

---

**ANALISIS KEANDALAN SISTEM MEKANIK  
CONTROLLABLE PITCH PROPELLER DENGAN PENDEKATAN  
KEGAGALAN KEAUSAN**

**Gutomo\*<sup>1)</sup>, Susilo Adi Widyanto<sup>2)</sup>, Ismoyo Haryanto<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof.H. Sudarto, SH, Tembalang, Kotak Pos 6199/SMS, Semarang 50275

<sup>2)</sup>Program Studi Magister Teknik Mesin, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang

Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang 50275

\*) Email: gutomohaqi@yahoo.com

**Abstrak**

*Perancangan komponen mesin merupakan proses yang menghasilkan bentuk geometrik, ukuran komponen secara lengkap, jenis bahan komponen, beban yang bekerja, dan kondisi lingkungan tempat komponen akan bekerja. Hasil perancangan tersebut diharapkan komponen dapat bekerja dengan aman, namun dalam prakteknya kadang kala ada komponen yang mengalami kerusakan atau kegagalan (failure). Untuk itu dilakukan analisis kegagalan (failure analysis) untuk mengetahui keandalan suatu produk. Sasaran utama analisis keandalan adalah untuk mengidentifikasi atau meramalkan perilaku kegagalan sebuah produk sedini mungkin. Tulisan ini meneliti kegagalan produk pena engkol pada sistem mekanik Controllable Pitch Propeller (CPP) untuk penggerak hovercraft dengan pendekatan keausan. Parameter yang digunakan jumlah siklus putaran. Pengukuran keausan komponen dilakukan mulai dari jumlah 250.000 siklus sampai dengan 2.000.000 siklus. Hasil yang diperoleh diperbandingkan dengan masa hidup (life cycle) sebuah produk terhadap kegagalan melalui kurva bak mandi (bathtub curve).*

**Kata kunci:** sistem mekanik CPP, analisis keandalan, kegagalan keausan.

## **PENDAHULUAN**

*Propeller* adalah komponen mesin yang digunakan untuk mentransmisikan daya dengan mengkonversi gerakan rotasi menjadi daya dorong (*thrust*). Perbedaan tekanan dihasilkan antara permukaan depan dan belakang sudu (*blade*). *Propeller* banyak digunakan dalam industri penerbangan, maritim, dan mesin energi. Pengembangan desain *propeller blade* semakin baik dengan bentuk aerodinamis yang memadai, sehingga dapat menghasilkan daya dorong yang semakin besar.

Berdasarkan mekanisme sistem pemegang *blade propeller*, ada dua jenis mekanisme yang umum dipakai, yaitu mekanisme tetap yang disebut *Fixed Pitch Propeller* (FPP) dan mekanisme yang dapat diatur sudut serangnya yang biasa disebut dengan *Controllable Pitch Propeller* (CPP) atau *Variable Pitch Propeller* (VPP). Mekanisme CPP lebih menguntungkan dibandingkan dengan mekanisme FPP, karena pada CPP dapat dihasilkan daya dorong yang bervariasi dengan putaran *propeller* yang konstan.

*Propeller* bersama komponen lain seperti *hub*, poros, bantalan, pengatur sudut *pitch propeller*, dan sumber tenaga, membentuk satu sistem yang disebut sistem penggerak *propeller*. Sistem penggerak *propeller* harus memenuhi kaidah-kaidah perancangan dan produksi. Salah satu kaidah tersebut adalah memberikan rasa aman bagi pemakainya. Untuk maksud tersebut diperlukan analisis dan uji keandalan (*reliability*) pada rancang bangun suatu produk.

Salah satu konsep dasar keandalan suatu produk adalah dengan melakukan analisis kegagalan (*failure analysis*) (Murthy, dkk., 2008). Segala bentuk (mode) kegagalan di dalam perancangan produk tidak dapat diterima dan harus dihindarkan. Sistem mekanik *propeller* bekerja secara dinamis dan mengalami pola pembebanan bervariasi dan berulang (*cyclic loading* atau *repeated loading*), sehingga analisis dapat dilakukan melalui pendekatan kegagalan keausan (*wear failure*).

Tujuan yang hendak dicapai pada penelitian ini adalah analisis keandalan sistem melalui salah satu komponen yang mempunyai potensi kegagalan yang besar, yakni komponen pena engkol yang bergesekan dengan piringan beralur.

**Konsep Dasar Keandalan**

Suatu produk dikatakan memiliki nilai sebagai akibat dari utilitas atau performansinya dalam memenuhi suatu kebutuhan atau permintaan dari pengguna atau konsumen (*customer*). Beberapa faktor yang memberikan kontribusi terhadap nilai yang tinggi bagi suatu produk adalah kemudahan pengoperasian, keamanan, estetika, ergonomi, dan keandalannya.

Kebutuhan terhadap keandalan dan keamanan yang lebih tinggi lebih disebabkan karena faktor-faktor berikut ini (Verma, dkk., 2010) :

- a. bertambahnya kompleksitas produk
- b. peningkatan pertumbuhan teknologi
- c. kesadaran atau kebutuhan pengguna
- d. pertanggungjawaban keselamatan
- e. kompetisi pasar
- f. kegagalan sistem yang lampau
- g. jaminan dan biaya kegagalan

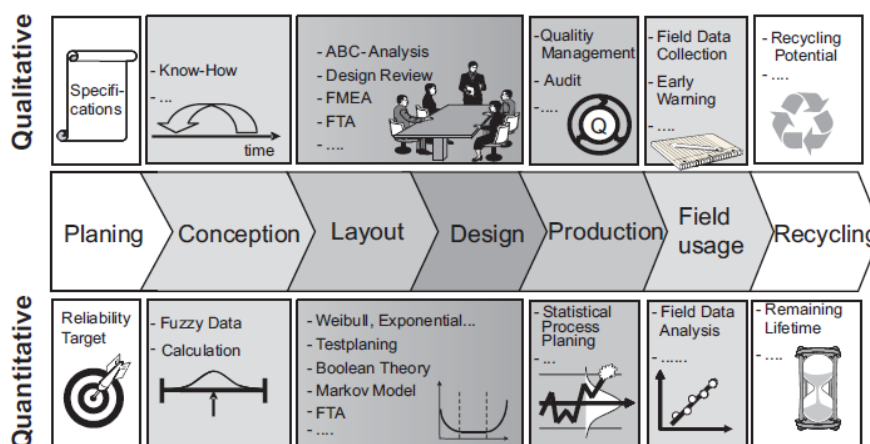
Berbagai literatur memberikan definisi yang beragam terhadap keandalan. Namun demikian, ada beberapa kesamaan di dalam definisi tersebut, khususnya parameter tetap yang terkandung dalam definisi tersebut. Parameter tersebut adalah peluang, sistem atau produk atau komponen, tidak gagal, waktu, dan kondisi operasi.

- a. *The reliability of a product is defined as “The ability of a product to perform required functions, under given environmental and operational conditions and for a stated period of time.”* (Murthy, dkk., 2008).
- b. *Reliability is the probability of a device performing its purpose adequately for the period of time intended under operating conditions encountered.* (Barlow, 1998).
- c. *Reliability is the probability that an item will perform its specified mission satisfactorily for the stated time when used according to the specified conditions.* (Dhillon, 2005).
- d. *Reliability is the probability of a product performing its intended function over its specified period of usage, and under specified operating conditions.* (Wasserman, 2003).

Empat definisi keandalan memberikan pengertian bahwa keandalan adalah peluang atau probabilitas sebuah sistem, produk, komponen, atau item, melakukan tugas atau operasi sesuai dengan fungsinya, dalam rentang waktu dan kondisi operasi tertentu. Analisis keandalan bertujuan untuk mempelajari konsep, karakteristik, pengukuran, analisis kegagalan, dan perbaikan sistem sehingga menambah waktu ketersediaan operasi sistem dengan cara mengurangi kemungkinan kegagalan (Ebeling, 1997).

**Analisis Keandalan**

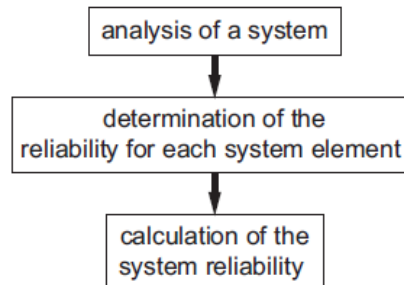
Sasaran utama analisis keandalan adalah untuk mengidentifikasi atau meramalkan perilaku kegagalan sebuah produk sedini mungkin (Gambar 2.1). Dengan demikian, titik lemah dalam desain dapat ditentukan dan dieliminasi dalam tahap awal. Analisis keandalan juga dimaksudkan untuk menghindari percobaan yang dapat memakan waktu dan permasalahan yang melebar. Identifikasi yang tepat hanya dapat dicapai, apabila perilaku kegagalan komponen relatif dikenal.



**Gambar 1.** Analisis Keandalan pada Siklus Hidup Suatu Produk (Bertsche, B., 2010)

### Prosedur Analisis Keandalan

Prosedur yang dilakukan untuk menentukan keandalan suatu sistem dilakukan seperti Gambar 1.2 (Bertsche, B., 2010). Fokus utama dari analisis sistem, untuk menentukan komponen-komponen yang relevan dengan keandalan dan untuk membangun sebuah struktur keandalan sistem. Komponen-komponen sistem dianggap terpisah dan keandalan komponen tersebut ditentukan. Analisis keandalan diakhiri dengan perhitungan keandalan untuk sistem yang lengkap.

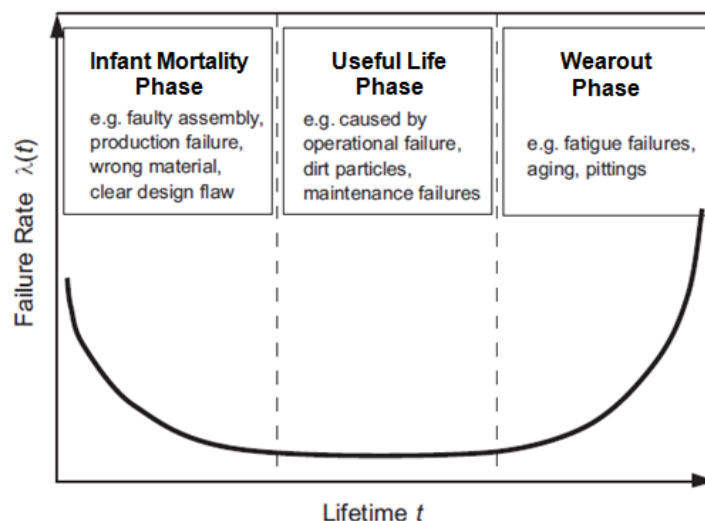


**Gambar 2.** Prosedur Analisis Keandalan Sistem

### Kurva Bak Mandi

Kurva bak mandi (*bathtub curve*) merupakan kurva yang sering digunakan dalam teknik atau analisis keandalan. Kurva bak mandi merupakan kurva untuk memetakan tingkat kegagalan suatu sistem atau komponen mesin terhadap waktu. Masa hidup (*life cycle*) sebuah produk terhadap kegagalan dapat dijelaskan dengan *bathtub curve*, seperti terlihat pada Gambar 1.3.

Kegagalan awal sebuah produk terjadi pada masa *infant mortality*, yang disebabkan kemungkinan oleh kesalahan pemasangan, kegagalan produksi, pemilihan material yang tidak tepat. Kegagalan berikutnya terjadi pada masa *useful life*, yang disebabkan oleh kegagalan operasional, pembebanan berlebih (*overloading*), kegagalan perawatan. Kegagalan pada masa *wearout* terjadi karena proses penuaan (*aging*), korosi, *fatigue*. Kegagalan pada masa *infant mortality* dan masa *useful life* merupakan kegagalan yang sulit diperkirakan sejak awal (*pre-estimate*), sementara kegagalan masa *wearout* pada banyak kasus merupakan penyebab kegagalan yang paling dominan.



**Gambar 3.** Siklus Hidup Sebuah Produk Terhadap Kegagalan (Wasserman, 2003)

### Kegagalan Komponen

Perancangan komponen mesin merupakan proses yang menghasilkan bentuk geometrik, ukuran komponen secara lengkap, jenis bahan komponen, beban yang bekerja, dan kondisi lingkungan tempat komponen akan bekerja. Hasil perancangan tersebut diharapkan komponen dapat bekerja dengan aman, namun dalam prakteknya kadang kala ada komponen yang mengalami kerusakan atau kegagalan (*failure*).

Kegagalan komponen atau elemen mesin sering terjadi ketika mesin sedang beroperasi. Kegagalan tersebut dapat terjadi yang disebabkan oleh kesalahan perancangan, kesalahan dalam manufaktur, kesalahan operasi, kesalahan perawatan, dan pengaruh lingkungan (Ramachandran, 2005).

*Mechanical failure may be defined as any change in the size, shape, or material properties of a structure, machine, or machine part that renders it incapable of satisfactorily performing its intended function* (Collins, 1981).

Jadi, komponen mesin dikatakan gagal, apabila komponen tersebut menunjukkan gejala adanya perubahan ukuran, bentuk, maupun sifat-sifat bahan, yang menyebabkan komponen mesin tidak dapat melakukan fungsinya lagi dengan baik.

Bentuk-bentuk (mode) kegagalan yang terjadi merupakan gabungan dari aspek-aspek manifestasi kegagalan, penyebab kegagalan, dan lokasi kegagalan (Collins, 1981).

Manifestasi kegagalan (*manifestation of failure*) dapat berupa :

- a. Deformasi elastis (*elastic deformation*)
- b. Deformasi plastis (*plastic deformation*)
- c. Retak (*fracture*)
- d. Perubahan material : *metallurgical, chemical, nuclear*

Penyebab kegagalan (*failure-inducing agents*) meliputi :

- a. *Force : steady, transient, cyclic, random*
- b. *Time : very short, short, long*
- c. *Temperature : low, room, elevated, steady, transient, cyclic, random*
- d. *Reactive environment : chemical, nuclear*

Lokasi kegagalan (*failure locations*) terjadi pada :

- a. *Body type*
- b. *Surface type*

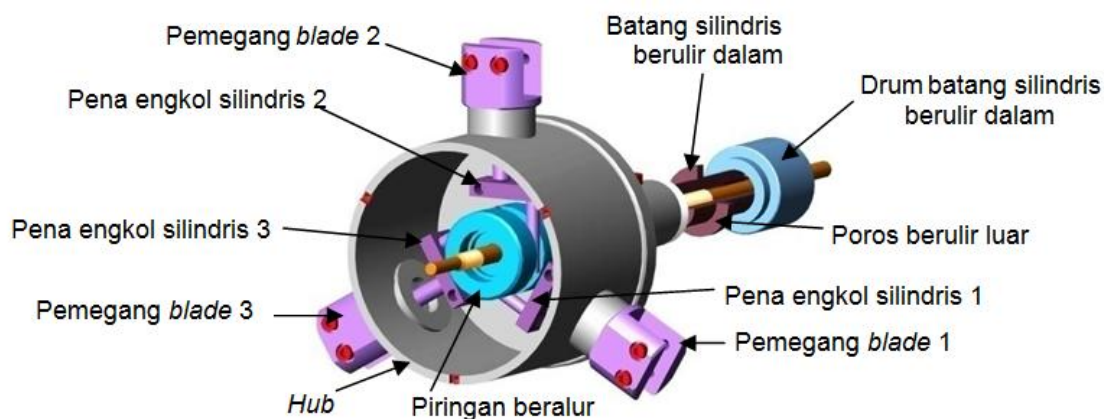
## METODOLOGI

Metodologi yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Merancang dan membuat sistem mekanik CPP.
- b. Melakukan pengujian keausan.
  - Material yang digunakan adalah ST.60.
  - Variabel penelitian adalah jumlah siklus putaran.
- c. Analisa data dan kesimpulan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian adalah :

- a. Sistem mekanik CPP hasil rancang bangun, seperti Gambar 2.1.
- b. Neraca (timbangan).
- c. Penghitung putaran (*speed counter*).

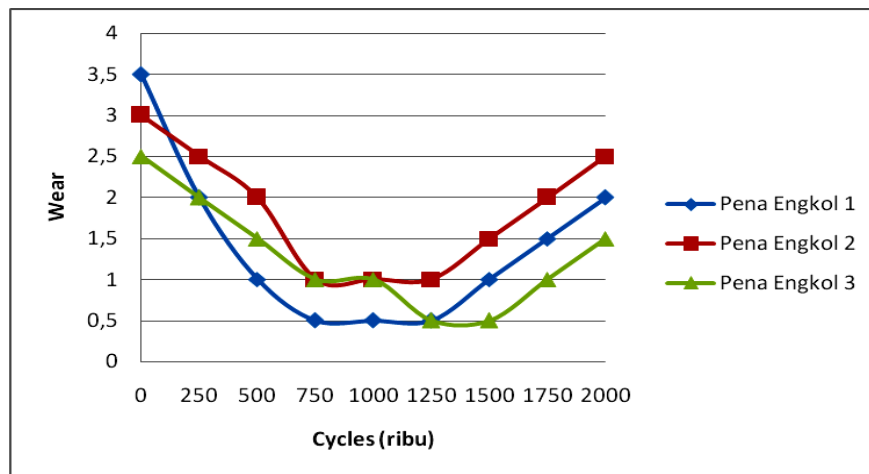


**Gambar 4.** Posisi Pena Engkol Pada Sistem Mekanik CPP

---

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dari komponen pena engkol terhadap keausan, diharapkan membentuk kurva bak mandi seperti Gambar 3.1.



Gambar 5 Kurva Bak Mandi Untuk Komponen Pena Engkol

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Analisis keandalan terhadap suatu sistem atau produk merupakan prosedur yang harus dilakukan untuk memenuhi kaidah-kaidah perancangan dan produksi.
2. Salah satu konsep dasar keandalan suatu produk adalah dengan melakukan analisis kegagalan (*failure analysis*).
3. Untuk memahami dan memprediksi potensi kegagalan pada awal tahap perancangan produk, sangat diperlukan pembuatan peta kegagalan (*failure mapping*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Barlow, R.E., (1998), *Reliability Engineering*, ASA-SIAM, Philadelphia.
- Bertsche, B., (2010), *Reliability in Automotive and Mechanical Engineering*, Springer-Verlag, Berlin.
- Collins, J.A., (1981), *Failure of Materials in Mechanical Design: Analysis, Prediction, Prevention*, John Wiley & Sons, New York.
- Dhillon, B.S., (2005), *Reliability, Quality, and Safety for Engineers*, CRC Press, Florida.
- Ebeling, C.E., (1997), *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*, The McGraw-Hill Companies, Inc., Singapura.
- Murthy, D.N.P., Rausand, M., Osteras, T., (2008), *Product Reliability, Specification, and Performance*, Springer-Verlag, London.
- Ramachandran, V., Raghuram, A.C., Krishnan, R.V., Bhaumik, S.K., (2005), *Failures Analysis of Engineering Structures: Methodology and Case Histories*, ASM International, Ohio.
- Verma, A.K., Ajit, S., Karanki, D.R., (2010), *Reliability and Safety Engineering*, Springer-Verlag, London.
- Wasserman, G.S., (2003), *Reliability Verification, Testing, and Analysis in Engineering Design*, Marcel Dekker, New York.