PERANCANGAN MEKANISME PENGONTROL *CONTROLLABLE PITCH PROPELLER*

Lorentius Yosef Sutadi[1)], Susilo Adi Widyanto[2)], Ismoyo Haryanto[2)]
[1)] Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof.H. Sudarto, SH, Tembalang, Kotak Pos 6199/SMS, Semarang 50275
[2)] Program Studi Magister Teknik Mesin, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang 50061
Email: lysutadi@gmail.com

Abstrak

Propeller adalah salah satu bagian mesin yang berfungsi sebagai alat penggerak mekanik, misalnya pada pesawat terbang, kapal laut, hovercraft dan lain-lain. Propeller dibedakan menjadi dua jenis yaitu Fixed Pitch Propeller (FPP) dan Controllable Pitch Propeller (CPP). Propeller jenis CPP dirancang agar besar sudut pitch dari propeller dapat diatur walaupun propeller dalam keadaan berputar. Tujuan penelitian ini merancang mekanisme pengontrol CPP yaitu mesin yang digunakan untuk mengatur serempak yang sama besar sudut pitch dari 3 propeller blade agar menghasilkan gaya dorong (thrust) yang bervariasi ketika propeller blade dalam keadaan berputar konstan yang diputarkan oleh motor penggerak listrik arus bolak-balik melalui transmisi sabuk dan puli. Propeller blade yang digunakan pada mekanisme ini adalah tipe airfoil ukuran medium seri TR11W untuk penggerak hovercraft. Rentang pengaturan sudut pitch antara –45° s.d. +45°. Berbagai perancangan mekanisme pengontrol CPP menggunakan gabungan sistem mekanik dengan komponen utama pasangan pin-slot eksentrik dan hidrolik, gabungan sistem mekanik dengan komponen utama pasangan roda gigi dan hidrolik serta sistem mekanik saja dengan penggerak manual. Pada perancangan ini menggunakan sistem mekanik dengan komponen utama pasangan pin engkol silindris dan piringan beralur (crank pin in slot disc) dengan penggerak manual.

Kata kunci: *perancangan, mekanisme pengontrol CPP, pena engkol, piringan beralur, manual*

1. PENDAHULUAN

Propeller adalah salah satu bagian mesin yang berfungsi sebagai alat penggerak mekanik, misalnya pada pesawat terbang, kapal laut, *hovercraft* dan lain-lain. *Propeller* dibedakan menjadi dua jenis yaitu *Fixed Pitch Propeller* (*FPP*) dan *Controllable Pitch Propeller* (*CPP*). *Propeller* dengan *pitch* tetap (*FPP*) dicetak dalam satu blok yang tetap sehingga sudut *pitch propeller* tidak dapat diatur namun dirancang agar berfungsi optimum, sedangkan *propeller* jenis *CPP* dirancang agar sudut *pitch* dari *propeller* dapat diatur walaupun *propeller* dalam keadaan berputar. Jumlah *propeller blade* biasanya lebih dari satu yang terpasang pada *hub* poros pemutar *propeller* tersebut.

Tujuan pengaturan *pitch propeller* untuk mendapatkan gaya dorong (*thrust*) yang besarnya bervariasi dari minimum hingga maksimum pada kecepatan putar poros *propeller* konstan.

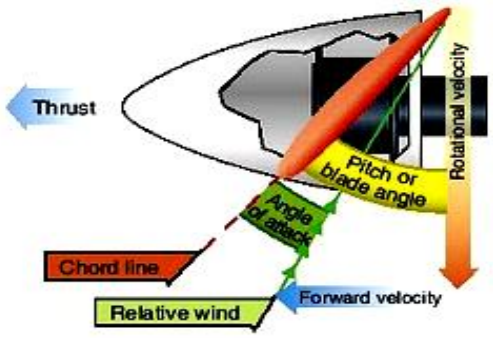
2. TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. Definisi dan Istilah Dasar *Propeller*

Propeller berbentuk baling-baling yang mentransmisikan daya dengan cara mengkonversi gerak putar menjadi gaya dorong. Istilah-istilah dasar yang umum pada *propeller* yaitu:

a. Sudut *blade* (*blade angle*) adalah sudut antara bidang putar (*plane of rotation*) *propeller* dan garis *chord* pada *propeller airfoil.* Istilah *airfoil* adalah luas penampang melintang *blade*
b. Stasiun *blade* (*blade station*) adalah posisi referensi pada *blade* yang memiliki jarak tertentu terhadap pusat *hub.*
c. *Pitch* adalah jarak maju yang dapat dicapai (dalam satuan inci atau mm) suatu bagian *propeller* dalam satu putaran penuh.
d. Sudut serang (*angle of attack*) adalah sudut lancip antara garis *chord* pada *propeller* dan garis *relative wind* (*relative airflow*).

ISBN 978-602-99334-1-3



Gambar 2. 1 *Controllable Pitch Propeller*

2. 2. Mekanisme *CPP*

Prinsip kerja mekanisme pengontrol *CPP* yaitu mengatur/mengubah sudut *pitch propeller* dari posisi sudut *pitch* mula-mula ke posisi sudut *pitch* yang dikehendaki dengan cara memutar serentak seluruh *propeller blade* pada sumbu putar tiap-tiap *propeller blade* tetapi poros *propeller* dalam keadaan berputar sehingga menghasilkan perubahan gaya dorong yang dikehendaki.

Apabila sudut *pitch* dapat diatur pada sudut negatif, *CPP* dapat menghasilkan gaya dorong mundur untuk pengereman atau bergerak mundur (Wikipedia, diakses 2010).

3. PERANCANGAN

Mekanisme pengontrol *CPP* adalah suatu peralatan yang digunakan untuk mengatur atau menentukan seluruh sudut *pitch propeller* serentak yang besarnya sama terhadap *datum* ketika poros *propeller* dalam keadaan berputar dengan kecepatan konstan. Kecepatan putar poros *propeller* diperoleh dari sebuah motor listrik *AC* melalui transmisi sabuk dan puli. Pengontrol gerak sudut *pitch propeller* biasanya menggunakan sistem hidrolik atau manual.

3. 1. Tujuan Perancangan

a. Merancang mekanisme pengontrol *CPP* sehingga dapat menghasilkan sudut *pitch propeller* pada masing-masing *propeller blade* yang sama besar diukur dari satu referensi ketika poros *propeller* dalam keadaan berputar.

b. Merancang mekanisme pengontrol *CPP* sehingga dapat mengukur sudut *pitch propeller* yang diinginkan dimana besar maksimum sudut *pitch propeller* dibuat + 45^o dan – 45^o.

c. Merancang mekanisme pengontrol *CPP* yang mampu keterulangannya baik, kuat, sederhana tetapi memenuhi keperluan rancang bangun, biaya terjangkau dan semua komponen tidak standar dapat diproses pemesinan (dibuat) di bengkel mesin Politeknik Negeri Semarang serta memperhitungkan keselamatan/keamanan ketika mekanisme pengontrol *CPP* beroperasi.

3. 2. Kriteria Perancangan

Kriteria perancangan yang diharapkan dapat terpenuhi sesuai tujuan perancangan, secara umum dikelompokkan menjadi dua, yaitu: (Dieter, 1991)

a. Kriteria *musts*, yaitu kriteria yang harus dipenuhi dalam perancangan, meliputi:
   - Mekanisme dapat menghasilkan sudut *pitch propeller* pada masing-masing *propeller blade* yang sama besar diukur dari satu referensi ketika poros *propeller* dalam keadaan berputar.
   - Mekanisme dapat mengukur sudut *pitch propeller* yang diinginkan dimana besar maksimum sudut *pitch propeller* dibuat + 45^o dan – 45^o.
   - Mekanisme pengontrol *CPP* yang mampu keterulangannya baik.
   - Aman bagi operator dan lingkungan kerja

b. Kriteria *wants*, yaitu kriteria yang diharapkan dipenuhi dalam perancangan, meliputi:
   - Mudah dalam pengoperasian
   - Mudah dalam perakitan
   - Mudah dalam perawatan dan perbaikan

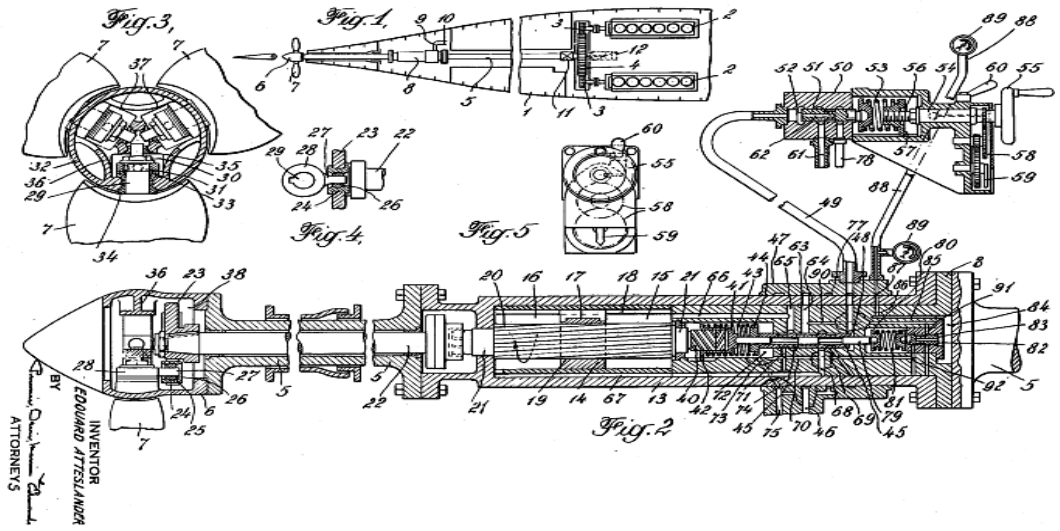
3. 3. Perancangan Konsep Produk (Harsokoesoemo, 2004)

Adalah suatu kegiatan mengumpulkan ide sebanyak-banyaknya yang dituangkan dalam bentuk konsep mekanisme pengontrol *CPP* yang berfungsi untuk mengatur serempak 3 *pitch propeller blade* ketika poros *propeller* dalam keadaan berputar.

Selanjutnya hasil konsep perancangan mekanisme-mekanisme tersebut dibandingkan satu dengan yang lain untuk menentukan hasil perancangan yang terbaik. Di bawah ini diuraikan beberapa konsep perancangan atau alternatif perancangan yang dapat dibandingkan setelah sebelumnya melalui penyaringan yang tidak diuraikan disini sehingga diperoleh 4 alternatif bentuk konsep perancangan yang akan dievaluasi untuk menentukan alternatif terbaik.

A. Alternatif Mekanisme I

Cara kerja sistem pengontrol *CPP* (Gambar 3.1) ini digunakan pada kapal laut yaitu dengan memutar spindel 54, plat 57 bergeser ke kiri sehingga pegas 53 tertekan dan menggerakkan bagian 51 ke kiri. Hal ini dapat terjadi karena media penekan yang disuplai melalui pipa 61 oleh pompa penekan media atau melalui beberapa sumber pipa-pipa kecil 62 menuju sistem transmisi 49. Peningkatan tekanan dalam sistem transmisi 49 menggerakkan bagian 51 ke kanan lagi pada posisi akhir kemudian tekanan yang cukup tinggi menyeimbangkan peningkatan tekanan melawan pegas 53. Akibat tekanan yang lebih tinggi pada sistem 49, permukaan 48 menerima tekanan yang besar dan bagian kontrol 45 bergerak arah kiri. Media penekan dari pipa 46 melalui celah 63 pada *collar* 47 dan melewati 64, 65 dan 66 ke dalam silinder 15 dan menggerakkan torak motorservo ke kiri. Poros berputar searah anak panah dan mengatur sudut *pitch propeller blade* 7 (Atteslander, 1948).

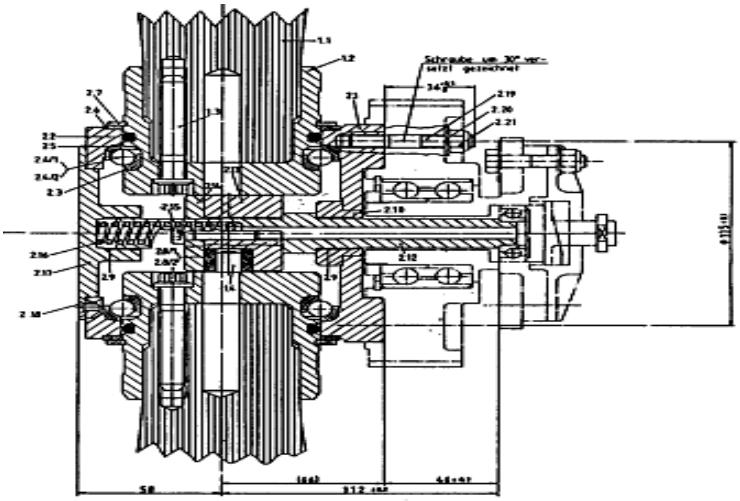


Gambar 3. 1 Alternatif Mekanisme Pengontrol *CPP* I

B. Alternatif Mekanisme II

Sistem pengontrol *pitch propeller* (Gambar 3.2) menjadi satu kesatuan dalam mesin yang dihubungan ke kotak roda gigi (*gearbox*) yang ada pada pesawat terbang. Sebatang tuas yang dihubungkan ke kokpit dengan kabel digunakan untuk memutarkan sebuah piringan. Piringan tersebut bergerak pada permukaan yang miring sehingga dapat mengubah gerak putar menjadi gerak lurus yang bertujuan menekan batang pengatur *pitch* pada kedudukan yang diinginkan.(Operation and Installation Manual (E – 309) of Mechanical Variable Pitch Propeller MTV-24-( ), Gerd R. Muhlbauer, President of MT-Propeller Entwicklung GmbH, Revision 11: February 09, 2010)

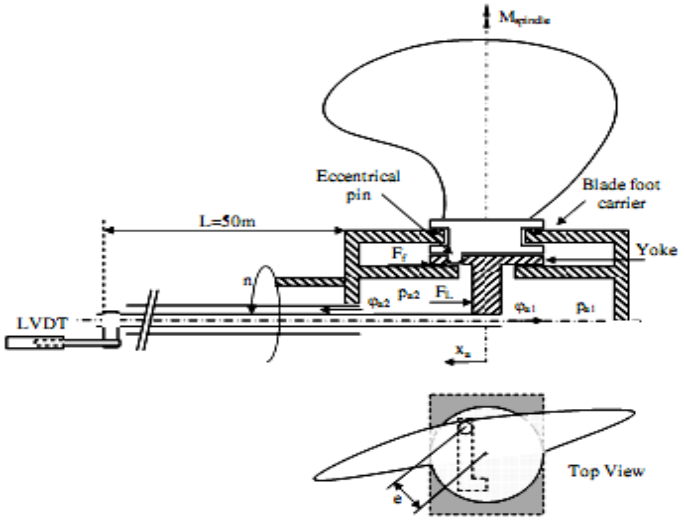
ISBN 978-602-99334-1-3



Gambar 3. 2 Alternatif Mekanisme Pengontrol *CPP* II

C. Alternatif Mekanisme III

Skematik mekanisme pengontrol *CPP* yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 digunakan pada kapal laut. Sudut *pitch propeller* diatur menggunakan sebuah silinder hidrolik yang berada di dalam *hub*. Akibat salah satu katup terbuka, oli mengalir ke dalam salah satu ruangan oli dan ke luar melalui ruangan oli yang lainnya. Tekanan meningkat hingga terjadi perbedaan tekanan pada silinder torak yang cukup besar untuk melawan beban dan gaya gesek. Selanjutnya aliran oli akan mengakibatkan perpindahan gerak translasi torak yang dikonversi menjadi gerak rotasi semua *propeller blade* dengan menggunakan mekanisme *pin-slot* eksentrik. (Dullens, 2009)

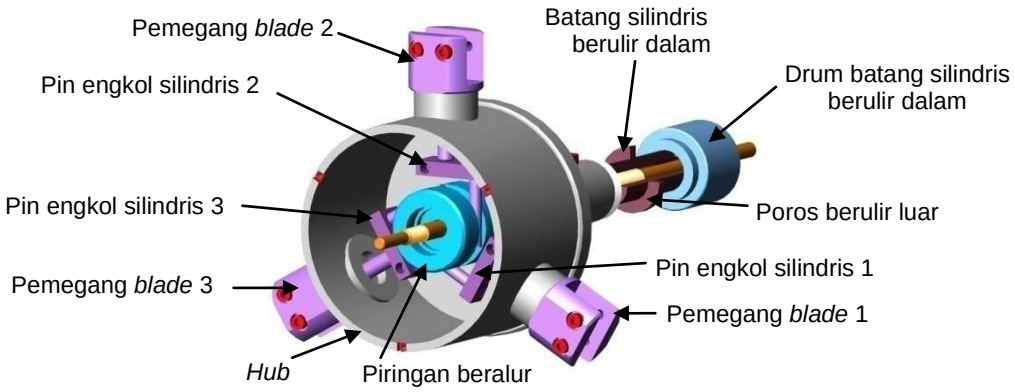


Gambar 3.3 Alternatif Mekanisme Pengontrol *CPP* III

D. Alternatif Mekanisme IV

Pengaturan semua *pitch propeller blade* pada sudut yang sama besar dapat dilakukan dengan memutarkan secara manual batang silindris berulir dalam (sebagai mur) yang berputar dalam rumahnya, mengakibatkan poros berulir luar pasangannya (sebagai baut) dapat bergerak translasi. Hal ini dapat terjadi karena pada poros berulir luar diberi alur memanjang untuk tempat masuk batang pengarah. Di dekat ujung poros berulir terdapat sebuah piringan yang beralur pada bidang keliling (*slot* yang melingkar) dimana alur tersebut sebagai jalan atau lintasan dan pemutar ke-3 *pin* engkol silindris (*crankpin*). Pemegang *blade* dihubungkan dengan *pin* engkol oleh baut sehingga gerak maju atau mundur piringan yang beralur mengakibatkan gerak rotasi ke-3 *propeller*

blade yang dicekam oleh pemegang *blade* karena sumbu putar pin engkol silindris satu sumbu dengan pemegang *blade*. Alternatif mekanisme IV ditunjukkan pada Gambar (3.4).



Gambar 3.4 Alternatif Mekanisme Pengontrol *CPP* IV

3. 4. Pemilihan Alternatif

Kriteria mekanisme-mekanisme pengontrol *CPP* yang disajikan tersebut di atas dievaluasi berdasarkan matrik pengambilan keputusan (Harsokoesoemo, 2004). Pada tahap evaluasi ini setiap kriteria mekanisme pengontrol *CPP* dibandingkan satu dengan yang lain secara berpasangan dalam hal kemampuan memenuhi kebutuhan pengguna selanjutnya diberi skor. Konsep mekanisme produk yang memperoleh skor paling tinggi adalah yang terbaik sehingga konsep tersebut yang harus dibuat.

Tabel 3.1 Matriks evaluasi dalam menentukan Mekanisme Pengontrol *CPP*

Kriteria		Alternatif Mekanisme		
	I	II	III	IV
Mudah dalam pengoperasian	DATUM	+	+	+
Murah dalam pengoperasian		S	S	S
Mudah dalam perakitan		+	–	–
Murah dalam perakitan		+	–	+
Mudah dalam perawatan		–	–	+
Murah dalam perawatan		–	–	+
Mudah dalam perbaikan		–	–	+
Murah dalam perbaikan		–	–	+
Σ +		3	1	6
Σ –		4	6	1
Σ S		1	1	1

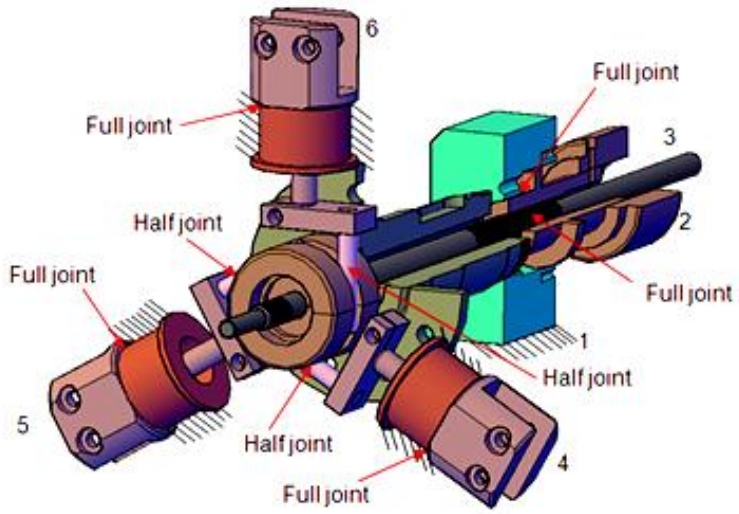
Apabila terjadi keraguan untuk menilai suatu alternatif lebih baik atau lebih buruk daripada alternatif mekanisme I, maka digunakan skor S yang berarti sama dengan alternatif mekanisme I. (Pugh, 1991)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil matriks evaluasi alternatif produk mekanisme pengontrol *CPP* di atas, ternyata alternatif mekanisme IV memiliki skor + yang paling tinggi yaitu 6 dan skor – paling rendah yaitu 1 serta skor S sama sehingga dapat ditentukan konsep perancangan alternatif IV yang dipilih, selanjutnya akan dibuat.

Sintesis mekanisme pengontrol *CPP* terpilih, menggunakan persamaan Gruebler untuk mengetahui derajat kebebasan, yaitu $M = 3\times(L-1)-2J$ dimana M = derajat kebebasan (*DoF*) atau mobilitas (*mobility*); L = jumlah *link*; J = jumlah *joint.*

ISBN 978-602-99334-1-3



Gambar 4.1 Penghitungan derajat kebebasan

Pada Gambar 4.1 hasil perancangan mekanisme pengontrol *CPP* terpilih yang akan dibuat memiliki jumlah *link, L* = 6 dan jumlah *joint, J* = 6,5 maka *M* = 3(6–1) – 2(6,5) = 2. Hal ini menunjukkan suatu gerak pasti , yaitu gerak tertentu terjadi bila suatu titik pada mekanisme digerakkan dengan masukan tertentu, maka semua bagian yang lain akan bergerak tertentu pula sehingga disebut mekanisme karena *DoF* adalah *positif* (Norton, 1999).

5. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan dapat disimpulkan bahwa mekanisme pengontrol *CPP* dapat dirancang berbeda bentuk dari mekanisme yang sudah ada sebelumnya tetapi memiliki fungsi yang sama sehingga perancangan mekanisme pengontrol *CPP* alternatif IV memenuhi syarat untuk pembuatan produks.

DAFTAR PUSTAKA

Atteslander, E., 1948, " Device For Adjusting The Blades Of Ship's Propellers": United States Patent Office.

Dieter, G.E., 1991, " Engineering Design ": A Materials and Processing Approach, 2nd Edition, McGraw-Hill, Inc.

Dullens, F.P.M., 2009, " Modeling and Control of a Controllable Pitch Propeller ", Thesis for Master of Science Degree in Mechanical Engineering at the Eindhoven University of Technology.

Harsokoesoemo, H.D, 2004, " Pengantar Perancangan Teknik " (Perancangan Produk), Edisi Kedua, Penerbit ITB, Bandung.

Norton, Robert L, 1999, " Design of Machinery " : An Introduction to the Synthesis and Analysis of Mechanisms and Machines, 2nd Edition, McGraw-Hill Inc., U.S.A.

Operation And Installation Manual (E – 309), 2010, " Mechanical Variable Pitch Propeller MTV – 24 – ( )", Propeller Entwicklung GmbH.

Pugh, Stuart, 1990, " Total Design ", Addison-Wesley Publising Company.

http://en.wikipedia.org/wiki/Controllable_pitch_propeller