



Perancangan Dan Simulasi Model Suku Cadang Pesawat *Elevator Hinge* Dengan *Software CadCam*

Denden Mohamad Ariffin

Akademi Angkatan Udara, Yogyakarta, Indonesia

e-mail : denden8552@gmail.com

Abstrak— Perancangan spesimen hinge elevator merupakan suatu proses yang dimulai dari proses desain hingga pembuatan prototipe. Dari hasil perancangan menggunakan software CAD/CAM tersebut dapat diketahui deskripsi rinci dari spesimen yang akan dibuat. Untuk menghasilkan produk atau spesimen hinge elevator tersebut maka diperlukan suatu tahapan perancangan yang dilakukan dengan melalui proses penggambaran secara komputer dan analisis teknik, yang diproses secara teratur menggunakan CAD/CAM. Pengembangan perancangan dengan menggunakan pemodelan pada CAD/CAM prinsipnya adalah untuk menghasilkan kontribusi nyata hasil olah pikir anak bangsa berupa suatu produk atau spesimen yang memiliki analisis teknik yang baik. Hasil pengembangan model CAD/CAM secara grafis dianalisis dengan pengujian secara fisik material dan pengujian secara komputasi menggunakan solidworks 2014 dengan dilakukan pengujian stress analisis dan safety factor analisis sehingga akan diketahui model perancangan suku cadang yang optimal sebelum dibuat prototipenya.

Kata kunci: *cadcam, cnc, hinge elevator, safety factor, stress*, perancangan.

I. PENDAHULUAN

Pada pesawat terdapat berbagai macam komponen, ambil contoh salah satunya adalah komponen jenis *hinge elevator* yang memiliki peranan sebagai tempat melekatnya bagian bidang kemudi *horizontal (Horizontal Stabilizer)* dan terkadang mengalami kerusakan selain itu untuk kebutuhan suku cadang belum pengadaan lokal.

Sehubungan hal tersebut maka perlu adanya inovasi atau terobosan untuk membuat pengadaan lokal suku cadang tersebut dengan menggunakan sistem perancangan dan pemodelan dengan *software Cadcam*. Sistem pemodelannya adalah dengan menggunakan fungsi CAD/CAM yang digunakan sebagai alat bantu atau untuk meningkatkan desain produk dari suatu konsep menjadi dokumentasi, dengan kata lain CAD (*Computer Aided Design*) menggambarkan aktifitas desain dengan menggunakan komputer secara efektif untuk melakukan kreasi, modifikasi dan dokumentasi dari *design engineering*. Adapun CAM (*Computer Aided Manufacturing*) merupakan teknologi perencanaan, pengaturan dan pengontrolan pembuatan produk dengan bantuan komputer.

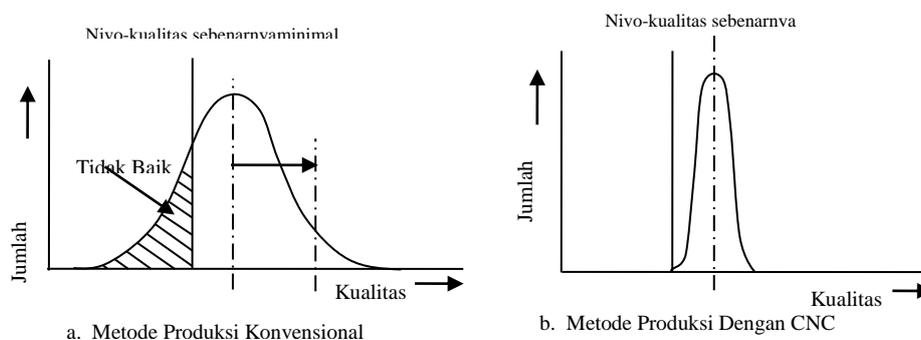
Untuk mengurangi kegagalan terhadap hasil manufaktur maka penggunaan CAD/CAM akan lebih efektif dimana operator hanya perlu membuat desain gambar kemudian disimpan dalam bentuk data gambar (model) dan dapat mengeksekusi terlebih dahulu dalam bentuk simulasi sebelum dibuat.

Aplikasi dari teknologi CAD/CAM sangat luas, karena kemampuan komputer grafik ini saat ini memiliki peranan penting terhadap pengembangan berbagai ilmu pengetahuan dan

teknologi yang memanfaatkan gambar sebagai alat untuk menyampaikan informasi kepada orang lain. Beberapa contoh aplikasi *CAD/CAM* :

1. Industri penerbangan dan *CAD/CAM*.
2. Industri otomotif.
3. Analisa dinamis dan simulasi komputer untuk sistem mekanik.
4. Disain *CAD/CAM* untuk elektronika.
5. Disain *CAD/CAM* untuk alat olahraga.
6. Disain *CAD/CAM* untuk konstruksi bangunan.
7. Disain *CAD/CAM* untuk pembuatan *Mold*.

Aplikasi lain dari *CAD/CAM* adalah terintegrasi dengan mesin *CNC* (*Computer Numerically Controlled*), merupakan mesin yang dilengkapi sistem kontrol berbasis komputer yang mampu membaca instruksi kode N (*N-code*) dan G (*G-Code*) yang mengatur kerja sistem peralatan mesinnya. Mesin perkakas *CNC* merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan berbagai alat potong yang dapat membuat benda kerja secara presisi dan dapat melakukan interpolasi/sisipan yang diarahkan secara numerik (berdasarkan angka). Parameter sistem operasi/sistem kerja *CNC* dapat diubah melalui program perangkat (*software load program*) yang sesuai.



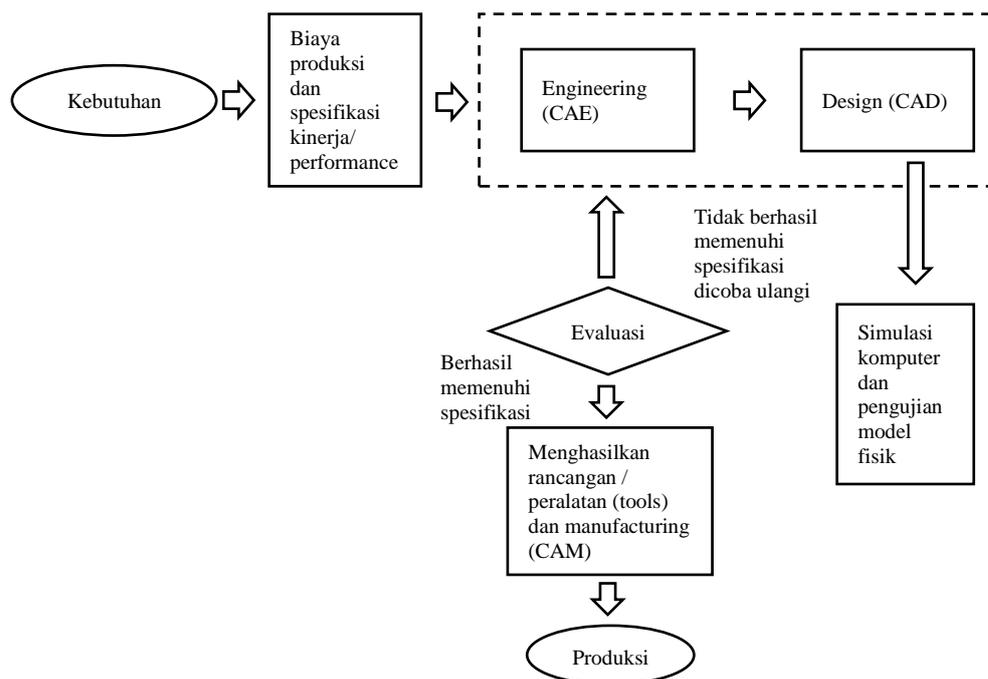
Gambar 1. Lengkung Kualitas.

(Diktat Proses Produksi Akademi Angkatan Udara, Majoring Aeronautika, 2012).

Porsi penggunaan *CAD* pada komputer dalam proses perancangan suatu model tertentu sangat besar sehingga untuk bekerja pada bidang pekerjaan *CAD*, pengguna harus menggunakan program yang dikhususkan untuk menyelesaikan proses perancangan dari awal sampai akhir dan ini diartikan bahwa *CAD* selalu di identikkan dengan program (*software*) pada komputer.

CAM merupakan kependekan dari *Computer Aided Manufacturing*. Artinya proses manufaktur yang dibantu oleh komputer. *CAM* ini berhubungan erat dengan istilah yang namanya *NC*, *Numerical Control*. Adapun *NC* adalah suatu *interface* yang memungkinkan suatu mesin beroperasi dengan pergerakan yang diatur oleh sebuah bahasa program. Biasanya *interface* ini diterapkan pada mesin-mesin produksi, seperti mesin *milling* (frais), bubut (*lathe/turning*), gerinda, bor, EDM, *wirecut* dan lain-lain. Dengan adanya *interface NC*, kita bisa membuat kalimat-kalimat (dalam bahasa program) yang berisi kumpulan perintah yang akan dipatuhi oleh mesin tersebut.

Gambar 2 menunjukkan bahwa hubungan *CAD* dan *CAM* menjadi tidak dapat dipisahkan sebagai tingkatan siklus produksi. *Output* dalam bentuk grafis/gambar dengan resolusi tinggi dihasilkan secara otomatis dan secara langsung dari masukan yang disediakan seorang ahli. Simulasi komputer menjadikan nilai tambah atau penggantian yang tepat sebagai konstruksi model fisik untuk pengujian. *Output* dari proses *CAD* seringkali disesuaikan untuk *interface* dengan sistem *CAM*.



Gambar 2. Siklus Produksi. (Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK Volume X, No. 3, September 2005 : 143-149, ISSN : 0854-9524).

Aktivitas pada industri manufaktur dapat dikategorikan menjadi beberapa bagian, antara lain :

1. **Mass Production – Large Lots.**

Pada tahap ini jumlah produksi yang dihasilkan sangat tinggi (terus menerus secara berlanjut), dengan penilaian *volume* produksi yang tinggi ini maka kegunaan mesin menjadi optimal dan dapat menurunkan nilai *cost* dibandingkan dengan produksi konvensional. Contohnya perusahaan kendaraan (*otomotive*).

2. **Batch Production – Medium Lots Sizes.**

Pada produksi ini lebih menekankan produksi tingkat menengah, dengan jumlah produksi 100 sampai dengan 1000, seperti pembuatan komponen. Untuk mesin produksi yang digunakan dapat dengan mudah dilakukan modifikasi dengan tambahan *jigs* atau *fixtures* untuk beberapa pekerjaan disesuaikan dengan kebutuhan dan kegunaannya. Contohnya Industri Mesin, Pesawat Terbang dan lain-lain.

3. **Job Shop Production – Small Lots or One Off.**

Untuk kategori *Job Shop Production* ini hanya membuat atau memproduksi dengan jumlah sangat kecil, seringkali hanya sekali produksi. Produksi ini dilakukan untuk kebutuhan atau kondisi yang khusus, seperti pembuatan *design*, *prototype* ataupun aplikasi khusus lainnya. Dengan produksi yang sangat kecil ini maka tidak diperlukan mesin khusus dalam pelaksanaan produksinya. Karena itu produksi yang dilakukan dapat dibuat dengan penggunaan mesin konvensional.

Simulasi Model.

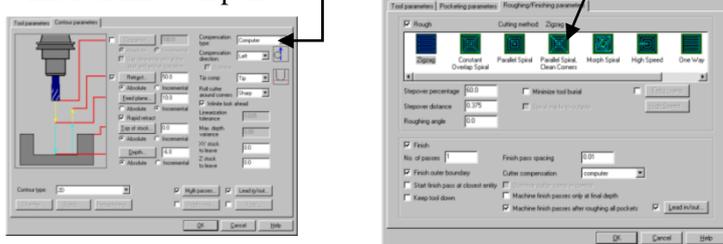
Pada mesin *CNC* sebelum proses *machining* dilaksanakan terlebih dahulu akan melakukan proses simulasi, yang tujuannya adalah untuk mengurangi resiko terjadinya tabrakan (*collision*) antara pahat dengan benda kerja atau dengan komponen pemesinan lainnya pada saat proses *machining*. Adapun data untuk simulasi model itu sendiri diambil berdasarkan dari nilai

letak dan orientasi pahat untuk setiap titik *contact* pahat. Pada *mastercam* simulasi model ini dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu :

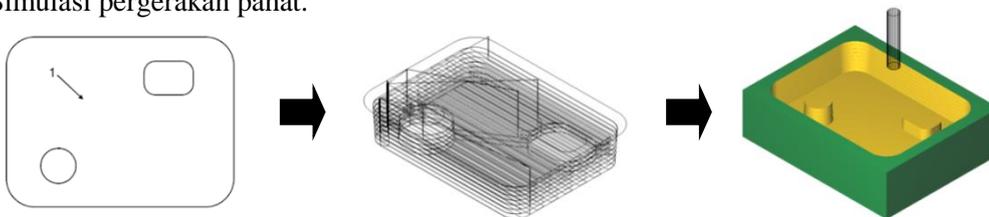
1. Simulasi model pahat.



2. Simulasi lintasan pahat.



3. Simulasi pergerakan pahat.



II. METODE PENELITIAN

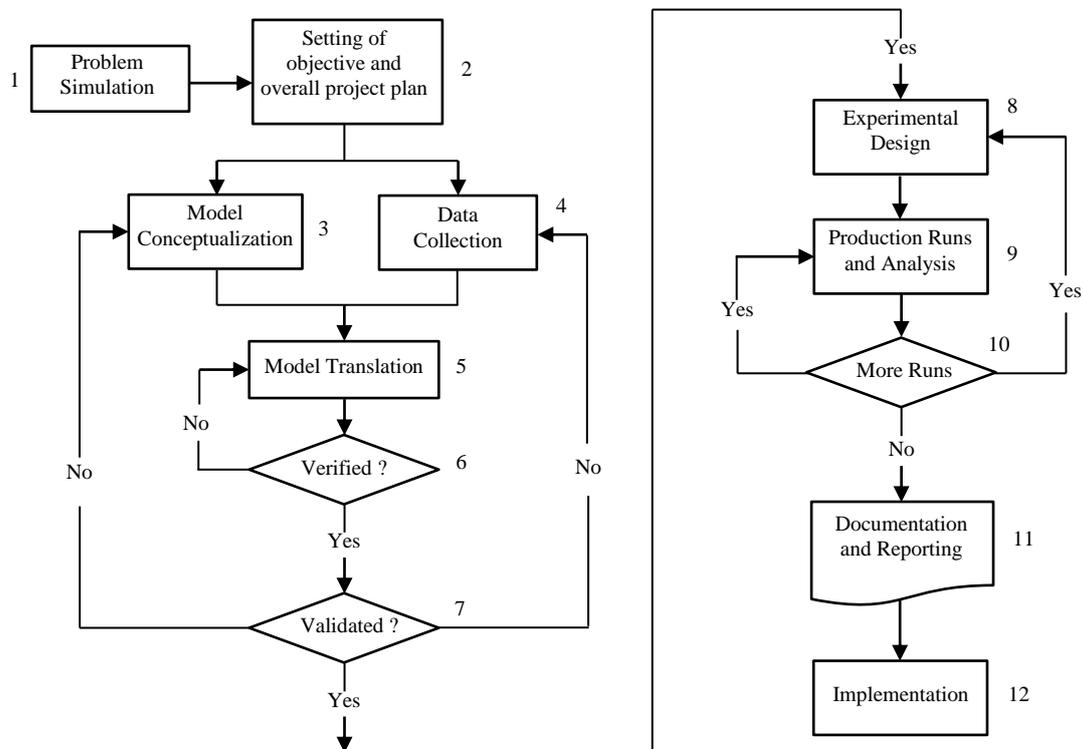
Tahap Perancangan Model.

Tahap perancangan model dengan *CAD* yaitu dengan menggunakan program pemodelan grafik yang dapat membuat model elemen produk dan model produk selain itu juga dapat menghitung sifat-sifat komponen produk tersebut. Komputer membantu banyak kegiatan dalam proses perancangan, tetapi belum 100% dan tidak akan 100% meng-automasi-kan proses perancangan. Yang dimaksud dengan 100% automasi perancangan bahwa hanya memasukkan spesifikasi produk sebagai *input* maka akan keluar *output* yang sudah jadi sesuai dengan spesifikasi tanpa campur tangan manusia. Dalam proses perancangan produk dengan bantuan komputer *CADCAM* terjadi banyak interaksi yang terlibat dalam proses perancangan dimana interaksi tersebut berlangsung melalui model geometrik yang menjadi pusat dari banyak kegiatan.

Tahap Simulasi Model.

Salah satu dari bentuk solusi pada tahap perancangan *Hinge Elevator* ini adalah dengan solusi simulasi. Adapun tahap simulasi model adalah dengan cara membuat suatu model tiruan dari suatu proses atau sistem tertentu dimana model simulasi harus mempunyai karakteristik yang serupa dengan proses (sistem) yang sesungguhnya sehingga dapat dipelajari sistem nyata tersebut melalui model tiruan (simulasinya). Pada *CADCAM* dengan dilakukannya tahap simulasi adalah dengan maksud untuk mempelajari terlebih dahulu suatu proses yaitu proses manufaktur pada mesin *CNC*, sehingga dengan adanya model simulasi akan dapat membantu mempelajari suatu proses melalui model tiruan dalam bentuk pemodelan grafik sebelum sistem itu secara fisik dibuat dalam mesin *CNC*. Sehingga solusi simulasi merupakan suatu solusi yang

diperoleh dengan melakukan suatu eksperimentasi simulasi. Adapun langkah-langkah simulasi yang dilaksanakan adalah seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Tahap Simulasi Model (CAD/CAM Principles and Applications International Edition, Second Edition, Mc.Graw Hill, USA).

Perhitungan Dari Proses Pemesinan.

Elemen dasar dari mesin CNC untuk pengerjaan frais hampir sama dengan elemen dasar mesin bubut. (Diktat Proses Produksi, Akademi Angkatan Udara, Majoring Aeronautika, 2012).

Benda Kerja :

- W = lebar pemotongan (mm).
- l_w = panjang pemotongan (mm).
- l_t = l_v+l_w+l_n (mm).
- a = Kedalaman potong (mm).

Pahat Frais :

- d = diameter luar (mm).
- z = jumlah gigi (mata potong).
- χ_r = sudut potong utama (90⁰) untuk pahat frais selubung.

Mesin Frais CNC :

- n = putaran poros utama (rpm).
- v_f = kecepatan makan (mm/putaran).

Kecepatan potong :

$$V = \frac{\pi d n}{1000} \quad \text{m/menit.}$$

Gerak makan per gigi.

$$f_z = v_f / z.n \quad \text{mm/menit.}$$

Waktu pemotongan.

$$t_c = \frac{L}{v_f} \quad \text{menit.}$$

Kecepatan penghasilan beram.

$$Z = v_f \cdot a \cdot w / 100 \quad \text{cm}^3/\text{menit.}$$

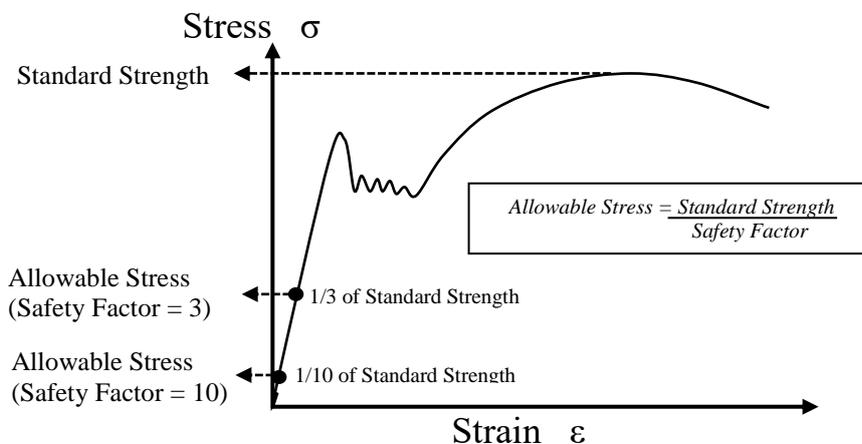
Rumus rumus tersebut diatas digunakan untuk perencanaan pada proses frais di mesin CNC. Proses frais dapat dilakukan dengan banyak cara menurut jenis pahat yang digunakan dan bentuk benda kerjanya. Selain itu jenis mesin frais yang bervariasi menyebabkan analisa proses frais menjadi rumit. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan bukan hanya kecepatan potong dan gerak makan saja, tetapi juga cara pencekaman, gaya potong, kehalusan produk, getaran mesin dan getaran benda kerja. Dengan demikian hasil analisa/perencanaan merupakan pendekatan bukan merupakan hasil yang optimal dikarenakan dari semua rumus tersebut akan masuk dalam suatu program numerik berupa Kode G.

Uji Keandalan Dengan Metode *Safety Factors*.

Batasan-batasan tegangan dinamakan kekuatan standar yang nilainya sering ditentukan secara statistik atau pengalaman, tapi secara normal kekuatan maksimum seperti kekuatan tarik maksimum dan kekuatan kompresif digunakan. Para perancang komponen juga harus mempertimbangkan unsur ketidakpastian elemen-elemen penting seperti kondisi sebenarnya dan lingkungan penggunaan. Saat desain sebenarnya, nilai ambang batas dari desain kekuatan dan perhitungan kekuatan dikategorikan masuk di dalam batasan kekuatan standar. Nilai ambang batas tersebut dinamakan tegangan yang diperbolehkan (*allowable stress*). *Allowable stress* merupakan kekuatan standar dibagi faktor keamanan.

$$\text{Allowable Stress} = \frac{\text{Standard Strength}}{\text{Safety Factor}}$$

Nilai faktor keamanan umumnya bernilai lebih dari satu dan ditentukan dari penggunaan komponen, kondisi penggunaan dan kondisi lingkungan sekitar. Jika nilai faktor keamanan lebih besar maka nilai *allowable stress* lebih kecil dibandingkan *standard strength* (*ultimate tensile stress*) sehingga para perancang harus merencanakan suatu cara perhitungan seperti penambahan ketebalan komponen untuk menjaga kekuatan struktur. Dengan melakukan ini, kekuatan komponen sebenarnya didesain meningkat namun disisi berat dan biaya cukup besar. Kondisi di lapangan, nilai faktor keamanan harus mempertimbangkan sisi kekuatan material, berat komponen dan harga material. Gambar dibawah menunjukkan tingkatan *allowable stress* dengan berbagai nilai faktor keamanan. Semakin tinggi tingkat keamanan (*safety factor*), nilai tegangan yang diperbolehkan untuk komponen semakin rendah dari nilai *standard strength*.



Gambar 4. *Allowable Stress* Dengan Berbagai Nilai Faktor Keamanan.
(Material Teknik, Tim Dosen AAU, 2013).

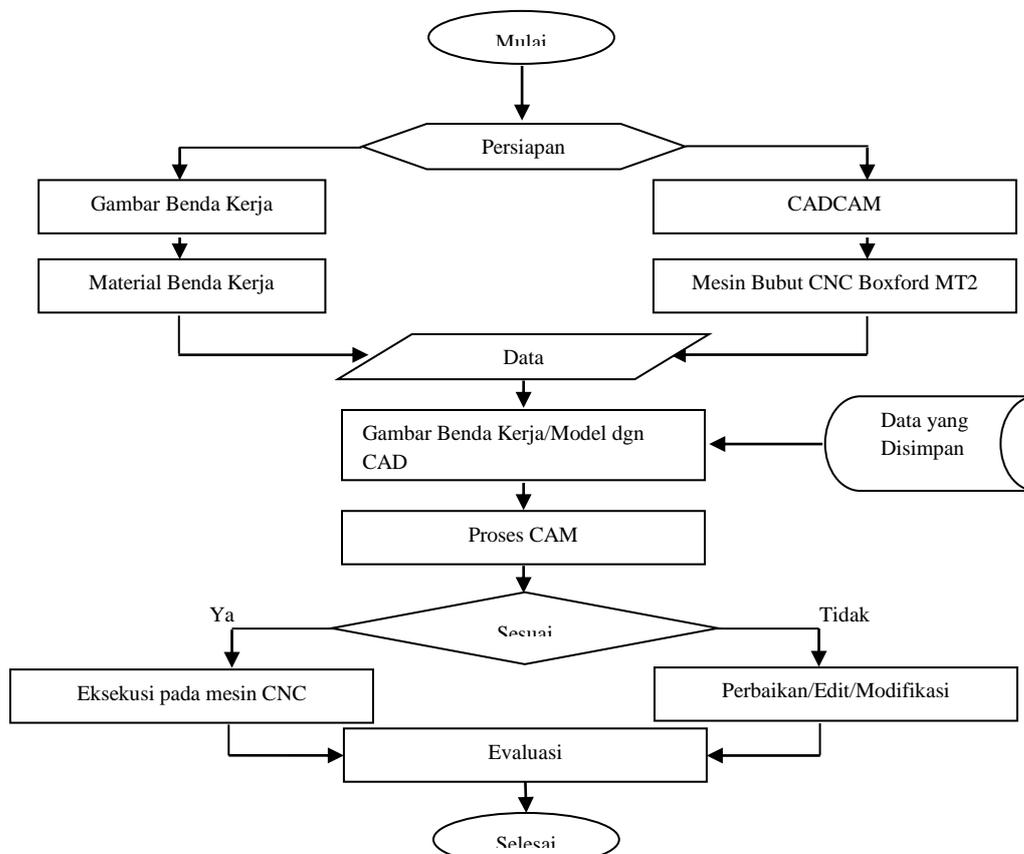
Gambar tersebut diatas menunjukkan *Unwin's safety factor* dimana *standard strength* diadopsi melalui nilai *ultimate strength* (*ultimate tensile strength, compressive strength* dan sebagainya).

Tabel 1. *Unwin's Safety Factor*.
(Material Teknik, Tim Dosen AAU, 2013).

Material	Kondisi Beban Statis	Kondisi Beban berulang-ulang	Kondisi Beban Impak
Produk baja	3	5~8	12
Besi tuang	4	6~10	15
Tembaga,aluminium,dsb	5	6~9	15
Kayu	7	10~15	20
Batu	20	30	-

Pada kondisi beban statis, nilai *safety factor* tidak terlalu besar karena beban yang dikenakan pada komponen saat operasional dimungkinkan konstan dengan toleransi wajar. Pada kondisi beban berulang-ulang. Nilai *safety factor* dinaikkan karena beban berulang-ulang dapat membuat komponen cepat mengalami lelah (*fatigue*) dan patah di bawah *yield stress*. Pada kondisi beban impak, nilai *safety factor* dinaikkan secara signifikan, ini dikarenakan beban yang dikenai oleh komponen secara tiba-tiba dengan energi besar. komponen akan rusak/patah dibawah tegangan *yield*.

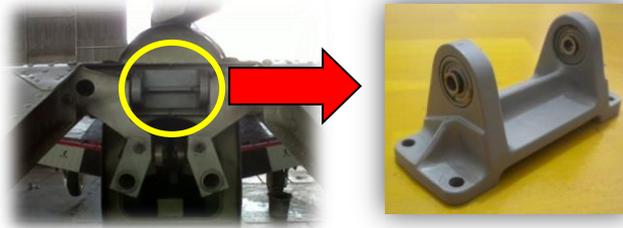
Dalam penelitian ini dapat dibagi dalam beberapa langkah yaitu persiapan penelitian, desain penelitian dan evaluasi hasil pembuatan produk. Alur metode penelitian pada tahap perancangan model dengan *CADCAM* adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Alur Metode Penelitian pada tahap perancangan model dengan *CADCAM*.

IV. Pembahasan

Hinge elevator merupakan bagian dari tempat tempat melekatnya bagian bidang kemudi *horizontal (Horizontal Stabilizer)* yaitu bidang *elevator* dimana *elevator* merupakan bidang kendali pada saat pesawat melakukan gerak *pitching (pitch up* atau *down)*.



Gambar 6. *Hinge Elevator*. (Denden Moh Ariffin.,ST,M.T., 2014).

Dengan melakukan identifikasi sampel awal dan atribut penelitian yaitu dengan pengamatan di lapangan untuk memperoleh gambaran yang jelas terhadap suku cadang *Hinge Elevator* tersebut, kemudian melakukan studi literatur dan referensi yaitu mempelajari buku-buku, makalah, jurnal dari pustaka dan bahan lainnya yang berhubungan dengan suku cadang tersebut. Adapun metode yang digunakan adalah dengan metode *Quality Function Deployment (QFD)*. Dengan upaya pembuatan lokal minimal dapat menekan biaya pembelian yang sifatnya masih impor dan selain itu juga mengembangkan sumber daya manusia Indonesia yang dinilai tidak kalah pintar dengan negara lainnya selain itu juga untuk lebih meningkatkan perusahaan manufaktur yang sifatnya strategis mampu mengatasi kesulitan di dalam negeri.

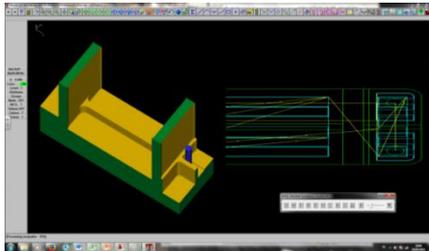
Nilai faktor keamanan umumnya memiliki nilai lebih dari satu dan ditentukan dari penggunaan spesimen, kondisi penggunaan dan kondisi lingkungan sekitar. Jika nilai *safety factor* lebih besar maka nilai *allowable stress* lebih kecil dibandingkan *standard strength (ultimate tensile stress)* sehingga harus merencanakan suatu cara perhitungan seperti penambahan ketebalan komponen untuk menjaga kekuatan struktur

Pada proses perancangan yang dilakukan setelah mendapatkan rancangan bentuk desain grafisnya adalah melanjutkan kepada proses perancangan dengan menggunakan perangkat *softwaremastercamX* seri 9. Dengan perbandingan skala 1:1 dengan bentuk gambar 2 dimensi menggunakan metode *glass box concept* inilah yang akan nantinya menghasilkan kode G untuk proses pelaksanaan *CAM* pada mesin *CNC*.

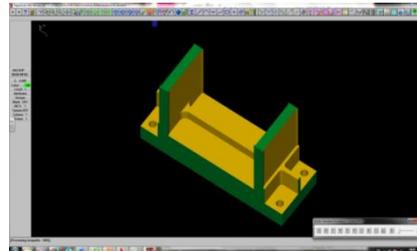
Simulasi Model Perancangan *Elevator Hinge*.

Simulasi proses CAM yang bertujuan mengetahui apakah terjadi *error* terhadap hasil rancangan pada *mastercamX* atau kemungkinan terjadinya *collision tool*. Proses simulasi diperlukan karena apabila hasil pemrograman tidak berjalan dengan baik maka tidak akan dapat dilaksanakan proses CAM pada mesin CNC.

Adapun proses simulasi hasil perancangan dan hasil pemrograman adalah sebagai berikut:



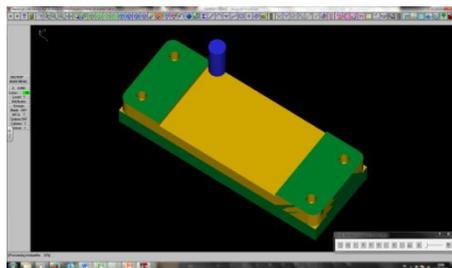
Proses Simulasi



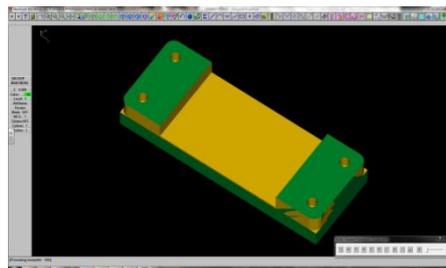
Hasil Simulasi

Proses Simulasi Perancangan *Hinge Elevator* Bagian Atas.

Adapun proses simulasi pada permukaan bawah, diilustrasikan benda kerja setelah dilakukan proses simulasi CAM pada bagian atas kemudian diputar 180° sehingga permukaan bagian bawah menjadi bagian atas.



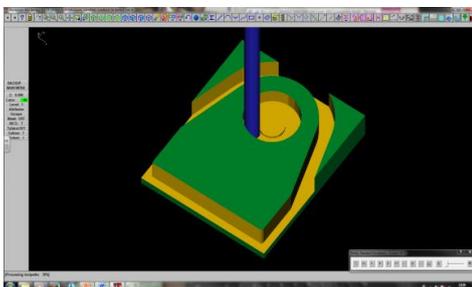
Proses Simulasi



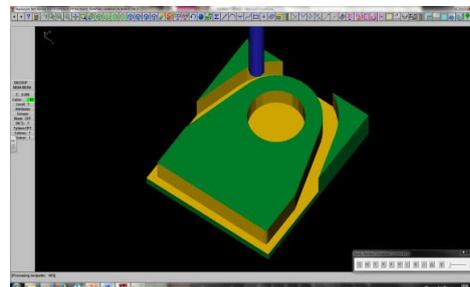
Hasil Simulasi

Proses Simulasi Perancangan *Hinge Elevator* Bagian Bawah.

Untuk proses simulasi pada permukaan samping, diilustrasikan benda kerja diposisikan berada pada posisi samping (kiri atau kanan).



Proses Simulasi



Hasil Simulasi

Proses Simulasi Perancangan *Hinge Elevator* Bagian Samping.

Adapun kode G hasil pemrograman *online* untuk proses *CAM* pada permukaan atas, bawah dan samping dapat dilihat pada Lampiran E, F dan G, dengan hasil tidak ada error pada proses *CAM*-nya.

Waktu Tempuh Pengerjaan.

Maka total waktu pengerjaan pembuatan *hinge elevator* dengan menggunakan mesin *CNC* hasil simulasi *CAM* adalah sebesar 20 menit 41 detik.

Berdasarkan *ASM (Aerospace Specification Metals)* nilai *ultimate tensile strength* adalah sebesar 469 MPa sedangkan *tensile yield strength* adalah sebesar 324 Mpa dengan *safety factor* sebesar 3 untuk beban statis, maka :

$$Allowable\ Stress = \frac{Standard\ Strength\ (UTS)}{Safety\ Factor}$$

$$Allowable\ Stress = \frac{469\ Mpa}{3} = 156.3333\ MPa$$

Sedangkan untuk kondisi beban berulang-ulang (SF = 5 s/d 8) adalah :

$$Allowable\ Stress = \frac{469\ Mpa}{5} = 93.8\ MPa$$

Dimana 1 MPa = 10 Kg/cm².

Nilai Pengujian Rancangan *Hinge Elevator* Simulasi *Solidworks*.

Selain digunakan pengujian manual berupa pengujian tarik, juga dilakukan pengujian dengan menggunakan metode komputasi, yaitu dengan menggunakan perangkat *software solidworks* edisi 2014. Adapun data hasil pengujian spesimen *hinge elevator* hasil perancangan adalah sebagai berikut :

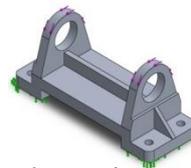
1. Spesimen *hinge elevator* diberikan simulasi pembebanan sebesar :

Berat *elevator* = 2 Kg.

g = 9.8 meter/detik².

Maka : W = m . g = 2 Kg x 9,8 meter/detik² = 19,6 *Newton*. ≈ 20 *Newton*.

Adapun data hasil *meshing*-nya dengan pembebanan sebesar 20 *Newton* pada spesimen *hinge elevator* hasil perancangan adalah :



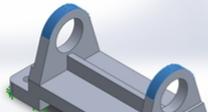
Material Properties

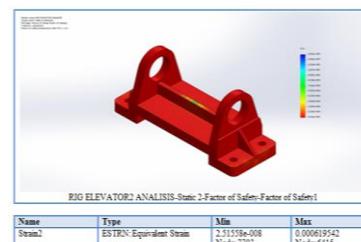
Model Reference	Properties	Components
	Name: 2024-T4 Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Unknown Yield strength: 3.25e+008 N/m^2 Tensile strength: 4.7e+008 N/m^2 Elastic modulus: 7.24e+010 N/m^2 Poisson's ratio: 0.33 Mass density: 2780 kg/m^3 Shear modulus: 2.8e+010 N/m^2 Thermal expansion coefficient: 2.3e-005 /Kelvin	SolidBody 2(Rib1)(RIG ELEVATOR2 ANALISIS)

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details
Fixed-1		Entities: 2 face(s) Type: Fixed Geometry

Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	
Reaction force(N)	-0.00268732	-0.013328	-882.781	
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	

Load and Fixtures

Load name	Load Image	Load Details
Force-2		Entities: 2 face(s) Type: Apply torque Value: 20 N.m Phase Angle: 0 Units: deg



2. Nilai *safety factor* untuk spesimen *hinge elevator* hasil perancangan masih memenuhi persyaratan kekuatan dimana nilai SF=6 sampai dengan 9.

V. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan proses pemodelan perancangannya untuk *hinge elevator* pesawat yang telah dilaksanakan menggunakan *CAD/CAM* didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari pengolahan data diketahui bahwa pengembangan model untuk perancangan suku cadang pesawat dengan menggunakan *CAD/CAM* sangat mendukung sebelum dilakukan pembuatan prototipe spesimen tersebut dan menjadikan suatu kontribusi pemikiran anak bangsa.
2. Dari hasil pengujian juga didapatkan bahwa spesimen *hinge elevator* yang selama ini pengadaannya impor ternyata mampu dibuat secara lokal di dalam negeri, terbukti bahwa setelah hasil komputasi dan dilakukan pemrograman *online* maka waktu yang dibutuhkan untuk membuat satu spesimen adalah 20 menit 41.
3. Nilai *Allowable stress* menyatakan bahwa hasil perancangan ini memiliki ketangguhan material yang baik, dimana beban yang ditanggung sebenarnya dengan hasil komputasi pembebanan masih kuat, dibuktikan dengan pembuktian simulasi pembebanan bidang *elevator* sebesar 20 *Newton* terhadap spesimen tersebut masih dibawah nilai *yield stress* material tersebut.
4. Nilai *safety factor* spesimen *hinge elevator* hasil perancangan memiliki nilai yang tinggi. Nilai *allowable stress* dengan *safety factor* pada beban *static* = 3, didapatkan nilai sebesar = 156,3333 Mpa dan nilai *safety factor* pada beban yang berulang-ulang sebesar (SF = 5 s/d 8), didapatkan nilai sebesar = 93,8 MPa. Semakin tinggi nilai *safety factor* dan semakin rendah nilai *allowable stress* maka semakin tangguh kekuatan material tersebut dalam menahan beban *stress*.

VI. Daftar Pustaka

- [1] Agus Dudung, Drs., M.Pd. (2012), "*Merancang Produk*", Penerbit PT. Remaja Rosdakarya, Bandung.
- [2] Bosan C.B (1998), "*Computer Aided Design and Manufacture*", John Wiley & Sons, Canada.
- [3] Beechcraft Aircraft, (1977), "*Technical Orders Books*", USA.
- [4] Denden Moh Ariffin, ST, (2011), "*Panduan Praktikum CAD/CAM*", Laboratorium Proses Produksi Dept. Aeronautika AAU, Yogyakarta.
- [5] Denden Moh Ariffin, ST, (2011), "*Diktat Proses Produksi*", Akademi Angkatan Udara, Yogyakarta.
- [6] Darmawan Harsokoemo, H, (2004), "*Pengantar Perancangan Teknik Mesin (Perancangan Produk)*", Edisi Ke Dua, Penerbit ITB, Bandung.
- [7] Dewi Handayani Untari Ningsih, (2005), "*Jurnal Teknologi Informasi Dinamik*", Volume X No 3, September : 143-149, ISSN : 0854-9254.
- [8] Fred H. Colvin, (1942), "*Aircraft Handbook*", McGraw-Hill Book Company.
- [9] G. Takeshi Sato, N. Sugiarto H., (1996), "*Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*", PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [10] Henry C Lucas Junior (1993), "*Analisis, Desain, dan Implementasi Sistem Informasi*", Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [11] I Litre, (2014), "*CNC Dasar*".PDF.
- [12] Jajang Nurnasih, ST, MT., (2012), "*Diktat Aerodinamika*", Akademi Angkatan Udara, Yogyakarta.
- [13] John A.Schey (2009), "*Introduction to Manufacturing Processes*", Dept of Mechanical Engineering Univ of Waterloo, Ontario.
- [14] J.J.M. Hollebense (1998), "*Teknik Pemrograman dan Aplikasi CNC*", PT Rosada Jayaputra, Jakarta.
- [15] Joseph E. Shigley, Larry D. Mitchell, Gandhi Harahap, (1984), "*Perancangan Teknik Mesin*", Edisi Ke Empat, Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta.

- [16] PN RAO, (2004), *“CAD/CAM Principles and Applications”*, Second Edition, International Edition, McGraw-Hill Book Company.
- [17] Rosnani Ginting, (2010), *“Perancangan Produk”*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [18] Warren J. Luzadder, Hendarsin H, (1983), *“Menggambar Teknik Untuk Desain, Pengembangan Produk dan Kontrol Numerik”*, Edisi Ke Delapan, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [19] Universitas Gajah Mada (2013), *“Petunjuk Praktikum, Aplikasi Komputer Dalam Manufaktur (CNC TU-3A)”*, Laboratorium CNC CAD CAM Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.



Denden Moh Ariffin.,S.T.,M.T.,M.Si., Pendidikan Formal SDN Cijawura 01 Bandung,Lulus Tahun 1987. SMPN Buahbatu I Bandung, Lulus Tahun 1990. SMUN 7 Bandung, Lulus Tahun 1993. Akademi Aeronautika Dirgantara Bandung, DIII Rangka Pesawat, Lulus Tahun 1997. Universitas Nurtanio Bandung, S1 Fakultas Teknik, Teknik Penerbangan, Lulus Tahun 2007. Universitas Pembangunan Nasional Veteran, S2 Magister Teknik Industri, lulus tahun 2014, Universitas Nurtanio Bandung, S2 Administrasi Publik, Lulus Tahun 2016. Pendidikan Militer Sekolah Pertama Perwira Prajurit Karier ABRI Angkatan V Lulus Tahun 1998. Kursus Dasar Manajemen TNI AU, Angk V, Lanud Halim PK, Jakarta, 1998. Kursus Dasar Kecabangan Perwira Teknik TNI AU, Angk XIV,

Wingdiktekkal, Lanud Husein S, Bandung, 2000. KIBI AU, Angk XXIV, Lanud Husein S, Bandung, 2000. SF- 260 Safety Equipment Maintenance Course, ST Aerospace Engineering Pte Ltd, Singapore, 2002, SF-260 Electrical Instrument and OJT, ST Aerospace Engineering Pte Ltd, Singapore, 2002. SF-260 Airframe, Engine and OJT, ST Aerospace Engineering Pte Ltd, Singapore, 2002. SF-260 Radar Communication and OJT, ST Aerospace Engineering Pte Ltd, Singapore, 2002. Penataran Dosen AAU Tahun 2007. LPPM UNY, Pelatihan Keterampilan Dasar Teknik Instruksional (PEKERTI) Tahun 2012. LPPM UNY, Pelatihan Applied Approach (AA) Tahun 2012. SEKKAU Angkatan 85 Tahun 2009. SESKOAU Angkatan 52 Tahun 2015. Pengalaman Jabatan sebagai Perwira Teknik (Patek) Depohar 10, 1998-2001, PS Kasubi C Dok IV Sathar 11 Depohar 10, 2001-2002, KaUnit Har AS-202 Bravo Dok B Sathar 11 Depohar 10, 2002-2004, Ka Urdal Sathar 15 depohar 11, 2002-2004, KaDok C Sathar 11 Depohar 10, 2004, Pama Lanud Husein S, 2004-2006 (dalam rangka dik S1), Dosen Golongan VI AAU, 2007-2008, Kasiprosprod Subdephankon Dep. Aero AAU, 2009-2013. KasiMattek Subdephankon Dep Aero AAU, 2013-2015. Dosen Gol V AAU 2015. Kasubditlakdik Ditdik AAU, 2015-2018. Dosen Gol V AAU, 2018 – sampai dengan sekarang.