_{serap} = WR \left[(\cos \beta - \cos \alpha) - (\cos \alpha' - \cos \alpha) \left(\frac{\alpha + \beta}{\alpha + \alpha'} \right) \right] \dots\dots\dots(6)$$

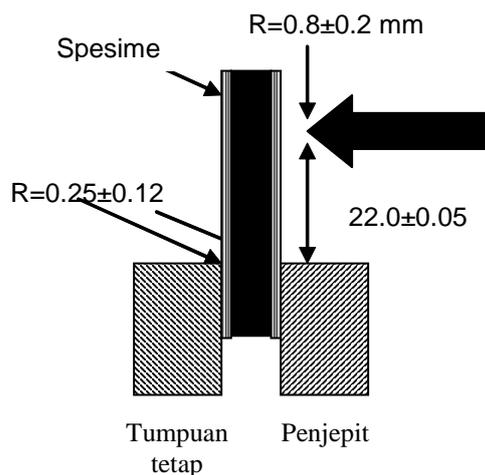
energi terserap pada pengujian impact adalah Shackelford, 1992):

$$E_{serap} = WR \left[\cos \beta - \cos \alpha \right] \dots\dots\dots(7)$$

Dengan catatan; E_{serap} = energi terserap (J), W = berat pendulum (N), R = panjang lengan pendulum (m), β = sudut pantul pendulum (⁰), dan α = sudut ayun pendulum (⁰). Besarnya kekuatan impact dapat dihitung dengan persamaan (Shackelford, 1992);

$$\text{Kekuatan Impact} = HI = \frac{E_{serap}}{A} \dots\dots\dots(8)$$

dengan A = luas penampang komposit.



Gambar 2. Metoda Pengujian Impak Izod Skin (ASTM D 5941)

Penampang patahan spesimen uji dilakukan foto makro untuk mengidentifikasi pola kegagalannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

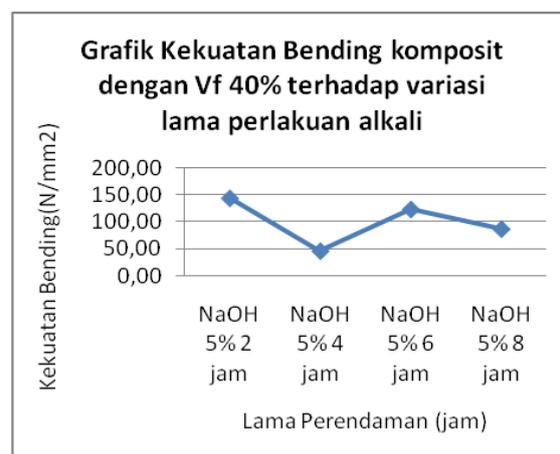
1. Uji bending komposit berpenguat serat rami perlakuan NaOH = 5%.

Pengujian bending komposit berpenguat serat rami perlakuan NaOH 5% variasi lama perendaman 2, 4, 6, 8 jam dilakukan dengan acuan pengujian sesuai standar ASTM D 790. Data hasil pengujian bending komposit *skin* berpenguat serat rami ditunjukkan sesuai tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Bending Komposit Skin Berpenguat Serat Rami

Perlakuan	Fraksi Volume Serat (V_f)	Kekuatan Bending rata-rata (N/mm^2)
NaOH 5% 2 jam	40%	143.96
NaOH 5% 4 jam	40%	46.02
NaOH 5% 6 jam	40%	123.26
NaOH 5% 8 jam	40%	86.76

Dari hasil pengujian bending komposit *skin* dengan $V_f=40\%$ konstan diperoleh kekuatan bending tertinggi pada komposit dengan perlakuan alkali 5% lama perendaman 2 jam sebesar $143.96 N/mm^2$. Terjadinya penurunan kekuatan serat akibat perendaman yang terlalu lama. Sehingga, dengan mengetahui nilai optimasi tegangan tarik serat tunggal tertinggi dicapai pada perlakuan alkali 5% selama 2 jam dan pengaruh perbesaran diameter serat - serat kekasaran permukaan serat mengakibatkan *mechanical interlocking* yang kuat antara matrik dan serat. Hal inilah yang menyebabkan nilai optimasi kekuatan bending tertinggi dicapai pada komposit perlakuan NaOH 5% selama 2 jam. Adapun grafik kekuatan bending komposit dengan $V_f 40\%$ terhadap variasi lama perlakuan alkali sesuai gambar 3.



Gambar 3. Grafik Kekuatan Bending Komposit dengan $V_f 40\%$ terhadap Variasi Lama Perlakuan Alkali

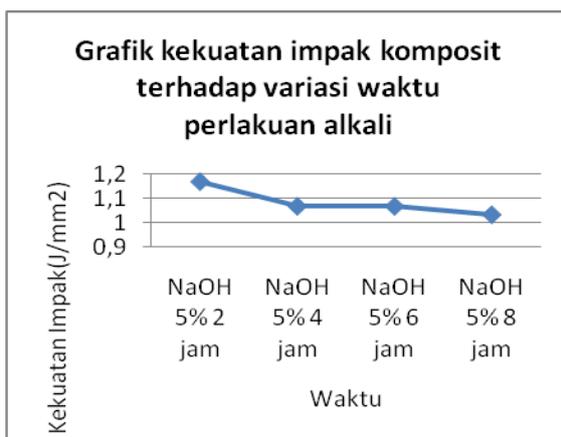
2. Uji impact komposit berpenguat serat ramie perlakuan NaOH 5%.

Pengujian impact komposit *skin* berpenguat serat rami merupakan pengujian mekanis yang berguna untuk mengetahui kekuatan impact komposit tersebut. Sampel spesimen dipersiapkan dengan perlakuan alkali variasi waktu perendaman serat (2, 4, 6, 8 jam) dengan V_f konstan 40%. Data hasil pengujian impact komposit *skin* berpenguat serat rami ditunjukkan sesuai tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Impak Komposit *Skin* Berpenguat Serat Rami

Perlakuan	Fraksi Volume Serat (V_f)	Kekuatan Impak Rata-rata (J/mm^2)
NaOH 5% 2 jam	40%	1.167
NaOH 5% 4 jam	40%	1.067
NaOH 5% 6 jam	40%	1.067
NaOH 5% 8 jam	40%	1.033

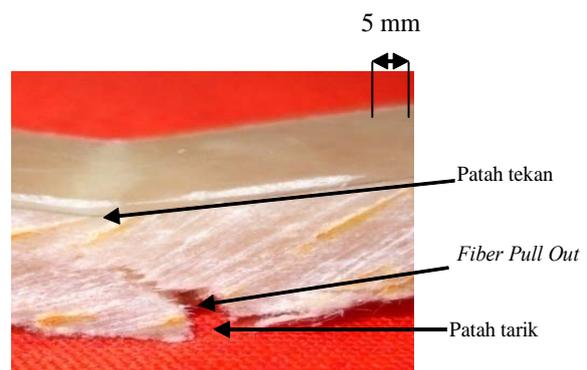
Dari hasil pengujian impak sesuai tabel 2, kekuatan impak tertinggi terjadi pada komposit dengan perlakuan alkali 5% selama 2 jam yaitu sebesar $1.167 J/mm^2$. Hal ini menunjukkan adanya sifat propertis dasar serat yang jauh lebih kuat pada perlakuan NaOH 5% selama 2 jam dan juga dengan kasarnya permukaan serat dapat menyebabkan *mechanical interlocking* yang kuat antara matrik dan serat pada komposit tersebut. Sebaliknya, penurunan kekuatan impak disebabkan akibat sifat propertis dasar serat yang menurun kekuatannya dan juga akibat ketidaksempurnaan ikatan antara matrik dan serat yang menyebabkan lemahnya *mechanical inter-*



Gambar 4. Grafik Kekuatan Impak terhadap Variasi Waktu Perlakuan NaOH 5%

locking antar serat dan matrik. Grafik kekuatan impak terhadap variasi waktu perlakuan NaOH 5% seperti pada gambar 4. Bila ditinjau dari segi kekuatan impak, penambahan waktu perlakuan menurunkan kekuatan impak komposit. Kekuatan impak komposit yang diperkuat serat *ramie* acak memiliki sifat keuletan bahan ini dapat dikatakan lebih baik.

Analisis Pola Kegagalan Bending dan Impak



Gambar 5. Penampang Patahan Kegagalan Bending dengan V_f 40% Waktu Alkali 2 jam

Kegagalan bending komposit ditunjukkan pada gambar 5. Secara umum, pola kegagalan diawali dengan retakan pada komposit *skin* yang menderita tegangan tarik pada sisi bawah dan tegangan tekan pada sisi atas. Kemudian, beban bending tersebut didistribusikan pada *skin* sehingga menyebabkan mengalami kegagalan *fiber pull out*.

Mekanisme patahan impak ditunjukkan pada Gambar 6 terjadi karena kegagalan patah getas dan *fiber pull out* akibat beban berawal dari *skin* komposit sisi belakang (bawah).

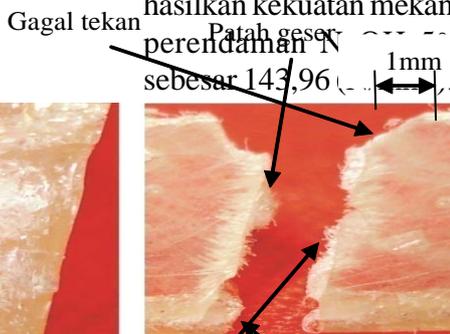
serat $V_f = 40\%$, perlakuan alkali (NaOH) serat rami (0, 2, 4, 6, dan,8 jam) menghasilkan kekuatan mekanis terbaik dengan perendaman NaOH 5% selama 2 jam sebesar 1,167 (J/mm²).

3. Tahapan pola kegagalan komposit adalah kegagalan tarik pada komposit sisi bawah dan kegagalan tekan pada komposit sisi atas, kegagalan *fiber pull out*. Mekanisme patahan, terjadi patah getas akibat kekuatan bending dan impact.

Gambar 6. Patahan Spesimen Uji Impak dengan V_f 40% Waktu Alkali 2 Jam

KESIMPULAN

1. Optimasi kekuatan mekanis terbaik dari pengujian bending bahan komposit serat rami - polyester dengan variabel fraksi volume serat $V_f = 40\%$, perlakuan alkali (NaOH) serat rami (0, 2, 4, 6, dan,8 jam) menghasilkan kekuatan mekanis terbaik dengan perendaman NaOH selama 2 jam sebesar 143,96 N/mm². Mekanis terbaik dari komposit serat rami dengan variabel fraksi volume



NOTASI PERSAMAAN:

σ_b	=	kekuatan bending (MPa)
P	=	beban yang diberikan(N)
L	=	panjang span (mm)
b	=	lebar spesimen (mm)
d	=	tebal spesimen (mm)
\ddot{a}	=	defleksi (mm)
E _b	=	modulus elastisitas (MPa)
D	=	kekakuan (N/mm ²)
E	=	modulus elastisitas (N/mm ²)
I	=	momen inersia (mm ⁴)
W	=	Berat pendulum (N)
R	=	Jarak pendulum ke pusat rotasi (m)
β	=	Sudut pendulum setelah menabrak benda uji (°)
α	=	Sudut pendulum tanpa benda uji(°)
E _{serap}	=	energi terserap (J)
HI	=	Kekuatan impact (J/mm ²)

DAFTAR PUSTAKA

Annual Book of Standards, Section 8, D 638-02, "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics", ASTM, 2002.

Annual Book of Standards, Section 8, D 790-02, "Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials I", ASTM, 2002.

Annual Book of Standards, D 5941 – 00 , "Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics", ASTM, 2000.

Anonim, *Manual Book of Izod Impact - Gotech*

- Anonim, 2001, *Technical data Sheet*, PT Justus Sakti Raya Corporation, Jakarta.
- Aziz, S.H., Martin, P, Ansell, 2003, *The effect of alkalization and fibre alignment on the mechanical and thermal properties of kenaf and hemp bast fibre composites*, Department of Engineering and Applied Science, University of Bath, Bath BA2 7AY, UK.
- Jamasri, 2008, *Prospek Pengembangan Komposit Serat Alam Di Indonesia*, Pengukuhan Jabatan Guru besar, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Marsahyo E., Soekrisno, Jamasri, Rochardjo H.S.B., 2005. “Kajian Mikromekanika Bahan Komposit Serat Ramie-Epoxy”, Disertasi Doktor (dalam proses penyelesaian), UGM, Yogyakarta.
- Nugraha, I.N.P., Marsyahyo, E., Rochardjo, H.S.B., 2005, “Pengaruh Perlakuan Kimia pada Serat Alam Ramie terhadap Kekuatan tarik Serat Tunggal”, paper paper Seminar nasional Perkembangan Riset dan Teknologi bidang Industri, Universitas Gadjah Mada, 18-19 Mei 2005, Jogjakarta.
- Peijs, T., 2002, *Composites turn green*, Department of Materials, Queen Mary, University of London.
- Sudiro.D., 2004, Rami Tanaman Asli Indonesia Untuk Meningkatkan Kemandirian Kebutuhan Alat Pertahanan, Buletin Balitbang STT No2289 volume VII nomor 13.
- Shackelford, 1992. “Introduction to Materials Science for Engineer”, Third Edition, MacMillan Publishing Company, New York, USA.