

## Evaluasi Prosedur Pengetatan *Flange* pada *Metal Gasket Tipe100A* terhadap Distribusi *Contact Stress*

Fauzan Baananto, Moch Agus Choiron

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang  
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail: posan92@yahoo.com

### Abstrak

Evaluasi prosedur pengetatan merupakan salah satu proses analisis untuk mengetahui *contact stress* yang terjadi pada *metal gasket tipe100A*. Material yang digunakan untuk *gasket* adalah SUS304 karena efektif dalam kondisi temperatur dan tekanan tinggi. Dengan menggunakan permodelan tiga dimensi *FEM (Finite Element Method-software ANSYS 14.5)*, *contact stress* yang terjadi dapat diketahui. Prosedur pengetatan yang diberikan dibagi menjadi dua prosedur yang masing-masing diberikan dengan tiga *step* pengetatan (12,1 kN, 24,2 kN dan 36,3 kN). Prosedur pertama dilakukan dengan memberikan beban secara berurutan dari *step* pertama sampai dengan *step* ketiga pada setiap bautnya. Sedangkan pada prosedur yang kedua diberikan sekaligus tiga *step* beban pengetatan pada setiap baut secara berurutan. Prosedur pengetatan yang paling baik adalah prosedur pengetatan pertama yang ditunjukkan oleh peningkatan nilai *contact stress* pada bagian cembung sepanjang keliling lingkaran *gasket* yang kontinu dan memiliki nilai rata-rata *contact stress* yang lebih besar. Dengan peningkatan nilai *contact stress* yang semakin kontinu maka semakin tinggi kemampuan *gasket* untuk mencegah kebocoran.

**Keywords:** evaluasi prosedur, *metal gasket tipe100A*, *contact stress*, beban pengetatan, prosedur

### Pendahuluan

*Gasket* merupakan material permesinan yang mempunyai fungsi sebagai penyekat antara dua elemen mesin yang berpasangan. Dalam hal ini bertujuan agar fluida cair maupun gas yang melewati elemen mesin tersebut tidak bocor. Material *gasket* harus mampu menahan tekanan dan temperatur yang tinggi selama kurun waktu tertentu. (Lamons, 2012)

Pada tahun 2008, sejak adanya keputusan dilarangnya penggunaan *gasket* asbestos di Jepang, muncul tantangan untuk mendapatkan *gasket* alternatif. Salah satu alternatif pengganti *gasket* asbestos adalah *metal gasket*. *Metal gasket* dipilih karena memiliki beberapa keunggulan seperti tahan terhadap temperatur tinggi, reaksi kimia, dan mampu menahan tekanan.

*New corrugated metal gasket* (*gasket* bergelombang) merupakan salah satu *metal gasket* yang mampu menghasilkan luasan area kontak kecil serta beban pengetatan baut yang rendah. Kelebihan *gasket* ini adalah mempunyai efek *springback* yang dapat mengurangi terjadinya efek melonggarnya baut dan mampu menghasilkan *local contact stress* yang tinggi pada bagian cembung *gasket* sehingga dapat mengurangi beban pengetatan baut (Saeed, 2008).

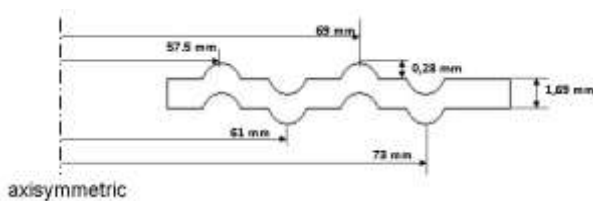
Penelitian tentang uji kebocoran *metal gasket tipe 25A* yang dilakukan dengan menggabungkan dua perangkat yaitu uji *Helium leak test* dan *water pressure test* untuk mengidentifikasi tingkat kebocoran *gasket*. Evaluasi uji kebocoran *gasket* dilakukan dengan kombinasi uji *Helium leak test* dan *water pressure test* merupakan pendekatan baru dalam memberikan keputusan terhadap baik-tidaknya desain *gasket* (Haruyama, 2009). Penelitian dilanjutkan dengan memvalidasi *contact width* hasil *software* simulasi komputer pada *metal gasket tipe 25A* dan membandingkannya dengan eksperimen menggunakan *pressure sensitive paper*, dengan hasil validasi yang cukup valid (Choiron, 2010). Tipe *gasket* yang lebih besar artinya ukuran *flange* yang digunakan juga lebih besar, sehingga akan mempengaruhi efek kekakuan *flange* selama proses pengetatan pada *metal gasket* yang ditandai dengan ketidakseragaman persebaran *contact stress* di setiap lubang baut pada *flange* (Choiron, 2011). Efek kekakuan ini disebabkan oleh rotasi *flange* karena pengetatan baut yang menghasilkan *contact stress* yang berbeda di setiap area lubang baut.

Dalam penelitian ini dilakukan evaluasi prosedur pengetatan *flange* pada *metal gasket tipe100A* terhadap distribusi *contact stress* dengan mempertimbangkan distribusi beban yang diberikan pada setiap baut. Analisa dilakukan dengan menggunakan model elemen hingga tiga dimensi sebagai media untuk menyajikan hasil efek

kekakuan *flange* pada permukaan *New corrugated metal gasket* yang diakibatkan oleh rotasi *flange* karena beban yang diterima baut. Dengan harapan, didapatkan prosedur pengetatan *metal gasket* tipe 100A yang menghasilkan distribusi *contact stress* yang seragam dan memiliki nilai *contact stress* yang tinggi. Semakin tinggi nilai *contact stress* dan distribusinya seragam maka semakin tinggi kemampuan gasket untuk mencegah kebocoran.

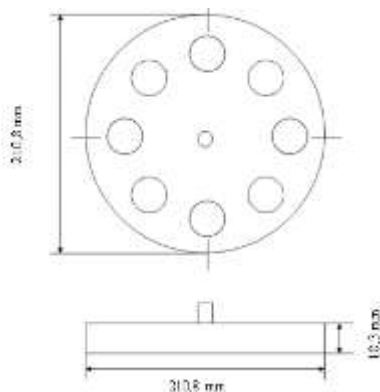
### Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan simulasi komputer *Ansys 14.5 Workbench*. Desain geometri *metal gasket* tipe 100A dibentuk dari pemodelan secara *axisymmetric* seperti pada Gambar 1. Gasket diperketat di antara dua *flange* yang mempunyai efek elastis dan menghasilkan *local contact stress* tinggi untuk mencegah kebocoran.



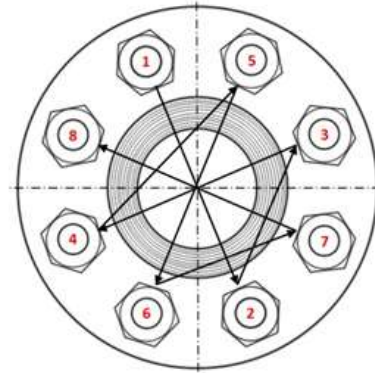
Gambar 1. *Metal gasket* tipe 100A *axisymmetric*

Material yang digunakan untuk gasket 100A adalah SUS304 karena tahan terhadap temperatur dan tekanan yang tinggi. Dan untuk material *flange* yang digunakan adalah SS400. Material dimodelkan secara *bilinear isotropic hardening* karena model material plastisitas ini digunakan dalam analisis regangan besar. Kurva tegangan-regangan *bilinier* didapatkan dengan memasukkan nilai *yield strength* dan tangen modulus. Dimensi geometri *flange* yang dipakai mempunyai ketebalan 18,3 mm dan diameter 210,8 mm berdasarkan JIS B2404 yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Dimensi *flange*

Urutan pengetatan beban baut ditunjukkan dalam Gambar 3. Prosedur pengetatan beban baut dibagi menjadi dua percobaan berdasarkan prosedur pengetatan.



Gambar 3. Urutan pengetatan beban baut

Dalam percobaan pertama, prosedur pengetatan dilakukan dengan urutan sebagai berikut:

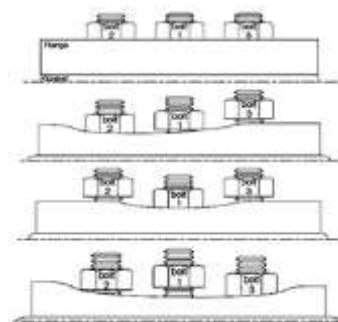
1. Urutan pengetatan baut dimulai dari baut nomor 1 dengan pembebanan sebesar 12,1 kN.
2. Dengan prosedur yang sama, pengetatan dilanjutkan pada baut nomor 2 sampai 8 secara berurutan.
3. Setelah langkah nomor 1 dan 2 dilakukan, dengan prosedur yang sama diulang pembebanan sebesar 24,2 kN kemudian 36,3 kN secara berurutan.

Urutan pembebanan baut lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 1.

Dalam percobaan kedua, prosedur pengetatan sebagai berikut:

1. Pengetatan baut dimulai dari baut nomor 1 dengan pemberian beban berturut-turut sebesar 12,100, 24,2 kN, dan 36,3 kN.
2. Setelah langkah nomor 1 dilakukan, dengan prosedur yang sama diulang pada baut nomor 2 sampai baut nomor 8 secara berurutan. Nilai baut nomor 1 tanpa beban akan berubah karena efek pengetatan baut lainnya akibat perubahan posisi baut pada *flange* seperti pada gambar 4.

Urutan pembebanan baut lebih jelas dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 4. Efek pengetatan baut akibat perubahan posisi baut pada *flange*

**Tabel 1.** Prosedur pengatatan 1

| Clamping load for each bolt[kN] |         |         |         |         |         |         |         | Total clampin g load [kN] |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------------------|
| Bol t 1                         | Bol t 2 | Bol t 3 | Bol t 4 | Bol t 5 | Bol t 6 | Bol t 7 | Bol t 8 |                           |
| 12,1                            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 12,1                      |
| 12,1                            | 12,1    | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 24,2                      |
| 12,1                            | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 0       | 0       | 0       | 0       | 48,4                      |
| 12,1                            | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 0       | 0       | 0       | 60,5                      |
| 12,1                            | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 0       | 0       | 72,6                      |
| 12,1                            | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 0       | 84,7                      |
| 12,1                            | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 0       | 84,7                      |
| 12,1                            | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 12,1    | 96,8                      |
| 24,2                            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 24,2                      |
| 24,2                            | 24,2    | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 48,4                      |
| 24,2                            | 24,2    | 24,2    | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 72,6                      |
| 24,2                            | 24,2    | 24,2    | 24,2    | 0       | 0       | 0       | 0       | 96,8                      |
| 24,2                            | 24,2    | 24,2    | 24,2    | 24,2    | 0       | 0       | 0       | 121                       |
| 24,2                            | 24,2    | 24,2    | 24,2    | 24,2    | 24,2    | 0       | 0       | 145,2                     |
| 24,2                            | 24,2    | 24,2    | 24,2    | 24,2    | 24,2    | 24,2    | 0       | 169,4                     |
| 24,2                            | 24,2    | 24,2    | 24,2    | 24,2    | 24,2    | 24,2    | 24,2    | 193,6                     |
| 36,3                            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 36,3                      |
| 36,3                            | 36,3    | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 72,6                      |
| 36,3                            | 36,3    | 36,3    | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 108,9                     |
| 36,3                            | 36,3    | 36,3    | 36,3    | 0       | 0       | 0       | 0       | 145,2                     |
| 36,3                            | 36,3    | 36,3    | 36,3    | 36,3    | 0       | 0       | 0       | 181,5                     |
| 36,3                            | 36,3    | 36,3    | 36,3    | 36,3    | 0       | 0       | 0       | 181,5                     |
| 36,3                            | 36,3    | 36,3    | 36,3    | 36,3    | 36,3    | 0       | 0       | 217,8                     |
| 36,3                            | 36,3    | 36,3    | 36,3    | 36,3    | 36,3    | 36,3    | 0       | 290,4                     |

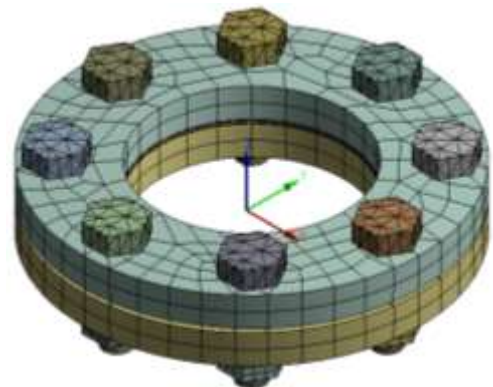
|      |      |      |      |      |      |      |      |       |
|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 36,3 | 36,3 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 72,6  |
| 36,3 | 36,3 | 12,1 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 84,7  |
| 36,3 | 36,3 | 24,2 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 96,8  |
| 36,3 | 36,3 | 36,3 | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 108,9 |
| 36,3 | 36,3 | 36,3 | 12,1 | 0    | 0    | 0    | 0    | 121   |
| 36,3 | 36,3 | 36,3 | 24,2 | 0    | 0    | 0    | 0    | 133,1 |
| 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 0    | 0    | 0    | 0    | 145,2 |
| 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 12,1 | 0    | 0    | 0    | 157,3 |
| 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 24,2 | 0    | 0    | 0    | 169,4 |
| 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 0    | 0    | 0    | 181,5 |
| 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 12,1 | 0    | 0    | 193,6 |
| 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 24,2 | 0    | 0    | 205,7 |
| 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 0    | 0    | 217,8 |
| 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 12,1 | 0    | 229,9 |
| 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 24,2 | 0    | 242   |
| 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 0    | 254,1 |
| 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 12,1 | 266,2 |
| 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 24,2 | 278,3 |
| 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 290,4 |

**Tabel 2.** Prosedur pengetatan 2

| Clamping load for each bolt[kN] |         |         |         |         |         |         |         | Total clampin g load [kN] |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------------------|
| Bol t 1                         | Bol t 2 | Bol t 3 | Bol t 4 | Bol t 5 | Bol t 6 | Bol t 7 | Bol t 8 |                           |
| 12,1                            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 12,1                      |
| 24,2                            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 24,2                      |
| 36,3                            | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 36,3                      |
| 36,3                            | 12,1    | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 48,4                      |
| 36,3                            | 24,2    | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 0       | 60,5                      |

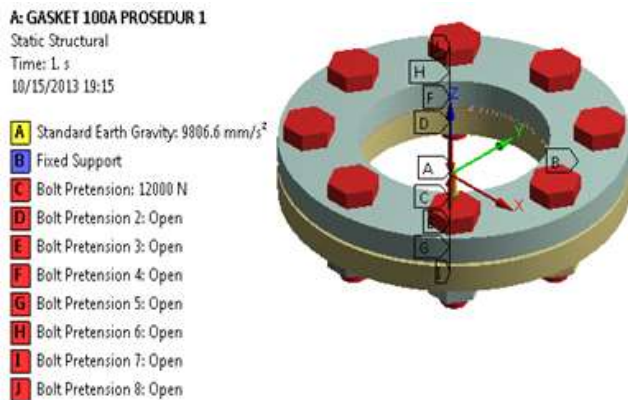
*Meshing* adalah diskritisasi elemen menjadi elemen-elemen kecil yang terdiri atas node-node. Semakin kecil elemen yang dibentuk, maka semakin besar pula keakuratan *software* dalam menganalisa, namun semakin besar pula beban komputer yang diselesaikan.

*Meshing* yang dilakukan pada simulasi gasket ini menggunakan *meshing* otomatis dengan penambahan *body sizing* pada material gasket dengan ketentuan *element size* 1 mm. Gambar 5 menunjukkan model *meshing* yang dilakukan. Sehingga *meshing* yang dihasilkan berjumlah 12247 *element* dan 31520 *node*.

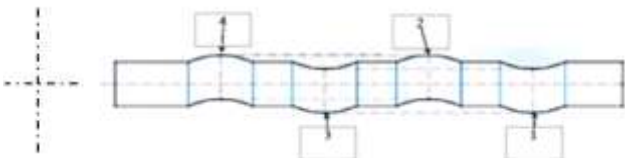


**Gambar 5.** Meshing benda kerja

Proses pengetatan beban baut (*bolt pretension*) disimulasikan dengan menggunakan jenis pembebanan *bolt pretension* yang mempunyai kemampuan pembebanan dari dua arah aksial. Kedua gaya aksial pada baut yang masing-masing mengarah ke dalam saling berlawanan arah berfungsi untuk menyetatkan kedua *flange* (Gambar 6). Kemudian gaya tersebut diteruskan oleh *flange* untuk menekan kedua permukaan gasket, sehingga gasket mengalami deformasi. Hasilnya, terdapat bidang kontak (*contact status*) antara gasket dengan bagian *flange* dan menghasilkan *contact stress* pada bagian cembung di sepanjang keliling lingkaran gasket (Gambar 7).



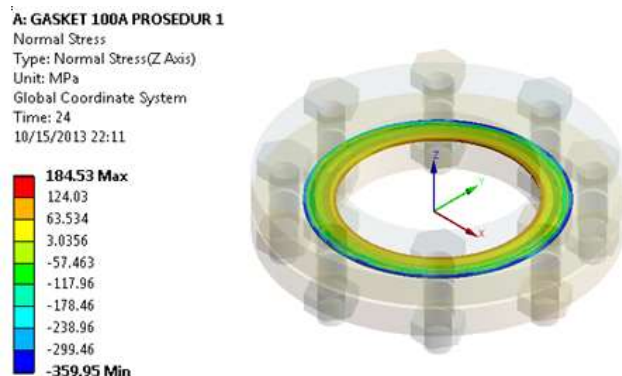
Gambar 6. Pembebanan (*bolt pretension*)



Gambar 7. Bidang kontak gasket

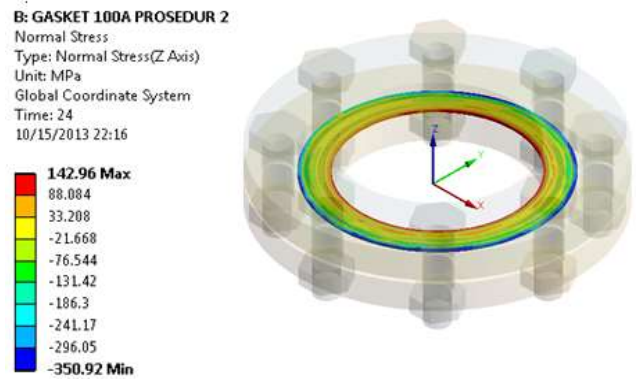
### Hasil dan Pembahasan

Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan distribusi *contact stress* pada bidang kontak gasket pada prosedur 1 dan prosedur 2. Persebaran warna yang merata sepanjang keliling lingkaran gasket menunjukkan distribusi *contact stress* yang merata pada bidang kontak gasket tersebut.



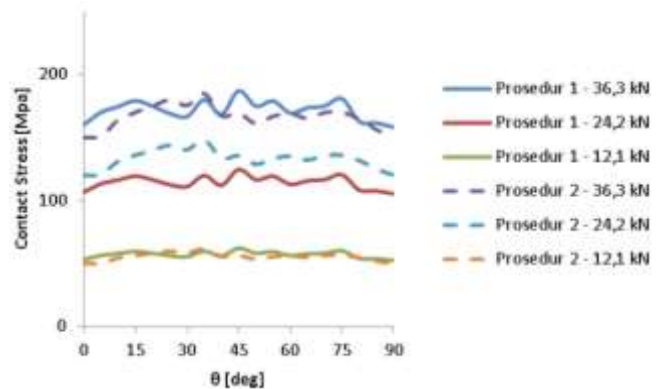
Gambar 8. Distribusi *contact stress* pada bidang

kontak penampang atas gasket prosedur 1

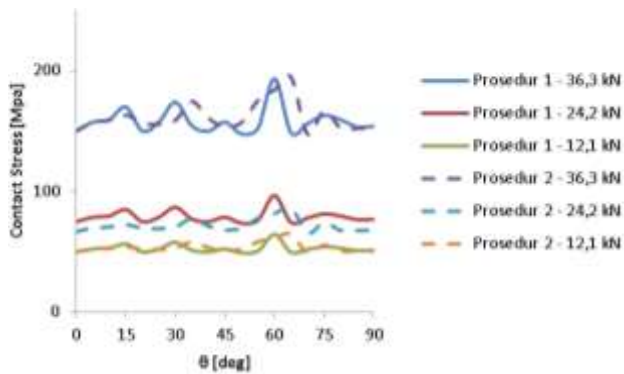


Gambar 9. Distribusi *contact stress* pada bidang kontak penampang atas gasket prosedur 2

Untuk dapat memilih prosedur pengetatan yang lebih baik dilakukan dengan melihat keseragaman distribusi *contact stress* yang terjadi. Gambar 10 dan Gambar 11 menunjukkan plot grafik *contact stress* dengan sudut keliling lingkaran *gasket* pada masing-masing prosedur pengetatan. Dari tren plot grafik tersebut tampak distribusi *contact stress* pada kedua prosedur memiliki tren yang sama. Tetapi berdasarkan nilai rata-rata *contact stress* yang terjadi pada bagian cembung di keliling lingkaran *gasket*, tampak bahwa prosedur pertama memiliki nilai rata-rata (165,06 MPa) yang lebih besar dibandingkan dengan prosedur kedua (159 MPa). Selain itu prosedur pertama menghasilkan distribusi *contact stress* pada kenaikan antar *step* beban yang kontinyu dibandingkan prosedur kedua pada bidang kontak 2 dan bidang kontak 3. Bidang kontak 2 dan bidang kontak 3 merupakan bidang kontak utama dalam menghalangi kebocoran (Choiron, 2010).



Gambar 10. Perbandingan grafik distribusi *contact stress* prosedur pengetatan pertama dan pengetatan kedua pada bidang kontak 2



**Gambar 11.** Perbandingan grafik distribusi *contact stress* prosedur pengetatan pertama dan pengetatan kedua pada bidang kontak 3

## Kesimpulan

Dari hasil evaluasi prosedur pengetatan yang terjadi pada *metal gasket* tipe 100A didapatkan bahwa berdasarkan nilai rata-rata *contact stress* yang terjadi pada bagian cembung di keliling lingkaran *gasket*, prosedur pertama memiliki nilai rata-rata yang lebih besar dibandingkan dengan prosedur kedua. Selain itu prosedur pertama menghasilkan distribusi *contact stress* pada kenaikan antar *step* beban yang kontinyu dibandingkan prosedur kedua pada bidang kontak 2 dan bidang kontak 3. Bidang kontak 2 dan bidang kontak 3 merupakan bidang kontak utama dalam menghalangi kebocoran.

## Ucapan Terima kasih

Diucapkan banyak terima kasih kepada Studio Perancangan dan Rekayasa Sistem, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang.

## Referensi

Choiron, M.A., dkk.; 2010: Simulation and Experimentation on the *Contact width* of New *Metal gasket* for Asbestos Substitution; International journal of Aerospace and Mechanical Engineering, 5:4, 2011.

Choiron, M.A., dkk.; 2011: Tightening Evaluation of New 400A Size *Metal gasket*; Proceedings of the 8th International Conference on Innovation & Management, 307.

Haruyama, Sigheyuki, dkk.; 2009: A Study of Design Standarf and Performance Evaluastion on

New Metallic Gasket; Proceeding of the 2nd International Symposium on Digital Manufacturing, 2009, 107-113.

Saeed, Hasan Aftab, dkk.; 2008: Development of New Metallic Gasket and ist Optimum Design for Leakage Performance; Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, Vol. 2, No. 1, 2008.