

# JURNAL REKAYASA SRIWIJAYA

---

---

## **Penanggung Jawab**

H. Hasan Basri

## **Pemimpin Umum**

M. Taufik Toha

## **Pemimpin Redaksi**

Dinar D.A. Putranto

## **Wakil Pemimpin Redaksi**

Riman Sipahutar

## **Sekretaris**

Eddy Ibrahim

## **Dewan Penyunting**

Machmud Hasjim, Hasan Basri, Kaprawi, Gunawan Tanzil,  
Dinar D.A. Putranto, Hendra Marta Yudha, Sariman, M. Maizal,  
Tri Kurnia Dewi, Syamsul Komar, Ari Siswanto, Setyo Nugroho

## **Tata Usaha**

**Zazili**

## **Alamat Redaksi**

Unit Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat  
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya  
Jalan Raya Palembang – Prabumulih KM-32  
Inderalaya, Ogan Ilir-30662. Telp. 0711-580739

# RANCANG BANGUN ALAT PEMECAH BIJI JARAK SKALA RUMAH TANGGA

Hasan Basri

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
Jl. Raya Palembang – Prabumulih Km 32, Inderalaya 30662  
Telp.(0711) 580739, e-mail: hasan\_basri@unsri.ac.id

## Abstrak

*Konsumsi bahan bakar di Indonesia terus mengalami peningkatan yang cukup signifikan, sedangkan cadangan minyak bumi semakin menurun, diperkirakan dalam kurun waktu 20–50 tahun kedepan akan mengalami kelangkaan bahan bakar minyak. Perencanaan dan teknologi pengelolaan bahan bakar alternatif biodiesel merupakan pilot project pemerintah dalam menekan angka pemakaian bahan bakar minyak. Direncanakan kapasitas produksi biodiesel akan mencapai 1.5 – 8 ton/hari. Akan tetapi alat pemecah biji jarak sebagai bahan utama biodiesel masih relatif mahal. Penelitian ini telah berhasil mengembangkan alat pemecah biji jarak konvensional skala rumah tangga dengan biaya murah yang dapat dijangkau oleh masyarakat luas, terutama masyarakat di pedesaan. Metode perancangan dilakukan dengan menghitung kekuatan komponen alat dengan metode elemen hingga Fast 2003. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa komponen alat yang dirancang cukup aman dengan bahan yang murah, daya 0.03 kW dapat memberikan gaya penggilingan untuk 1 biji jarak sampai hancur sebesar 41,1 N, dan menghasilkan kurang lebih 10 liter minyak jarak per hari, dimana konsumsi tersebut sudah mencukupi untuk keperluan rumah tangga masyarakat pedesaan.*

**Kata kunci:** biodiesel, biji jarak, alat pemecah, metode elemen hingga, minyak jarak.

## I. PENDAHULUAN

Biodiesel adalah jenis bahan bakar nabati, berasal dari berbagai sumberdaya nabati, seperti minyak sawit, minyak kelapa, minyak kedelai, kacang tanah, *repaseseed*, jarak pagar, bahkan minyak goreng bekas.

Prospek pengembangan biodiesel sekarang ini cukup menjanjikan terutama biodiesel dari biji jarak. Dengan segala daya dukungnya, kebutuhan akan bahan bakar sudah dapat diatasi dengan hadirnya biodiesel. Pengembangan biodiesel jarak pagar mempunyai peluang yang baik karena tersedianya pasar, bahan baku, teknologi, sumber daya manusia, kelembagaan dan program pemerintah.

Dalam bidang teknologi pengolahan yang perlu dijaga agar jangan sampai terbentuk keasaman biodiesel yang tinggi karena akan merusak mesin secara fatal [6]. Untuk itu, minyak jarak menuntut penanganan yang benar sejak dilapangan sampai proses pengolahan. Jadi perlu direncanakan suatu alat pemecah biji jarak untuk membantu pengolahan bahan bakar alternatif yang sederhana dan efisien, memiliki akurasi yang tinggi dan yang paling penting teknologi atau alat yang digunakan harus menjamin ramah terhadap lingkungan dan minyak jarak yang dihasilkan aman terhadap mesin

kendaraan. Sehingga diharapkan pengembangan bahan bakar minyak nabati terutama dari biji jarak dapat mengatasi kelangkaan bahan bakar minyak yang pada akhirnya akan meningkatkan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat.

Sehubungan dengan itu perlu dilakukan perancangan alat pemecah biji jarak dengan dua mekanisme giling dan tekan sekaligus menggunakan bantuan perangkat lunak *Fast 2003*.

## II. Tinjauan Pustaka

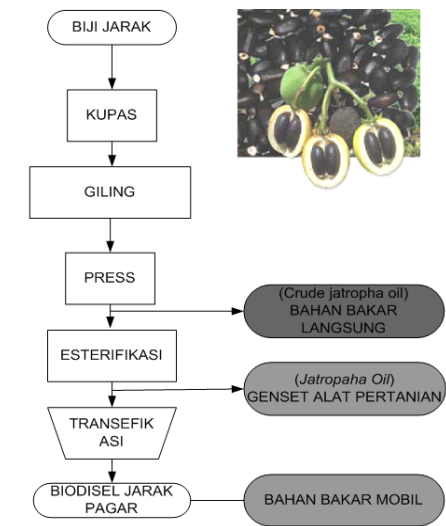
### Jarak Pagar (*Jatropha Curcas L*)

Jarak pagar (*Jatropha Curcas L*) sudah lama dikenal oleh masyarakat kita sebagai tanaman obat dan penghasil minyak lampu, bahkan sewaktu zaman penjajahan Jepang minyaknya diolah untuk bahan bakar pesawat terbang.

Bentuk daun agak menjari 5 – 7 lembar dengan panjang dan lebar 6 – 15 cm yang tersusun berselang-seling. Tandan bunga berbentuk terminal di setiap cabang dan sangat kompleks. Tanaman berumah satu dan bunganya uniseksual, kadang-kadang ditemukan bunga yang hermaphrodit. Perkawinan dilakukan oleh serangga (ngelat, kupu-kupu) dan bila tidak ada serangga perkawinan harus dilakukan secara buatan. Panen pertama 6 – 8

bulan setelah tanam dengan produktivitas 0,5 – 1,0 ton biji kering per hektar per tahun kemudian meningkat secara gradual dan stabil sekitar 5,0 ton pada tahun ke 5 setelah tanam. Biji berwarna hitam dengan ukuran panjang 2 cm dan tebal 1 cm. Untuk satu biji jarak nilai kekerasannya [9] adalah sebesar ( $\sigma_t = 1,5 N/mm^2$ ). Dalam 1 kg biji jarak dapat menghasilkan 30%-35% minyak [8].

Tahapan pengolahan biji jarak menjadi biodisel dapat dilihat dari diagram alir (Gambar 1) berikut ini:



Gambar 1. Tahapan Pengolahan Biji Jarak

Adapun standar prosedur kerja adalah sebagai berikut:

#### a. Bahan bakar langsung *Crude Jatropha Oil* (CJO)

1. Biji jarak dibersihkan dari kotoran dengan cara manual atau dengan mesin. Biji direndam sekitar 5 menit di dalam air mendidih, angkat, kemudian ditiriskan sampai air tidak menetes lagi.
2. Biji dikeringkan menggunakan alat pengering atau dijemur di bawah matahari sampai cukup kering. Biji dimasukkan ke dalam mesin pemisah tempurung dari daging buah. Biasanya efektifitas pemisahan tempurung sekitar 70-80%, sisanya dipisahkan dengan tangan. Tahapan ini tidak mesti dilakukan tapi untuk mendapatkan hasil minyak yang maksimal dianjurkan untuk melakukannya.
3. Daging buah digiling yang telah dilepas tempurungnya dan siap untuk dipress. Lama waktu dari penggilingan ke pengepresan di upayakan sesingkat mungkin untuk menghindari oksidasi.
4. Serbuk biji dipress menggunakan mesin press. Setiap kali tekan akan diperoleh minyak yang langsung masuk ke dalam tempat penampungan setelah satu kali tekan sampai tekanan maksimal, tekanan dilonggarkan untuk memberikan udara

masuk ke dalam bungkil. Kemudian dilakukan lagi seperti semula. Dengan mesin yang baik, randemen minyak dari biji tanpa tempurung diperoleh sekitar 45% dan dengan tempurung sekitar 30-35 %.

5. Tahapan ini dapat digunakan untuk bahan bakar rumah tangga pencampur minyak tanah (CJO : minyak tanah = 30% : 70%)

#### b. Produksi *Jatropha Oil* (JO)

1. CJO dimasukkan ke dalam reaktor ekstran sebanyak 50 liter, kemudian dipanaskan menggunakan listrik atau kompor minyak tanah sampai suhu mencapai 50-60°C, lalu sumber panas tersebut dihentikan.
2. Larutan kimia disiapkan, yaitu methanol teknis yang dicampur 5% atau 10% (2,5-5 liter untuk 50 liter CJO), tergantung bilangan asam awal. Apabila bilangan asam sekitar 10 maka cukup ditambahkan 5%, tetapi bila lebih maka ditambahkan sekitar 10%. Katalis HCL yang ditambahkan adalah 1% atau sebanyak 5 liter untuk 50 liter CJO. Kemudian diaduk secara konstan selama proses esterifikasi berlangsung, yaitu sekitar 2 jam dan dipertahankan panas pada suhu 50°C.
3. Larutan dari reaktor dikeluarkan dan masukkan kedalam alat pemisah gliserol. Di dalam alat ini larutan dibiarkan *aging* selama 4 jam dan tampak di bagian bawah endapan gliserol berbentuk pasta putih. Larutan JO dikeluarkan di bagian atas gliserol, lalu dimasukkan ke dalam alat pemisah air dan dinetralisasi. Gliserol kembali dipanaskan, lalu setelah cair dimasukkan ke dalam kotak-kotak kayu berbentuk lempeng.
4. Di dalam alat pemisah air, JO dibilas sebanyak dua kali menggunakan air demineralisasi, lalu dinetralisasi menggunakan natrium hidrogen karbonat 0,01% dan terakhir digunakan air dimeneralisasi kembali, selanjutnya dipompa ke dalam tangki penampung.
5. Pada tahap ini, pembuatan JO selesai dan JO dapat digunakan sebagai pengganti solar untuk mesin-mesin statis putaran rendah, seperti mesin diesel generator, traktor, penggiling padi, penumbuk tepung, dan motor temple perahu.

#### c. Produksi Biodisel

1. JO kembali dimasukkan dari tanki penampung ke dalam reaktor estrans. Dipanaskan di dalam reaktor sampai suhu 50-60°C. Dihentikan sumber panas setelah suhu tercapai.
2. Bahan kimia berupa campuran metanol 10% dengan katalis KOH 0,5 % dimasukkan ke dalam minyak. Cara pembuatan sama dengan prosedur pada proses pembuatan JO. Larutan diaduk selama proses transesterifikasi berlangsung (sekitar 05-1 jam) dan panas dipertahankan sampai kisaran suhu 50°C.
3. Biodisel dari gliserol dipisahkan dengan prosedur yang sama seperti pembuatan JO.

Demikian juga dengan pencucian dan netralisasi, hanya saja pada proses ini bahan kimia pencucian berupa  $\text{NaHCO}_3$ , dengan asam asetat encer ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) 0,01%.

Sampai saat ini, pembuatan biodiesel telah selesai dan dapat digunakan sebagai pengganti solar untuk mesin putaran cepat kendaraan bermotor.

### Poros

Poros adalah suatu komponen mesin yang berputar berfungsi meneruskan putaran dan daya dari penggerak mula, biasanya berpenampang bulat, terpasang elemen-elemen seperti roda-gigi, *pulley*, roda-gila, engkol, gigi jentera, dan elemen pemindah daya lainnya. Poros bisa menerima berbagai jenis pembebanan, seperti beban lentur, tarik, tekan, atau puntiran, yang mungkin bekerja sendiri-sendiri atau bergabung satu dengan lainnya. Bila beberapa beban tersebut tergabung, kekuatan statik dan kekuatan lelah perlu dipertimbangan dalam perancangan. Hal ini disebabkan karena sebuah poros tunggal bisa saja menderita tegangan-tegangan statis, tegangan bolak-balik lengkap, tegangan yang berulang, yang semuanya mungkin bekerja pada waktu yang sama dan simultan.

### Dasar Perancangan Poros

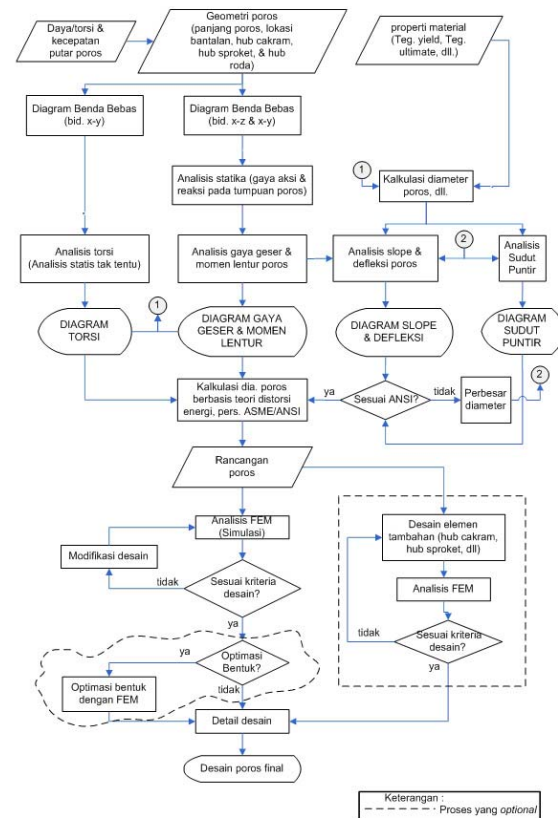
Dalam merancang poros, hal-hal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

- Kekuatan poros dimaksudkan adalah kekuatan poros terhadap beban luar, misalnya terhadap beban puntir, beban lentur, beban tangensial. Tegangan pada poros yang terjadi harus lebih kecil dari tegangan yang diijinkan.
- Kekakuan (*stiffness*); walaupun terhadap beban luar telah memenuhi syarat, sebuah poros belum tentu memenuhi syarat dari sisi lenturan. Lenturan akan mempengaruhi kecepatan putar kritis poros.
- Kecepatan putar kritis; bila kecepatan putar suatu mesin dinaikkan maka pada suatu harga putaran tertentu dapat terjadi getaran poros yang luar biasa besarnya. Kecepatan putar ini disebut kecepatan putar kritis. Kecepatan putar poros yang sama dengan kecepatan kritisnya dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bagian-bagian mekanik lainnya. Poros harus direncanakan dengan kecepatan putar kerjanya lebih rendah dari kecepatan putar kritisnya.
- Korosi; bahan tahan korosi termasuk plastik harus dipilih untuk poros *propeller* dan pompa bila terjadi kontak dengan fluida *korosif*. Demikian pula untuk poros-poros yang terancam *kavitasi*, dan poros-poros mesin yang sering berhenti lama. Sampai batas-batas tertentu dapat pula dilakukan perlindungan terhadap korosi.
- Bahan poros; poros untuk mesin umum biasanya dibuat dari baja batang yang ditarik dingin dan atau baja karbon konstruksi mesin

yang disebut bahan (S-C) yang dihasilkan dari ingot.

### Metode Perancangan

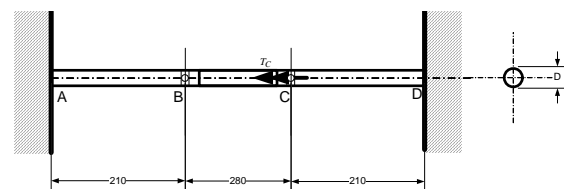
Metode perancangan berbeda satu sama lain dalam beberapa hal. Beberapa diantaranya agak terlalu aman sementara yang lain juga penting karena beberapa metode dapat memberikan hasil secara cepat tetapi belum tentu memberikan jawaban yang sama. Diagram perancangan poros dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Metode perancangan poros

### Persamaan Matematika untuk Analisis Torsi

Sebelum melakukan perhitungan torsi, poros dimodelkan seperti pada Gambar 3.



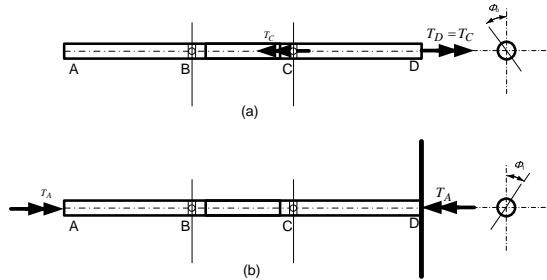
Gambar 3. Model poros untuk analisis torsi

Pada Gambar 3, poros dimodelkan sebagai permasalahan statis tak tentu. Alasannya adalah bahwa poros mengalami beban puntir pada bagian hub ketika akan memutar kedua roda dari posisi diam.  $T_C$  merupakan torsi maksimum yang terjadi pada hub (torsi ini akan berkurang ketika poros sudah bergerak). Poros dibagi menjadi tiga bagian,



yaitu AB, BC, dan CD.  $T_C$  bekerja pada titik C tempat hub dipasangkan. Karena model poros adalah statis tak tentu, analisis torsi dapat diselesaikan dengan metode gaya atau metode fleksibilitas.

Reaksi pada titik A ( $T_A$ ) dan D ( $T_D$ ) belum diketahui. Satu dari kedua reaksi ini dapat dianggap redundan. Secara sembarang,  $T_A$  dapat 'dihilangkan' dan sudut puntir pada kedua ujung poros sama dengan nol. Diagram benda bebas poros ditunjukkan oleh Gambar 4 berikut



Gambar 4. Diagram benda bebas poros untuk analisis torsi

Sudut puntir ujung bebas poros setelah torsi reaksi  $T_A$  dilepas (lihat Gambar 4) dapat dihitung dengan persamaan,

$$\begin{aligned} \phi &= \frac{T_{AC}L_{AC}}{J_{AC}G_{AC}} + \frac{T_{CD}L_{CD}}{J_{CD}G_{CD}} \\ &= 0 + \frac{T_C L_{CD}}{J_{CD}G_{CD}} = \frac{0.2 \cdot 32 \cdot T_C}{\pi d^2 \cdot G_{CD}} \\ \phi &= -\frac{6.4 \cdot T_C}{\pi d^2 \cdot G_{CD}} \end{aligned}$$

dimana  $T_{AC}$  adalah torsi aksi pada poros dalam seksi AC yang bernilai nol (tidak ada torsi yang bekerja pada seksi ini),  $T_{CD}$  adalah torsi aksi pada poros dalam seksi AC yang bernilai sama dengan  $T_C$  (N.m),  $L_{AC}$  adalah panjang seksi poros dari titik A ke titik C (m),  $L_{CD}$  adalah panjang seksi poros dari titik C ke titik D (m),  $G_{AC}$  dan  $G_{CD}$  adalah modulus rigiditas material poros pada seksi CD (N.m). Karena diameter seragam sepanjang poros, maka momen inersia polar penampang poros, yaitu  $J_{AC}$  dan  $J_{CD}$  bernilai sama dengan mengikuti persamaan

$$J = \frac{\pi d^2}{32} \quad (\text{m})$$

dimana  $d$  adalah diameter poros (m).

Sudut puntir ujung poros bebas, titik A, pada Gambar 4 dapat dihitung dengan persamaan,

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \frac{T_A L_{AD}}{J_{AD}G_{AD}} = \frac{0.7 \cdot 32 \cdot T_A}{\pi d^2 \cdot G_{AD}} \\ \phi_1 &= \frac{22.4 \cdot T_A}{\pi d^2 \cdot G_{AD}} \end{aligned}$$

Karena kondisi poros adalah statis tak tentu, maka sudut puntir di tiap ujung poros, titik A dan D bernilai nol. Sehingga, sudut puntir poros di titik A harus memenuhi persamaan,

$$\phi + \phi_1 = 0$$

Maka,

$$-\frac{6.4 \cdot T_C}{\pi d^2 \cdot G_{CD}} + \frac{22.4 \cdot T_A}{\pi d^2 \cdot G_{CD}} = 0$$

$$6.4 \cdot T_C = 22.4 \cdot T_A$$

$$T_A = 0.28571 \cdot T_C$$

Torsi reaksi pada ujung poros di titik D dapat dihitung dengan persamaan ,

$$T_D = T_C - T_A$$

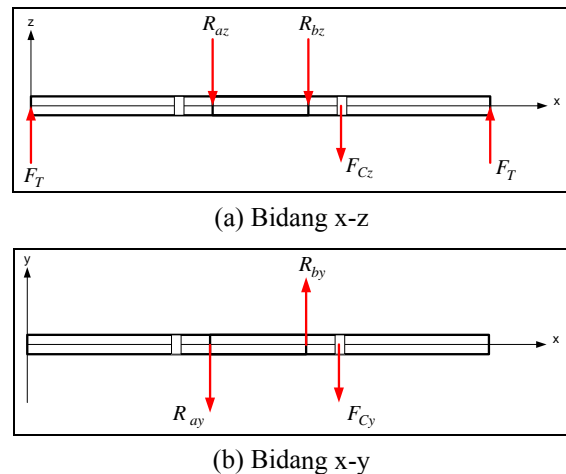
$$T_D = 0.71429 \cdot T_C$$

Persamaan di atas digunakan untuk menggambarkan diagram torsi dan sudut puntir yang terjadi di sepanjang poros.

### III. Perancangan Alat Pemotong

#### Persamaan Matematis untuk Analisis Gaya Geser dan Momen Lentur

Sebelum melakukan perhitungan gaya geser dan momen lentur, poros yang lengkap dengan gaya-gaya radial yang bekerja padanya digambarkan diagram benda bebas seperti pada Gambar 5 berikut,



Gambar 5. Diagram benda bebas poros dalam bidang x-z dan x-y

Pada Gambar 5, poros menerima beban radial yaitu, gaya  $F_T$  di kedua ujung poros dan gaya  $F_{Cz}$ . Reaksi pada tumpuan, yaitu bantalan A dan B, dinotasikan oleh  $R_{az}$  dan  $R_{bz}$ . Reaksi ini dapat dihitung dengan menggunakan Hukum Newton I. Dengan mengambil bantalan A sebagai titik referensi, maka

$$\sum M_{Az} = 0$$

Misalkan lengan momen  $F_T$  (ujung kiri pembaca) terhadap titik A adalah  $L_1$ ,  $R_{bz}$  adalah  $L_B$ ,  $F_{Cz}$  adalah  $L_{Sp}$ , dan  $F_T$  (ujung kanan pembaca) adalah  $L_4$ , maka

$$\begin{aligned} \sum M_{Az} = 0 &= +F_T \cdot L_1 + R_{bz} \cdot L_b + F_{Cz} \cdot L_{Sp} - F_T \cdot L_4 \\ R_{bz} &= \frac{F_T(L_4 - L_1) - F_{Cz} \cdot L_{Sp}}{L_b} \end{aligned}$$

*Catatan:* Momen searah jarum jam bernilai positif dan gaya vertikal ke atas bernilai positif.  $R_{az}$  dapat dicari dengan persamaan,

$$\sum F_z = 0$$

$$F_T + F_T - R_{az} - R_{bz} - F_{Cz} = 0$$

$$R_{az} = 2F_T - R_{bz} - F_{Cz}$$

## Pemilihan material Poros (Axle)

Secara umum, fungsi poros pada alat penghancur adalah untuk mentransmisikan daya dari putaran melalui roda gigi. Dari informasi tersebut, poros harus dapat menerima beberapa kondisi pembebanan seperti beban lentur, tarik, tekan dan puntir secara serentak.

Bahan poros direncanakan adalah baja AISI 1020 yang ditarik dingin dengan data;

Kekuatan *yield*  $S_y = 51 \text{ kpsi} = 351,571 \text{ MPa}$

Kekuatan tarik  $S_{ut} = 61 \text{ kpsi} = 420,507 \text{ MPa}$

Faktor keamanan rencana  $n = 3$

Ketahanan *endurance* spesimen,  $S_e'$  :

$S_e' = 0,5 S_{ut} = 0,5 (420,507) = 210,2855 \text{ MPa}$

Faktor permukaan  $k_a = 0,85$

Faktor  $k_b = 0,88$

Faktor *reliability*  $k_c = 0,814$

Faktor temperatur  $k_d = 1$

Faktor konsentrasi tegangan  $k_e = 1$

Faktor  $k_f = 1$

Ketahanan *endurance* elemen,  $S_e$ , adalah

$S_e = k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f \cdot S_e' = (0,85)(0,88)(0,814)(1)(1)(1)(210,2855) = 211,0355 \text{ MPa}$

Tegangan yang diizinkan :

$$\sigma_{izin} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_{izin} = \frac{303,160}{3}$$

$$\sigma_{izin} = 184,586 \text{ MPa}$$

## Estimasi Diameter Awal Poros

Diameter awal atau diameter minimum poros yang menerima lentur dan torsi statik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$d = \left\{ \frac{32n}{\pi S_y} \sqrt{\frac{3}{4}(T)^2 + (M)^2} \right\}^{1/3}$$

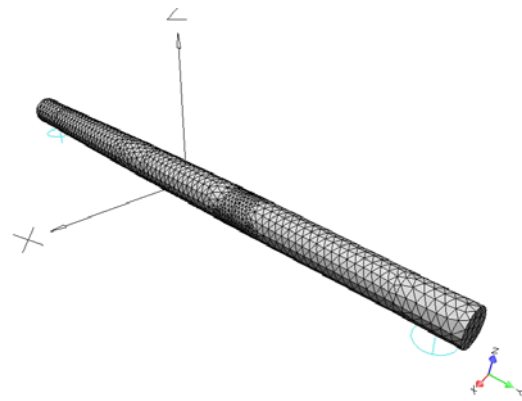
dimana  $d$  adalah diameter poros dengan satuan mm,  $n$  adalah faktor keamanan,  $M$  adalah momen lentur yang dialami poros (N.m),  $T$  momen puntir poros (N.m), serta  $S_y$  adalah batas ketahanan *yield* (Pa).

## IV. Hasil Analisis dan Pembahasan

Persamaan yang sudah dibahas sebelumnya akan digunakan untuk membuat diagram gaya geser dan momen lentur yang terjadi di sepanjang poros untuk masing-masing bidang pembebanan.

### Analisis Metode Elemen Hingga

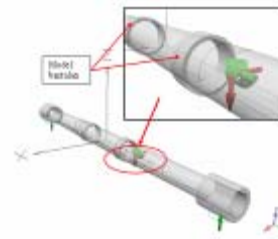
Sebelum dianalisis dengan menggunakan *Fast 2003*, model 3D poros dijadikan ke dalam bentuk Mesh seperti pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Bentuk mesh dari poros dan lokasi kontrol mesh

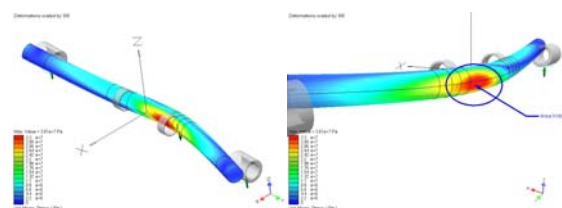
*Mesh control* diberikan pada daerah bantalan B pada poros dengan alasan bahwa pada daerah tersebut diestimasi terjadi tegangan maksimum (Von Mises). Hal ini juga dipertimbangkan berdasarkan hasil analisis momen lentur poros. Dengan adanya *mesh control* pada daerah bantalan B diharapkan hasil analisis tegangan pada daerah tersebut memiliki tingkat kesalahan yang relatif kecil.

Kondisi batas, terdiri dari gaya aksi dan *restraint*, ditentukan berdasarkan kondisi aktual poros. Dengan menggunakan perangkat lunak *Fast 2003*, model poros diberikan kondisi batas seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Kondisi batas untuk model poros

Hasil analisis tegangan Von Mises dari model poros ditunjukkan oleh Gambar 8.



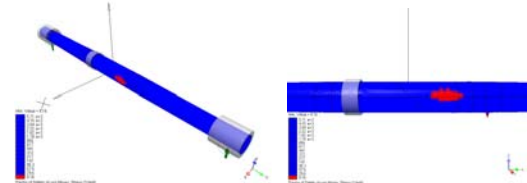
Gambar 8. Tegangan Von Mises pada poros (terdeformasi)

### Analisa Hasil Perancangan

Dari Gambar 7 dan 8 di atas dapat dilihat bahwa tegangan Von Mises yang terjadi pada poros memiliki harga maksimum 36,1 MPa. Harga maksimum ini terjadi pada daerah tumpuan poros, yaitu bantalan B. Bila dirujuk dengan hasil analisis momen lentur, daerah tersebut memang memiliki harga momen lentur yang maksimum, seperti yang

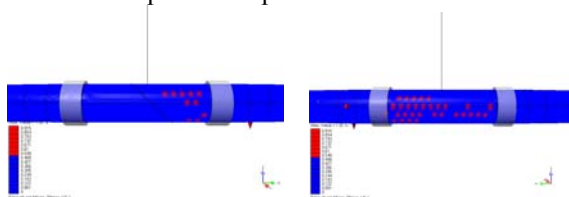
ditunjukkan oleh Gambar 8. Area kritis ini terdapat pada bagian depan dan belakang poros. Hal ini juga disebabkan karena pembebanan radial pada hub sproket, yaitu  $F_{Cz}$  dan  $F_{Cy}$ .

Dilihat dari sisi pola deformasinya, poros tidak terdeformasi secara simetris bila dilihat dari pandangan atas. Poros pada ujung sebelah kanan pembaca mengalami deformasi yang relatif besar bila dibandingkan dengan ujung sebelah kiri. Hal ini disebabkan oleh kondisi pembebanan poros yang berasal dari roda gigi. Sedangkan bila dilihat dari pandangan depan, deformasi poros hampir simetris. Hal ini disebabkan oleh besarnya gaya  $F_{Cz}$  dan  $F_{Cy}$  yang berbeda. Bila dihubungkan dengan harga  $F_{Cz}$  dan  $F_{Cy}$  sangat dipengaruhi oleh harga sudut kemiringan roda gigi. Semakin besar sudut ini, harga  $F_{Cz}$  akan semakin bertambah dan harga  $F_{Cy}$  semakin berkurang. Sebagai catatan kemiringan roda gigi dipengaruhi oleh rasio dan jarak antar pusatnya. Semakin besar diameter *pitch* akan semakin besar sudut kemiringan.



Gambar 9. Distribusi faktor keamanan pada poros

Distribusi faktor keamanan pada poros ditunjukkan oleh Gambar 8 dan Gambar 9. Dari kedua gambar tersebut dapat dilihat bahwa faktor keamanan terendah (sebesar 9,16) terjadi pada daerah yang memiliki tegangan Von Mises tinggi, yaitu daerah bantalan B. Harga faktor keamanan ini masih cukup besar bagi poros ATV bila dibebani statis atau impact sebesar 9,16 kali gaya-gaya aksi dan torsi yang diberikan. Harga kesalahan tegangan von Mises dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Harga kesalahan tegangan Von Mises pada poros

Dari kedua Gambar 10 dapat dilihat bahwa tingkat kesalahan tegangan Von Mises di daerah kritis pada poros relatif kecil, yaitu 1,02 %. Hal ini disebabkan karena adanya mesh control dimana tingkat kehalusan mesh pada daerah bantalan B cukup tinggi dan tingkat kerumitan model poros cukup kecil. Sehingga elemen dan nodal yang terdapat pada daerah tersebut cukup 'mewakili' bentuk poros.

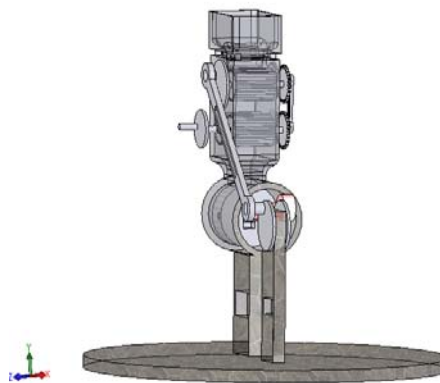
Hasil analisis metode elemen hingga ini dapat dibuat dalam bentuk tabel seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Kesimpulan hasil analisis

FEA Summary		
Name	Number of Nodes	Number of Elements
ATV axle-1	16486	9923

	Minimum		Maximum	
	Value	Time (s)	Value	Time (s)
Stress: von Mises (Pa)	5.16e+4	0	3.61e+7	0
Stress: Shear (Pa)	2.98e+4	0	1.84e+7	0
Stress: Principal (Pa)	-3.64e+7	0	3.65e+7	0
Strain: von Mises (mm/mm)	2.22e-7	0	0.000155	0
Strain: Shear (mm/mm)	3.84e-7	0	0.000237	0
Strain: Principal (mm/mm)	-0.000179	0	0.000181	0
Displacement: Magnitude (mm)	0.00567	0	0.214	0

Dari analisis metode elemen hingga ini, yang terdiri dari analisis tegangan Von Mises, pola deformasi, dan faktor keamanan, terdapat beberapa hal penting yang dapat disimpulkan. Daerah kritis poros terdapat pada bagian tumpuan bantalan A dan B. Pada daerah ini terdapat harga tegangan Von Mises yang tertinggi dan faktor keamanan terendah dibandingkan pada daerah lain pada poros. Hal ini disebabkan oleh tingginya momen lentur yang terjadi pada daerah tersebut. Oleh karena itu, diameter poros pada daerah ini sangat menentukan kekuatan dan umur poros itu sendiri. Setelah selesai melakukan analisa secara metode elemen hingga, selanjutnya dilakukan penggambaran mekanisme alat pemecah biji jarak seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Mekanisme alat pemecah biji jarak

Dari hasil analisa terhadap alat pemecah biji jarak ini dapat disimpulkan bahwa mesin ini aman digunakan. Ini sesuai dengan data-data hasil perhitungan dan data yang ada dilapangan. Adapun data-data yang didapat sebagai berikut :

- Daya yang dibutuhkan minimal 26,1 watt sudah dapat menghancurkan biji jarak.
- Beban yang dipindahkan oleh roda gigi lurus sebesar 498,5 N sedangkan beban maksimum

yang dapat dipindahkan oleh roda gigi lurus ini sebesar 1400 N. Oleh karena itu roda gigi ini aman digunakan.

- Diameter poros yang dapat digunakan untuk meneruskan daya 489,5 N adalah sebesar 7,88 mm, sedangkan diameter poros yang digunakan pada alat pemecah biji jarak yang di buat adalah 15 mm. Dengan demikian diameter poros yang digunakan adalah aman.
- Bantalan yang digunakan adalah jenis SKF 6204 dengan putaran hanya 20 rpm dan waktu kerja yang digunakan oleh alat pemecah biji jarak hanya 0,5 jam sampai menghasilkan minyak, maka bantalan dapat digunakan sampai kapasitas 9.034.594,56 liter minyak jarak.
- Untuk pelumasan dapat dimanfaatkan minyak jarak yang dihasilkan.

Dari data–data di atas dapat dikatakan bahwa perancangan mesin alat pemecah biji jarak ini aman digunakan. Serta biaya dan waktu yang digunakan lebih sedikit sehingga minyak biodisel yang dihasilkan dapat dimanfaatkan dengan kadar keasamaan yang normal.

## V. Kesimpulan

Dari hasil perancangan yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan besarnya daya yang diberikan sebesar 0.03 kW, sudah dapat menghasilkan gaya untuk penggilingan sebesar 498,5 N, sedangkan gaya yang dibutuhkan untuk menggiling 1 biji jarak sampai hancur adalah 41,09 N.
2. Dari hasil perhitungan gaya–gaya yang terjadi pada poros maka didapat diameter poros sebesar 7,3 mm, sedangkan pada mesin yang dibuat diameter poros yang digunakan 15 mm. Jadi dapat dipastikan poros yang dirancang dan dibuat ini aman untuk digunakan
3. Penggunaan alat pemecah biji jarak ini sangat sederhana dan gaya yang dibutuhkan untuk menghancurkan biji jarak tidak terlalu besar dan alat ini dapat menghemat proses kerja yang semula harus dilakukan dengan dua mesin. Untuk satu kali kerja dapat melakukan dua tahapan kerja sekaligus sehingga dapat menghemat tenaga, waktu dan dapat mengatasi tingkat keasamaan karena proses waktu yang digunakan dalam tahapan pengolahan lebih pendek.
4. Perawatan yang tidak terlalu rumit. Karena untuk pelumasan roda gigi dan penekan serta komponen lainya dapat memanfaatkan langsung minyak jarak yang dihasilkan.

## Daftar Pustaka

1. Gearboxes, Hinchiffe Precision Component, Chesterfield, England, 1986.
2. Gere and Timoshenko, 1985, "Mekanika Bahan", Edisi Kedua Versi SI jilid I, Jilid 1, Leeds, Inggris.
3. Khurmi, R. S dan Gupta, J. K., 1984, "Machine Design", Eurasia Publishing House, LTD. Ram Nagar, New Delhi.
4. Shigley, Tosephe and Michel, Harahap Ghandi, M.Eng., 1986, "Perencanaan Teknik Mesin", jilid I, Erlangga., Jakarta.
5. \_\_\_\_\_. 1986, "Perencanaan Teknik Mesin", jilid II, Erlangga, Jakarta.
6. Sudradjad, H. R. Prof, 2006, "Memproduksi Biodisel Jarak Pagar", Penebar Swadaya, Jakarta.
7. <http://www.Google.com/Biodise/Jatropha Curcas L>
8. <http://www.Google.com/Jatropha Curcas L>
9. <http://www.trubus.com/Jatropha Curcas L>
10. Erdman, A. G. & Sandor, G. N., 1997, "Mechanism Design: Analysis and Syntesis", Volume 1, New Jersey, Prentice Hall.
11. Knight, Charles. E, "The Finite Element Method in Mechanical Design", PWS, Kent Publishing Company, Boston, 1993.
12. Kreyzig, E., 1997, "Advance Engineering Mathematics", Seventh edition, Canada, John Wiley & Son, Inc.
13. Logan, Darry. L, "A First Course in The Finite Element Method".
14. Norton, Robert L., 1999, "Design of Machinery", International edition, McGraw-Hill Book Company.