

BAB II

DASAR TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Ogawa Seiki, O.S 46 MAX merupakan jenis mesin yang memiliki spesifikasi *displacement* 0,46 inci³ dengan kapasitas mesin yang cukup kecil hanya dengan 7,53 cc dan juga memiliki kapasitas *bore* 0,86 inci atau setara 22 mm dan juga memiliki kapasitas *stroke* 0,72 inci atau 19,6 mm pada spesifikasi normal dari mesin tersebut juga dapat menghasilkan rpm mencapai 2.000-13.000 rpm pada keadaan normal atau dengan kapasitas oktan/setan 0%. Pada penggunaan bahan bakar *methanol* dengan campuran minyak jarak dapat menghasilkan tenaga atau *horse power output* 1,63 hp pada pencapaian 13.000 rpm, dengan spesifikasi data tersebut penggunaan mesin ini sangatlah bermanfaat lebih pada pengaplikasian pesawat model tanpa awak (UAV).

Elohansen (2011), peneliti ini meninjau model linier dari *hovercraft*. Sifat *Under actuated* dari model matematika *hovercraft* penyebab sistem ini tidak mampu mengendalikan, sehingga untuk menyederhanakan masalah dianggap sistem *sub-matriks* yang mampu mengendalikan. Menurut model kontrol, sistem *servo* berdasarkan metode penempatan *pole* dirancang. *Matriks* penguatan ini kemudian diterapkan pada model *linier hovercraft* dan respon sistem menunjukkan bahwa kontrol kecepatan dapat dilakukan dengan baik meskipun ada sedikit perbedaan dari spesifikasi dekat kutub lingkaran telah ditentukan.

Dadang Hermawan., dkk, 2016, meneliti pengaruh sudut *pitch propeller* terhadap gaya dorong (*thrust*) 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 pada kecepatan putar 1.085 rpm yang diputar oleh motor penggerak listrik arus bolak-balik dengan daya 4 kW melalui transmisi sabuk dan puli. *Propeller blade* yang digunakan pada mekanisme ini adalah tipe *airfoil* ukuran medium seri TR11W produk *multi wing* untuk penggerak *hovercraft*. Rentang pengaturan sudut *pitch* antara 0° s.d. 55°. Hasil pengujian menunjukkan semakin besar sudut *pitch (blade angle)* yaitu mulai 0° s.d. 55° maka semakin besar pula *thrust* yang dihasilkan sehingga dapat menggerakkan maju mekanisme pengontrol CPP tersebut. Pada pengaturan sudut *pitch* lebih besar 35°, *thrust* yang dihasilkan cenderung menurun hingga pada pengaturan sudut *pitch* tertentu, *propeller* tidak menghasilkan *thrust*. Jadi *thrust* maksimum yang dihasilkan sebesar 10 kg pada pengaturan sudut *pitch* 35°.

2.2 OGAWA SHIGEO (O.S)

O.S *Engines* adalah produsen mesin model asal Jepang. Perusahaan ini didirikan pada tahun 1936 oleh masinis Ogawa Shigeo (O.S) untuk produksi mesin uap model. Atas saran pembeli dari Amerika yaitu Paul Houghton, Ogawa Shigeo memutuskan untuk memasarkan mesin bertenaga dengan bahan bakar campuran *methanol* dan *castor oil* pertamanya, O.S 25 FSR 4,09 cc dimana 200 unit diproduksi dan diekspor dengan merek dagang "Pixie". Setelah Perang Dunia II , Ogawa Shigeo memperluas untuk menghasilkan garis MAX mesin, yang mendapat pujian atas kinerja dan daya tahan mesin mereka.



Gambar 2.1 Mesin O.S 25 FSR (1977)
(<http://www.osengines.com>, 14 April 2011)

Pada tahun 1976, O.S mempelopori bidang mesin empat langkah dengan mesin berkatup FS-60, 10 cc, dan merupakan salah satu produsen terbaik *top-plug-ignition* empat *stroke*. Mesin model ini merupakan pertama kali di seluruh dunia sejak saat itu.

Saat ini, O.S *Engines* menghasilkan jajaran mesin yang lebih besar yang mencakup satu-satunya mesin *rotary wankel* yang tersedia, yang pertama kali diperkenalkan pada tahun 1970, saat itu *Ogawa Shigeo* bekerja sama dengan *Graupner* dari Jerman. ^[1] Sejak runtuhnya *Graupner* pada tahun 2012, sekarang O.S membuat mesin *displacement* 0,49 inci³ ini masih dengan lisensi dari NSU .

Tahun 1980an membawa persaingan yang meningkat, dan terus meningkat sepanjang tahun 1990an hingga memasuki abad ke-21. O.S sekarang menjadi produsen terkemuka *single* dan *multi-cylinder* mesin pesawat model mulai dari kecil 0,10 LA dua *stroke* hingga FF-320 empat *stroke* skala besar dan FR7-420 *Sirius Cylinder Radial Engine*.

Mesin O.S dalam produksi saat ini meliputi 21 TM, TZ 18, MAX 46 dan banyak lainnya. O.S juga membuat aksesoris yang dibutuhkan untuk mesin mereka termasuk busi pijar , knalpot/*muffler* dan saringan udara .

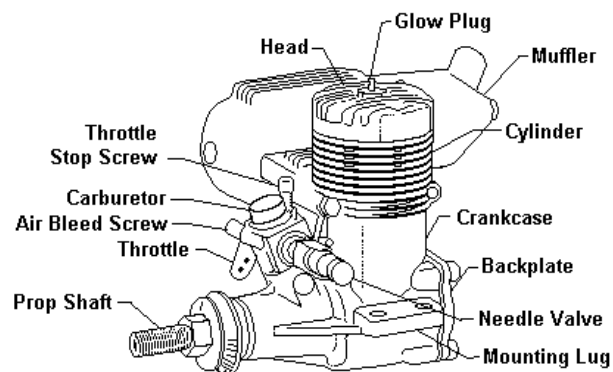
O.S juga telah memperluas keahlian mereka untuk memodelkan mobil, menawarkan banyak mesin yang handal untuk kendaraan ini. Mesin tipikal termasuk O.S 18 CV-R dan O.S 30VG empat *stroke* termasuk FS26-CS (0,26 inci³ *displacement*, dimaksudkan untuk mengganti 0,12-0,15 dua *stroke*) dan FS40-CS (0,40 inci³ *displacement*, dimaksudkan untuk menggantikan 0,2 dua *stroke*), dengan diperbarui FS26-CS saat ini mesin tersebut belum diproduksi.

Sangat mudah untuk memecahkan kode beberapa dari nama mesin. Dalam model empat langkah di atas, kode C berarti mobil. Hal ini untuk menghindari membingungkan mereka dengan mesin pesawat yang mereka gunakan.

Pesaing utama O.S *Engine* untuk mesin model dua *stroke* dan empat *stroke* adalah *Yamada Engines* (YS), juga merancang dan memproduksi di Jepang, dengan perusahaan *Ogawa Shigeo* menjadi saingan yang lebih kuat dari pada perusahaan YS, dalam produksi mesin model empat *stroke*.^[2]

Mesin O.S 2 *stroke* pada seri MAX memiliki bermacam-macam jenis yang berawal dari O.S 15, O.S 25, O.S 40, O.S 46, O.S 60. Pada macam-macam jenis tersebut yang membedakan hanya spesifikasi dari ukuran mesin, piston, *connecting rod*, dan *propeller*. Penggunaan bermacam-macam jenis mesin O.S di atas sesuai dengan kebutuhan pada jenis pesawat.

Dibawah ini merupakan gambar bagian bagian mesin O.S 46 MAX :



Typical Engine

Gambar 2.2 Komponen-komponen mesin O.S 46 MAX
(<http://www.osengines.com>, 14 April 2011)

- Air bleed screw* : sekrup yang mengatur berapa banyak udara yang masuk ke dalam karburator
- Backplate* : cover pada bagian belakang mesin
- Carburetor* : Alat untuk pencampuran udara dan bahan bakar, dan mengontrol berapa banyak pencampuran yang masuk ke mesin.
- Crankcase* : badan dari mesin
- Cylinder* : bagian dari mesin dimana pembakaran terjadi
- Glow plug* : alat pengapian sebagai pemicu pembakaran
- Head* : komponen pada mesin sebagai penutup mesin bagian atas
- Mounting lug* : bagian badan mesin untuk didudukan pada pesawat
- Muffler* : alat untuk sisa pembuangan mesin
- Needle valve* : alat untuk mengatur pencampuran udara dan bahan bakar
- Prop shaft* : kruk as utama yang berfungsi mentransfer tenaga mesin ke propeller
- Throttle stop screw* : sekrup yang mengatur batas jarak pergerakan gas.

2.3 UNMANED AERIAL VEHICLE (UAV)

Pesawat tanpa awak (dalam bahasa Inggris *Unmanned Aerial Vehicle* atau UAV) adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri (*autopilot*), menggunakan hukum aerodinamika untuk mengangkat dirinya, bisa digunakan kembali dan mampu membawa muatan baik senjata maupun muatan lainnya. Penggunaan terbesar dari pesawat tanpa awak ini adalah di bidang militer. Rudal walaupun mempunyai kesamaan tetapi tetap dianggap berbeda dengan pesawat tanpa awak karena rudal tidak bisa digunakan kembali dan rudal adalah senjata itu sendiri.



Gambar 2.3 Pesawat UAV
(<http://bandung-aeromodeling.com>, 28 Oktober 2013)

Pesawat tanpa awak memiliki bentuk, ukuran, konfigurasi dan karakter yang bervariasi. Sejarah pesawat tanpa awak adalah *drone target*, pesawat tanpa awak yang digunakan sebagai sasaran tembak. Perkembangan kontrol otomatis membuat pesawat sasaran tembak yang sederhana mampu berubah menjadi pesawat tanpa awak yang kompleks dan rumit.

Kontrol pesawat tanpa awak ada dua variasi utama, variasi pertama yaitu dikontrol melalui pengendali jarak jauh dan variasi kedua adalah pesawat yang terbang secara mandiri berdasarkan program yang dimasukkan kedalam pesawat sebelum terbang.

Saat ini, pesawat tanpa awak mampu melakukan misi pengintaian dan penyerangan. Walaupun banyak laporan mengatakan bahwa banyak serangan pesawat tanpa awak yang berhasil tetapi pesawat tanpa awak mempunyai reputasi untuk menyerang secara berlebihan atau menyerang target yang salah.

Pesawat tanpa awak juga digunakan untuk keperluan sipil (non militer) seperti pemadam kebakaran, keamanan non militer atau pemeriksaan jalur pemipaan. Pesawat tanpa awak sering melakukan tugas yang dianggap terlalu kotor dan terlalu berbahaya untuk pesawat berawak.

Saat ini Pesawat Terbang Tanpa Awak (PTTA) telah diproduksi oleh industri dalam negeri antara lain: PT. Dirgantara Indonesia, PT. UAV Indo, PT. Globalindo Teknologi Service Indonesia, PT. RAI (Robo Aero Indonesia), PT. Aviator dan PT. Carita. Adapun PTTA hasil produk dalam negeri tersebut saat ini digunakan untuk kepentingan olahraga kedirgantaraan dan beberapa industri masih mengadakan pengembangan PTTA untuk kepentingan sasaran latihan Arhanud. Dengan adanya kemampuan berbagai industri dalam negeri dalam mengembangkan PTTA tersebut, merupakan potensi dan peluang yang dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan PTTA yang memiliki kemampuan sebagai pesawat pengintai/pemantau sasaran dari udara. Pengembangan PTTA tersebut dilakukan

dengan melengkapi sebuah kamera dan hasilnya secara langsung dapat diamati pada layar *display* di *ground station*.

Dalam sebuah perancangan Pesawat Terbang Tanpa Awak (PTTA), terlebih dahulu harus mendefinisikan misi penerbangan seperti apa yang akan dilakukan oleh pesawat tersebut. Hal ini harus dilakukan karena tidak ada satu jenis PTTA yang bisa melakukan semua misi yang ada dalam penerbangan. Pesawat Terbang Tanpa Awak dimaksudkan untuk mengemban misi pemantauan udara untuk melihat objek yang diam atau bergerak diatas permukaan tanah. Misi tersebut dilakukan diwilayah dengan dukungan infrastruktur yang minim seperti daerah hutan, pegunungan, rawa dan lain-lain. Dengan misi tersebut, maka PTTA harus merupakan gabungan karakter antara tipe pesawat *sport*, *trainer* dan pesawat *trainer glider*, yaitu berkecepatan rendah, sangat stabil, dapat melayang dan mudah dikendalikan. Agar dapat melakukan pemantauan dengan saksama maka PTTA harus memiliki tinggi terbang 200 m, kecepatan terbang kurang lebih 60 km/jam.

Agar dapat dimobilisasi dengan mudah maka pesawat tersebut harus praktis dan *portable* agar bisa dioperasikan secara "*Take off hand launched*" maka bobot dari pesawat harus ringan agar dapat diluncurkan dengan menggunakan tangan, sehingga berat pesawat harus lebih kecil dari 6 kg. Sementara itu, pada bagian *Airframe/Fuslage* PTTA terdapat berbagai *instrument*, untuk itu perlu *lift* atau gaya angkat yang besar dari pesawat, untuk memperoleh *lift* yang besar maka sayap harus luas, menggunakan *wing aerofoil Un symmetrical* dengan letak sayap berada diatas *airframe* dan menggunakan *engine power* yang tidak terlalu besar.

2.4 UAV PADA AEROMODELLING

Pesawat *aeromodelling* banyak menerapkan prinsip dari pesawat *unmanned aerial vehicle* (UAV). *Aeromodelling* sendiri memiliki pengertian suatu kegiatan yang mempergunakan sarana miniatur pesawat terbang untuk tujuan rekreasi, edukasi dan olahraga. Kegiatan ini umumnya digemari oleh peminat ilmu pengetahuan dan teknologi secara perorangan ataupun yang tergabung dalam organisasi sosial kemasyarakatan.

Pada dasarnya peminat *aeromodelling* ini secara alami terbagi dalam 3 kategori:

- *Aeromodelling* yang tergabung dalam kategori hanya untuk bersenang-senang (*fun*).
- *Aeromodelling* sebagai sarana menimba dan memperdalam ilmu pengetahuan.
- *Aeromodelling* sebagai sarana pencapaian prestasi olahraga kedirgantaraan.

Pada umumnya kategori dua yang terakhir saling berhubungan erat dan konsisten dalam menjalankan kegiatan ini. Kegiatan *aeromodelling* tidak semata-mata mempersiapkan *aeromodeller* untuk berprofesi dalam dunia penerbangan karena ada 2 pengaruh sosial yang pertama yaitu melatih ketekunan, kesabaran dan ketelitian serta menikmati keindahan, kedua mendapatkan nilai tambah/bekal untuk berkarir di dalam dunia penerbangan.

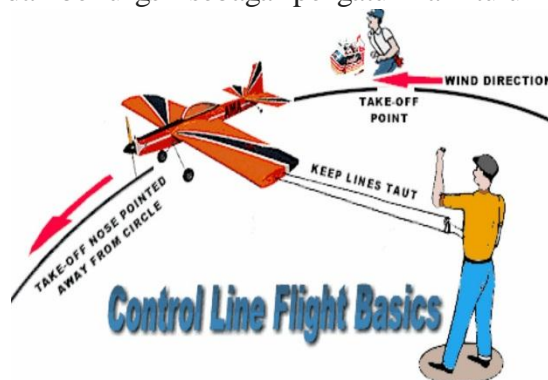
Pesawat terbang model tanpa awak yang digunakan dalam berbagai kegiatan *aeromodelling* memiliki jenis yang berbeda-beda antara lain :

- Pesawat *Free Flight* (F/F), pesawat terbang tanpa sistem kontrol apapun. Jenis ini adalah pesawat yang diterbangkan secara bebas dan bergantung pada angin.



Gambar 2.4 Pesawat Free Flight (F/F)
(<http://bandung-aeromodeling.com>, 28 Oktober 2013)

- Pesawat *Control Line* (C/L), pesawat yang dihubungkan dengan sepasang kawat baja dengan *handle* atau pegangan berbentuk huruf “U” yang digenggam dan berfungsi sebagai pengatur naik turun terbang pesawat.



Gambar 2.5 Pesawat *Control Line*
(<http://bandung-aeromodeling.com>, 28 Oktober 2013)

- Pesawat radio kontrol memiliki pemancar yang diterima oleh *receiver* dan dioperasikan oleh *controller*, kemudian *controller* mengirimkan sinyal radio ke penerima dalam model yang sama pada untuk menggerakkan *servo* yang memanipulasi kontrol penerbangan dalam model dan cara yang mirip dengan pesawat berukuran penuh.



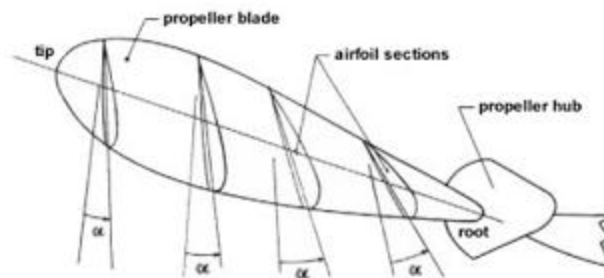
Gambar 2.6 Pesawat radio *control*
(<http://bandung-aeromodeling.com>, 28 Oktober 2013)

2.5 PROPELLER

Propeller adalah baling-baling untuk menjalankan kapal atau pesawat terbang.^[1] Baling-baling ini memindahkan tenaga dengan mengkonversi gerakan rotasi menjadi daya dorong untuk menggerakkan sebuah kendaraan seperti pesawat terbang, kapal atau kapal selam untuk melalui suatu *massa* seperti air atau udara, dengan memutar dua atau lebih bilah kembar dari sebuah poros utama. Bilah-bilah dari sebuah *propeller* berperan sebagai sayap berputar, dan memproduksi gaya yang mengaplikasikan prinsip Bernoulli dan hukum gerak Newton, menghasilkan sebuah perbedaan tekanan antara permukaan depan dan belakang bilah tersebut.

Berdasarkan teori momentum untuk menentukan efisiensi *air propeller*, maka harus ditentukan terlebih dahulu besar diameter putar, jumlah daun dan bentuk *air propeller* yang akan didesain. Metode desain yang telah lama dilakukan untuk *propeller aircraft* berdasarkan hasil interpretasi *wind tunnel test* dan data dari bentuk *aerofoil*. Pada *non dimensional* koefisien CT (koefisien *thrust*), CP (koefisien daya), CQ (koefisien torsi) dan JR (*advance ratio*) ditentukan berdasarkan percobaan dalam *wind tunnel* dengan sudut *blade* pada 70% bagian *propeller* diameter dari *center*. Mesin harus dilakukan *matching* antara *main engine* dengan *blade/air propeller* dan *fan* sehingga sistem *thruster* dan *lifter hover craft* dapat bekerja secara optimal. Pada perencanaan ini menggunakan 2 *diesel engine* 1,25 Hp untuk menggerakkan 2 *air propeller* dengan karakteristik 6 daun dan AF 1,40, serta 2 *diesel engine* 4,75 Hp untuk mengoperasikan 2 *centrifugal fan* dengan tipe daun *propeller airfoil*.

Pemilihan *propeller* pada pesawat *aeromodelling* sebenarnya adalah hal yang fleksibel dan biasanya memerlukan uji coba serta pengalaman dilapangan. Dapat dikatakan, pemilihan *propeller* sangatlah penting dalam menentukan performa terbang dari pesawat, bahkan kemungkinan terburuk yang mungkin terjadi adalah kerusakan pada komponen pesawat, hal ini terutama dapat terjadi pada pesawat elektrik. Pemilihan *propeller* yang paling tepat adalah mengikuti rekomendasi dari motor/engine yang disediakan oleh pembuat komponen tersebut, namun pemahaman tentang konsep *propeller* ini penting bagi *aeromodeller*.

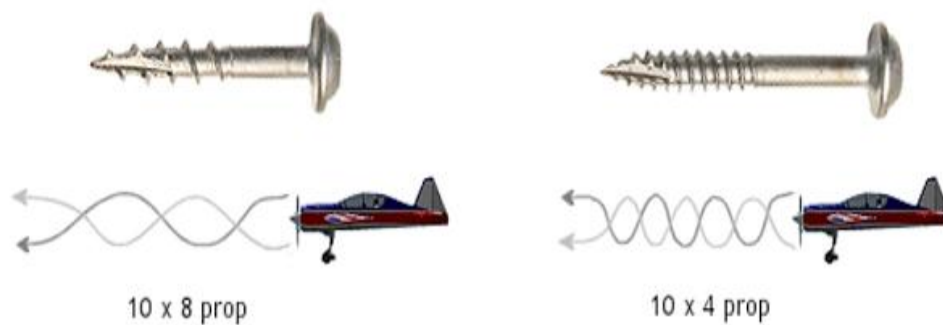


Gambar 2.7 Bagian-bagian *propeller*
 (<http://gemarterbang.blogspot.com>, 1 Juli 2012)

Prinsip kerja *propeller* sebenarnya identik dengan sayap, yaitu dengan memanfaatkan *airfoil* yang bergerak secara berputar sehingga menghasilkan gaya aerodinamika yang di mana gaya ini disebut *thrust* atau gaya dorong. Gerakan berputar dari *propeller* mengakibatkan kecepatan gerak *airfoil* pada ujung dan pangkal *propeller* berbeda, oleh karena itu *angle of attack* (AOA) bilah *propeller* dari pangkal ke ujung dibuat semakin kecil, sehingga gaya yang dihasilkan sama (semakin tinggi kecepatan *airfoil*, semakin besar gaya yang dihasilkan).

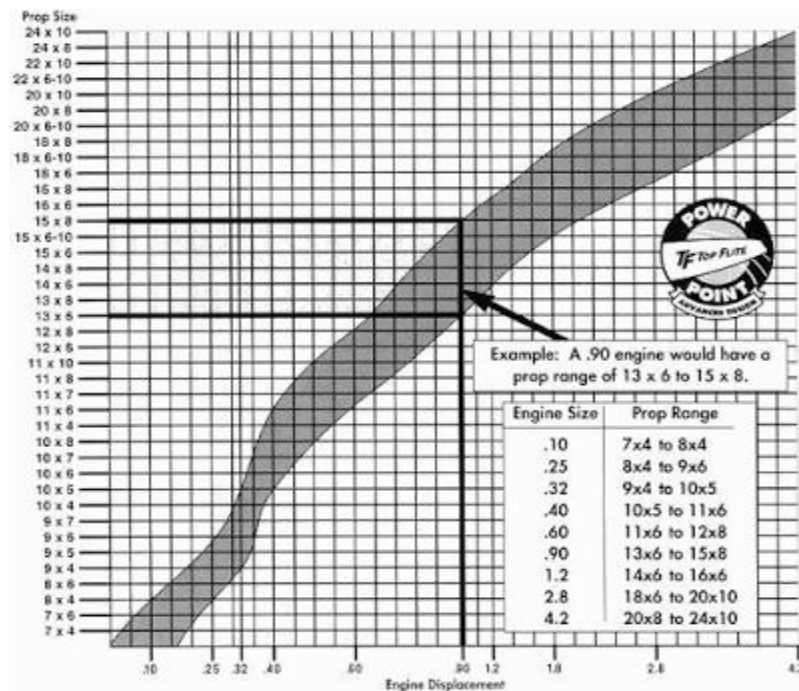
Adapun hal-hal penting yang harus diketahui dalam memilih *propeller* adalah diameter dan *pitch*. Diameter adalah diameter dari *propeller* tersebut saat berputar, atau dapat dikatakan panjang *propeller* dari ujung ke ujung. *Pitch* adalah ukuran seberapa besar jarak yang ditempuh *propeller* pesawat akan bergerak di udara dalam satu putaran *propeller* dalam satuan inci. Nilai dari *pitch* ini hanyalah angka teori, karena pada kondisi nyata banyak sekali faktor yang mempengaruhi jarak tempuh pesawat tiap satu putaran *propeller*. Seperti material *propeller*, efisiensi, kondisi udara dan lain-lain. Semakin besar nilai *pitch*, maka pesawat akan bergerak semakin cepat.

Salah satu cara untuk membayangkan *pitch* dari *propeller* adalah dengan mengibaratkan sebagai sekrup. Sekrup dengan ulir yang kasar akan menempuh jarak yang lebih jauh dalam satu putaran dari pada sekrup yang memiliki ulir halus seperti dijelaskan pada gambar berikut ini :



Gambar 2.8 Prinsip kerja *propeller*
(<http://gemarterbang.blogspot.com>, 1 Juli 2012)

Pada prinsip kerjanya hampir sama dengan sekrup yang bergerak di udara , tidak jarang *propeller* disebut dengan *airscrews*. Diameter dari *propeller* secara umum mempengaruhi *thrust* yang dihasilkan serta mempengaruhi kecepatan putar dari mesin, selain itu diameter *propeller* juga sangat mempengaruhi kebisingan yang dihasilkan oleh putaran *propeller*, terkadang suara *propeller* lebih bising dari putaran mesin. Diameter *propeller* yang besar mengurangi kecepatan putar (RPM) dari mesin karena membutuhkan daya yang besar, karena penurunan putaran mesin tersebut, *propeller* dengan diameter besar lebih tidak berisik dari *propeller* kecil.



Gambar 2.9 Diagram rentang ukuran *propeller*
(<https://aeroengineering.co.id>, 10 Juni 2016)

Pitch dan diameter *propeller* biasanya tertulis pada *propeller* dengan bentuk diameter x *pitch*. Misalkan *propeller* dengan tulisan 10x6 mengindikasikan bahwa *propeller* tersebut memiliki diameter 10 inci dan *pitch* 6 inci. Pesawat dengan *engine*/mesin bakar memiliki rentang ukuran *propeller* seperti diagram diatas, berikut ini adalah contoh pemilihan *propeller* berdasarkan diagram yang diambil dari *top flight*. Pada contoh berikut ini, dipilih mesin A.90 maka berdasarkan grafik diatas, dipilih *propeller* dengan spesifikasi antara 13x6 sampai 15x8.

Pada pesawat elektrik, pemilihan *propeller* menjadi sangat penting. Pada pesawat mesin, pemilihan *propeller* yang salah hanya mengakibatkan mesin menjadi *stall* dan menurunkan performa, sedangkan pada pesawat elektrik, *propeller* yang salah tidak akan membuat mesin *stall*, melainkan akan memaksa motor untuk tetap bekerja hingga mungkin *electronic sirkuit control* (ESC)

bisa *overheat*. *Propeller* yang lebih kecil akan lebih aman untuk komponen elektronik namun tentu saja performanya akan kurang. Secara teori, pemilihan *propeller* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan dan diagram berikut ini:

$$\text{Advance ratio} \quad : J = \frac{V}{n \cdot D}$$

$$\text{Daya yang dihasilkan} : P_O = \frac{T \cdot \text{Rpm}}{5.252}$$

$$\text{Efisiensi propeller} \quad : P_E = \frac{J \cdot C_T \cdot C_P \cdot 100}{D}$$

Dengan :

J = *Advance ratio*

V = Kecepatan aksial *propeller* (ft/s)

D = Diameter *propeller* (ft)

n = Kecepatan putaran *stationer propeller* (rev/s)

C_T = *Thrust coefficient*

P_o = Daya yang dihasilkan (hp)

C_p = *Power coefficient*

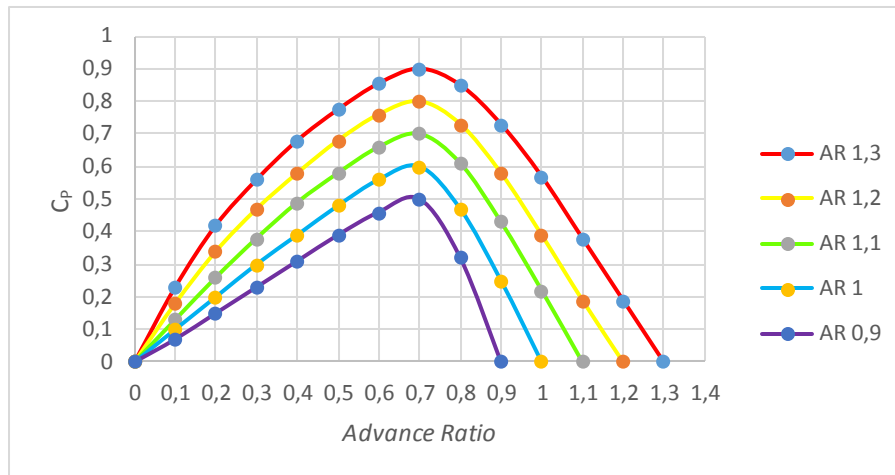
P_E = Efisiensi *propeller*

T = Torsi

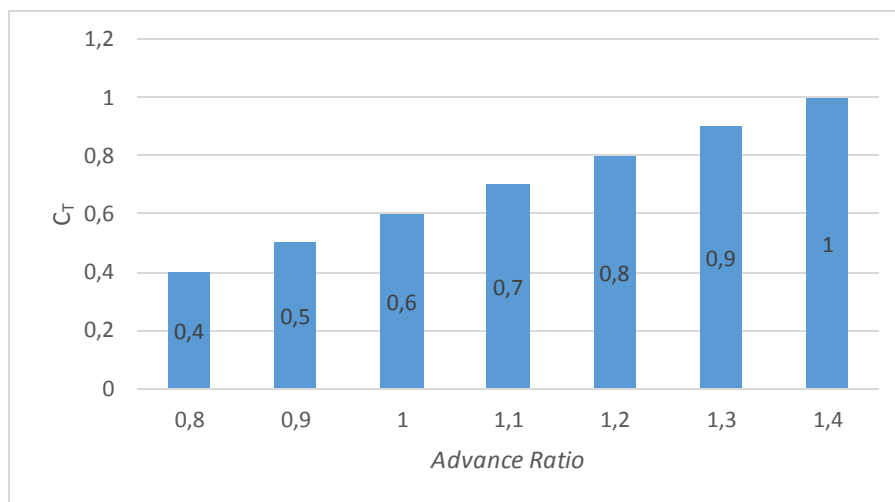
Rpm = Rotasi per menit

Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan diagram berikut

ini :



Gambar 2.10 Diagram *power coefficient*
(<https://aeroengineering.co.id>, 10 Juni 2016)



Gambar 2.11 Diagram *thrust coefficient*
(<https://aeroengineering.co.id>, 10 Juni 2016)

Diagram diatas diambil berdasarkan data *propeller* pada umumnya, diagram dapat berbeda pada pembuat *propeller* yang berbeda. Garis yang berbeda pada diagram diatas menunjukkan perbedaan *pitch* dan diameter. Angka yang tertulis pada *propeller* adalah diameter x *pitch* (dalam inci).

Sering dipertimbangkan dalam pemilihan *propeller* adalah jumlah bilah. Pada umumnya, bilah *propeller* pesawat *aeromodelling* berjumlah dua. Dapat juga ditemui *propeller* dengan tiga bilah, empat bilah dan enam bilah.



Gambar 2.12 *Propeller* 1 bilah
(<http://gemarterbang.blogspot.com>, 1 Juli 2012)

Pada *propeller* tipe satu bilah seperti gambar di atas jarang digunakan pada pesawat *aeromodelling* karena pada *propeller* ini memerlukan pemberat pada satu sisi untuk menyeimbangkan putaran *propeller*. Selain itu ketika *propeller* ini berputar mengakibatkan getaran yang tinggi sehingga pesawat akan kurang stabil ketika terbang.



Gambar 2.13 *Propeller* 2 bilah
(<http://gemarterbang.blogspot.com>, 1 Juli 2012)

Pada *propeller* tipe dua bilah seperti gambar di atas merupakan *propeller* yang sering digunakan pada pesawat *aeromodelling* karena dari segi efek turbulen yang ditimbulkan oleh putaran *propeller* lebih sedikit dan lebih seimbang pada putarannya.



Gambar 2.14 *Propeller* 3 bilah
(<http://gemarterbang.blogspot.com>, 1 Juli 2012)

Secara umum, semakin banyak bilah, maka *propeller* akan semakin tidak efisien karena *turbulen* yang dihasilkan lebih besar. Secara teori, *propeller* yang paling efisien adalah *propeller* dengan satu bilah, namun *propeller* tersebut tidak mungkin stabil saat berputar, kecuali diberi pemberat. *Propeller* dengan bilah lebih dari dua digunakan untuk pesawat skala sehingga didapatkan bentuk skala yang sempurna, serta dengan jumlah bilah semakin banyak secara umum dapat dipilih diameter dan *pitch* yang lebih kecil. Hal yang paling sering dipertimbangkan adalah *ground effect* serta tinggi *propeller* terhadap tanah yang membatasi ukuran *propeller* tersebut.



Gambar 2.15 *Propeller 4 bilah*
(<http://gemarterbang.blogspot.com>, 1 Juli 2012)



Gambar 2.16 *Propeller 6 bilah*
(<http://gemarterbang.blogspot.com>, 1 Juli 2012)

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi adalah suatu energi. Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Adapun perumusan dari torsi adalah sebagai berikut. Apabila suatu benda berputar dan mempunyai besar gaya sentrifugal sebesar F , benda berputar pada porosnya dengan jari-jari sebesar d , dengan data tersebut torsinya adalah:

$$T = F \times d = \dots (N.m)$$

dimana:

T = Torsi benda berputar (N.m)

F = adalah gaya sentrifugal dari benda yang berputar (N)

d = adalah jarak benda ke pusat rotasi (m)

Adanya torsi inilah yang menyebabkan benda berputar terhadap porosnya, dan benda akan berhenti apabila ada usaha melawan torsi dengan besar sama dengan arah yang berlawanan.

RPM adalah singkatan dari *Revolutions Per Minute* atau Revolusi Per Menit atau Rotasi Per Menit dengan pengertian jumlah putaran atau rotasi suatu poros dalam 1 menit. Rpm berpengaruh langsung terhadap *Horse Power* (hp) karena faktor utama dari hp adalah torsi dan rpm. Rpm dan cc tidak berhubungan langsung, tetapi umumnya cc lebih besar menunjukkan untuk mendapatkan rpm tinggi. Ukuran cc didapat dari besar diameter *piston*, panjang *stroke* dan jumlah silinder. Pada *bore x stroke* sebenarnya bisa diketahui mesin tersebut jenis mesin putaran tinggi atau mesin putaran rendah, bisa juga diketahui mesin tersebut mengedepankan torsi atau hp.