

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. LATAR BELAKANG

Tantangan industri untuk dapat mengurangi konsumsi energi dan mengurangi biaya operasional merupakan tuntutan agar tetap bertahan dalam persaingan global. Salah satu tantangan tersebut adalah mekanisme gesekan yang telah menyebabkan peningkatan konsumsi energi. Teknik pelumasan merupakan suatu cara untuk memperkecil gesekan dan keausan dengan menempatkan suatu lapisan film tipis diantara permukaan yang bergesekan. Penggunaan pelumas ditujukan untuk mencegah gesekan dan keausan antar komponen yang bergerak pada mesin. Gesekan yang tidak dikendalikan tidak hanya mengakibatkan kerugian langsung terhadap energi, tetapi juga dapat membangkitkan kalor yang menyebabkan temperatur bagian yang bergesekan menjadi lebih tinggi dari lingkungan sekitar dan akan semakin tinggi.



Gambar 1.1 Gesekan yang terjadi pada *piston-ring* dan *ball-bearing* (Aghurri, 2010)

Kondisi ini akan mengganggu operasi mesin dan dapat berakibat pada kegagalan mesin. Hal tersebut mengakibatkan berkurangnya umur mesin dan juga bertambahnya biaya

yang diperlukan untuk memperbaiki mesin. Dengan mengendalikan gesekan dan keausan tersebut diharapkan dapat memperpanjang umur dari elemen mesin dan mencegah kegagalan dari elemen mesin tersebut. Oleh karena itu sistem pelumasan harus dipertimbangkan dalam setiap rancangan mesin khususnya yang memiliki bagian bergerak atau bergesekan.

*Osborne Reynolds* (1886) dalam makalahnya meneliti kasus dua permukaan *cylindrical bearing* yang beroperasi eksentris yang menghasilkan persamaan Reynolds untuk mendeskripsikan aliran antara permukaan kontak. Turunan dari persamaan Reynolds ini biasanya didasarkan bahwa kondisi batas terjadi tanpa slip antara fluida dengan permukaan solid. Dalam analisisnya yang terbatas pada eksentrisitas yang lebih rendah, ( $\epsilon < 0,5$ ), ia menyadari bahwa hasil penelitiannya diragukan karena secara fisik film akan mempertahankan tekanan di bawah tingkat atmosfer. Karena kompleksitas matematika dan komputasi yang terlibat, kemungkinan *film rupture*/kavitasi dan implikasinya terhadap perilaku statis dan dinamis bantalan tidak bisa dipertimbangkan pada waktu itu.

Selama akhir dekade ini telah ditemukan bahwa slip terjadi pada aliran. Slip selalu menyebabkan pengurangan gaya gesek, sehingga memungkinkan untuk memproduksi suatu desain sistem pelumasan dengan gaya gesek yang rendah. Oleh karena itu, dibutuhkan persamaan Reynolds yang telah dimodifikasi dengan pengaruh slip dan kekasaran permukaan pada permukaan batas. Persamaan ini yang akan digunakan dalam mengetahui kelakuan dari fluida yang digunakan untuk kontak terlubrikasi.

Para peneliti telah banyak melakukan research tentang masalah slip dinding untuk kemungkinan meningkatkan mekanisme pelumasan dengan beban yang rendah. Peralatan Sebagai contoh, eksperimental permukaan *smooth lyophobic* dapat menghasilkan pengurangan beban yang sangat signifikan dibandingkan dengan permukaan *non-smooth* atau *non-lyophobic* dalam kondisi sama dan penurunan ini disebabkan atribut di slip dinding (Choo, 2007). Slip dinding pada kondisi *wedge gap* cenderung untuk mengurangi tingkat laju geser dinding dan gesekan pada ketebalan film tertentu, tetapi jika slip dinding dengan kondisi *parallel gap* cenderung mengurangi efek *wedge* yang berhubungan dengan kapasitas beban pada kontak terlubrikasi. Dengan

kondisi *parallel gap* saat beroperasi dan beban eksternal tertentu, jika efek *wedge* berkurang maka kapasitas beban menurun, ketebalan film juga menurun yang cenderung meningkatkan laju geser dinding dan gesekan (Bayada, 2008). Secara teoritis jika permukaan diam *slider bearing* atau *journal bearing* adalah *physico-chemically* yang tidak seragam dimana terjadi kontak heterogen slip/tanpa slip, dengan area slip di inlet diikuti oleh area tanpa slip, efek *wedge* akan meningkat dan terjadi penurunan gesekan yang disebabkan oleh peningkatan ketebalan film dan penurunan *liquid shear*. Hal ini menjanjikan untuk mengoptimalkan gesekan untuk kontak terlubrikasi dimana area slip diam. Namun merupakan hal yang tidak mungkin untuk merencanakan mekanisme kontak heterogen slip/tanpa-slip, dengan area slip di inlet diikuti oleh area tanpa slip karena permukaan *slider bearing* dan *journal bearing* area kontakannya tidak diam, misalnya di *rolling bearing*. Satu atau beberapa area slip cenderung bergerak sepanjang kontak, yang menghasilkan efek *wedge* yang diharapkan dan juga menghilangkan efek *wedge* yang menyebabkan terjadinya penurunan ketebalan film sehingga mengindikasikan kavitas yang tidak diinginkan (Salant, 2004).

Atas dasar pemikiran tersebut maka akan dianalisa pengaruh kontak terlubrikasi pada *parallel gap* yang dianalogikan dengan *Rayleigh step bearing*, dengan kontak heterogen slip/tanpa slip pada permukaan *smooth*, tekstur *rectangular* dan tekstur sinusoidal. Kemudian juga memodelkan *single-grooved slider bearing* untuk diidentifikasi pengaruh slip pada permukaan *grooved* terhadap performansi kontak terlubrikasi. Untuk pemecahan masalah ini solusi yang digunakan adalah metode volume hingga dengan alat bantu kode komputer. Kode komputer ini untuk mengatasi kompleksitas matematika dan permasalahan komputasi yang membutuhkan waktu yang lama.

## 1.2. ORIGINILITAS PENELITIAN

Penelitian tentang analisa distribusi tekanan pada *kontak terlubrikasi* ini menggunakan pemodelan dengan persamaan Reynolds yang dimodifikasi untuk kondisi slip. Pengerjaannya dengan alat bantu kode komputer untuk mempermudah kompleksitas matematis berdasarkan penelitian Bayada dan Meurisse (2009). Hasil identifikasi pemodelan ini dikembangkan dengan mengaplikasikan pada kekasaran

permukaan bertekstur *rectangular* dan sinusoidal. Selain itu juga membangun suatu *single-grooved slider bearing* untuk diidentifikasi pengaruh slip pada permukaan *grooved* terhadap performansi kontak terlubrikasi. Sejauh ini belum banyak riset tentang kekasaran permukaan bertekstur *rectangular* dan sinusoidal dimana peneliti mempunyai hipotesis bahwa permukaan bertekstur mempunyai pengaruh yang sangat signifikan terhadap performansi kontak terlubrikasi. Untuk itu penulis akan mengangkat permasalahan ini menjadi objek penelitian dalam tesis.

### 1.3. PEMBATAAN MASALAH

Penelitian tentang identifikasi model kavitasi mempunyai batasan masalah sebagai berikut:

- a. Jenis rezim pelumasan yang digunakan merupakan *hydrodynamic lubrication*.
- b. Jenis fluida pelumas yang digunakan merupakan fluida *Newtonian*. Dalam hal ini adalah air dengan viskositas sebesar 0.001 Pa.s (pada  $T = 20^{\circ}\text{C}$  dan  $P = 1 \text{ atm}$ ).
- c. Kekasaran permukaan yang digunakan adalah berupa tekstur *rectangular*, sinusoidal dan *single-grooved*.

### 1.4. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian tentang performansi pelumasan dengan menggunakan kode komputer ini adalah:

- a. Menganalisa pengaruh slip terhadap performansi pelumasan pada *slider bearing* dengan permukaan *smooth* dan kontak heterogen slip/tanpa slip dengan metode volume hingga.
- b. Menganalisa pengaruh slip terhadap performansi pelumasan pada *slider bearing* dengan kekasaran permukaan bertekstur *rectangular* dan sinusoidal dengan kontak heterogen slip/tanpa slip dengan metode volume hingga.
- c. Menganalisa pengaruh slip terhadap performansi pelumasan pada *single-grooved slider bearing* dengan kontak heterogen slip/tanpa slip dengan metode volume hingga.

### **1.5. MANFAAT PENELITIAN**

Industri saat ini menghadapi tekanan kuat untuk mengurangi konsumsi energi dan memperpanjang umur komponen dalam rangka mengurangi biaya. Selama beberapa tahun terakhir, telah berkembang penelitian slip dinding dimana area slip hanya mencakup area tertentu tetapi perbaikan gesekan pada mekanisme pelumas dapat diperoleh. Permukaan heterogen slip/tanpa slip bertindak sebagai diskontinuitas geometri dan mengakibatkan gradien tekanan merupakan analogi dengan yang terjadi di *Rayleigh step bearing*. Perilaku yang menguntungkan tersebut dapat menghambat jika area slip/tanpa slip tersebut menyebabkan kerugian. Oleh sebab itu prediksi kinerja perangkat kontak terlubrikasi dengan menggunakan model *slider bearing* dengan variasi permukaan *smooth* dan bertekstur sangat diperlukan. Jika area slip/tanpa slip diperkenalkan, maka tekanan hidrodinamis dapat diperoleh dengan nilai teoritis secara dramatis tergantung pada aliran inlet pelumas, ditambah lagi dengan aplikasi tekstur yang dapat memberikan nilai tambah yang dapat dibuktikan dari hasil distribusi tekanan.

### **1.6. HIPOTESIS**

Dugaan awal hasil penelitian ini adalah peningkatan tekanan hidrodinamis pada rekayasa kontak terlubrikasi pada kontak heterogen permukaan slip/tanpa slip dengan berbagai variasi tekstur permukaan. Peningkatan tekanan hidrodinamis yang sangat menguntungkan ini sangat diharapkan tetapi disisi lain juga terjadi penurunan tekanan hidrodinamis yang dapat menyebabkan kontak tanpa terlubrikasi yang dapat menyebabkan keausan dan mengindikasikan terjadi kavitasi yang merupakan kerugian yang harus dapat diidentifikasi dari awal.

### **1.7. SISTEMATIKA PENULISAN**

Penyusunan tesis ini terbagi atas 5 bab. Bab-bab tersebut adalah: Bab I Pendahuluan, Bab II Dasar Teori kontak terlubrikasi, Bab III Pemodelan dengan metode volume hingga, Bab IV Hasil dan Pembahasan, serta Bab V Penutup. Pendahuluan berisi tentang latar belakang masalah, originilitas penelitian, pembatasan masalah, tujuan penulisan, manfaat penelitiann hipotesis, dan sistematika penulisan. Dasar teori

kontak terlubrikasi berisi tentang ulasan dari paper yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya berupa pembahasan geometri permukaan kontak, dasar teori penurunan persamaan Reynolds klasik dan kekasaran permukaan berupa tekstur *rectangular* dan sinusoidal. Selain itu juga mengungkapkan kondisi *single-grooved*. Pada Bab III merupakan penjelasan tentang proses formulasi permasalahan pemodelan yang dibangun dengan kode komputer dan menganalisis tiap-tiap hasil pemodelan yang dibangun. Hasil pemodelan akan didiskusikan pada Bab IV Hasil dan Pembahasan. Pembahasan hasil analisis pemodelan distribusi tekanan dibandingkan dengan teori model yang telah dibangun oleh *Bayada* dan *Meurisse* (2009), kemudian dibandingkan tiap-tiap variasi kondisi yang berbeda. Sedangkan pada bagian akhir tesis ini akan ditutup dengan BAB V kesimpulan dan saran yang terangkum dalam bagian penutup.