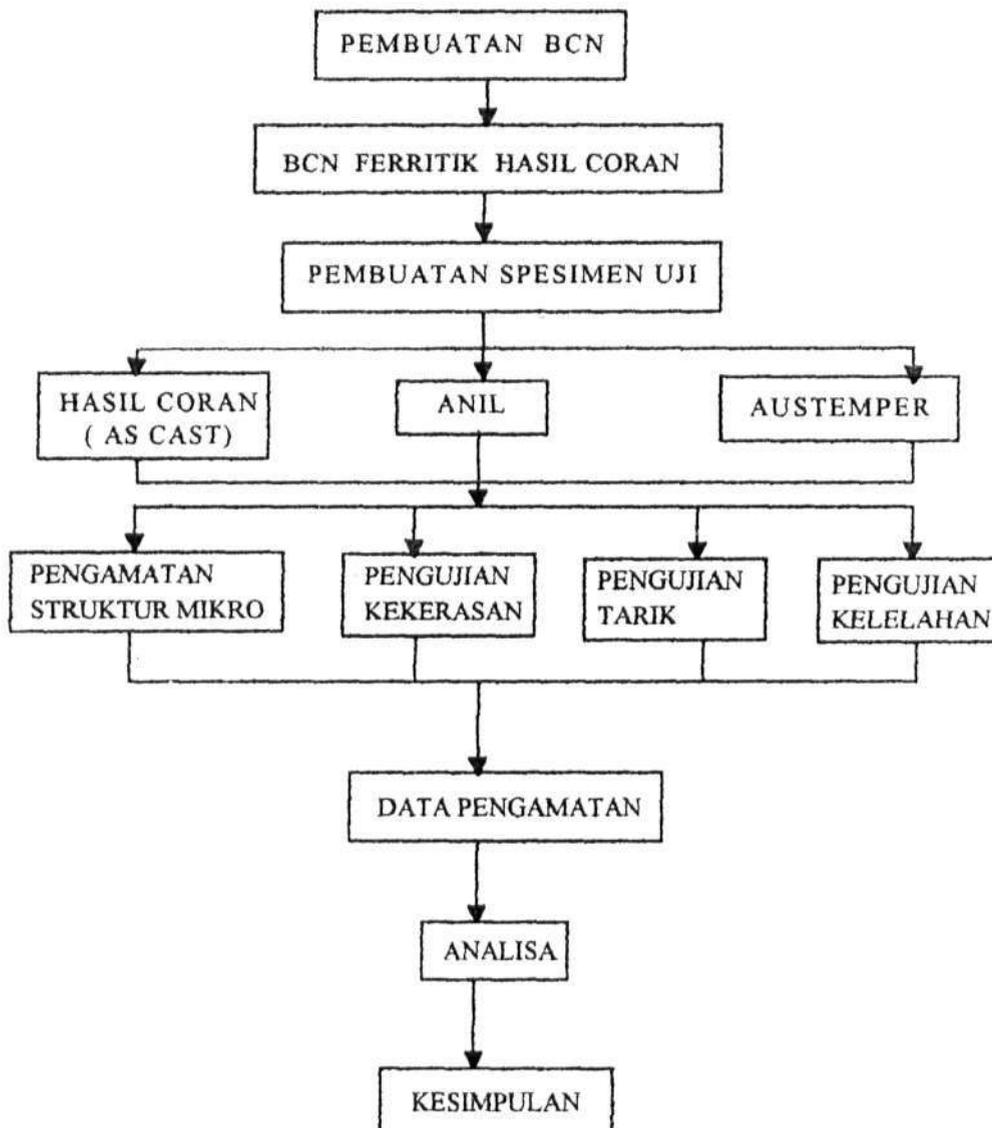


3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. PROSEDUR PENELITIAN

Secara skematis prosedur penelitian tugas akhir ini ditunjukkan Gambar dibawah ini



Gambar 3.1

Skema Prosedur Penelitian

3.2. BESI TUANG NODULAR HASIL CORAN

Untuk pelaksanaan penelitian dalam rangka tugas akhir ini, sebagai material digunakan besi tuang nodular matrik feritik dengan grade FCD-40. Pembuatan material ini dilakukan di PT. Madju Warna Steel Surabaya yang berlokasi di kawasan Rungkut Industri. Sesuai JIS G 5502 1989, FCD-40 mempunyai komposisi :

Carbon (C) 3.2 – 3.8 %

Silikon (Si) 2.2 – 2.7 %

Mangan (Mn) 0.4 – 0.6 %

Phospor (P) max. 0.03 %

Sulphur (S) max 0.03 %

Setelah proses inokulasi dan nodularisasi dilakukan pengetesan pada besi tuang nodular grade FCD-40 dan didapat hasil sebagai berikut :

Fe : 83.60670 %

C : 3.2281 %

Si : 2.63175 %

Mn : 0.524185 %

S : 0.02008 %

P : Tidak terdeteksi

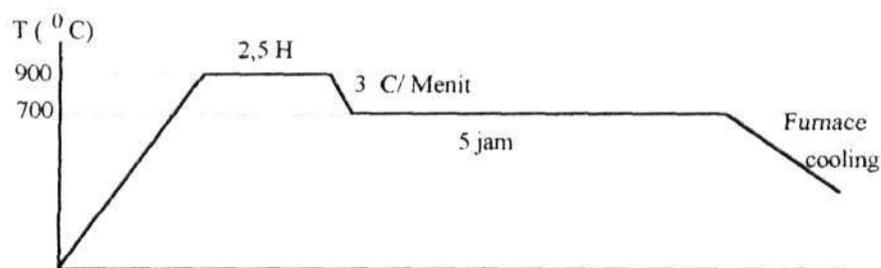
Dari hasil pengujian komposisi kimia tersebut diperoleh kandungan Sulphur yang memenuhi syarat, karena itu tidak perlu dilakukan proses desulfurisasi. Jika kandungan sulphur lebih besar dari standard, hal ini akan merugikan karena unsur S akan mengikat Mg menjadi MgS. Jadi bisa mengakibatkan kebutuhan Mg sebagai nodulizer yang makin bertambah. Unsur Silikon (Si) merupakan unsur pembentuk grafit dan ferit. Dari komposisi di atas kandungannya sudah memenuhi syarat.

3.3. PEMBUATAN SPESIMEN UJI.

Spesimen uji diperoleh dari material besi tuang nodular hasil coran yang telah mengalami beberapa proses pengerjaan permesinan. Material hasil coran dari PT.Madju Warna berbentuk silinder dengan diameter 20 mm, panjang 500 mm . Dari material tersebut dibentuk spesimen untuk tarik, kekerasan dan uji kelelahan material serta metalografi sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Alat-alat permesinan yang digunakan antara lain mesin gergaji , mesin bubut CNC dan manual. Selama pengerjaan dilakukan pendinginan untuk menghindari perubahan struktur mikro pada spesimen uji.

3.4. PROSES ANNEALING

- Pemanasan sampai temperatur austenit (900°C) waktu pemanasan minimal 2 jam .
- Kemudian diturunkan dengan laju pendinginan $\pm 3^{\circ}\text{C} / \text{menit}$ sampai temperatur 700°C dan ditahan pada temperatur tersebut . Waktu penahanan minimal 5 jam .
- Tungku dimatikan dan penurunan sampai ke temperatur kamar dilakukan tetap dalam tungku (full annealing) ± 4 hari .



Gambar 3.2.

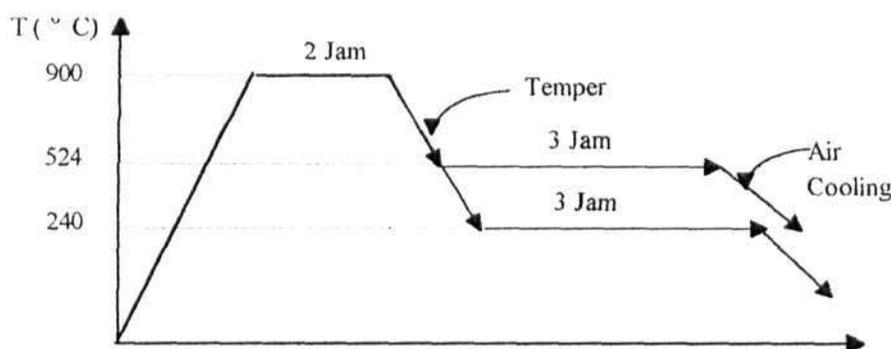
Diagram proses annealing

3.5. PROSES AUSTEMPER

Pada proses austemper ini membutuhkan dua tungku , agar spesimen dapat ditempering langsung pada temperatur bainit atas 524°C (salt bath) atau pada percobaan berikutnya lagi untuk mencapai bainit bawah 240°C (timah putih) . Prosesnya adalah sebagai berikut :

Proses 1 : Pemanasan spesimen pada tungku 1 sampai suhu 900°C ditahan selama 2 jam dan langsung dimasukkan pada tungku 2 yang telah berisi salt bath pada suhu 524°C dan ditahan selama 3 jam , setelah itu didinginkan pada udara luar.

Proses 2 : Pemanasan spesimen pada tungku 1 sampai suhu 900°C ditahan selama 2 jam dan langsung dimasukkan pada tungku 2 yang telah berisi Timah putih pada suhu 240°C dan ditahan selama 3 jam , setelah itu didinginkan pada udara luar.



Gambar 3.3.
Diagram proses austemper

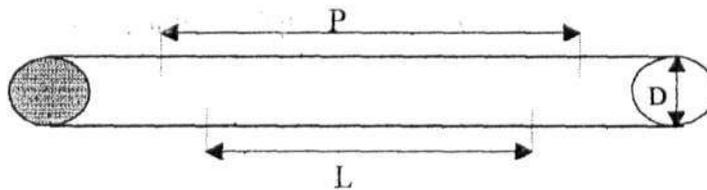
3.6. PENGUJIAN MEKANIK

3.6.1. Pengujian Tarik.

Pengujian tarik bertujuan untuk mengukur kekuatan tarik dari suatu material. Dari pengujian tarik yang dilakukan diharapkan dapat diperoleh data-data yang menggambarkan fenomena dan perubahan yang terjadi untuk masing-masing kondisi spesimen uji. Prinsip pengujian tarik ini adalah ke dua ujung spesimen uji ditarik ke arah yang berlawanan secara

perlahan sampai putus. Dari pengujian tersebut akan diperoleh grafik pertambahan beban – pertambahan panjang (P-L). Untuk mengetahui sifat material secara umum maka grafik P-L tadi diubah menjadi grafik tegangan-regangan. Pengujian tarik yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan standard JIS Z 2201 (1980).

Bentuk standard spesimen uji tarik :



D = diameter = 20 mm

L = gauge length = 165 mm

P = paralel portion length = 185

Gambar 3.4.

Standard bentuk spesimen uji tarik JIS Z 2201 (1980).⁽³⁾

Alat dan Bahan :

- Alat uji tarik.
- Spesimen uji tarik dari tiap-tiap variasi. Tiap variasi diwakili 3 buah spesimen.
- Kertas grafik dan alat tulis.
- Jangka sorong dan penggaris.

Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

- Identifikasi spesimen, dilakukan untuk mempermudah pemasukan data dan menghindari kesalahan memasukkan data. Tiap-tiap batang uji dari semua variasi perlakuan panas diberi kode yang berbeda.
- Menentukan diameter rata-rata. Panjang total material uji tarik adalah 340 mm, kemudian ditentukan 5 titik untuk diukur diameternya. Dari 5 diameter tadi diperoleh diameter rata-rata. Dari diameter rata-rata tadi dapat ditentukan gauge length dan paralel portion length.

- Pengujian Tarik. Selanjutnya dapat dilakukan pengujian spesimen. Dari pengujian tadi diperoleh harga beban maksimum (P_{max}).
- Dilakukan pencatatan hasil dari pengujian tarik untuk masing-masing spesimen.

3.6.2. Pengujian Kekerasan.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan dari suatu material. Kekerasan sering dinyatakan sebagai kemampuan untuk menahan indentasi/penetrasi/abrasi. Ada beberapa metode pengujian kekerasan antara lain Brinell, Rockwell, Vickers dan lain-lain. Pada penelitian ini pengujian dilakukan pada Balai Latihan Kerja Surabaya dengan uji kekerasan metode brinell. Mesin yang digunakan adalah EMCO Test Automatic M4U-025. Memakai indentor bola baja dengan diameter 2,5 mm dan beban uji 187.5 kg dengan waktu indentasi 10 – 15 detik. Standard pengujian yang dipakai adalah ASTM E10 th.1993.

Langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

- Menghaluskan permukaan yang akan diuji dengan kertas gosok seperti yang dilakukan pada pengerjaan awal pengujian metalografi.
- Setelah siap, spesimen diletakkan pada meja uji untuk diuji kekerasannya.
- Masukkan data-data pengujian pada mesin uji misalnya diameter indentor, jenis indentor dan beban uji.
- Memberi tanda pada titik yang akan diuji. Titik yang akan diuji ini tidak boleh berdekatan dengan dengan titik yang lain dan tidak terlalu dekat dengan garis tepi. dan selanjutnya pengujian dapat dilakukan.

3.6.3. Pengamatan Metalografi.

Tujuan dari pengujian metalografi ini adalah untuk melihat perubahan struktur mikro dari tiap kondisi spesimen uji baik itu as-cast serta pengaruh setelah dikenai laku panas austempering dan annealing . Standard pengujian yang dipakai adalah ASTM A 262-86 practice A. Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik .Gambar yang diamati adalah grafit, ferit , perlit , bainit dan karbida yang akan dijadikan sebagai ukuran besarnya pengaruh perlakuan panas terhadap struktur mikro besi tuang nodular dan menyimpulkan kecenderungan yang terjadi dengan batasan kondisi - kondisi proses percobaan yang dilakukan . Alat dan bahan yang digunakan pada pengujian metalografi antara lain :

- Spesimen uji .
- Kertas gosok grade 120,150, 240, 360, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200.
- Mesin poles dan bubuk alumina grade 0.3 m.
- Methanol Analytc + HNO₃ untuk etsa.
- Mikroskop Elektron dan kamera .

Prosedur metalografi adalah sebagai berikut :

- **Penggosokan**

Penggosokan spesimen uji dilakukan dengan kertas gosok dengan menggunakan mesin gerinda (untuk pengerjakan awal) disertai dengan cairan pendingin . Cara menggosok harus saling tegak lurus hasil gosokan terdahulu . Setelah halus baru dimulai proses finishing (cara manual dengan tangan) menggunakan kertas gosok yang lebih halus gradenya . Untuk pengerjaan awal penggosokan dapat digunakan kertas gosok grade 120 sampai grade 800. Selanjutnya untuk penghalusan menggunakan grade 1000 sampai 1200. Selama penggosokan ini baik pengerjaan awal atau penghalusan harus disertai dengan pendinginan air untuk

menghindari perubahan struktur. Cara menggosok adalah maju mundur sampai rata dan halus, bekas - bekas gosokan halus sejajar, penggosokan harus dalam keadaan basah. Kemudian dicuci dan dilanjutkan dengan grade yang lebih tinggi lagi (halus). Penggosokan harus dilakukan saling tegak lurus dengan penggosokan sebelumnya.

- **Pemolesan**

Pemolesan dilakukan dengan mesin poles, menggunakan bubuk alumina dengan grade 0,3 m sebagai pemoles dengan dialiri air. Selama pemolesan air terus-menerus dialirkan sebagai media pendingin.

- **Pemotretan tanpa etsa.**

Untuk material tanpa etsa bisa dilakukan pemotretan.

- **Pengetsaan**

Material yang sudah sangat halus permukaannya kemudian dietsa dengan nital yang merupakan campuran 98 ml methanol 95% dan 2 ml HNO_3 . Lama pengetsaan 10 sampai dengan 15 detik. (1)

- **Pemotretan**

Pemotretan dilakukan terhadap material tanpa etsa dan material setelah etsa nital. Untuk pemotretan ini digunakan mikroskop optik dan kamera dengan pembesaran yang digunakan adalah 400X.

3.6.4. Pengujian Kelelahan

Pengujian kelelahan menggunakan mesin rotary bending type RBF 200 dengan 4000 putaran per menit sebelum dilakukan pengujian kelelahan , perlu dilakukan persiapan spesimen uji , antara lain :

- spesimen uji harus digosok terlebih dahulu , yaitu dengan kertas gosok dari grade terendah sampai grade 1200 .
- setelah itu spesimen tersebut dipoles dengan alumina atau autosol

Persiapan tersebut bertujuan untuk mendapatkan permukaan yang sangat halus agar tidak terjadi konsentrasi tegangan akibat adanya takikan maupun goresan yang ada pada waktu proses pembentukan. Pembuatan spesimen uji seperti terlihat pada Gambar 3.7. dengan proses machining dengan mesin bubut CNC , agar proses permesinan mempunyai ketelitian yang lebih tinggi dibanding dengan pengerjaan manual , sehingga spesimen uji diharapkan dapat seragam dan dapat diakui validitas ukurannya serta dapat untuk dibandingkan pada percobaan kelelahan lebih lanjut. Untuk mendapatkan Lengkungan wohler atau SN-Curve yaitu menunjukkan hubungan antara tegangan dengan siklus yang dapat ditempuh oleh material tersebut, maka digunakan penurunan pemberian beban dengan menggunakan acuan dari prosentase tegangan tarik spesimen as cast yang semakin menurun , yaitu (0,9 ; 0,7 ; 0,5 ; 0,4) , baru kemudian dilakukan perhitungan moment yang harus diberikan pada spesimen uji dengan rumus yang tercantum pada instruksi manual mesin uji fatik rotary bending ⁽²⁾ , yaitu :

$$M = \frac{\pi S D^3}{32} = 0,0982 S D^3$$

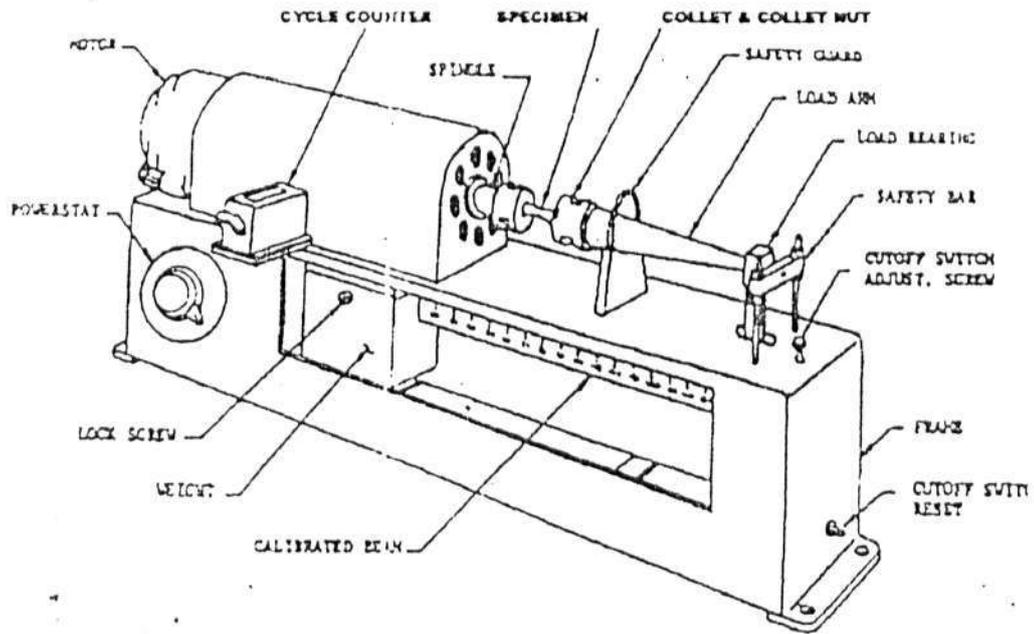
dimana :

M = Moment hasil perhitungan dari prosentase pembebanan, lb-in

S = Tegangan bending yang diinginkan pada penampang terkecil spesimen, Psi

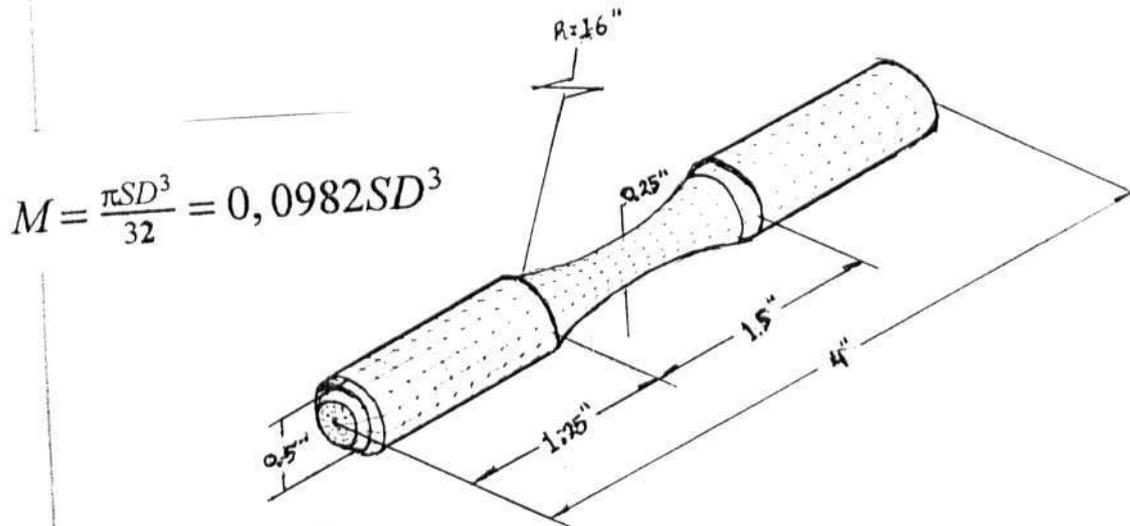
(Harga yang dimasukkan adalah berdasar dari prosentase tegangan tarik)

D = Diameter terkecil pada spesimen uji, inch.



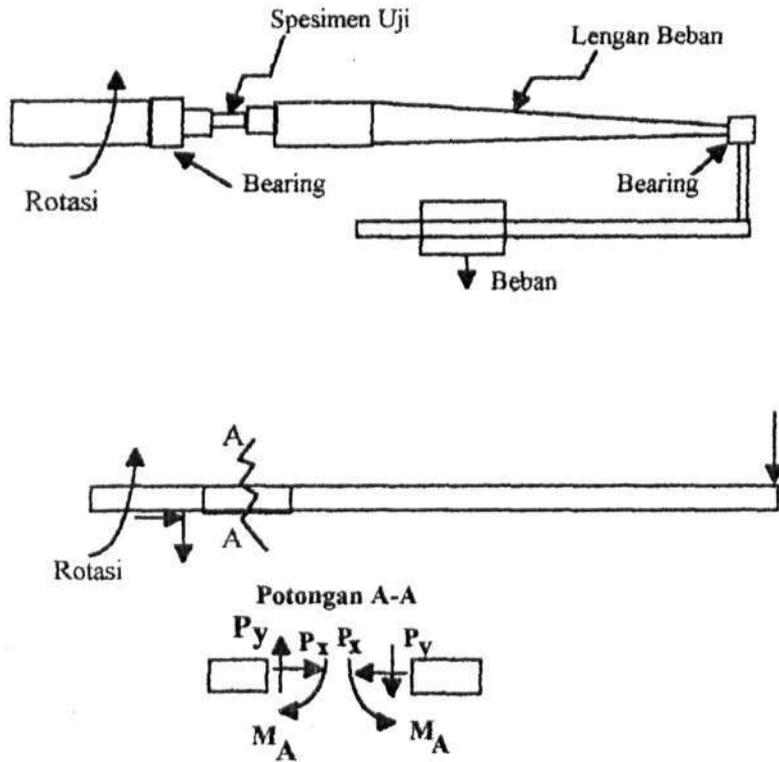
Gambar 3.5a.

Mesin uji lelah rotary bending type RBF 200 (2)



Gambar 3.5b.

Spesimen Uji kelelahan rotary bending (2)



Gambar 3.6

Diagram bodi bebas , prnsip mesin uji lelah Rotary Bending

3.6.4.1. Prinsip kerja mesin uji lelah rotary bending

Pada dasarnya prinsip mesin uji lelah rotary bending adalah dengan adanya rotasi dari motor yang diteruskan oleh spindel dimana terdapat collet guna pencekam spesimen uji , maka spesimen uji akan ikut berputar , namun karena adanya pemberian beban yang diteruskan oleh lengan beban mengakibatkan timbulnya moment bending pada spesimen uji sehingga rotasi dan moment bending tersebut , menyebabkan beban yang akan diterima oleh spesimen uji akan selalu berubah - ubah (beban cyclic) yaitu suatu saat menerima beban tarik kemudian saat lain akan menerima beban tekan . Dengan adanya jenis beban yang diterima itu berubah - ubah maka spesimen akan mempunyai sifat kelelahan meskipun diberikan tegangan dibawah yield pointnya , sehingga material tersebut akan mengalami patah . Sedangkan dengan adanya radius pada spesimen uji dengan diameter terkecil berada pada tengah

spesimen uji , maka patah letaknya akan selalu terjadi di tengah - tengah spesimen uji . Hal ini karena seluruh tegangan akan berpusat dibagian diameter terkecil tersebut

3.6.4.2. Pengoperasian mesin uji lelah rotary bending type RBF 200

1. Hitung moment tegangan bending yang akan diberikan pada material uji dengan menggunakan rumus : $M = (\pi S D^3) / 32 = 0,0982 S D^3$ Dimana S adalah prosentase dari tegangan tarik dan D adalah diameter terkecil yang akan dikenai tegangan tersebut.
2. Bebaskan beban dengan mengatur posisi terkecil yang terletak pada calibrated beam
3. Letakkan dan kunci spesimen uji pada collet yang berada dekat spindel motor
4. Posisi spesimen uji diatur agar benar - benar center pada porosnya ,yaitu dengan menggunakan dial guage yang diletakkan pada permukaan spesimen uji . Kemudian collet yang terdapat pada spindel sebagai pencekam spesimen uji diputar perlahan - lahan dengan tangan .Setelah range yang ada pada dial guage tidak melebihi 0.03 mm , maka ujung spesimen uji yang satunya baru dikaitkan pada collet penghubung lengan beban.
5. Pasang safety bar agar spesimen uji tidak dikenai beban sebelum pengujian berlangsung.
6. Pasang safety guard agar jika spesimen uji mengalami patah nantinya tidak akan meloncat terlalu ke atas .
7. Set cycle counter pada posisi 000000
8. Berikan pelumasan pada ujung load bearing dan spindel motor
9. Posisi beban disesuaikan dengan hasil perhitungan moment dengan mengatur beban pada calibrated beam dan kunci posisi beban tersebut (lock screw) agar tak bergeser.
10. Motor dihidupkan dengan mengatur power stat secara perlahan - lahan sampai pada jumlah siklus per menit yang diinginkan (4000 cpm)

11. Tunggu sampai material mengalami patah dan berikan pelumasan pada spindel serta load bearing , namun jika jumlah putaran yang ditempuh sudah melebihi batas aman lelahnya (10^6 -> untuk besi/baja), maka matikan motor dan berikan tanda spesimen tersebut
12. Jika material patah maka load arm akan bergerak menekan cut off switch reset dan motor akan otomatis berhenti sehingga juga menghentikan cycle counter nya .
13. Catat putaran yang telah ditempuh oleh material tersebut sesuai petunjuk cycle counter
14. Lepaskan spesimen uji yang patah tersebut serta berikan tanda pada tiap bagian yang patah agar mudah untuk pengamatan selanjutnya.
15. Ulangi langkah dari awal untuk spesimen uji yang lain dengan pemberian moment beban yang berbeda sehingga didapatkan grafik tegangan dan n siklus (SN Curve).