9th Industrial Research Workshop and National Seminar
Peran Penelitian dan Inovasi di Era Industri 4.0 Dalam Mewujudkan Pembangunan Berkelanjutan Menuju Kemandirian Bangsa
POLBAN
IRONS

Rancang Bangun *Engine Stand* Turbin Gas APU TSCP-700 untuk *Overhaul*

Tria Mariz Arief
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung 40012
tria@polban.ac.id

ABSTRAK

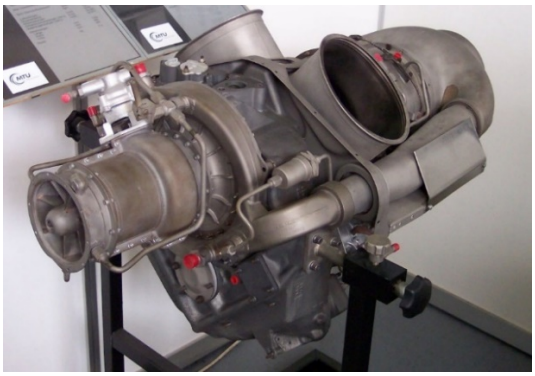
Makalah ini membahas tentang penyiapan Engine APU Garret TSCP-700 untuk dapat digunakan sebagai alat praktikum *overhaul* (bongkar-pasang) mesin pesawat udara. Fokus pembahasan pada makalah ini adalah Perancangan dan konstruksi *Engine Stand* untuk perawatan. Perancangan dilakukan dengan beberapa aspek diantaranya adalah prosedur perawatan, mobilitas dan keselamatan kerja. Analisis kekuatan struktur secara rinci dilakukan dengan menggunakan metoda elemen hingga untuk justifikasi faktor keamanan struktur. Tahap akhir dilakukan pengujian operasional alat sesuai dengan posisi operasi saat dilakukan perawatan *engine*. Hasil akhir *engine stand* dengan kapasitas 400 kg mempunyai kemampuan diputar hingga 180^o dengan kondisi ekstrim pada 0^o, 30^o, 90^o dan 180^o. Kondisi tegangan maksimum yang dialami oleh struktur pada posisi kerja ekstrim secara berturut-turut untuk posisi 0^o, 30^o, 90^o dan 180^o adalah sebesar 175.2, 240.9, 268.2 dan 135.6 MPa yang terjadi pada bagian poros penghubung lengan dan plat *mounting* ke *engine*. Struktur menggunakan material baja struktur dengan kekuatan luluh sebesar 380 MPa, sehingga secara keseluruhan rancangan menghasilkan *safety factor* sebesar 1.4 pada posisi paling kritis, sedangkan pada posisi pemasangan adalah 2.2 dan 2.8, sehingga masih cukup aman.

Kata kunci
APU Garret TSCP-700, Engine stand, overhaul, safety factor

1 PENDAHULUAN

Pembelajaran praktik bongkar pasang (*overhaul*) Mesin Turbin Gas sangatlah penting dan harus mengikuti prosedur keselamatan kerja bagi perawat pesawat udara [1]. Persyaratan dan pentingnya hal tersebut juga ditetapkan dalam standar ICAO (*International Civil Aviation Organization*) yang menempatkan materi *Gas Turbine Engine* pada level 3 seluruhnya sebagai peningkatan ketrampilan perawat pesawat udara dalam hal *overhaul* (bongkar-pasang) [2].

Mesin turbin gas pesawat udara sangatlah mahal diadakan untuk memenuhi peralatan praktikum di pendidikan tinggi. Sedangkan di beberapa perusahaan penerbangan masih memiliki mesin turbin gas tidak layak pakai yang masih memungkinkan untuk digunakan sebagai fasilitas bongkar-pasang. Gambar 1 dan Gambar 2. merupakan contoh mesin turbin gas pesawat udara. Gambar 1 adalah jenis mesin helikopter yaitu *Turboshaft Engine Allison 250* dan Gambar 2. adalah *Gas Turbine Engine* berjenis APU Garret TSCP-700. Mesin-mesin tersebut sangat lah memungkinkan untuk digunakan sebagai peralatan praktikum, tetapi harus disiapkan alat bantu yang dianjurkan oleh pabrikan dalam *Maintenance Manual*, salah satunya adalah *engine maintenance stand*.



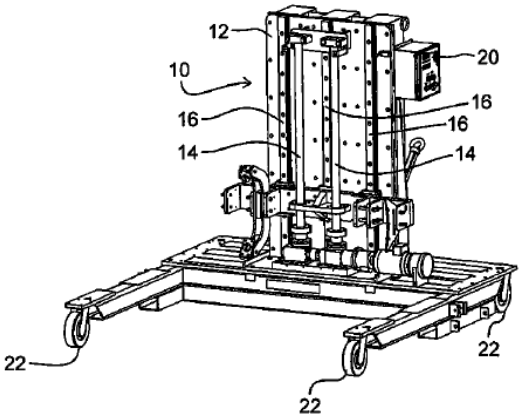
Gambar 1. Turboshaft Engine Allison 250

Gambar 2. Engine APU Garret TSCP-700

Dalam proses overhaul diperlukan *engine stand* untuk *maintenance* dan *special tools*. Untuk memanfaatkan *engine* tak layak pakai harus dibuat *maintenance stand* dan *special tools*. Permasalah utama adalah harga *maintenance stand* dan *special tools* yang sangat mahal untuk diadakan. Berat engine APU Garret TSCP-700 adalah sekitar 350 kg. Dengan kondisi berat *engine* diperlukan pertimbangan dalam melakukan perancangan. Perancangan *main-tenance engine stand* untuk *Engine SPEY* yang telah dilakukan dengan perkiraan biaya untuk kondisi yang paling murah adalah Rp. 36.000.000 [3]. Harga tersebut masih sangat memungkinkan untuk direalisasikan dengan beberapa pertimbangan dan efisiensi.

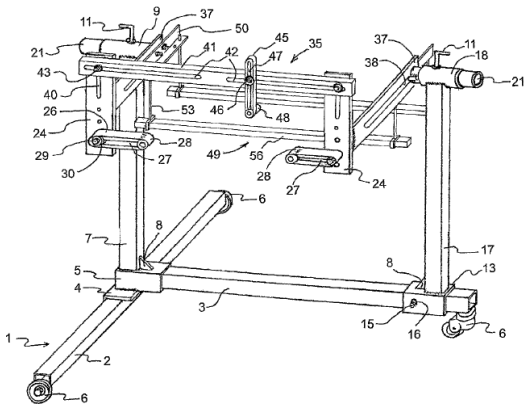
2 TINJAUAN PUSTAKA

Merujuk pada beberapa paten mengenai *Aircraft Engine Stand* atau *Universal Engine Stand* terdapat beberapa klaim yang menjadi keunggulan masing-masing. Paten US 9,126,698 B2 [4] mengklaim keunggulan dalam mobilitas dan kemudahan operasional oleh 1 orang. Dengan klaim tersebut, engine stand yang dihasilkan mempunyai tingkat kerumitan yang cukup tinggi (Gambar 3.).

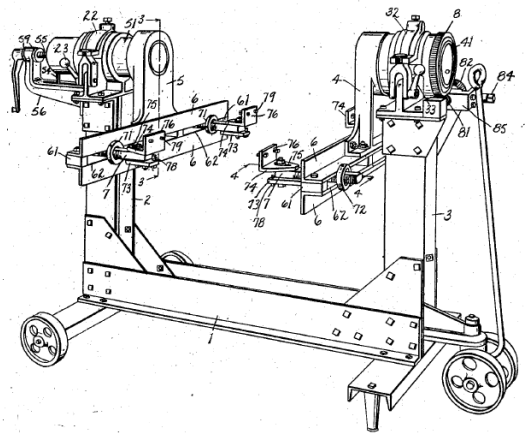


Gambar 3. Aircraft Engine stand dalam paten US 9,126,698 B2

Rujukan lain dalam konsep yang berbeda mengklaim merupakan engine stand yang bersifat universal yang umumnya digunakan untuk engine berukuran kecil. Paten US 7,377,502 B2 [5] merupakan salah satu engine stand dengan sifat universal dibandingkan dengan paten yang terdahulu US 1,812,585 [6] mempunyai konstruksi yang lebih sederhana dengan menggunakan material baja hollow dibandingkan dengan menggunakan baja plat. Dengan menggunakan baja hollow memungkinkan untuk membuat konstruksi teleskopik sehingga dapat diatur panjang dan pendeknya. Gambar dari kedua paten tersebut dapat dilihat pada Gambar 4. Produk tersebut menggunakan penggerak manual yang cukup praktis untuk penggunaan Pembelajaran praktikum.



(a)



(b)

Gambar 4. Paten engine stand universal (a) US 7,377,502 B2 dan (b) US 1,812,585

3 METODE

Secara rinci metode penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5. yang merupakan diagram alir. Perancangan dilakukan dengan mengacu pada *maintenance manual* (MM) serta pertimbangan lain dari produk yang sudah ada serta keselamatan kerja. Perancangan dan Konstruksi *Engine Stand* dilakukan mulai dari identifikasi kebutuhan pengguna (Laboratorium), merancang konsep, embodimen dan manufaktur.

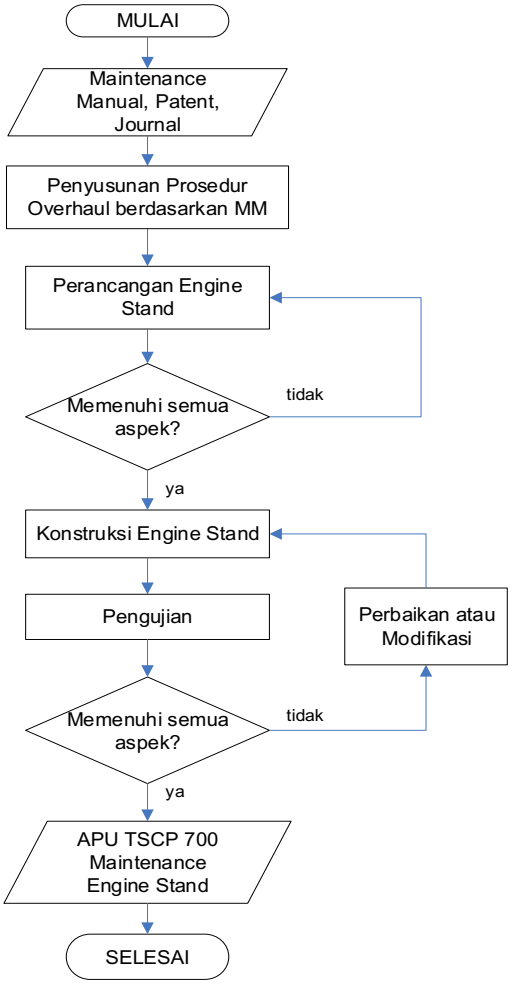
3.1 Proses *Maintenance* APU Garret TSCP

Proses pembongkaran APU Garret TSCP menurut maintenance manual diawali dengan membongkar plumbing dan system elektrical, kemudian dilanjut membongkar *starter generator*, dan terakhir membongkar *power section*, sehingga yang tersisa adalah gearbox.

3.2 Kunjungan Lapangan

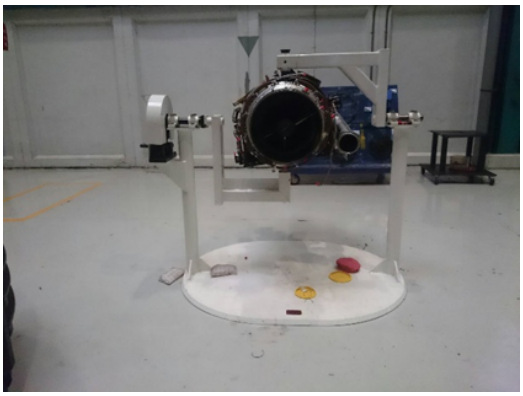
Kunjungan lapangan dilakukan untuk mengetahui kebutuhan rancangan Auxiliary Power Unit TSCP 700 Series di industri perawatan pesawat udara, serta

mengumpulkan dan membandingkan referensi dalam proses perancangan *maintenance stand*, sehingga dapat memenuhi kebutuhan APU TSCP 700. Selain itu dilakukan juga pengumpulan informasi terkait harga, material, dan komponen-komponen yang diperlukan. Berdasarkan studi banding yang dilakukan ke GMF, APU TSCP 700 setidaknya bisa diposisikan 90° dari posisi sebelumnya (tegak) karena pada posisi tersebut accessories yang terdapat pada bawah APU TSCP 700 dapat dilepas dengan mudah dan harus sesuai dengan *maintenance manual*. Ketika melakukan kunjungan ke GMF ada beberapa referensi yaitu ada *engine stand* dan *transport stand*. *Engine stand* bisa digunakan untuk *maintenance* maupun *overhaul* karena sesuai dengan fungsinya yang terlampir pada *maintenance manual*, sedangkan *transport stand* hanya bisa digunakan untuk memindahkan engine saja. Gambar 6 menunjukkan beberapa engine stand yang berada di GMF.



Gambar 5. Diagram alir metode penelitian

Selain itu ada juga engine transport yang berfungsi sebagai transport untuk engine saja. Engine transport tidak bisa digunakan untuk proses maintenance maupun overhaul karena dikhususkan untuk transport. Pada Gambar 7 dapat dilihat contoh *transport stand* yang ada di GMF.



Gambar 6. Engine Stand di GMF (Dengan ijin PT GMF AeroAsia)

Gambar 7. Engine Transport (Dengan ijin PT GMF AeroAsia)

3.3 Penyusunan Prosedur Bongkar-Pasang Berdasarkan *Maintenance Manual*

Prosedur *engine overhaul* sudah semestinya terdapat pada *Maintenance Manual*, tetapi secara umum untuk proses maintenance, prosedur ini disusun ulang dalam bentuk task yang mempermudah proses. Penelusuran dilakukan dari dokumen APU DC10 *Aircraft Maintenance Manual*.

3.4 Perancangan dan Konstruksi *Engine Stand*

Merancang dan membangun sebuah *engine stand* adalah untuk mengkondisikan engine ketika dilakukan overhaul dan perawatan sehingga dapat mengakses bagian-bagian yang sulit dijangkau. Pembuatan *Engine stand* tersebut direalisasikan dengan kaji teoritik dan manufaktur *engine stand*. Kaji teoritik diselesaikan dengan perangkat *Software ANSYS*. Tantangan pada proses perancangan engine stand ini

adalah tidak adanya informasi mengenai c.g. (*center of gravity*) dan posisi tumpuan di engine yang tidak segaris baik secara veritikal maupun horizontal. Hal ini menentukan bentuk engine stand yang harus dirancang.

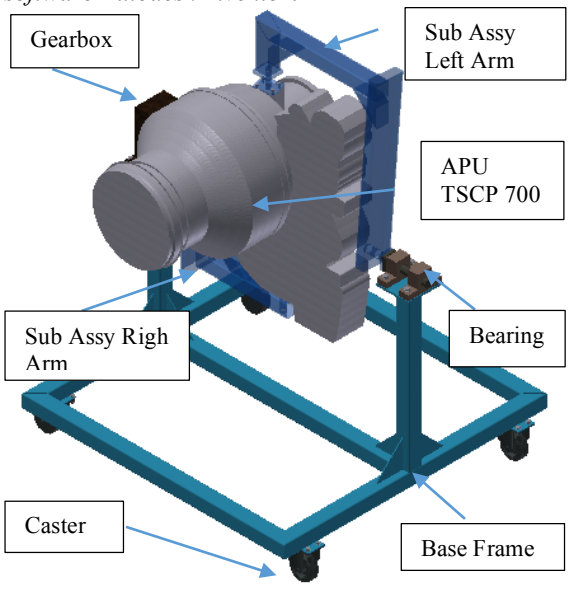
4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini secara umum untuk mencapai tujuan akhir yaitu untuk menyiapkan engine APU Garret TSCP-700 untuk dapat digunakan sebagai wahana praktikum *overhaul* (bongkar-pasang) mesin pesawat udara sesuai dengan silabus DKUPPU dan ICAO.

4.1 Desain dan Manufaktur Engine Stand

Desain dan Manufaktur *Engine Stand* APU TSCP 700 *Series* telah berhasil diselesaikan sesuai hasil rancangan dan diuji dengan beban sebenarnya. Proses manufaktur berdasarkan perencanaan manufaktur yang dibuat dengan tahapan pemotongan, *surfacing*, bubut, pengeboran, *welding*, assembly keseluruhan dan *finishing*.

Salah satu hasil dari perancangan *engine stand* adalah gambar yang dibuat menggunakan *software Autodesk Inventor* seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Gambar susunan adalah gabungan dari rancangan *sub-assembly* dengan beberapa pertimbangan yang sudah dilakukan pada perancangan. Gambar 8 menunjukan gambar susunan yang telah dibuat menggunakan *software Autodesk Inventor*.



Gambar 8. Gambar Susunan

Komponen utama dari *Maintenance Engine Stand* terdiri dari:

1. *Base Frame* merupakan komponen utama untuk menopang semua komponen, seperti: *gearbox, bearing house, left arm* dan *right arm*.
2. *Left Arm* merupakan komponen yang menghubungkan *gearbox* dan *mounting* kanan APU.
3. *Right Arm* adalah komponen yang menempel pada *bearing house* dan *mounting* kiri APU.
4. *Bearing* adalah komponen yang digunakan sebagai tumbuan *right arm* yang berporos pada *pillow block bearing*.
5. *Gearbox* adalah komponen yang digunakan untuk menopang dan memutarkan *right arm* dengan gear ratio 1:30 agar ringan pada saat memutarkan APU.
6. *Pillow block* bearing adalah komponen yang digunakan untuk menopang poros dari left arm.
7. *Caster*/Roda adalah komponen yang digunakan untuk memudahkan proses pemindahan engine stand.

4.2 Analisis Perancangan Keseluruhan

Analisis keseluruhan merupakan tahapan dari evaluasi, tahapan ini dilakukan untuk mengecek perhitungan yang sudah dilakukan dapat direkomendasikan atau perlu kajian lebih lanjut. Pengecekan dilakukan menggunakan *software* CAE yaitu ANSYS. Analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut.

4.2.1 Analisis momen yang terjadi pada posisi berbeda

Berdasarkan hasil perhitungan besarnya momen diposisi berbeda, momen yang terjadipun nilainya berbeda. Posisi yang dianalisis perhitungannya yaitu ketika posisi *stand* 0°, 30°, 45°, dan 60°. Momen yang paling besar yaitu ketika *engine stand* posisi 30° sebesar 981984.08 Nmm, jadi ketika *engine stand* dputar sebesar 30° harus dilakukan dengan hati-hati atau menggunakan pengaman berupa sling untuk mengurangi tingginya tingkat kecelakaan. Spesifikasi nilai momen dapat dilihat pada Tabel 1.

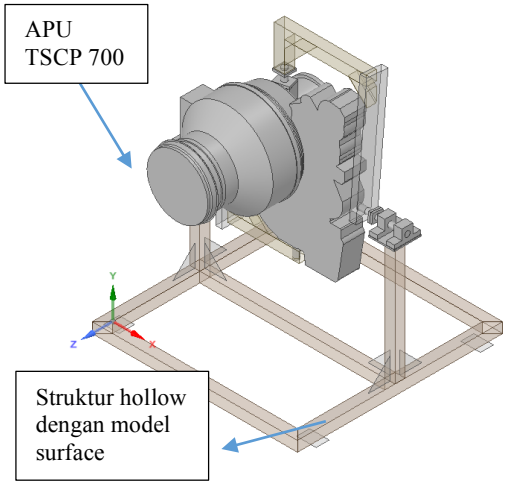
Tabel 1. Nilai momen saat berbedada posisi

No	Posisi (θ)	Momen (Nmm)
1.	0°	113900
2.	30°	981984.08
3.	45°	801787.36
4.	60°	566950

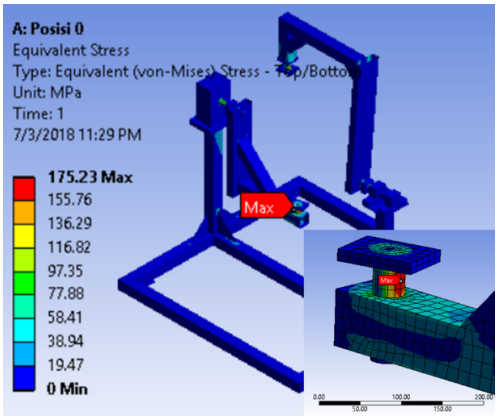
4.2.2 Analisis FEM keseluruhan

Analisis FEM dilakukan untuk struktur secara keseluruhan. Pemodelan geometri dilakukan dengan memodelkan engine yang diperlukan sebagai acuan. Analisis dilakukan pada 4 posisi yaitu 0, 30°, 90° dan 180°. Engine dimodelkan hanya untuk referensi pemasangan lengan pada engine. Penyederhanaan dilakukan baik dari segi bentuk dengan menghilangkan beberapa bentuk filet dan lubang yang tidak berpengaruh secara berarti dan juga penyederhanaan menjadi model surface untuk

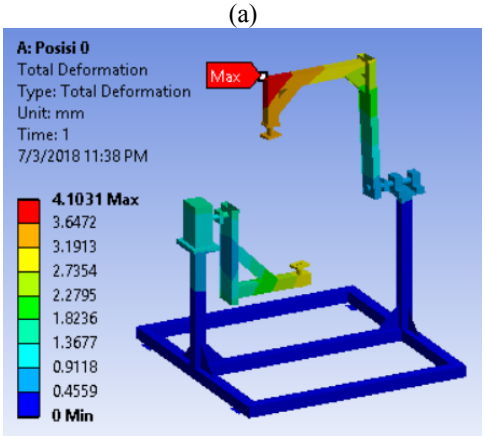
struktur yang tipis yaitu pada baja profil holow dan beberapa plat. Material yang digunakan adalah ASTM 1011 (SY = 380 Mpa). Model geometri struktur dapat dilihat pada
Gambar 9. Pembebanan dengan menggunakan *remote force* dengan pendekatan rigid.



Gambar 9. Penyederhanaan model struktur untuk model FEM



(a)



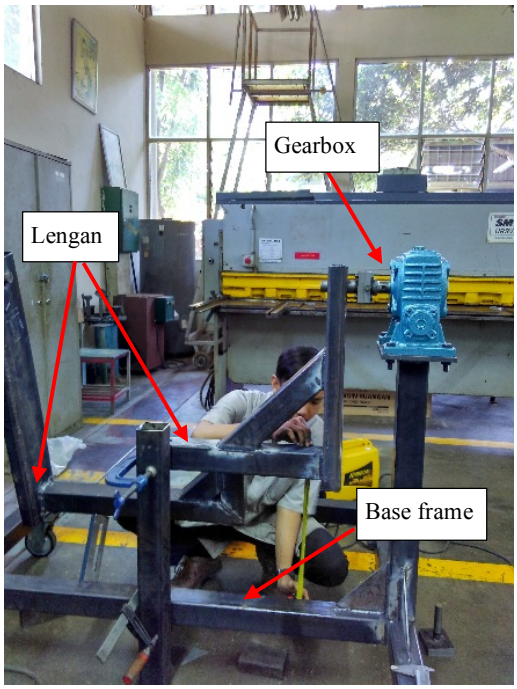
(b)

Gambar 10. Hasil analisis FEM untuk posisi 0°. (a) tegangan ekuivalen (b) deformasi total.

Gambar 10 menunjukkan hasil dari analisis FEM pada posisi 0°. Tegangan maksimum yang terjadi dengan bagian kritis pada poros penghubung antara lengan dan plat ke engine. Hal ini diakibatkan karena momen bending yang terjadi karena engine yang diasumsikan jauh lebih kaku dari struktur lengan. Pada kenyataannya, engine tetap saja dapat berdeformasi walaupun kecil. Pendekatan ini untuk perancangan menghasilkan hasil yang lebih konservatif, sehingga lebih aman untuk struktur. Tegangan maksimum secara berurutan untuk posisi 0, 30°, 90° dan 180° adalah 175.2, 240.9, 268.2 dan 135.6 Mpa. Sedangkan deformasi total yang terjadi adalah 4.1, 3.3, 4.7 dan 3.4 mm. Dari hasil ini kondisi pada sudut 90° merupakan posisi yang paling kritis dengan faktor keamanan sebesar 1.4. Sedangkan pada posisi pemasangan 0 dan 180° masing-masing sebesar 2.17 dan 2.8.

4.3 Hasil Manufaktur

Hasil manufaktur *engine stand* APU TSCP 700 *Series* dibagi menjadi 3 bagian, sub assy base frame, sub assy left arm, sub assy right arm dan sub assy host bearing berikut merupakan hasil proses manufaktur. Secara keseluruhan proses manufaktur terbanyak adalah pekerjaan fabrikasi berupa pengelasan, beberapa bagian perlu dilakukan penyesuaian karena proses ini, seperti penambahan sim pada *bearing house* untuk pengaturan penjajaran (*alignment*). Gambar 11 menunjukkan proses manufaktur engine stand. Posisi tumpuan engine yang tidak sebaris membutuhkan ketelitian dalam melakukan proses manufaktur.



Gambar 11. Sub assy base frame engine stand

4.4 Pengujian

Pengujiaan dilakukan secara bertahap untuk mengetahui fungsional dari hasil rancang bangun engine stand. Penggerak dan pemosisi utama engine stand adalah lengan yang terhubung dengan gearbox karena dengan perbandingan 1:30. Pengujian fungsional dilakukan tanpa dan dengan beban engine.

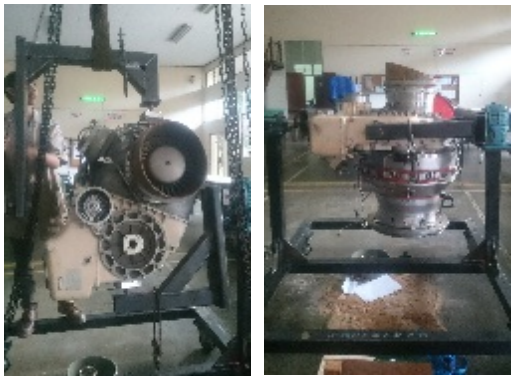
Pengujian Tanpa Beban

Pengujian tanpa beban dilakukan sebelum pengujian tanpa beban. Hal ini dilakukan untuk memastikan komponen bergerak di *engine stand* berfungsi dengan baik.

1. *Worm gear reducer* berfungsi dengan baik. *Worm gear reducer* operasikan dengan memutar *input shaft* menggunakan tuas dan dilihat putaran *output shaft*-nya.
2. *Pillow block bearing* berfungsi dengan baik, hal ini dapat diketahui saat uji coba kesejajaran poros antara *worm gear reducer* dan *pillow block bearing* menggunakan alat bantu.
3. *Caster berfungsi* dengan baik, pergerakan dan penguncian *caster.*

Pengujian Dengan Beban

Pengujian *engine stand* dilakukan di Laboratorium Aircraft Powerplant. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa struktur *engine stand* dapat menahan beban APU TSCP 700 *Series* dan berfungsi dengan baik. Sebelum dilakukan pengujian disiapkan 3 buah sling yang dapat menahan beban sebesar 1000kg untuk mengangkat *engine* dan sebagai pengaman pada proses pengujian. Proses pengujian dilakukan dengan memasang APU TSCP 700 *Series* sesuai dengan *mounting* yang tersedia antara APU dengan lengan *engine stand*. Hasil dari proses pengujian yaitu struktur *engine stand* dapat menahan APU TSCP 700 *Series* pada saat statis dengan berbagai posisi maupun saat APU diputar menggunakan *gearbox.* Pada Gambar 12 merupakan APU TSCP 700 *Series* pada *engine stand* dengan berbagai posisi.



Gambar 12. APU TSCP 700 Series pada engine stand.

5 DISKUSI

Beberapa kendala dalam proses rancang bangun ini terjadi karena informasi penting sebagai dasar perhitungan beban yaitu *center of gravity* dari APU TSCP-700 tidak tersedia baik dari manual maupun sumber lain sehingga dilakukan asumsi. Permasalahan lain adalah posisi tumpuan atau *mounting* di engine yang tidak sebaris sehingga diambil bentuk stand dengan lengan *mounting* untuk mengakomodasi kondisi tersebut. Dengan bentuk ini mengakibatkan proses instalasi dan penempatan engine tidak mudah dan memerlukan tingkat keselamatan kerja yang harus diperhatikan. Dengan safety factor pada posisi 90^o sebesar 1.4 perlu diperhatikan dan dipertimbangkan penggunaan posisi ini dalam proses *overhaul engine* yang akan lebih baik untuk dihindari.

6 KESIMPULAN

Dari hasil perancangan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan *Engine stand* untuk APU sebagai fasilitas praktikum mempunyai *safety factor* 1.4 pada posisi 90^o dalam batas aman, tetapi dalam praktik sebagai pengaman tetap menggunakan peralatan pengaman lainnya dengan tetap menggunakan alat pengangkat. Pada posisi pemasangan 0^o dan 180^o tegangan maksimum yang terjadi secara berurutan adalah 175.2 dan 135.6 Mpa, sehingga safety factor nya adalah 2.2 dan 2.8. Sehingga posisi ini masih sangat aman untuk proses overhaul.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan Terima kasih kepada Politeknik Negeri Banfung melalui Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat yang telah memberikan dukungan finansial dalam penelitian pengingkatan kapasitas laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Minister of Communications dan Telecommunications, *KM 80 CASR Part 65 Licencing of Aircarft Maintenance Engineer*. Indonesia, 2000.

[2] ICAO, *Doc 7192 Training Manual Part D-1 Aircraft Maintenance (Technician/Engineer/Mechanic)*. Canada, 2003.
[3] A. A. Zarda, "Perancangan Engine Stand untuk Mesin Turbin Gas SPEY," Politeknik Negeri Bandung, 2016.
[4] P. Spinazze and S. Drake, "Aircraft engine stand," 2015.
[5] L. Nikolic, "Universal vehicle engine, gearbox and like stand," 2008.
[6] J. G. Collins, "Engine stand." Google Patents, 1931.