

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/341448134>

# ANALISIS TEGANGAN DAN REGANGAN PADA POROS LOKOMOTIF BB 30328

Article · January 2009

CITATIONS

0

READS

100

1 author:



Gaguk Jatisukanto  
Universitas Jember

16 PUBLICATIONS 2 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



For my advisor [View project](#)



## ANALISIS TEGANGAN DAN REGANGAN PADA POROS LOKOMOTIF BB 30328

Gagak Jatisukamto\*

M. Nurkhoyim K\*

\*Dosen Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Kantor: Jurusan Teknik Mesin FT UNEJ Jl. Brigjen Slamet Riyadi 62 Jember 68111

Telp/Fax: (0331)410243, HP Gagak Jatisukamto: 08123455347

Email: gagak\_jati@yahoo.com

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan menganalisis tegangan dan regangan yang menyebabkan perpatahan poros lokomotif kereta api BB 30328 milik PT KAI DAOPS IX Jember. Metodologi pengolahan data menggunakan pendekatan metode elemen hingga dengan program Ansys 9.0. Untuk memudahkan identifikasi, pada poros dibagi menjadi segmen-segmen. Perpatahan riil poros terletak pada segmen D. Dari hasil analisis perhitungan diperoleh informasi sebagai berikut: 1) Laju puntiran poros terbesar terletak pada segmen D dan K, sebesar  $4,45 \times 10^{-3}$  rad/m. 2) Intensitas tegangan maksimum pada segmen D sebesar  $0,16486 \times 10^8$  N/m<sup>2</sup>. 3)  $(\ddagger_{xy})_{maks}$  pada segmen D, sebesar  $-0,27439 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>;  $(\ddagger_{xz})_{maks}$  pada segmen D, sebesar  $-0,77724 \times 10^7$  N/m<sup>2</sup>. 4) Intensitas regangan tertinggi pada segmen D sebesar  $0,10963 \times 10^{-3}$ . 5)  $(v_{xy})_{maks}$  sebesar  $-0,36493 \times 10^{-4}$  pada segmen D;  $(v_{yz})_{maks} = 0,10968 \times 10^{-4}$  pada segmen F.  $(v_{xz})_{maks}$  terletak pada segmen D, sebesar  $-0,10337 \times 10^{-3}$ . Kesimpulan: Segmen D adalah segmen poros dimensi terkecil mengalami intensitas tegangan maksimum,  $(\ddagger_{xy})$  maksimum,  $(\ddagger_{xz})$  maksimum, intensitas regangan maksimum,  $(v_{xy})$  maksimum, dan  $(v_{xz})$  maksimum. Peluang terjadinya perpatahan dapat terjadi pada segmen F karena harga  $(v_{yz})$  maksimum, dan segmen K karena laju puntirannya maksimum, sehingga segmen-segmen ini dimungkinkan mengalami deformasi terbesar. Lokasi perpatahan hasil analisis perhitungan memberikan hasil yang sama dengan lokasi perpatahan riil.

**Kata kunci:** Sudut puntir poros, intensitas tegangan, tegangan geser, intensitas regangan, regangan geser

### I. PENDAHULUAN

Indonesia dengan jumlah penduduk terbesar keempat di dunia mempunyai potensi mobilitas bisnis, angkutan penumpang dan jasa yang sangat besar. Untuk mendukung potensi tersebut diperlukan sarana prasarana transportasi yang memadai, lancar, dan aman. Akhir-akhir ini sarana transportasi di Indonesia dalam kondisi sangat terpuruk, karena intensitas kecelakaan transportasi darat, laut dan udara sangat tinggi. Puncak keprihatinan terhadap sarana transportasi kita ditandai dengan

dikeluarkannya larangan terbang bagi maskapai penerbangan Indonesia di wilayah udara Eropa dan Amerika, karena kita dinilai tidak mampu memberikan jaminan keamanan terbang. Sudah seharusnya kita menyikapi hal ini dengan bijaksana, yaitu dengan melakukan evaluasi internal terhadap kelaikan sarana transportasi serta peninjauan kembali terhadap kelonggaran peraturan transportasi yang berlaku. Sebenarnya telah dibentuk badan independen yang berkompeten mengurus hal ini yaitu Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), akan tetapi dalam kenyataan di lapangan masih banyak sekali dijumpai sarana prasarana transportasi yang tidak laik jalan tetapi tetap beroperasi.

Pengawasan pemerintah terhadap standarisasi perawatan dan kelaikan sarana transportasi masih sangat longgar, terutama alat transportasi yang vital seperti pesawat terbang, kapal laut, dan kereta api. Faktor lain yang belum diantisipasi yaitu belum adanya pembatasan umur pakai sarana transportasi. Usia sarana transportasi yang digunakan di Indonesia sangat beragam, dan sangat banyak dijumpai kendaraan yang berumur puluhan tahun masih tetap dioperasikan. Kondisi demikian sangat membahayakan, mengingat komponen-komponen material yang mendapat beban dinamis akan mengalami kegagalan meskipun beban yang bekerja masih jauh di bawah batas kekuatan statiknya, Broek<sup>(1)</sup>.

Kereta api sebagai salah satu sarana transportasi darat mempunyai keunggulan sebagai sarana transportasi massal. Pengelolaan jasa kereta api yang dikelola dengan benar memberikan keuntungan diantaranya untuk mengurangi kemacetan lalu lintas, meningkatkan penghematan bahan bakar, dan jaminan sampai tempat tujuan dengan tepat waktu. Namun demikian pengelolaan jasa angkutan kereta api di Indonesia masih jauh dari yang kita harapkan, dan kondisi terparah terutama dialami kereta api kelas ekonomi.

PT KAI Daerah Operasi IX (DAOPS IX) Jember mempunyai wilayah dari Bangil Pasuruan sampai Banyuwangi mempunyai peran strategis sebagai sarana transformasi penumpang, karena sebagai jalur penghubung Jawa-Bali. Hingga saat ini PT DAOPS IX Jember masih mengoperasikan lokomotif tua jenis BB yang rata-rata buatan tahun 1964-1966. Pengamatan lapangan di berbagai stasiun wilayah kerja PT KAI DAOPS IX Jember juga menunjukkan belum adanya perhatian serius terhadap kapasitas daya angkut, meskipun kereta-kereta tersebut sudah sangat tua. Data dari PT KAI Daops IX Jember antara tahun 1994-2004 tercatat sebanyak sebelas kasus perpatahan poros lokomotif. Data-data tersebut di atas masih dalam wilayah kerja PT KAI DAOPS IX Jember saja, belum wilayah lainnya. Hal ini menunjukkan betapa sangat mengkhawatirkan sarana perkeretaapian kita.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perpatahan poros lokomotif BB30328 dengan meninjau beban kritis yang menyebabkan kegagalan material poros.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam memberikan informasi kepada pihak yang berkompeten menangani jasa angkutan kereta api dan pemerintah sebagai pengambil keputusan, terutama dalam hal kelayakan penggunaan lokomotif yang satu kelas dengan lokomotif jenis BB30328. Manfaat lain yang

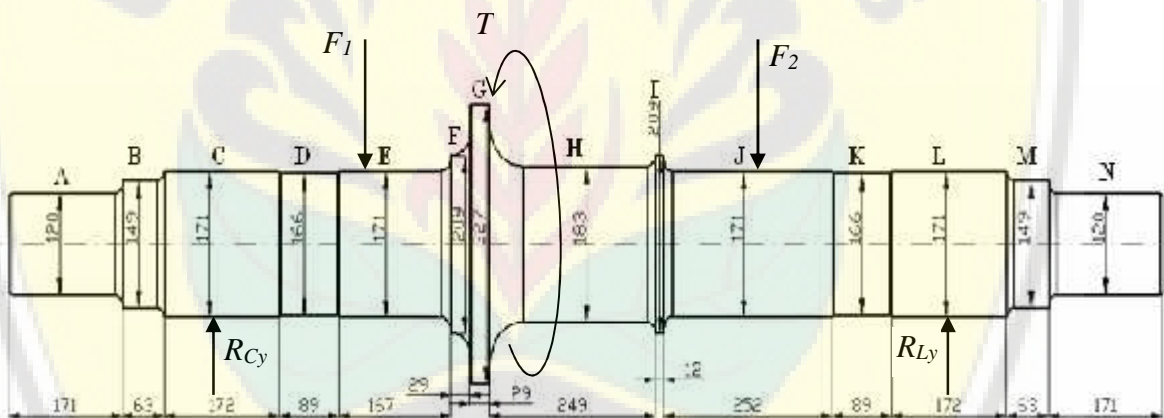
diharapkan dari hasil penelitian ini agar dapat memberikan sumbangsih pemikiran mengenai kelayakan sarana transportasi kereta api ditinjau dari sisi kekuatan materialnya.

Ruang lingkup penelitian ini dengan mengambil pembatasan bahwa beban-beban yang bekerja pada gandar lokomotif jenis BB30328 masih dalam batas kondisi kerjanya.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### a) Spesifikasi Lokomotif BB 30328

Daya: 1150 PS, putaran motor 650-1500 rpm, berat Siap: 42,7 ton, berat kosong: 39,6 ton, tekanan gandar: 10,7 ton, kecepatan maksimal: 90 km/jam, kecepatan minimal: 14 km/jam, lebar sepur: 1067 mm, panjang lok: 12810 mm, garis tengah roda gigi penggerak: 904 mm; modulus elastisitas  $E = 200$  GPa. Pembagian poros lokomotif menjadi beberapa segmen ditunjukkan pada Gambar 1.



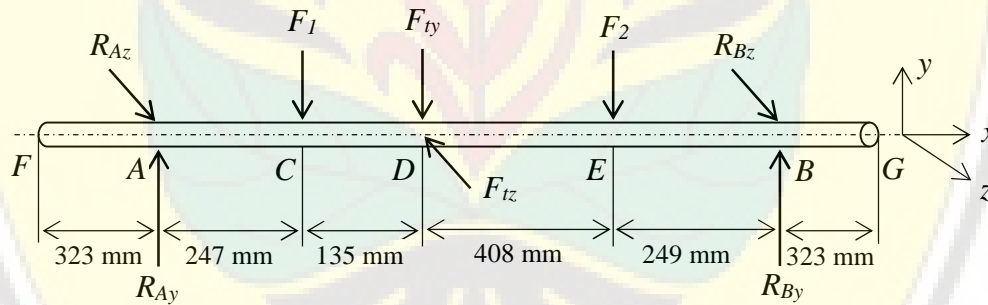
Gambar 1: Model Pembagian Poros Menjadi Segmen-Segmen

### b) Analisis Perhitungan

Perhitungan sudut puntir ditinjau terhadap penyimpangan puntiran dari titik acuan kedudukan roda kiri dan kanan. Hasil perhitungan selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 1. Tegangan geser maksimum yang bekerja pada poros berada pada segmen D dan K yaitu sebesar  $27748508,02$  N/m<sup>2</sup>. Regangan geser maksimum juga terjadi pada segmen D dan K yaitu  $3,6905 \times 10^{-4}$  radian. Sudut puntir terbesar pada poros berada pada segmen H yaitu sebesar  $2,33 \times 10^{-3}$  radian. Sedangkan laju puntiran terbesar berada pada segmen D dan segmen K yaitu sebesar  $4,45 \times 10^{-3}$  rad/m. Nilai-nilai tersebut ditunjukkan dalam Tabel 1.

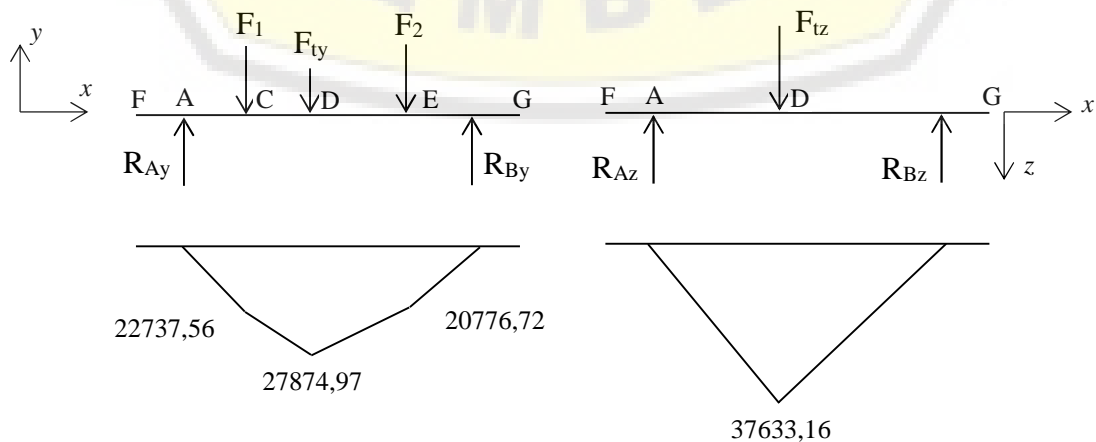
Tabel 1: Nilai  $\tau$ ,  $\gamma$ , dan  $\theta$  Pada Masing-Masing Segmen

Segmen	Tegangan Geser Maksimum $\tau_{maks}$ (N / m <sup>2</sup> )	Regangan Geser Maksimum $\gamma_{maks}$ (Radian)	Sudut Puntir (Radian)	Laju Puntiran (rad / m)
C	25384906,70	$3,3761 \times 10^{-4}$	$6,79 \times 10^{-4}$	$3,95 \times 10^{-3}$
D	27748508,02	$3,6905 \times 10^{-4}$	$10,75 \times 10^{-4}$	$4,45 \times 10^{-3}$
E	25384906,70	$3,3761 \times 10^{-4}$	$17,34 \times 10^{-4}$	$3,95 \times 10^{-3}$
F	13903528,46	$1,8491 \times 10^{-4}$	$17,854 \times 10^{-4}$	$1,77 \times 10^{-3}$
G	3630117,08	$4,8279 \times 10^{-5}$	-----	$2,95 \times 10^{-4}$
H	20711455,62	$2,7545 \times 10^{-4}$	$28,403 \times 10^{-4}$	$3,01 \times 10^{-3}$
I	13903528,46	$1,8491 \times 10^{-4}$	$20,913 \times 10^{-4}$	$1,77 \times 10^{-3}$
J	25384906,70	$3,3761 \times 10^{-4}$	$20,7 \times 10^{-4}$	$3,95 \times 10^{-3}$
K	27748508,02	$3,6905 \times 10^{-4}$	$3,96 \times 10^{-4}$	$4,45 \times 10^{-3}$
L	25384906,70	$3,3761 \times 10^{-4}$	$6,79 \times 10^{-4}$	$3,95 \times 10^{-3}$



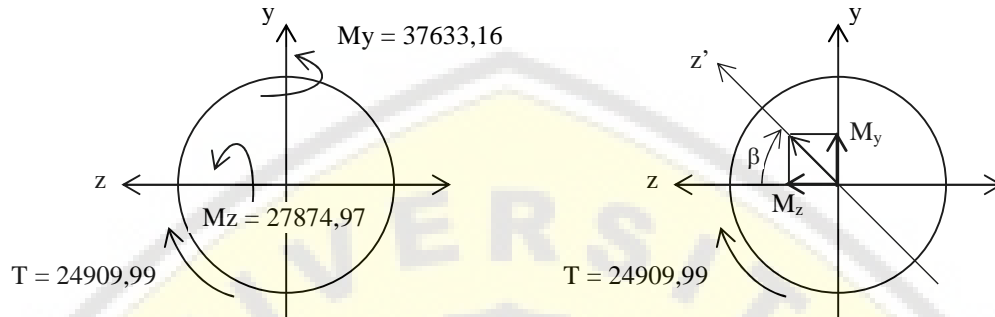
Gambar 2: Konfigurasi Gaya-Gaya Pada Poros Lokomotif BB 30328

Diagram bidang momen:



$M_C = 33303,38 \text{ Nm}$ ;  $M_D = 46832,35 \text{ Nm}$ ;  $M_E = 26021,68 \text{ Nm}$

Momen lentur terbesar terjadi di titik D

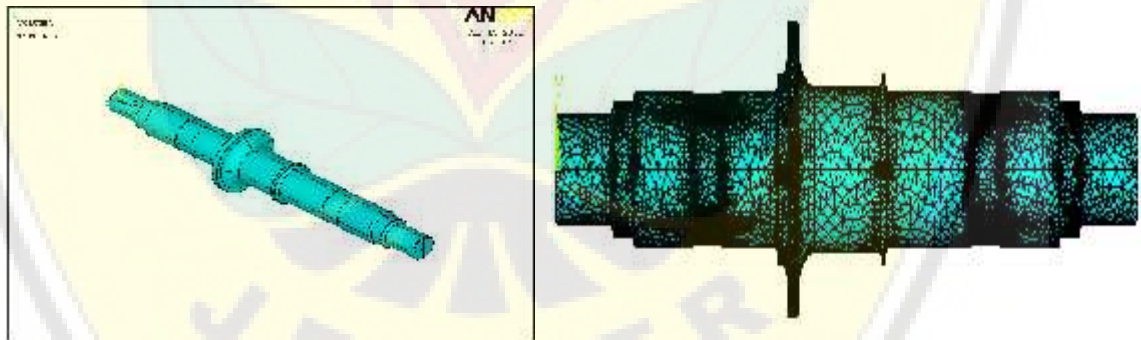


Sumbu  $z'$  terletak pada posisi  $\beta$ , yaitu:

$$\beta = \arctan^{-1} M_y/M_z = \arctan^{-1} 37633,16/27874,97. \quad \beta = 53,47^\circ$$

### c) Analisis Perhitungan Dengan Software Ansys 9.0

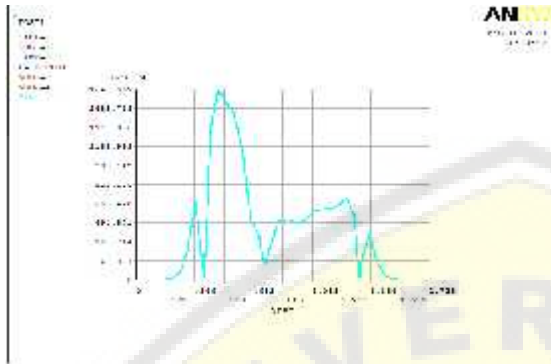
Sebelum melakukan analisis perhitungan, poros digambarkan dalam program Ansys 9.0 terlebih dahulu. Setelah itu semua beban yang ada dimasukkan pada bagian poros.



Gambar 2: Model Poros 3D

## III. DATA HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

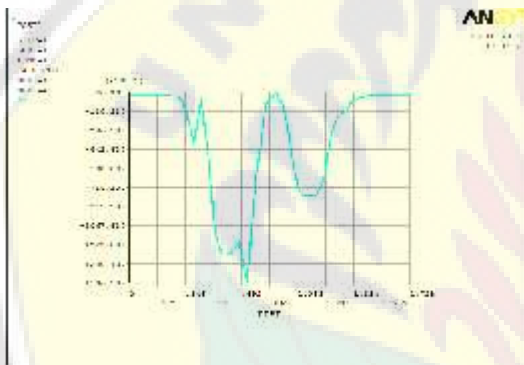
Data-data analisis tegangan dinyatakan sebagai grafik intensitas tegangan, grafik tegangan arah sumbu x, y, z, dan grafik tegangan geser arah sumbu xy, xz dan yz. Data-data analisis regangan dinyatakan sebagai grafik intensitas regangan, grafik regangan arah sumbu x, y, z, dan grafik regangan geser xy, xz dan yz.



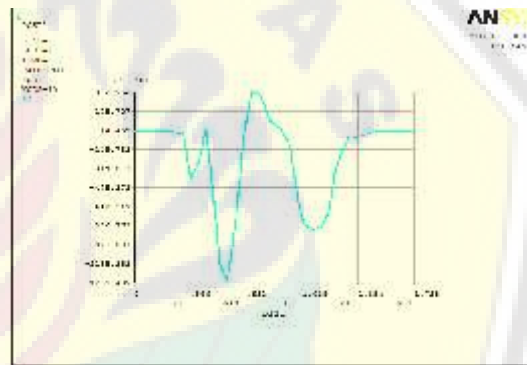
Gambar 3: Intensitas Tegangan



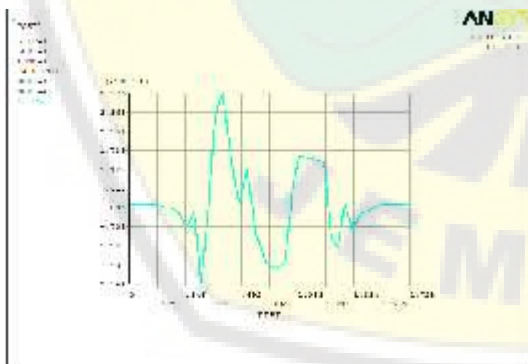
Gambar 4: Tegangan Arah Sumbu-x



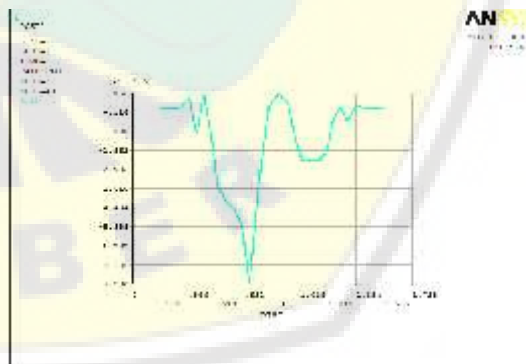
Gambar 5: Tegangan Arah Sumbu-y



Gambar 6: Tegangan Arah Sumbu-z



Gambar 7: Regangan Arah Sumbu x



Gambar 8: Regangan Arah Sumbu y

Distribusi intensitas tegangan poros lokomotif BB 30328 pada Gambar 3 menunjukkan bahwa intensitas tegangan tertinggi terletak pada segmen D tepatnya pada jarak 486 mm dari ujung kiri poros yaitu sebesar  $0,16486 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ . Fluktuasi bentuk siklus kurva intensitas tegangan pada Gambar 3 dipengaruhi oleh beban puntir, lentur dan siklik. Tegangan arah sumbu  $x$  tertinggi pada Gambar 4 terletak pada segmen D sebesar  $-0,51002 \times 10^6 \text{ N/m}^2$  atau terletak pada jarak 442 mm dari

ujung kiri poros. Tegangan horisontal arah sumbu  $x$  pada masing-masing ujung poros tidak sama dengan nol, hal ini disebabkan poros mengalami lenturan dan torsi. Tegangan arah sumbu  $y$  terbesar pada Gambar 5 adalah  $-0,15364 \times 10^7 \text{ N/m}^2$  pada segmen G atau berada 725 mm dari ujung kiri poros. Hal ini dapat dijelaskan bahwa di sekitar segmen G kurva defleksi elastiknya adalah maksimum, sehingga tegangan arah sumbu  $y$  menjadi maksimum. Hasil perhitungan ini sesuai dengan bentuk diagram bidang momen. Tegangan tertinggi arah sumbu  $z$  pada Gambar 6 adalah  $-0,12995 \times 10^7 \text{ N/m}^2$  yang terletak pada jarak 574 mm dari titik nol poros atau terletak pada segmen E. Tegangan arah sumbu  $z$  ini dipengaruhi oleh komponen gaya horisontal akibat torsi, dan deformasi poros karena beban  $F_1$  dan  $F_2$ .

Tegangan geser maksimum arah  $xy$  terbesar adalah  $-0,27439 \times 10^7 \text{ N/m}^2$  yang terletak pada segmen D atau pada jarak 486 mm dari ujung kiri poros. Tegangan geser arah sumbu  $yz$  terbesar pada Gambar 10 adalah  $-0,82467 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ . Tegangan geser tertinggi tersebut terletak pada segmen F tepatnya pada jarak 675 mm dari ujung kiri poros. Tegangan geser arah sumbu  $xz$  terbesar terletak pada segmen D yaitu sebesar  $-0,77724 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ . Nilai ini lebih besar jika dibandingkan dengan nilai tegangan geser arah sumbu  $xy$  dan  $yz$  atau dapat dinyatakan  $(\tau_{xz})_D > (\tau_{xy})_D > (\tau_{yz})_D$ . Hal ini berarti deformasi bidang geser terbesar terjadi pada bidang horisontal  $xz$ . Oleh karena poros kereta api juga berputar, maka akan mengalami beban siklik yang akan menyebabkan terjadinya takik (*groove*), sehingga terjadi konsentrasi tegangan yang menyebabkan kegagalan material.

Intensitas regangan tertinggi terletak pada segmen D tepatnya pada jarak 0,486 m dari ujung kiri poros yaitu sebesar  $0,10963 \times 10^{-3}$ . Fluktuasi grafik intensitas regangan dipengaruhi oleh beban-beban yang bekerja dan perbedaan dimensi pada poros tersebut. Regangan arah sumbu  $x$  tertinggi adalah  $0,35768 \times 10^{-5}$  yang terletak pada segmen E atau pada jarak 574 mm dari titik nol poros. Regangan tertinggi arah sumbu  $y$  adalah  $-0,79808 \times 10^{-5}$  terletak pada segmen H dan pada jarak 725 mm dari ujung kiri poros. Regangan tertinggi arah sumbu  $z$  adalah  $0,45169 \times 10^{-5}$ , terletak pada jarak 725 mm dari ujung kiri poros atau pada area segmen H. Regangan geser tertinggi arah sumbu  $xy$  adalah  $-0,36493 \times 10^{-4}$  terletak pada segmen D tepatnya pada jarak 0,486 m dari ujung kiri poros. Regangan geser ke arah sumbu  $yz$  tertinggi pada Gambar 17 adalah  $0,10968 \times 10^{-4}$  yang terletak pada segmen F tepatnya pada jarak 675 mm dari ujung kiri poros. Regangan geser ke arah sumbu  $xz$  terletak pada segmen D atau pada jarak 486 m dari ujung kiri poros. Nilai regangan tersebut adalah  $-0,10337 \times 10^{-3}$ . Bentuk regangan geser yang bekerja pada ketiga bidang poros dapat dinyatakan dalam bentuk  $(\epsilon_{xz})_D > (\epsilon_{xy})_D > (\epsilon_{yz})_D$ . Hal ini sesuai dengan pernyataan matematis untuk tegangan geser yang juga terjadi pada segmen D, yaitu  $(\tau_{xz})_D > (\tau_{xy})_D > (\tau_{yz})_D$ .



**IV. KESIMPULAN DAN SARAN****a) Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Letak perpatahan pada segmen D, sama dengan letak perpatahan hasil analisis perhitungan.
2. Segmen D dan K merupakan segmen poros terkecil, akan tetapi pada segmen D mengalami intensitas tegangan tertinggi dan tegangan geser  $\tau$  terbesar dibandingkan segmen-segmen lainnya. Tingkatan besaran tegangan geser bidang untuk segmen D adalah  $(\tau_{xz})_D > (\tau_{xy})_D > (\tau_{yz})_D$ .
3. Segmen D mengalami regangan geser terbesar dengan tingkatan regangan geser bidang adalah  $(\epsilon_{xz})_D > (\epsilon_{xy})_D > (\epsilon_{yz})_D$ .
4. Peluang perpatahan dimungkinkan terjadi pada segmen K, karena laju puntirannya sama dengan segmen D.

**b) Saran**

1. Disarankan segmen D dan K mendapat perlakuan khusus untuk meningkatkan kekuatannya.
2. Patah riil pada segmen d sesuai perhitungan, karena  $(\epsilon_{xz})_D > (\epsilon_{xy})_D > (\epsilon_{yz})_D$  dan Perpatahan yang terjadi pada segmen A-A disebabkan karena pada segmen tersebut menerima intensitas tegangan, tegangan arah horisontal dan tegangan geser terbesar.
3. Berdasarkan data-data grafik hasil penelitian menunjukkan bahwa peluang perpatahan selain pada segmen A-A dapat terjadi pada penampang F-F dan E-E.
4. Konstruksi poros untuk penampang A-A adalah yang paling lemah, sehingga memerlukan perlakuan khusus.

**V. DAFTAR PUSTAKA**

- Adi, D.H. 2002. "Analisis Tegangan Lengan (arm) Ekskavator Caterpillar Tipe E-180 Menggunakan Software ANSYS 5.4". <http://digilib.itb.ac.id/gdl.php?mod=Browse&op=read&id=jiptumm-gdl-s1-2002-dian-5780-arm&q=ANSYS> [25 November 2007].
- Budynas, R.G. 1977. *Advanced Strength and Applied Stress Analysis*. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.
- Broek, David., "Elementary Engineering Fracture Mechanics", Martinus Nijhoff Publishers, Netherlands.
- Deutschman, A. D., Michels, W. J., dan Wilson, C. E. 1975. „*Machine Design Theory and Practice*”. New York: Macmillan Publishing Co., Inc.
- Djaprie, S. 1996. "Metalurgi Mekanik". Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga.
- Gere, Thimoshenko. 2000. "Mekanika Bahan". Jilid I Edisi Keempat. Jakarta : Erlangga

- Iremonger, M.J. 1990. “*Dasar Analisis Tegangan*”. Jakarta: Penerbit Universitas Indonesia.
- Kalpakjian, S. 1984. “*Manufacturing Processes for Engineering Materials*”. Canada Addison-Wesley Publishing Company.
- Unterweiser, P. M., Boyer, H. E., dan Kubbs. 1982. “*Heat Threater’s Guide: Standard Practice And Procedures for Steel*”. Ohio: American Society for Metals
- Surdia, T. dan Saito, S. 2000. “*Pengetahuan Bahan Teknik*”. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Suherman, Wahid.1988. “*Ilmu Logam I (TM 1511)*”. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

