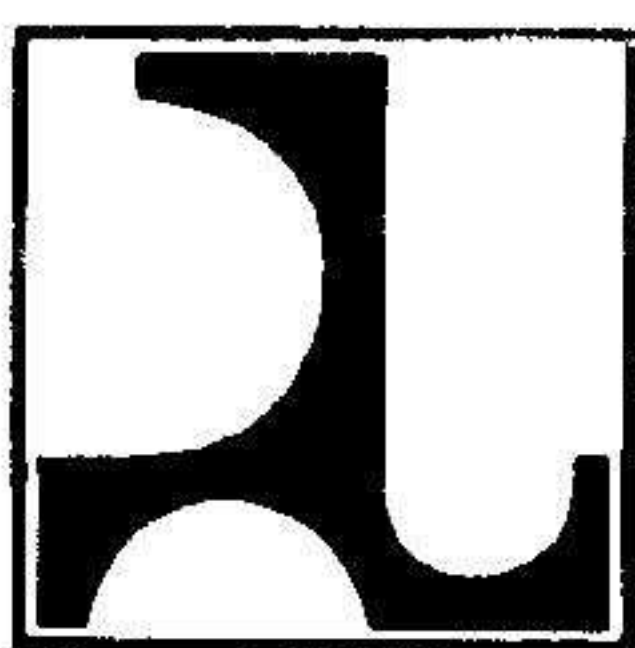


7-3

LAPORAN PENELITIAN

PENELITIAN KEKENCANGAN BOUT
JEMBATAN RANGKA
BAJA



**DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PU
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN**

DAFTAR ISI

	Halaman
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Uraian Umum	1
1.2 Latar Belakang	1
II. DASAR TEORITIS	3
2.1 Kekuatan Bout	3
2.2 Kekuatan Ulir Bout	5
2.3 Kekuatan Bidang Penahan	7
2.4 Kekuatan Kepala Bout	8
2.5 Momen Pada Kunci Moer/Momen Torsi	9
2.6 Batas Kekencangan Bout	10
III. PENGUJIAN	14
3.1 Pengujian di Laboratorium	14
3.2 Pengujian di Lapang	17
IV. PEMBAHASAN	23
4.1 Kekencangan Bout dan Tegangan	23
4.2 Lendutan Jembatan	24
4.3 Getaran Jembatan	26
V. KESIMPULAN	26

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN : Tabel

Grafik

Gambar

Photo-photo

I. PENDAHULUAN

1.1. Uraian Umum

Bout adalah salah satu konstruksi sambungan yang diklasifikasikan kurang kaku dibandingkan konstruksi sambungan lainnya yaitu sambungan menggunakan paku keling dan sambungan las. Karena sambungan bout ini kurang kaku maka syarat kekencangan bout harus benar-benar dipenuhi.

Sehubungan fungsinya sebagai alat penyambung maka bout harus memenuhi syarat kekuatan dalam menerima momen torsi saat pengencangan bout dan syarat kekuatan dalam memindahkan gaya-gaya batang melalui pelat penyambung.

Dibandingkan dengan sambungan menggunakan paku keling dan las, maka sambungan menggunakan bout lebih mudah dilaksanakan di lapangan, sehingga sambungan bout digunakan pada jembatan rangka baja CH, Belanda, Australia dan Austria..

1.2. Latar Belakang

Bina Marga telah membangun jembatan rangka baja mulai sekitar tahun 1970. Selama $\pm$ 24 tahun diperkirakan sudah lebih dari 10.000 buah jembatan rangka baja terpasang diseluruh Indonesia.

Selama masa pelayanan jembatan, seharusnya bout-bout pada semua titik simpul jembatan rangka baja tidak mengalami perubahan kekencangan yang mengakibatkan penurunan kekakuan rangka dan kekakuan keseluruhan jembatan. Bila hal ini terjadi maka dapat menyebabkan kerusakan pada lantai, expansion joint, ikatan angin dan sebagainya.

Jembatan rangka baja yang dibangun oleh Bina Marga adalah

paket bantuan dari negara Inggris dikenal dengan type rangka CH, paket bantuan dari negara Belanda dikenal dengan type rangka Belanda dan paket bantuan dari negara Australia dikenal dengan type rangka Australia serta pada akhir-akhir ini paket bantuan dari negara Austria. Masing-masing type jembatan rangka baja yang dibangun, petunjuk pengencangan bout mengikuti dari pabrik pembuatnya. Sejauh ini belum dikeluarkan petunjuk pengencangan bout dari Indonesia.

Penelitian ini akan memberikan bahan masukan pada penyusunan petunjuk pengencangan bout khususnya untuk jembatan rangka baja.

II. DASAR TEORITIS

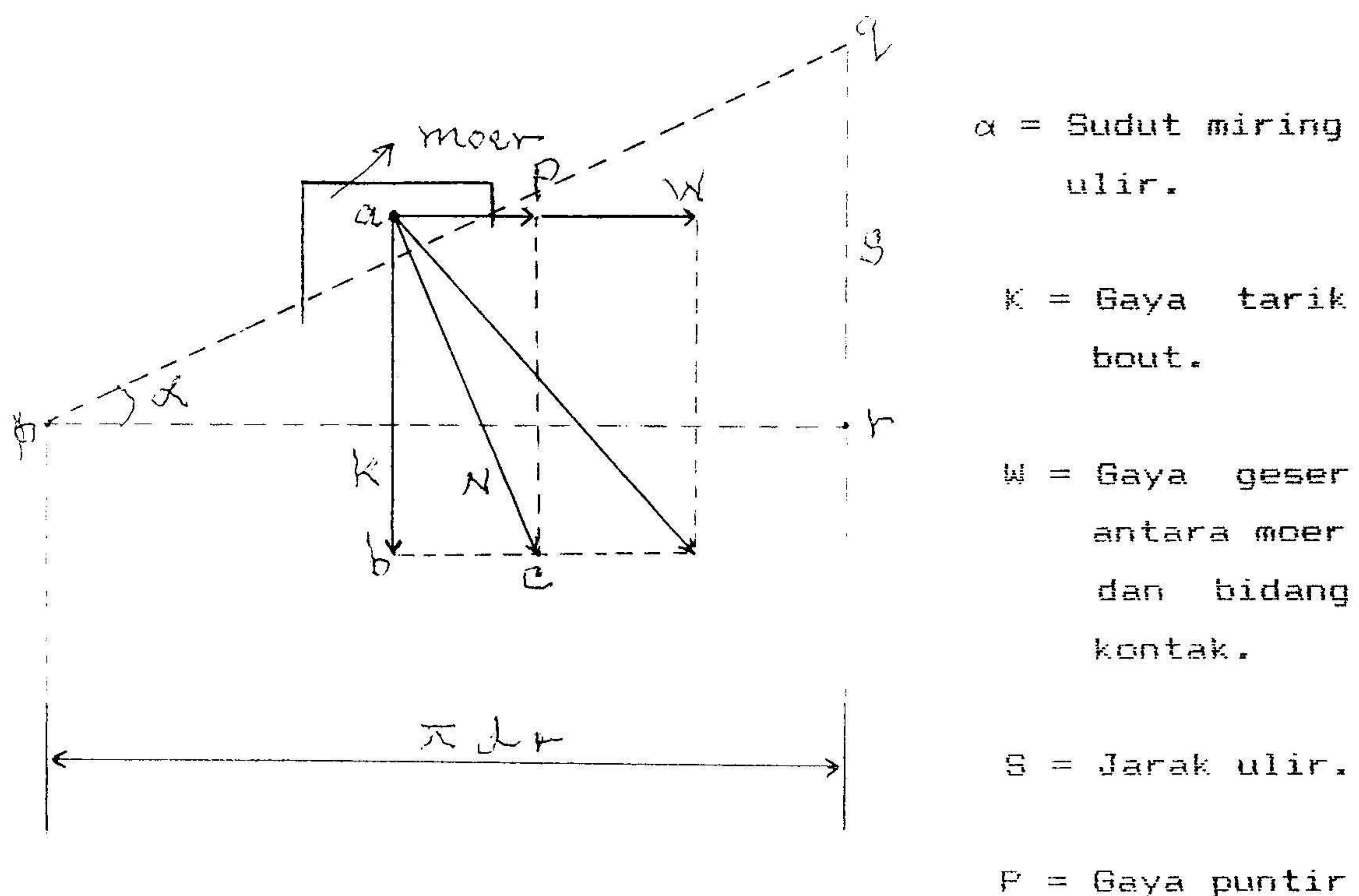
Sehubungan dengan fungsi bout yaitu memindahkan gaya pada pelat pertemuan titik simpul atau pada pelat sambungan batang sehingga terjadi keseimbangan gaya, maka bout harus mempunyai persyaratan kekakuan tertentu.

Beberapa perhitungan bout adalah sebagai berikut.

2.1. Kekuatan Bout

Bila moer bout dikencangkan, maka pada bout bekerja gaya tarik K dan gaya puntir. Gaya tarik K akan membuat bout memanjang, tetapi hal ini tidak terjadi karena adanya pelat pertemuan atau pelat sambungan batang. Akibatnya pada pelat tersebut timbul gaya melawan sebesar K . Gaya puntir akan menimbulkan gaya tahanan geser antara moer dan bout sebesar W .

Uraian gaya pada saat mengencangkan bout dapat digambarkan sebagai berikut.



$$\Delta pqr \sim \Delta acb \rightarrow pr : qr = ab : cb$$

$$\pi dr : S = K : P$$

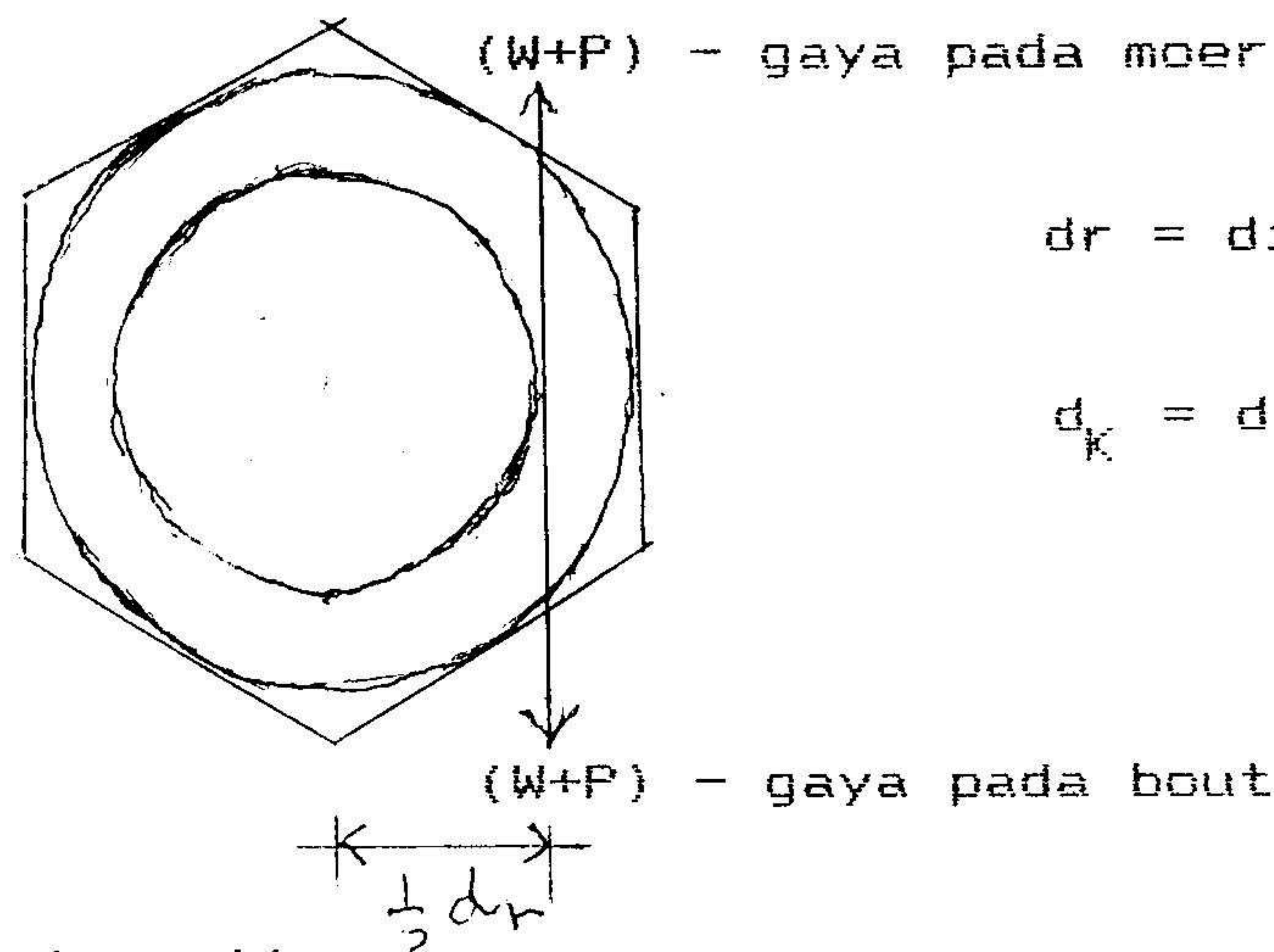
$$P = K \frac{S}{\pi dr}$$

$$W = N \cdot \mu, \text{ dimana } N = 1,2 K$$

$$\mu = 0,15$$

$$W = 1,2 K \times 0,15 = 0,18 K$$

Total gaya (P+W) mengakibatkan moment puntir.



dr = diameter rata-rata

d_k = diameter inti

Moment puntir

$$M_w = \frac{1}{2} d_r (W+P)$$

Tegangan puntir

$$\tau_w = \frac{M_w}{W_w}, \text{ dimana } W_w = 0,1 d_k^3$$

$$\tau_w = \frac{\frac{1}{2} d_r (W+P)}{0,1 d_k^3} = \frac{d_r (W+P)}{0,2 d_k^3}$$

$$= \frac{d_r \left(0,18K + K \frac{S}{\pi d_r} \right)}{0,2 d_k^3}$$

$$= \frac{0,18 K d_r + 0,32 K S}{0,2 d_k^3} = \frac{K}{d_k^3} (0,9 d_r + 1,6 S)$$

Tegangan tarik

$$\sigma_t = \frac{K}{\frac{\pi}{4} d_k^2}$$

Resultante tegangan

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_t^2 + 4\tau_w^2}$$

$$= \sqrt{\left[\frac{K}{\frac{\pi}{4} d_k^2} \right]^2 + 4 \left[\frac{K}{d_k^3} (0,9 d_r + 1,6S) \right]^2}$$

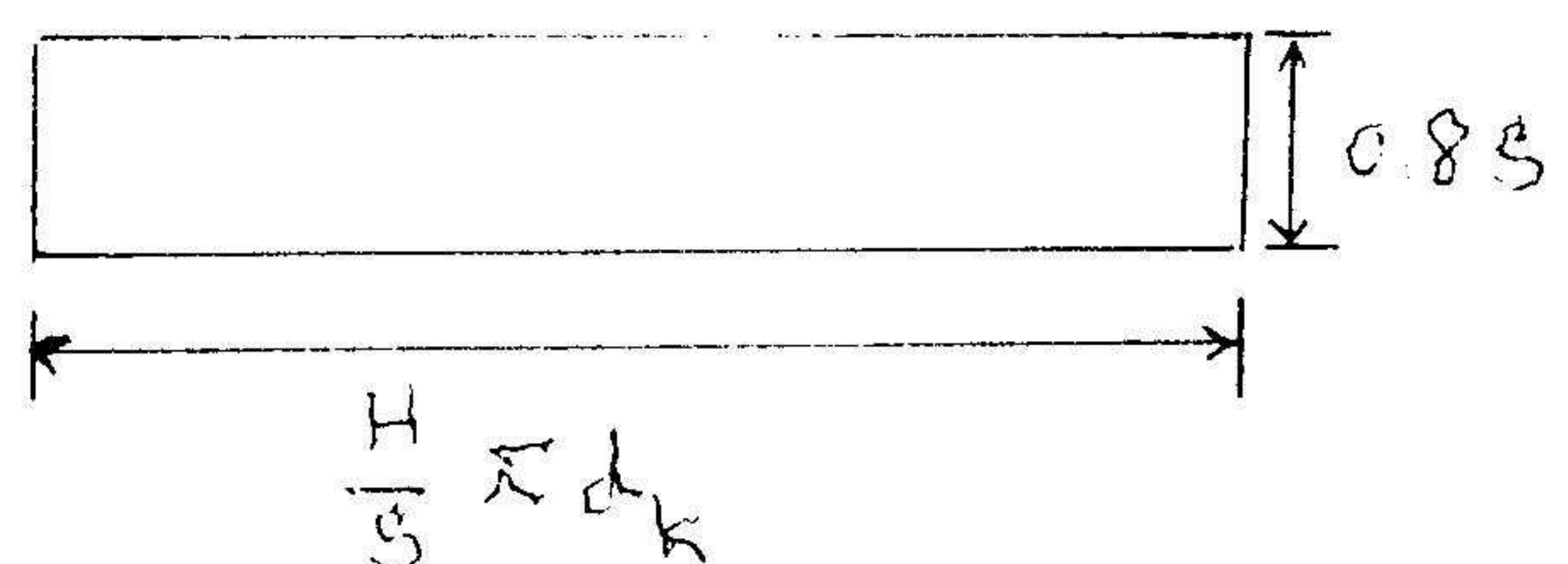
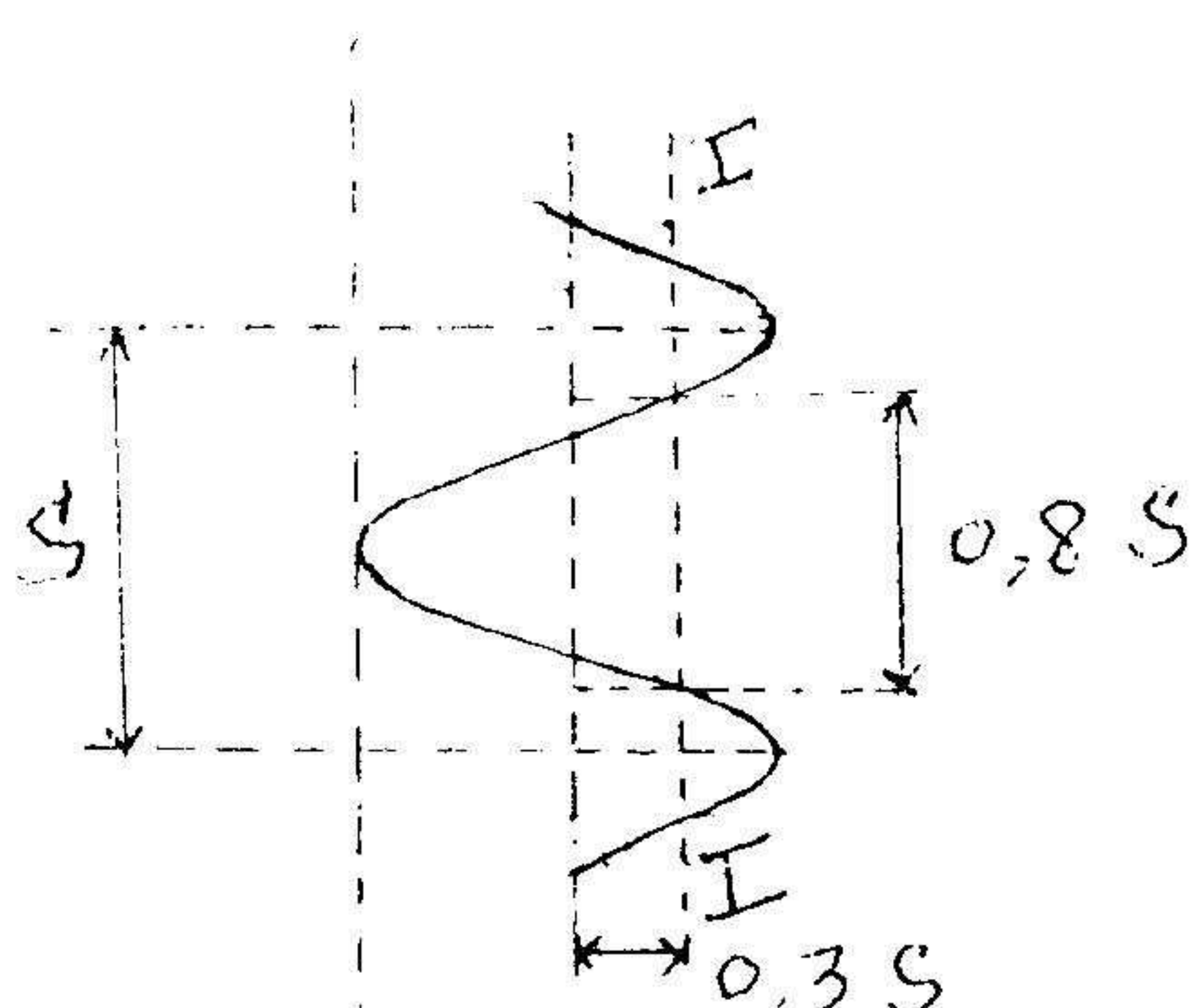
Bout cukup kuat menahan gaya K pada saat pengencangan bout bila $\sigma_i < \bar{\sigma}_a$, dimana $\bar{\sigma}_a$ = tegangan izin.

2.2. Kekuatan Ulir Bout

Jika mengencangi bout melampaui batas kekuatan ulir, maka bout akan putus. Pada ulir bekerja gaya bengkokan dan gaya gesekan.

2.2.1. Momen Bengkokan

Bila tinggi moer = H dan jarak ulir = S, maka jumlah ulir = H/S. Kalau jumlah ulir ini dikembangkan menjadi = (H/S) πd_k dengan lebar = 0,8 S.



Titik tangkap gaya K adalah pada penampang berbahaya yaitu pot I-I, $0,3 S$ dari sumbu ulir.

$$\text{Momen bengkokan } M_b = 0,3 S \times K$$

$$M_b = W_b \times \sigma_b$$

$$\begin{aligned} \text{dimana } W_b &= \frac{1}{6} \left(\frac{H}{S} \pi d_k \right) (0,8 S)^2 \\ &= 0,33 H d_k S \end{aligned}$$

$$0,3 S \times K = 0,33 H d_k S \times \sigma_b$$

$$K = 1,1 H d_k S \times \sigma_b$$

$$\sigma_b = \frac{K}{1,1 H d_k S}$$

2.2.2. Gaya Gesekan

Akibat gaya K pada penampang I-I terjadi tegangan gesekan.

$$\begin{aligned} \tau_g &= K/F \quad \text{dimana } F = \frac{H}{S} \pi d_k \times 0,8 S \\ &= 2,5 H d_k \end{aligned}$$

$$\tau_g = \frac{K}{2,5 H d_k S}$$

Resultante tegangan

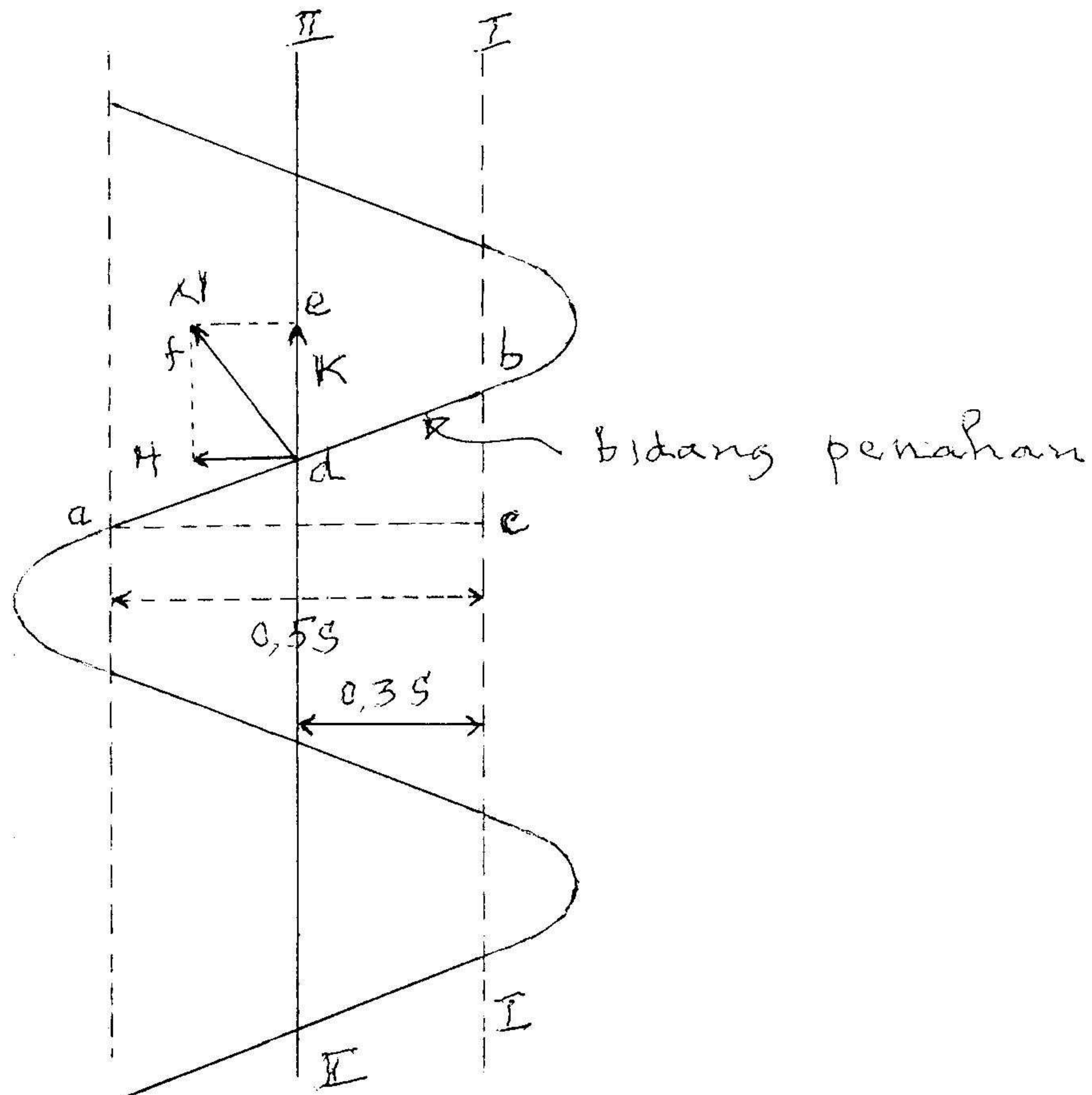
$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau_g^2}$$

$$\sigma_i = \sqrt{\left[\frac{K}{1,1 H d_k S} \right]^2 + 3 \left[\frac{K}{2,5 H d_k S} \right]^2}$$

Ulir cukup kuat menahan gaya K pada saat pengencangan baut bila $\sigma_i < \bar{\sigma}_a$, dimana $\bar{\sigma}_a$ = tegangan izin.

2.3. Kekuatan Bidang Penahan

Pada waktu mengencangi bout, terjadi gaya tekan pada bidang penahan. Bila gaya tekan ini melampaui kekuatan bidang penahan maka terjadi kerusakan pada permukaan bidang kontak (bout dol).



Gaya K pada bidang penahan diuraikan menjadi gaya N dan H .

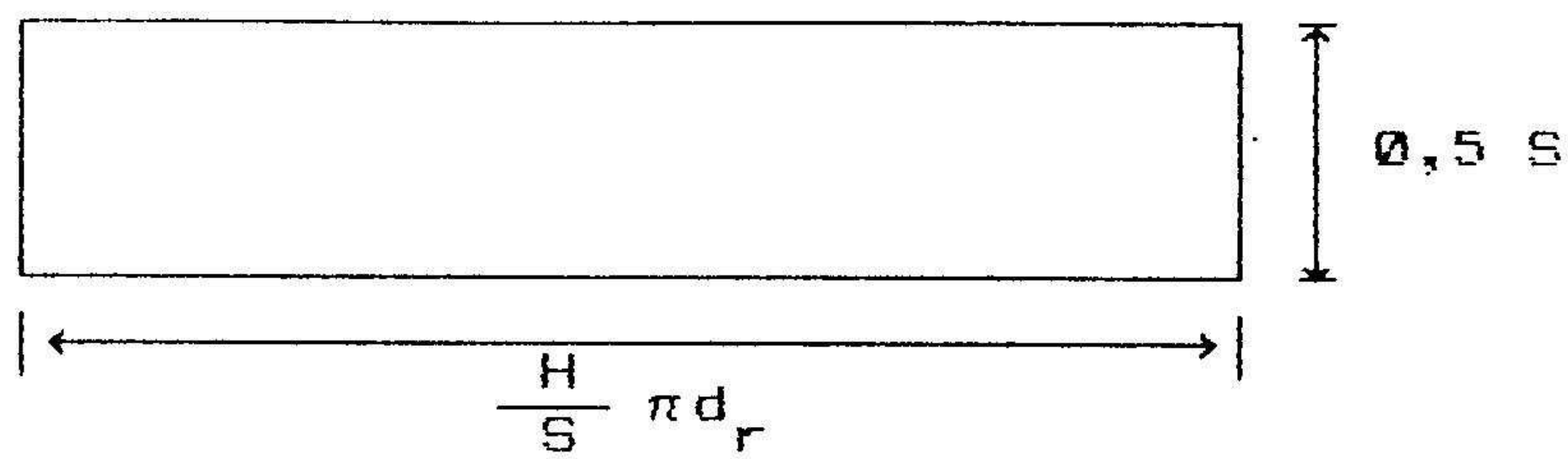
$$\Delta fde \sim \Delta bac$$

$$fd : ab = de : ac$$

$$N_{\text{eff}} = N_{\text{eff}}$$

Bila $ab = 1$ artinya yaitu satuan bidang pendukung, maka $N = K/ac$.

ac adalah bidang proyeksi dari ab. Bidang proyeksi ini dapat dihitung sebagai berikut,



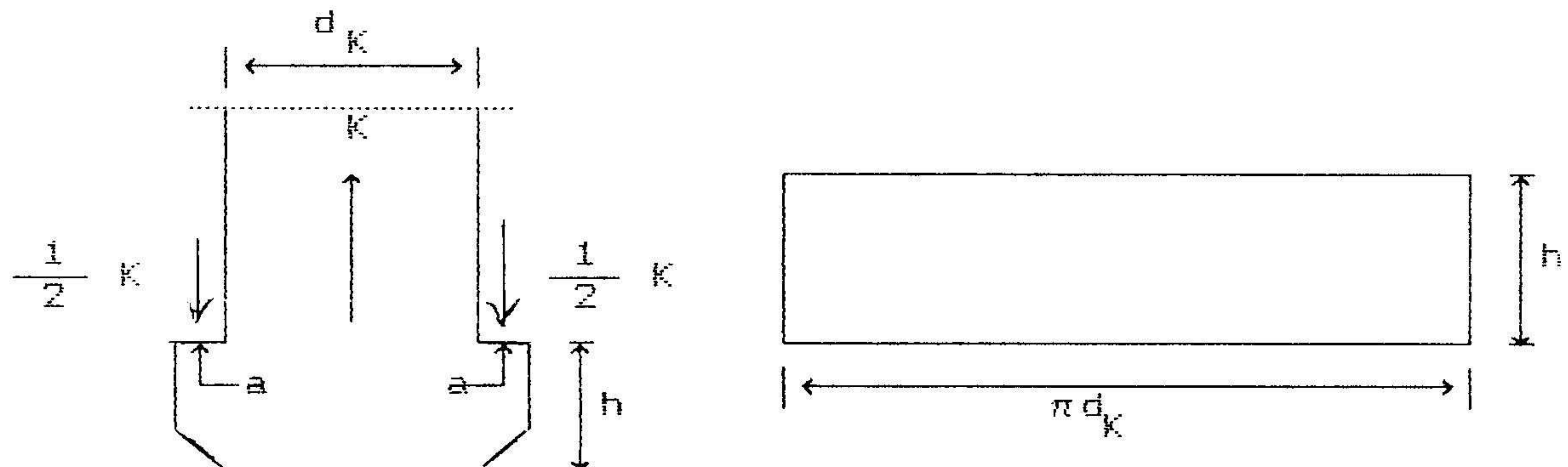
$$\text{Luas bidang ac} = \frac{H}{S} \pi d_r \times 0,5 S = 1,57 H d_r$$

$$K = N_{ac} = N \times 1,57 H d_r$$

Supaya bout tidak dol pada saat pengencangan bout, maka $K \leq 1,57 \times N \times H d_r$, dimana $N = ab \times \bar{\sigma}_a$.

2.4. Kekuatan Kepala Bout

Gaya tarik K pada bout harus dapat ditahan oleh kepala bout.



Akibat gaya K pada kepala bout, terjadi momen bengkokan dan gaya geser.

Momen bengkokan

$$M_b = 2 \left(\frac{1}{2} K \cdot a \right) = K \cdot a$$

$$W_b = \frac{1}{6} \pi d_K h$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{K \cdot a}{\frac{1}{6} \pi d_K h}$$

Tegangan geser

$$\tau = \frac{K}{\pi d_K h}$$

Resultante

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2}$$

Kepala baut akan kuat menahan gaya tarik K , bila

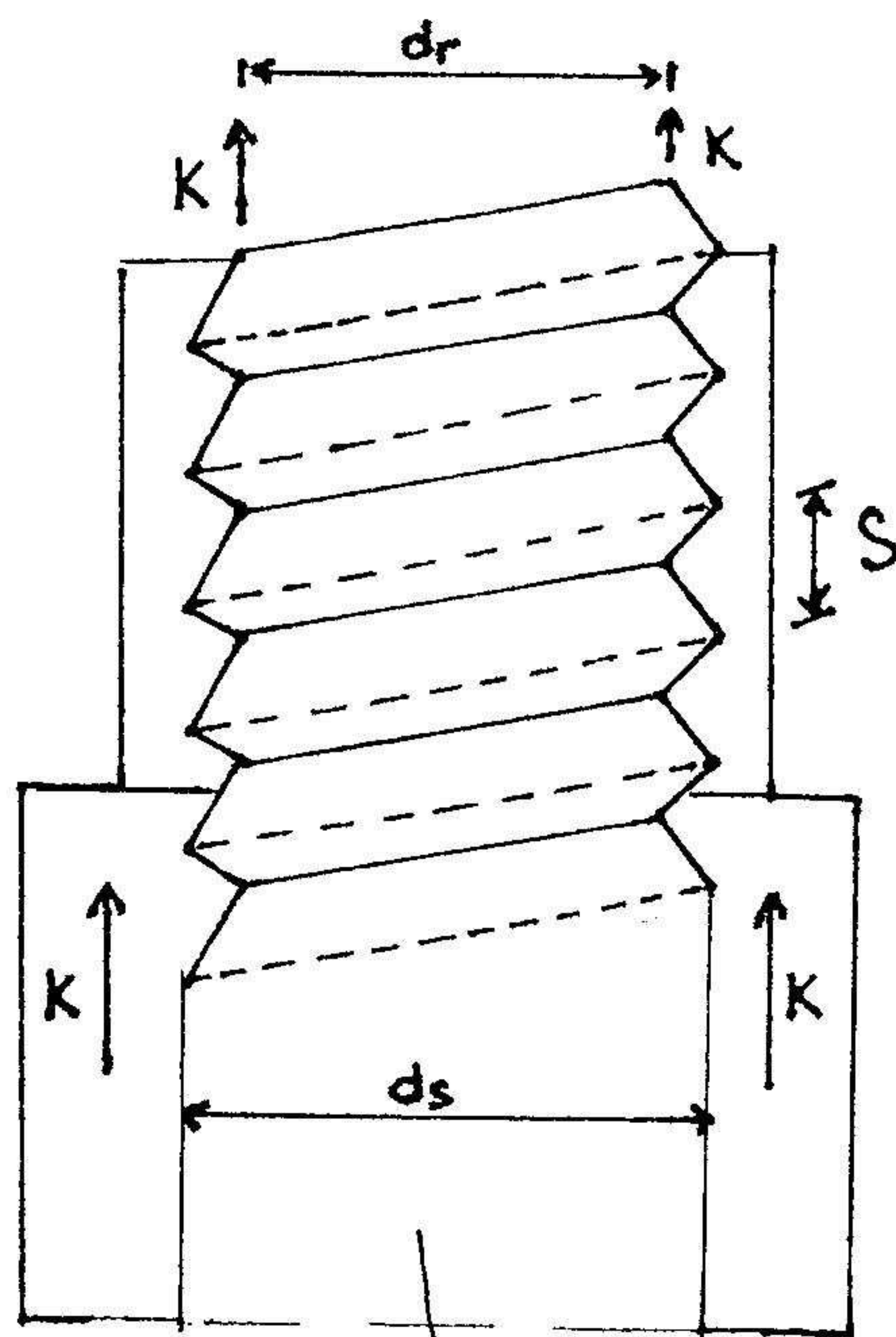
$\sigma_i < \bar{\sigma}_a$, dimana $\bar{\sigma}_a$ = tegangan izin.

2.5. Momen Pada Kunci Moer/Momen Torsi

Kunci moer harus dapat menghasilkan gaya P yang besarnya sekurang-kurangnya sama dengan $(W + W_s)$, dimana

W = gesekan moer dan ulir

W_s = gesekan moer dan bidang kontak



Titik tangkap P dan W berimpit yaitu $\frac{1}{2} d_r$ dan titik tangkap W_s pada $\frac{1}{2} d_s$.

→ batang baut

Momen pada kunci moer

$$M = \frac{1}{2} d_r (W + P) + \frac{1}{2} d_s W_s$$

Untuk ulir sekrup segitiga, koefisien moer dan ulir 0,18, maka

$$W = 0,18 K$$

$$P = K \frac{S}{\pi d_r}$$

Koefisien gesekan moer dan bidang kontak = 0,2

$$W_s = 0,2 K$$

$$\therefore M = \frac{1}{2} d_r (0,18 K + \frac{K.S}{\pi d_r}) + \frac{1}{2} d_s \cdot 0,2 K$$

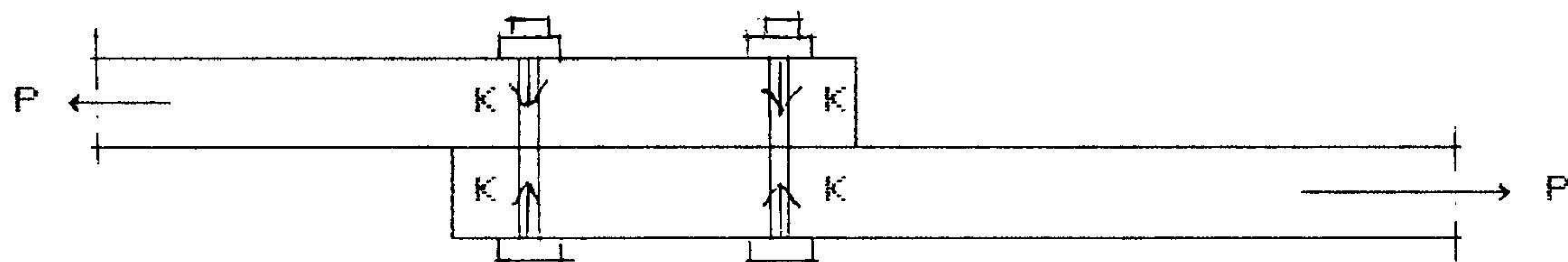
$$= 0,09 K d_r + 0,16 K.S + 0,1 K d_s$$

$$= K (0,09 d_r + 0,16 S + 0,1 K d_s)$$

$$\text{dimana } d_s = \frac{d + \text{diameter kunci moer}}{2}$$

d = diameter luar bout

2.6. Batas Kekencangan Bout



Bila gaya P kecil, maka bout belum akan bergeser (belum bekerja). Secara berangsur-angsur gaya P dibesarkan, maka gaya geser membesar dan suatu ketika mencapai batas permukaan dimana bout mulai bergeser (bekerja). Dari hasil penelitian ternyata batas ini adalah $T_{\text{geser}} = 500 \text{ kg/cm}^2$. Gaya geser ini ada hubungannya dengan gaya tarik dan kekencangan bout. Makin dikencangi bout, makin besar gaya tarik K dan makin besar pula kemampuan menahan gaya geser.

Dari kaidah di atas akan dicari batas bawah kekencangan bout (batas dimana bout mulai bekerja) dan batas atas kekencangan bout (batas dimana bout masih kuat memikul momen torsi).

Batas bawah kekencangan bout diperoleh dengan anggapan $\tau_{geser} = 500 \text{ kg/cm}^2$

$$P_{ges} = \frac{\pi d_k^2}{4} \times \tau_{ges}$$

Akibat gaya tarik K, maka gaya geser yang timbul

$$P_{ges} = f \times \frac{\pi d_k^2}{4} \times \sigma_t$$

$$f \times \frac{\pi d_k^2}{4} \times \sigma_t = \frac{\pi d_k^2}{4} \times \tau_{ges}$$

$$\sigma_t = \frac{\tau_{ges}}{f}$$

Dengan anggapan koefisien geser antara moer dan bidang kontak

$f = 0,2$ maka dapat dihitung,

$$\sigma_t = \frac{500}{0,2} = 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} \therefore \tau_{ges} = 500 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow K &= \sigma_t \times \frac{\pi d_k^2}{4} = 2500 \times \frac{\pi \times 2,272^2}{4} \\ &= 10130 \text{ kg} \end{aligned}$$

Selanjutnya dapat dihitung momen torsi sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{- Data bout : } d &= 24 \text{ mm} \\ S &= 3,17 \text{ mm} \\ d_r &= 23,36 \text{ mm} \end{aligned}$$

diameter moer 41,00 mm

$$\rightarrow d_s = \frac{23,36 + 41,00}{2} = 32,18 \text{ mm}$$

- Mutu bahan 10.9

$$\sigma_y = 9000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma_y}{1,67} = \frac{9000}{1,67} = 5389 \text{ kg/cm}^2$$

$$K = \frac{\pi d_k^2}{4} \bar{\sigma} = \frac{\pi \times 22,72^2}{4} \times 5389 = 21837 \text{ kg}$$

- Momen Torsi

$$\begin{aligned} M &= K (0,09 d_r + 0,16 S + 0,1 d_s) \\ &= 10130 (0,09 \times 23,36 + 0,16 \times 3,17 + 0,1 \times 32,18) \\ &= 10130 (2,10 + 0,51 + 3,22) = 59058 \text{ kg mm} \\ &= 579 \text{ Nm} \sim 600 \text{ Nm.} \end{aligned}$$

Batas atas mengencangi bout dapat dihitung dengan mengambil asumsi tegangan izin

$$\bar{\sigma} = 5389 \text{ kg/cm}^2$$

$$K = 21837 \text{ kg}$$

- Momen torsi

$$\begin{aligned} M &= K (0,09 d + 0,16 S + 0,1 d) \\ &= 21837 (0,09 \times 23,36 + 0,16 \times 3,17 + 0,1 \times 32,18) \\ &= 21837 (3,10 + 0,51 + 3,22) = 127309 \text{ kg mm} \\ &= 1248 \text{ Nm} \sim 1200 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Jadi untuk mutu bout 10.9

* Batas bawah mengencangi bout 600 Nm.

* Batas atas mengencangi bout 1200 Nm.

Untuk Mutu Bout 8.8

$$\sigma_y = 6400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma_y}{1,67} = 3832 \text{ kg/cm}^2$$

$$K = \frac{\pi \times 2,272^2}{4} \times 3832 = 15528 \text{ kg/cm}^2$$

Batas mengencangi bout

$$\begin{aligned} M &= K (0,09 d_r + 0,16 S + 0,1 d_s) \\ &= 15528 (0,09 \times 23,36 + 0,16 \times 3,17 + 0,1 \times 32,18) \\ &= 15528 (3,10 + 0,15 + 3,22) = 90528 \text{ kg mm} \\ &= 887 \text{ Nm} \sim 900 \text{ Nm.} \end{aligned}$$

Jadi untuk mutu bout 8.8

- * Batas bawah mengencangi bout 600 Nm
- * Batas atas mengencangi bout 900 Nm.

III. PENGUJIAN

Telah dilakukan pengujian di laboratorium dan di lapangan. Pengujian di laboratorium dilakukan dengan mempersiapkan beberapa benda uji bout yang digunakan untuk jembatan rangka baja. Dari pengujian ini dapat diketahui mutu bout. Untuk pengujian kekencangan bout telah dipersiapkan beberapa profil baja mutu tinggi yang dilobangi pada flensnya tempat mengikatkan bout yang diuji. Dari pengujian ini dapat dicari hubungan kekencangan bout dan kuat tarik bout. Pada Jembatan rangka baja Australia yang lokasinya didepan gedung laboratorium Balai Konstruksi, dilakukan pengujian kekencangan bout dengan suara pukulan palu besi.

Pengujian di lapangan dilakukan dengan mengambil lokasi jembatan rangka baja yang lengang lalu-lintas kendaraan serta jalan masuk dan keluar jembatan lurus. Pada jembatan ini dilakukan pengujian dengan beban truk diam di tengah bentang jembatan dan pengujian getaran untuk kecepatan truk tertentu.

3.1. Pengujian di Laboratorium

Beberapa pengujian telah dilakukan di laboratorium terdiri dari :

- 3.1.1. Pengujian mutu bout
- 3.1.2. Pengujian kekencangan bout dan kuat tarik
- 3.1.3. Pengujian kekencangan bout dan suara pukulan palu besi

3.1.1. Pengujian Mutu Bout

Telah dilakukan pengujian mutu bout dengan benda uji menggunakan bout Ø24 mm dibentuk menjadi ukuran benda uji standar, maka dengan menggunakan mesin tarik, benda uji ditarik sampai putus. Hasil pengujian tercantum

dalam tabel 1 dan tabel 2 (lampiran).

3.1.2. Pengujian Kekencangan Bout dan Kuat Tarik

Sesai dengan mutu bout yang digunakan pada jembatan rangka baja yaitu mutu bout 10.9 dan mutu bout 8.8, maka dilakukan pengujian kekencangan bout dan kuat tarik meliputi dua mutu bout tersebut di atas.

Pada benda uji bout dipasang/dilemkan pada batang bout, kawat halus yang sangat peka terhadap perubahan regangan "Strain Gauge". Selanjutnya bout ini dipasang pada profil baja DIN yang sudah dipersiapkan lobang-lobang pada flensnya. Pada waktu bout ini dikencangkan maka pada batang bout timbul gaya tarik sebagai reaksi dari momen torsi pengencangan bout. Gaya tarik ini mengakibatkan regangan pada permukaan batang yang nilainya dicatat oleh "Recorder Vishey". Momen torsi dapat dibaca pada alat "Torsimeter" yang digunakan. Dengan mengatur nilai momen torsi yang dikehendaki maka dapat dibaca regangannya, selanjutnya dapat dihitung tegangan serta gaya tarik yang bekerja.

Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 3, tabel 4, tabel 5 (lampiran). Grafik 1 sampai dengan 5 (lampiran) untuk kekencangan bout tanpa ring. Grafik 6 sampai dengan 10 (lampiran) untuk kekencangan bout dengan ring polos. Grafik 11 sampai dengan 15 (lampiran) untuk kekencangan bout dengan ring benjol.

Kelompok mutu bout 10,9 dan mutu bout 8,8, berbeda dalam kuat tarik putus, kuat tarik leleh dan ulur putus. Dari tabel 1 dan tabel 2 dapat dilihat mutu bout 10.9 mempunyai besaran kuat tarik putus dan kuat tarik leleh lebih besar dari mutu bout 8.8 karena mutu boutnya lebih tinggi. Sedangkan untuk ulur putus ternyata mutu bout 10.9 lebih kecil dari mutu bout 8.8 karenanya menjadi lebih getas.

Dalam pengujian ini kedua mutu bout ini tidak dipisahkan dan besaran momen torsi yang dapat dilakukan di laboratorium terbatas maximum 1000 Nm.

Untuk mutu bout 8.8 dapat dicapai batas maximum momen torsi yaitu 900 Nm; sedangkan untuk mutu bout 10.9 dengan batas maximum momen torsi meter yaitu 1200 Nm dapat didekati dengan grafik.

3.1.3. Pengujian Kekencangan Bout dan Suara Pukulan Palu Besi

Pengujian ini dilakukan pada jembatan rangka baja type Australia, yaitu jembatan untuk praktek louncing pada lokasi di depan gedung laboratorium Balai Konstruksi. Pengujian ini dilakukan untuk mencari hubungan antara kekencangan bout dengan suara pukulan palu besi. Hal ini sangat membantu dalam memeriksa bout-bout yang sudah dikencangi pada pelaksanaan pengencangan bout jembatan rangka baja yang sedang dibangun atau dalam hal monitoring kekencangan bout jembatan rangka baja yang baru dibangun atau dalam hal untuk mengevaluasi kekencangan bout jembatan rangka baja yang lama.

Dalam penelitian ini, dilakukan pemukulan dengan palu besi pada tiap-tiap kepala bout dari suatu kelompok bout pada pelat pertemuan tertentu. Dengan mengatur kekencangan bout momen torsi tertentu dilakukan pukulan akan memberikan suatu suara pukulan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan ternyata sulit membedakan suara pukulan untuk kekencangan bout momen torsi 600 Nm dengan kekencangan bout momen torsi 700 Nm, 800 Nm dan seterusnya. Tetapi dengan latihan ketajaman pendengaran, setelah dilakukan berkali-kali latihan maka dapat diperoleh kepekaan suara pukulan bout yang kendur dengan bout yang kencang.

Suara pukulan bout yang kendur artinya kekencangan bout

belum memenuhi kekencangan standar dan suara pukulan bout yang kencang artinya kekencangan bout memenuhi standar sesuai dengan mutu boutnya.

3.2. Pengujian di Lapangan

Lokasi jembatan yang dipilih harus memenuhi katagori yaitu jalan masuk dan keluar harus lurus serta lalu-lintas kendaraan yang melewati jembatan cukup sepi. Persyaratan jalan masuk dan jalan keluar harus lurus dimaksudkan supaya tidak membahayakan kendaraan truck dengan suatu kecepatan tertentu pada saat melakukan pengujian getaran jembatan. Persyaratan kendaraan yang melewati jembatan cukup sepi dimaksudkan supaya selama pengujian tidak sampai menyebabkan kemacetan kendaraan yang cukup banyak. Dari survai lokasi beberapa jembatan rangka baja di Propinsi Jawa Barat, akhirnya dipilih jembatan rangka baja type Australia yaitu jembatan Citanduy, Km. Bdg 94,180, No. 022 05 701, panjang bentang 50,00 m, selesai dan mulai dioperasikan pada bulan Mei 1988.

Beberapa pengukuran telah dilakukan meliputi :

- 3.2.1. Pengukuran Lendutan Jembatan
- 3.2.2. Pengukuran Getaran Jembatan
- 3.2.3. Evaluasi Kekencangan Bout Jembatan Rangka Baja.

3.2.1. Pengukuran Lendutan Jembatan

Pada pengukuran ini dimaksudkan untuk memperoleh data pengaruh kekencangan bout terhadap lendutan jembatan dan sekaligus gaya pada batang rangka.

Mengingat segi keamanan jembatan, maka tidak semua bout dikendorkan. Lokasi bout yang dipilih adalah lokasi pelat pertemuan ditengah bentang jembatan yang memberikan lendutan terbesar. Hasil pengukuran lendutan dapat dilihat pada gambar 1. Lokasi truk yaitu memberikan beban terbesar pada jembatan dimana pada

posisi titik berat truk dan bebannya berimpit pada as tengah-tengah bentang jembatan.

Dengan menggunakan alat ukur water pass dan batang rambu ukur, mula-mula dilakukan tanpa ada beban truk atau kendaraan lainnya melalui jembatan. Rambu ukur dipasang pada posisi titik-titik pelat pertemuan sehingga didapat ordinat dari titik-titik tersebut. Selanjutnya jembatan dibebani dengan truk pada posisi beban terbesar dan dengan cara yang sama dilakukan pengukuran pada titik-titik pelat pertemuan sehingga diperoleh ordinat dari titik-titik tersebut. Untuk melihat pengaruh kekencangan bout terhadap lendutan jembatan, maka pada penelitian ini dilakukan variasi kekencangan bout pada torsi 500 Nm dan 800 Nm. Hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 1.

Bersamaan dengan pengukuran lendutan, juga diukur gaya pada batang rangka. Untuk ini dipasang/ditempelkan alat "Strain Gauge" pada batang yang diukur. Kabel-kabel alat ukuran ini dihubungkan dengan alat pencatat regangan (Strain- Recorder) vishey, sehingga dapat dibaca regangan yang terjadi akibat beban truk. Pengukuran regangan ini hanya terbatas pada beberapa batang tertentu dari batang tepi atas, batang tepi bawah dan batang diagonal. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 6.

Sebagai perbandingan dari pengukuran di lapangan, maka dapat dilakukan penghitungan secara teoritis. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 7 sampai dengan tabel 11.

3.2.2. Pengukuran Getaran Jembatan

Pada waktu pengukuran dilakukan, lalu-lintas orang dan kendaraan yang melewati jembatan ditutup. Dengan kekencangan seluruh bout sebagaimana adanya, maka

kendaraan truk dilewatkan dengan kecepatan 30 km/jam dan getaran jembatan mulai kendaraan memasuki jembatan sampai meninggalkan jembatan, direkam getarannya dengan alat Vibrocorder. Hasil rekaman getaran pada lampiran.

Selanjutnya pada titik simpul plat pertemuan batang tepi bawah dan batang diagonal pada lokasi tengah-tengah bentang, seluruh bout-boutnya dikendorkan mencapai kekencangan momen torsi 800 Nm. Lalu-lintas orang dan kendaraan yang melewati jembatan ditutup. Dengan kecepatan truk 30 km/jam melewati jembatan yang getarannya direkam alat vibrocorder. Hasil rekaman getaran pada lampiran.

Dengan cara yang sama seperti di atas, disini seluruh bout pada lokasi pelat pertemuan yang sama lebih dikendorkan lagi mencapai kekencangan momen torsi 500 Nm. Hasil rekaman getaran pada lampiran.

Dari hasil rekaman getaran jembatan dapat dilihat :

- * Pola getaran jembatan mulai kendaraan masuk jembatan sampai kendaraan mencapai tengah-tengah bentang jembatan menunjukkan pola getaran yang sama.
- * Pengaruh kekencangan bout terlihat mulai dari tengah-tengah bentang jembatan sampai kendaraan meninggalkan jembatan. Di sini terlihat pola getaran yang berbeda.
- * Pada kekencangan momen torsi 500 Nm, getaran jembatan dari tengah-tengah bentang jembatan sampai kendaraan keluar jembatan, menunjukkan getaran yang sama yaitu amplitudo, waktu getaran dan frekwensi yang sama.

3.2.3. Evaluasi Kekencangan Bout

Untuk mengevaluasi kekencangan bout dari beberapa jembatan rangka baja yang ada maka dilakukan dengan menggunakan suara pukulan pada bout. Suara pukulan pada bout yang kencang dengan bout yang kendur menunjukkan adanya perbedaan yaitu suara pukulan pada bout yang kencang lebih nyaring dari pada bout yang kendur.

Sebelum ke lapangan, petugas teknisi dilatih telinganya membedakan suara pukulan bout yang kencang dan bout yang kendur. Untuk ini dilakukan latihan pada jembatan rangka baja Australia yang berlokasi di depan laboratorium Balai Konstruksi Jembatan dan Bangunan Pelengkap Jalan.

Jembatan-jembatan rangka baja yang dievaluasi kekencangan boutnya adalah :

* Jembatan Cideres deet

Km. CRB 46.273 No. 022 023 47

Type Rangka Baja Australia

Panjang bentang 45.00 m

Dibuka Juli 1988

Kekencangan bout rata-rata > 1000 Nm.

* Jembatan Cisambeng

Km. CRB 41.641 No. 022 023 40

Type Rangka Baja Australia

Panjang bentang 50.00 m

Dibuka Juli 1988

Kekencangan bout rata-rata > 1000 Nm.

Ada bout yang putus dan dol.

* Jembatan Cisambeng I

Km. CRB 033.652 No. 022 023 029

Type Rangka Baja Australia

Panjang bentang 50.00 m

Dibuka Desember 1990.

Kekencangan bout rata-rata > 1000 Nm.

* Jembatan Kalijaga

Km. CRB 033.847 No. -

Type Rangka Baja C.H.

Panjang bentang 40.00 m

Dibuka Oktober 1976

Kekencangan bout rata-rata > 1000 Nm.

* Jembatan Kalijaga II

Km. CRB 033.847 No. -

Type Rangka Baja Belanda

Panjang bentang 40.00 m

Dibuka Oktober 1976

Kekencangan bout rata-rata > 1000 Nm.

* Jembatan Cicatih

Km. BDG 117.740 No. 22.039.001

Type Rangka Baja Belanda

Panjang bentang 30.00 m

Dibuka 20 Juni 1982

Kekencangan bout rata-rata > 1000 Nm.

* Jembatan Cicareuh

Km. BDG 128.813 No. 22.039.003

Type Rangka Baja Belanda

Panjang bentang 35.00 m

Dibuka 6 Maret 1986

Kekencangan bout rata-rata > 1000 Nm.

* Jembatan Citarik

Km. BDG 144.972 No. 22.039.012

Type Rangka Baja Australia

Panjang bentang -

Dibuka April 1988

Kekencangan bout rata-rata 800 Nm.

* Jembatan Cimandiri

Km. BDG 150.300 No. -

Type Rangka Baja Australia

Panjang bentang (60.00 + 60.000) m

Dibuka Juni 199

Kekencangan bout rata-rata > 1000 Nm.

Dari hasil pengamatan kekencangan bout beberapa jembatan rangka baja, dapat diketahui :

- * Semua bout yang diperiksa dengan suatu pukulan palu besi menunjukkan ketidak seragaman kekencangan.
- * Dengan cara acak diperiksa kekencangan torsimeter ternyata umumnya type jembatan rangka baja Australia, CH, Belanda mempunyai kekencangan 1000 Nm lebih, tetapi ada juga yang kurang dari 1000 Nm.
- * Ada beberapa bout dari suatu plat pertemuan tidak berfungsi lagi karena putus atau dol.
- * Pada suatu jembatan terdapat kekencangan bout tidak merata.

IV. PEMBAHASAN

Dari beberapa hasil pengujian yang telah dilakukan, akan dibahas beberapa hal yang meliputi sebagai berikut :

4.1. Kekencangan Bout dan Tegangan

Pada pengujian ini dibedakan tiga pengujian yaitu pengujian tanpa ring, pengujian dengan ring polos dan pengujian dengan ring benjol.

4.1.1. Pengujian Tanpa Ring

Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa awal pengujian menunjukkan tegangan kecil. Hal ini disebabkan oleh gaya tahanan geser W antara moer dan bidang kontak (dibahas pada butir 3.1) cukup kecil berhubungan dengan permukaan bidang kontak cukup halus dari bahan profil bajanya sendiri. Makin dikencangkan bout makin kuat menekan bidang bidang kontak berarti gaya geser makin besar, yang berakibat tegangan tarik membesar. Arah membesarnya gaya tarik bout dengan kekencangan bout dapat dilihat pada grafik 1 sampai dengan 5 (lampiran).

4.1.2. Pengujian Dengan Ring Polos.

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa awal pengujian menunjukkan tegangan lebih besar. Hal ini disebabkan geser pada bidang kontak menggunakan ring polos sedikit lebih besar dari permukaan profil baja, sehingga gaya tahanan geser W yang dibangkitkan lebih besar berarti tegangan tarik lebih besar.

Makin dikencangi bout makin kuat menekan bidang kontak berarti gaya geser makin besar yang berakibat tegangan tarik membesar. Arah membesarnya gaya tarik bout dengan kekencangan bout dilihat pada grafik 6 sampai dengan 10.

4.1.3. Pengujian Dengan Ring Benjol.

Ring benjol ini dimaksudkan oleh pabrik sebagai kontrol batas kekencangan. Pada waktu mengencangi bout, benjolan yang ada makin lama makin gepeng dan pengencangan dihentikan bila benjolan sudah rata dengan permukaan ring. Akibat adanya benjolan akan memberikan penekanan lebih besar pada bidang kontak sehingga menghasilkan daya tahahan geser W menjadi lebih besar dan berarti tegangan tarik menjadi lebih besar. Hasil pengukuran pada tabel 5, arah membesarnya gaya tarik bout dengan kekencangan bout dapat dilihat pada grafik 11 sampai dengan 15.

4.2. Lendutan Jembatan

Untuk melihat karakteristik jembatan rangka baja ini, maka dilakukan beberapa tahapan pengukuran yaitu :

- (1) Jembatan ditutup dari pengaruh lalu-lintas orang dan kendaraan. Dalam hal ini yang bekerja adalah beban berat sendiri rangka baja dan pelat lantai beton.
- (2) Kondisi jembatan tetap dalam keadaan ditutup pada butir (1) tetapi seluruh bout pada titik pelat pertemuan di tengah bentang batang tepi bawah dan diagonal dikendorkan sampai mencapai kekencangan momen torsi 800 Nm.
- (3) Jembatan dibebani dengan truk pada lokasi titik berat truk berimpit dengan as jembatan ditengah-tengah bentang.
- (4) Kondisi jembatan dibebani dengan truk pada butir (3) tetapi seluruh bout pada plat pertemuan batang tepi bawah dan diagonal di tengah bentang dikendorkan

sampai mencapai kekencangan momen torsi 800 Nm.

- (5) Kondisi jembatan dibebani dengan truk pada (4) tetapi seluruh bout pada plat pertemuan batanmg tepi bawah dan diagonal di tengah bentang dikendorkan sampai mencapai kekencangan momen torsi 500 Nm.

Seluruh hasil Pengukuran ini dapat dilihat pada Gambar 1. Penjelasan hasil pengukuran pada gambar 1 sebagai berikut :

- * Hasil pengukuran sesuai dengan penjelasan pada butir (1) ternyata dalam keadaan jembatan kosong memberikan lawan lendut yang tidak simetris. Seharusnya lawan lendut terbesar pada titik tengah-tengah bentang yaitu titik 6, tetapi kenyataan pada titik 3. Hal ini kemungkinan disebabkan pada saat pengancangan bout ada beberapa titik simpul tertentu yaitu (4,5,6,7,8,9,10) pengencangan boutnya belum sempurna sehingga turun dari ordinat seharusnya.
- * Hasil pengukuran sesuai dengan penjelasan pada butir (2) ternyata ordinat pada titik 6 mengalami kenaikan ± 20 cm. Hal ini disebabkan oleh pengaruh pengendoran bout menyebabkan gaya batang berkurang sehingga regangan batang berkurang yang mengakibatkan titik simpul 6 terangkat ke atas. Penjelasan ini dapat dilihat pada butir 3.2.1.
- * Hasil pengukuran sesuai dengan penjelasan pada butir (4) dan butir (5), kalau keduanya dibandingkan ; ternyata pada titik simpul 6 pengendoran bout 500 Nm gaya bentang menjadi lebih rendah sehingga regangan menjadi lebih kecil dibandingkan dengan pada pengendoran bout 800 Nm. Penjelasan ini dapat dilihat pada butir 3.2.1.

4.3. Getaran Jembatan

Pengaruh kekencangan bout terlihat mulai dari titik simpul 6 tengah-tengah bentang yaitu seluruh bout-boutnya dikendorkan, ternyata makin dikendorkan makin memberikan getaran yang besar dan seragam. Hal ini disebabkan karena pengendoran bout mempengaruhi kekakuan jembatan. Makin kendor bout-boutnya makin kurang kaku yang berakibat getaran makin besar. Pada pengendoran bout diturunkan sampai kekencangan 500 Nm, terlihat getaran jembatan seragam dengan amplitudo yang sama, sepertinya tidak ada resonansi dari getaran-getaran lain.

V. KESIMPULAN

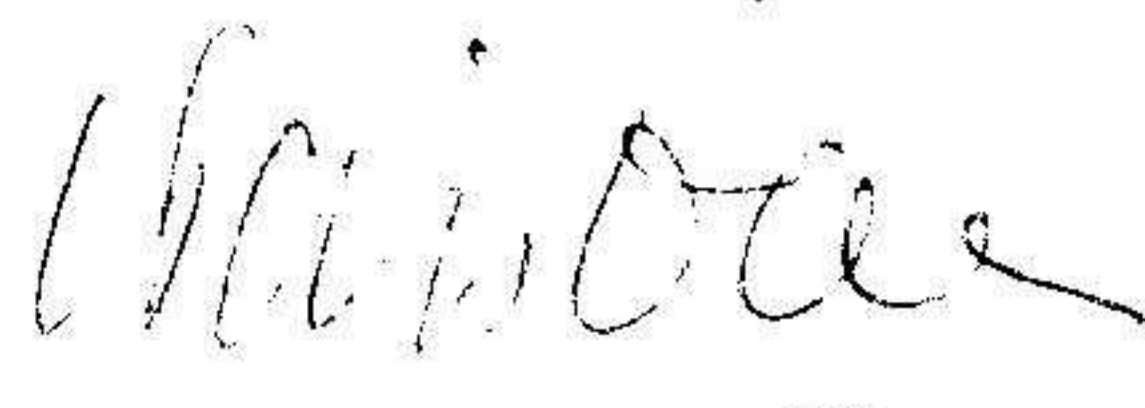
Dari data informasi dan pengujian di laboratorium serta di lapangan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 5.1. Diperlukan keseragaman pengencangan momen torsi tertentu dari seluruh bout titik simpul pelat pertemuan suatu jembatan rangka.
- 5.2. Besaran pengencangan momen torsi tertentu atau standar pengencangan ditentukan oleh mutu bout yang digunakan.
- 5.3. Pengencangan melebihi standar mengakibatkan bout menjadi putus atau dol (tidak berfungsi lagi).

Bandung, April 1996

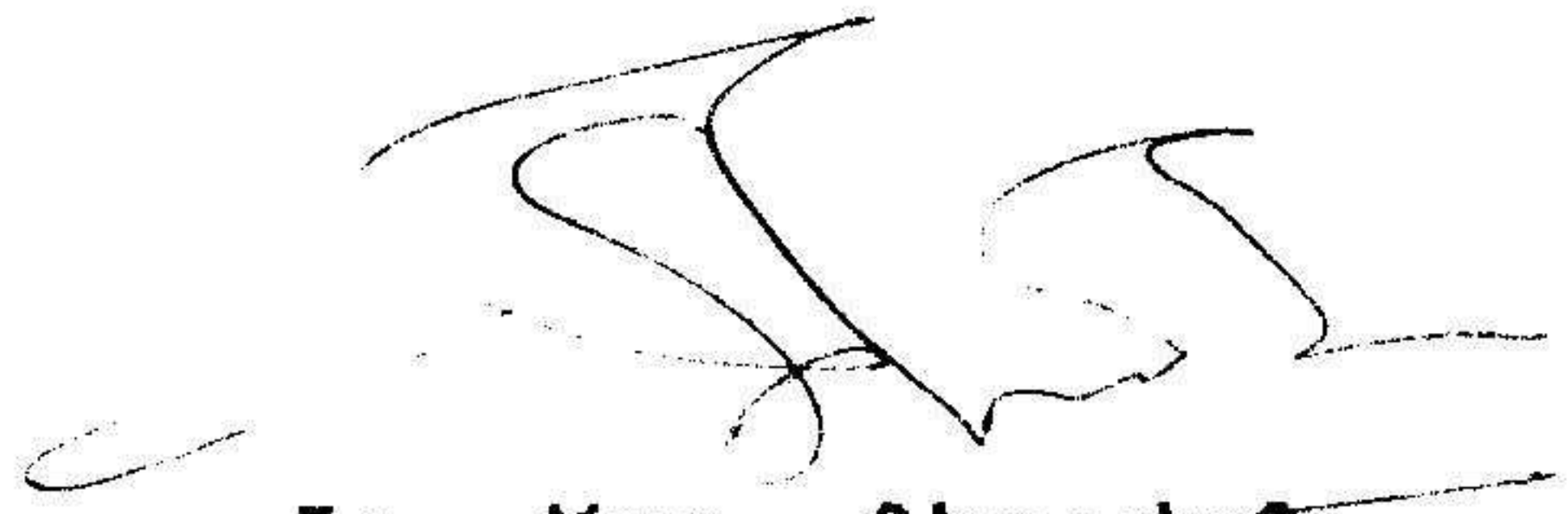
Peneliti,

Diperiksa,
Pemimpin Kelompok Bidang Keahlian
Jembatan Pelengkap Jalan


Ir. Laneke Tristanto

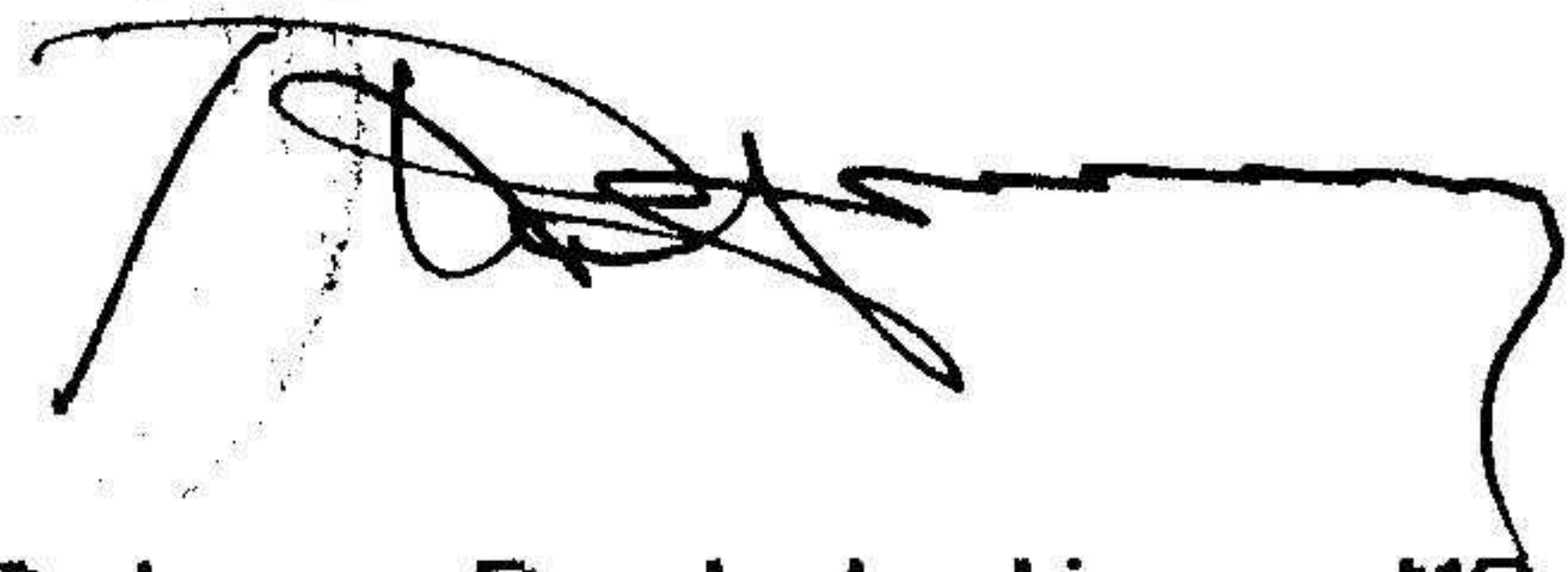
Nip. 110013248

Peneliti,


Ir. Kgs. Ahmad A.

Nip. 110027059

Disetujui,
Kepala Pusat Penelitian
dan Pengembangan Jalan


DR. Ir. Patana Rantetoding, MSc.

Nip. 110015630

DAFTAR PUSTAKA

1. Konstruksi Baja I oleh Prof. Ir. Loa, Terbitan Badan Penerbit Pekerjaan Umum 1978.
2. Ilmu Bangunan Pesawat oleh Gwerjwijn, terbitan Tecnic H Stam, Jakarta, 1972.
3. Standard Specification for High Strength Steel Bolts, classes 10.9 and 10.3 for Structural Steel Joints, ASTM A 490 M - 91.
4. Structural Steel Design, NAASRA Bridge Design Specification Section 7.
5. Designing Steel Structures Methods and Cases by Sol E. Cooper, terbitan Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 07632-1985.
6. Bridge Steel Design, by Bruce G. Johnston, terbitan Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey 07632 - 1986.
7. Design of Steel Structures, by S.M.A. Kazimi, terbitan Prentice-Hall of India Privated Limited, New Delhi - 110001 - 1981.
8. Brosur dari pabrik P.T. Kartika Alas Utama Bolts & Nuts Specialist.

TABEL 1

MUTU BOUT	NO BENDA UJI	KUAT TARIK PUTUS Kg/cm	KUAT TARIK LELEH Kg/cm	ULUR PUTUS %
10.9	1	10,500	9,400	9.5
	2	10,800	9,700	9.7
	3	11,000	9,900	10.0
	4	10,200	9,200	9.0
	5	10,000	9,000	9.0
	6	10,900	9,800	9.7
	7	11,020	9,900	10.0
	8	10,600	9,500	9.5
	9	10,700	9,600	9.5
	10	11,050	9,900	10.0

TABEL 2

MUTU BOUT	NO BENDA UJI	KUAT TARIK PUTUS Kg/cm	KUAT TARIK LELEH Kg/cm	ULUR PUTUS %
8.8	1	8,500	6,800	12.8
	2	8,200	6,500	12.2
	3	8,800	7,000	13.1
	4	8,300	6,600	12.4
	5	8,700	6,900	12.9
	6	8,000	6,400	12.0
	7	9,100	7,200	13.5
	8	8,900	7,100	13.3
	9	9,000	7,200	13.5
	10	9,200	7,300	13.7

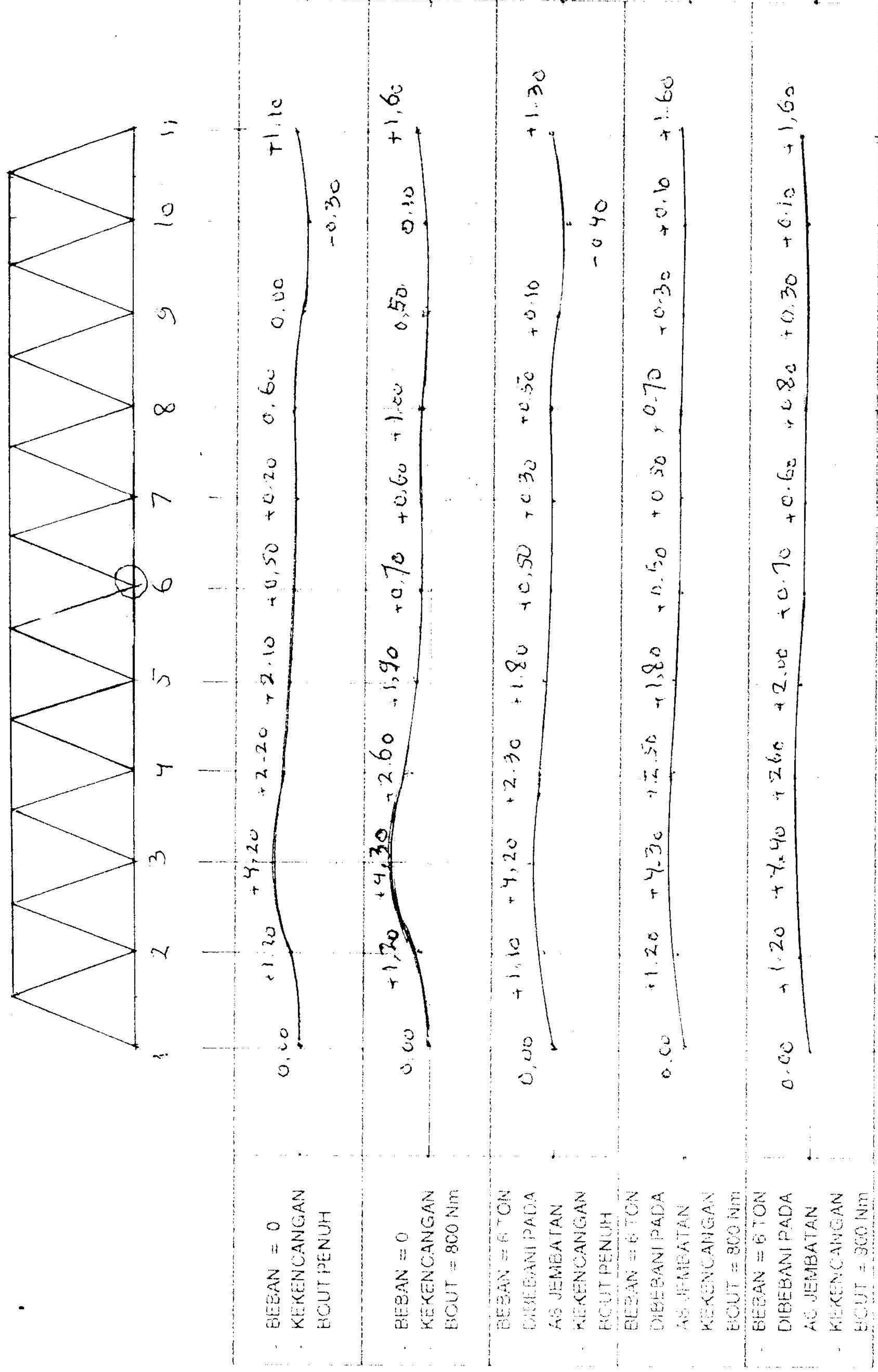
TABEL 3
KEKENCANGAN DAN TEGANGAN TARIK TANPA RING

M PENGU- TORSI JIAN (Nm)	1		2		3		4		5	
	REGANG $\times 10^{-6}$	TEGANG (Kg/cm ²)	REGANG $\times 10^{-6}$	TEGANG (Kg/cm ²)	REGANG $\times 10^{-6}$	TEGANG (Kg/cm ²)	REGANG $\times 10^{-6}$	TEGANG (Kg/cm ²)	REGANG $\times 10^{-6}$	TEGANG (Kg/cm ²)
200	59	125	61	128	62	130	86	180	124	260
300	195	410	205	430	238	500	295	620	343	720
400	310	650	329	690	354	743	481	1010	571	1200
500	470	988	576	1210	643	1350	714	1500	776	1630
600	724	1520	810	1700	943	1980	957	2010	1071	2250
700	1048	2200	1095	2300	1195	2510	1286	2700	1338	2810
800	1314	2760	1429	3000	1538	3230	1643	3450	1724	3620
900	1724	3620	1814	3810	2078	4364	2095	4400	2195	4610
1000	2214	4650	2267	4760	2492	5233	2619	5500	2667	5600

TABEL 4
KEKENCANGAN DAN TEGANGAN TARIK RING POLOS

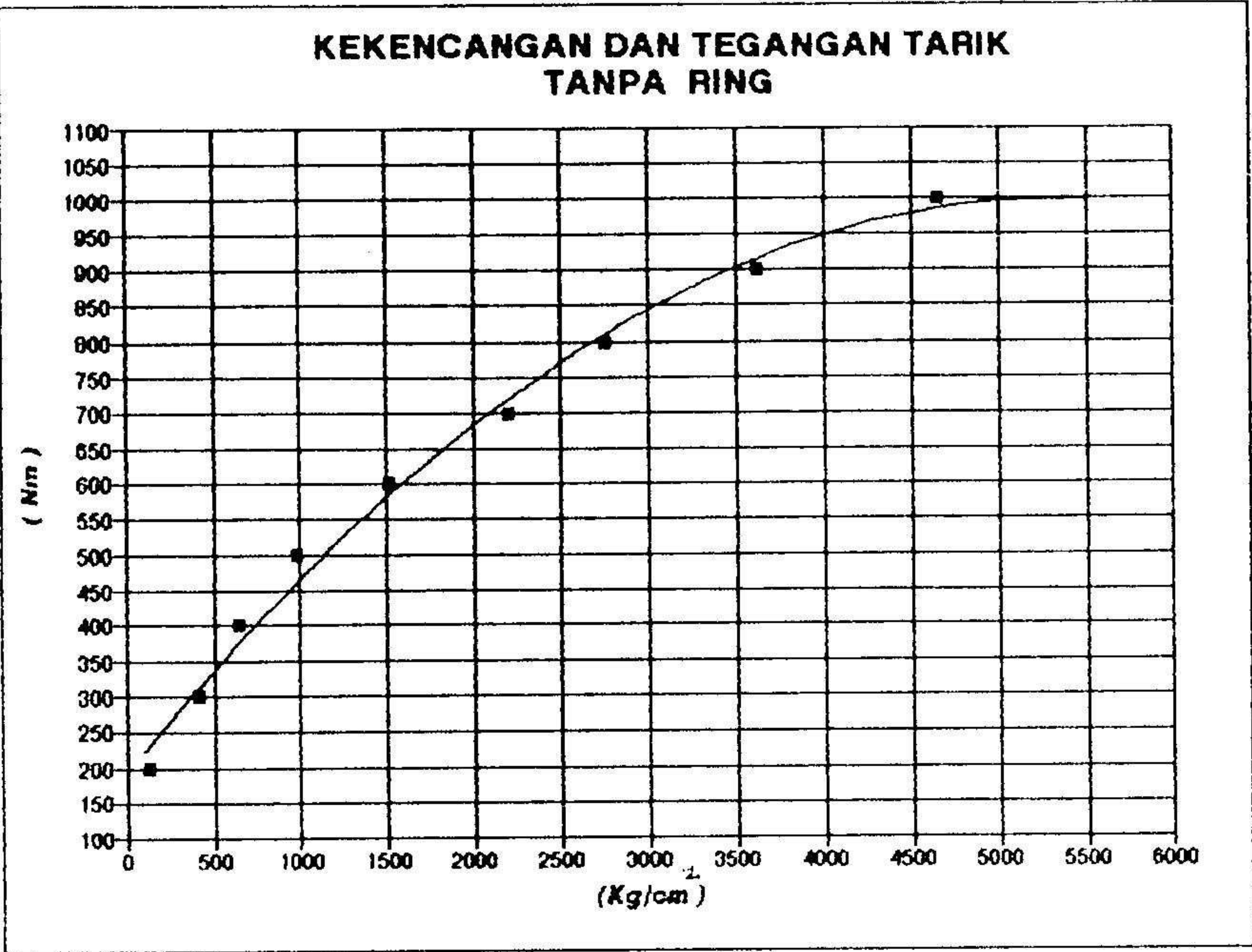
M PENGU- TORSI JIAN (Nm)	1		2		3		4		5	
	REGANG $\times 10^{-6}$	TEGANG (Kg/cm ²)	REGANG $\times 10^{-6}$	TEGANG (Kg/cm ²)	REGANG $\times 10^{-6}$	TEGANG (Kg/cm ²)	REGANG $\times 10^{-6}$	TEGANG (Kg/cm ²)	REGANG $\times 10^{-6}$	TEGANG (Kg/cm ²)
200	284	597	286	600	332	697	417	875	470	987
300	356	810	531	1115	580	1218	624	1310	674	1415
400	595	1250	695	1460	767	1610	817	1715	929	1950
500	805	1690	867	1820	1024	2150	1100	2310	1176	2470
600	1052	2210	1124	2360	1224	2570	1310	2750	1376	2890
700	1293	2715	1357	2850	1505	3160	1576	3310	1667	3500
800	1548	3250	1629	3420	1767	3710	1817	3815	1976	4150
900	1817	3815	1910	4010	2076	4360	2143	4500	2224	4670
1000	2143	4500	2238	4700	2320	4872	2481	5210	2531	5315

Gambar 1 : Jembatan Citandui Km. Bdg 94.80
Bentang 50.00 m

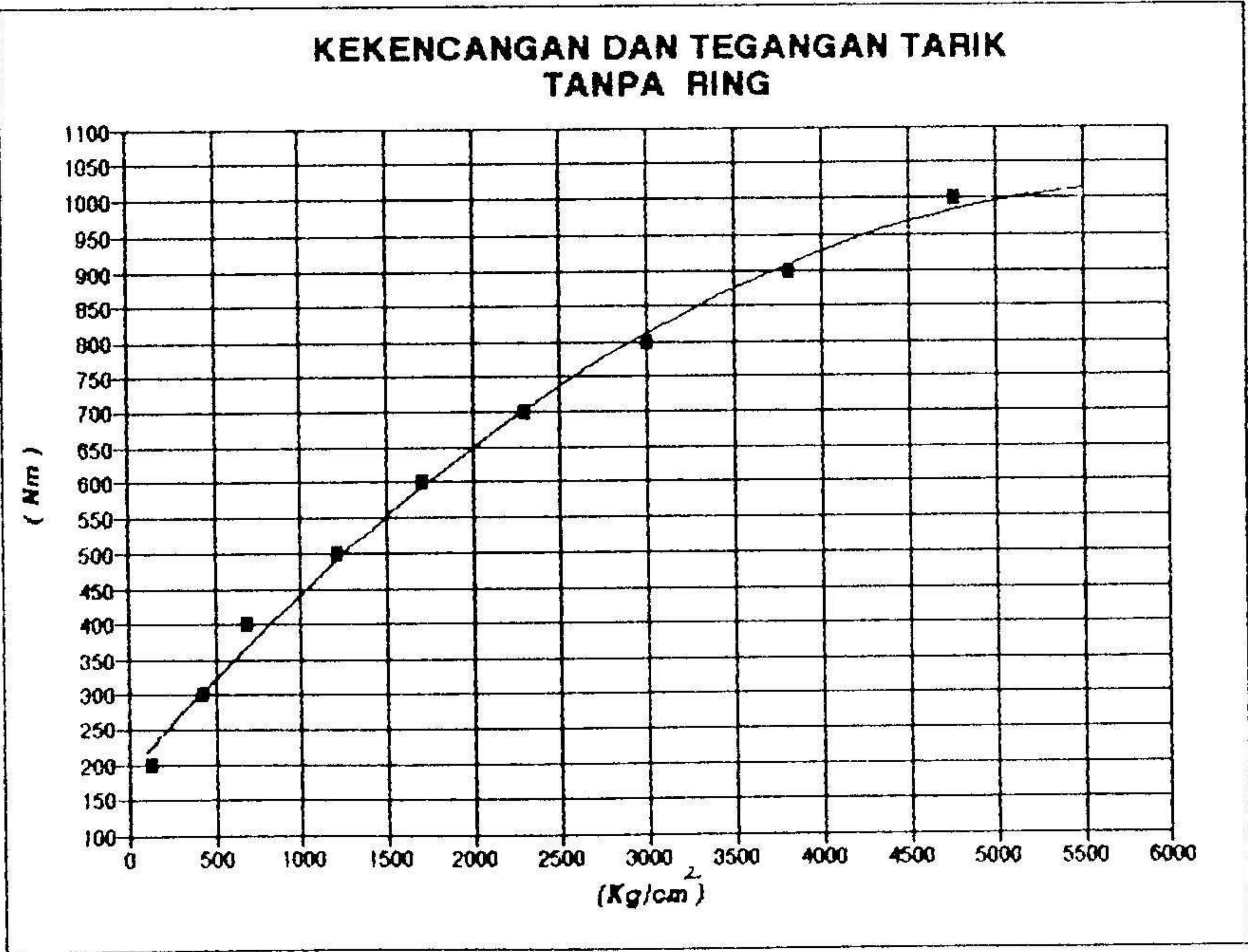


TABEL 5
KEKENCANGAN DAN TEGANGAN TARIK RING BENJOL

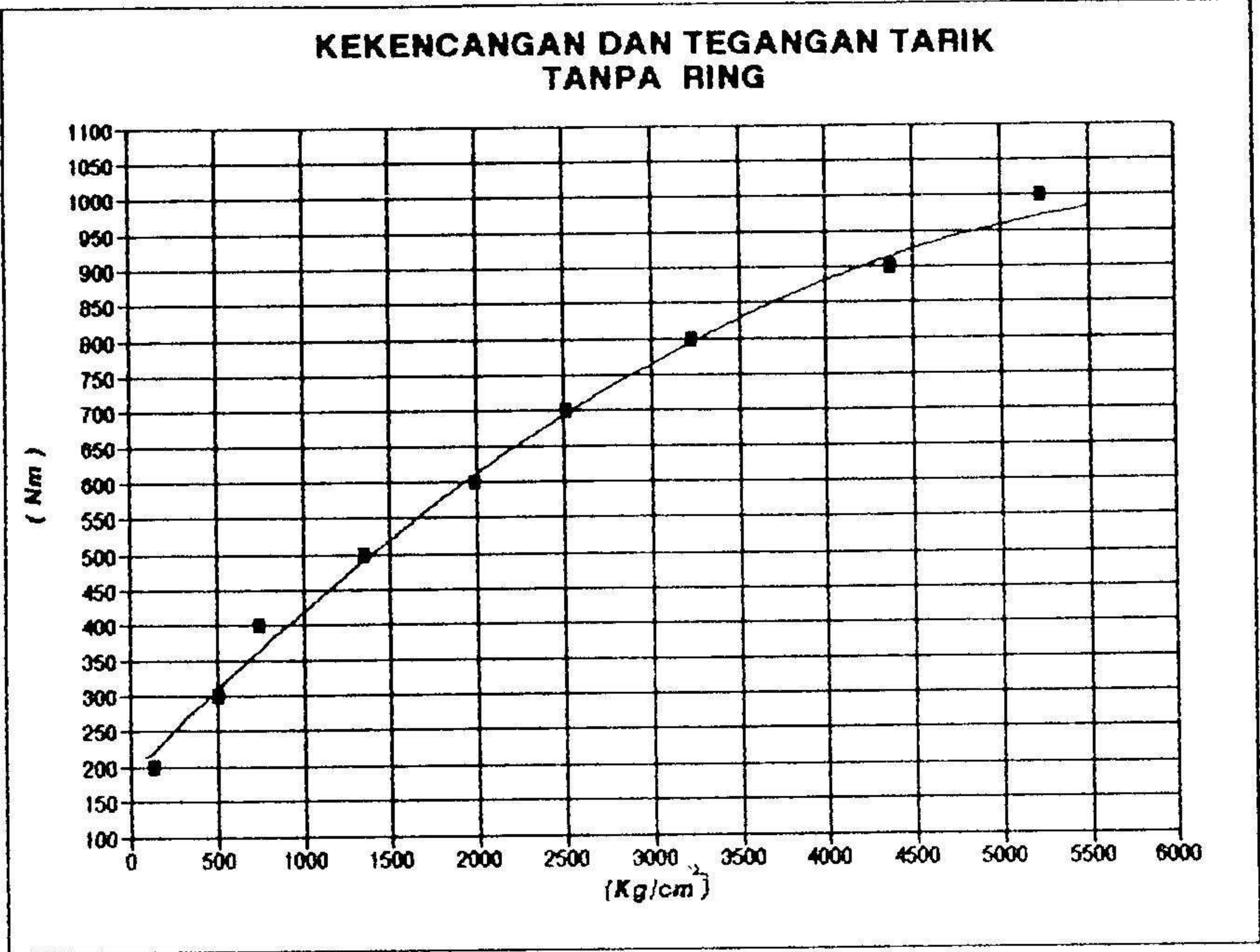
M PENGU- TORSI JIAN (Nm)	1		2		3		4		5	
	REGANG $\times 10^{-6}$	TEGANG (Kg/cm ²)	REGANG $\times 10^{-6}$	TEGANG (Kg/cm ²)	REGANG $\times 10^{-6}$	TEGANG (Kg/cm ²)	REGANG $\times 10^{-6}$	TEGANG (Kg/cm ²)	REGANG $\times 10^{-6}$	TEGANG (Kg/cm ²)
200	338	710	357	750	426	890	476	1000	481	1010
300	481	1009	571	1200	595	1250	626	1315	714	1500
400	695	1460	721	1515	814	1710	857	1800	909	1909
500	862	1810	952	2000	1020	2142	1071	2250	1102	2315
600	1095	2300	1133	2380	1207	2535	1286	2700	1336	2805
700	1310	2750	1337	2808	1433	3009	1436	3015	1548	3250
800	1524	3200	1576	3316	1633	3429	1705	3580	1767	3710
900	1718	3608	1786	3750	1846	3877	1909	4009	2005	4210
1000	1909	4009	2000	4200	2059	4324	2138	4490	2198	4615



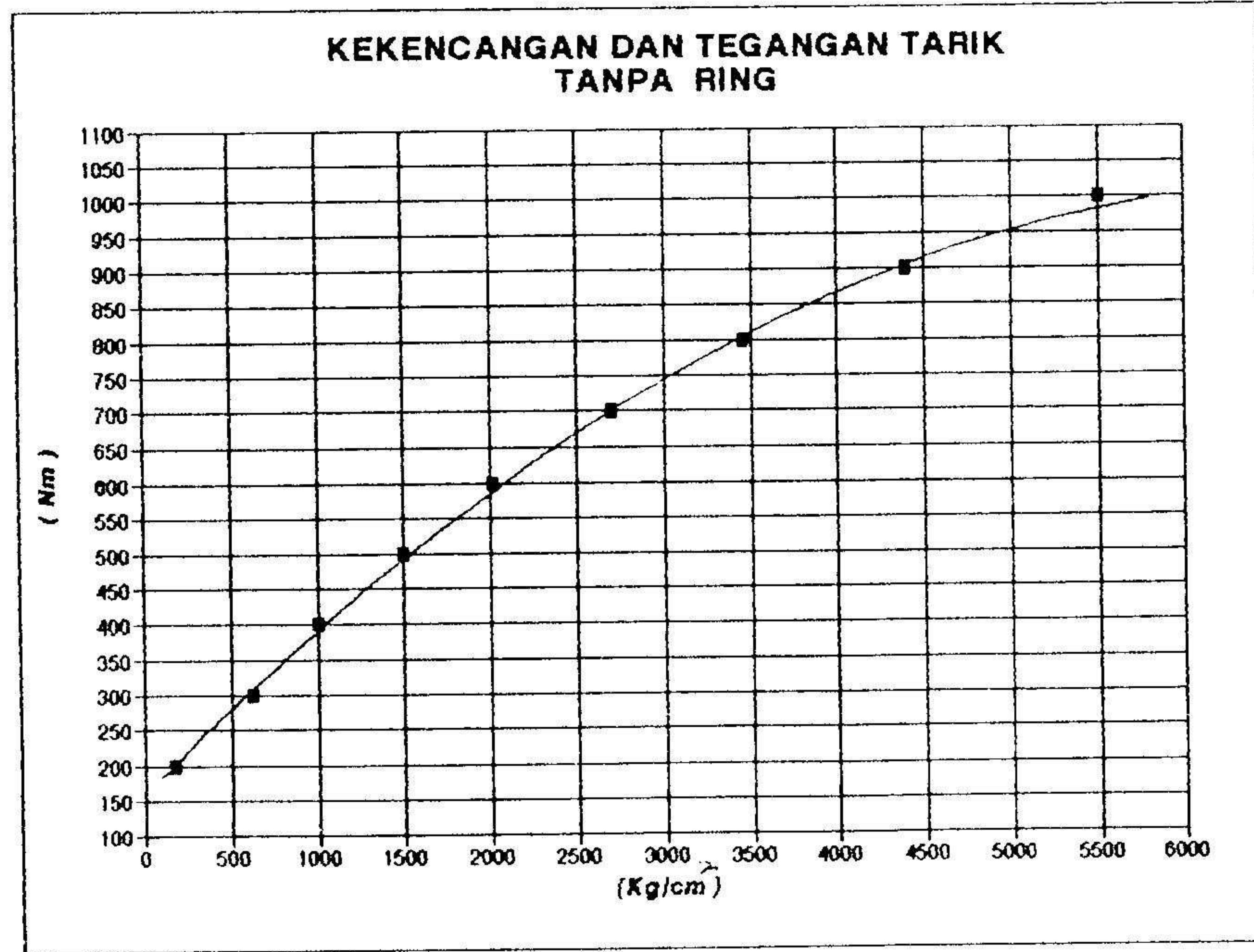
GRAFIK 1



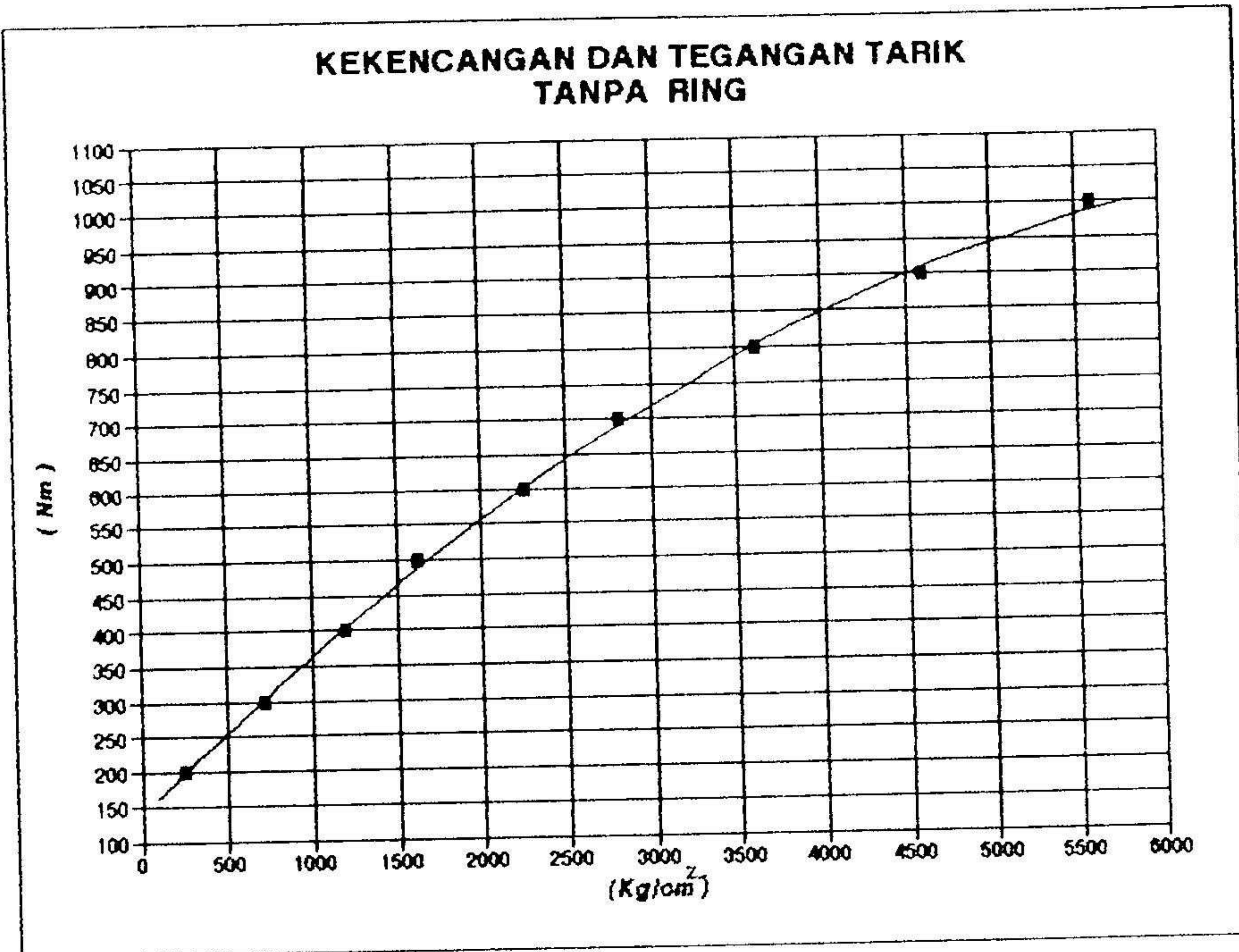
GRAFIK 2



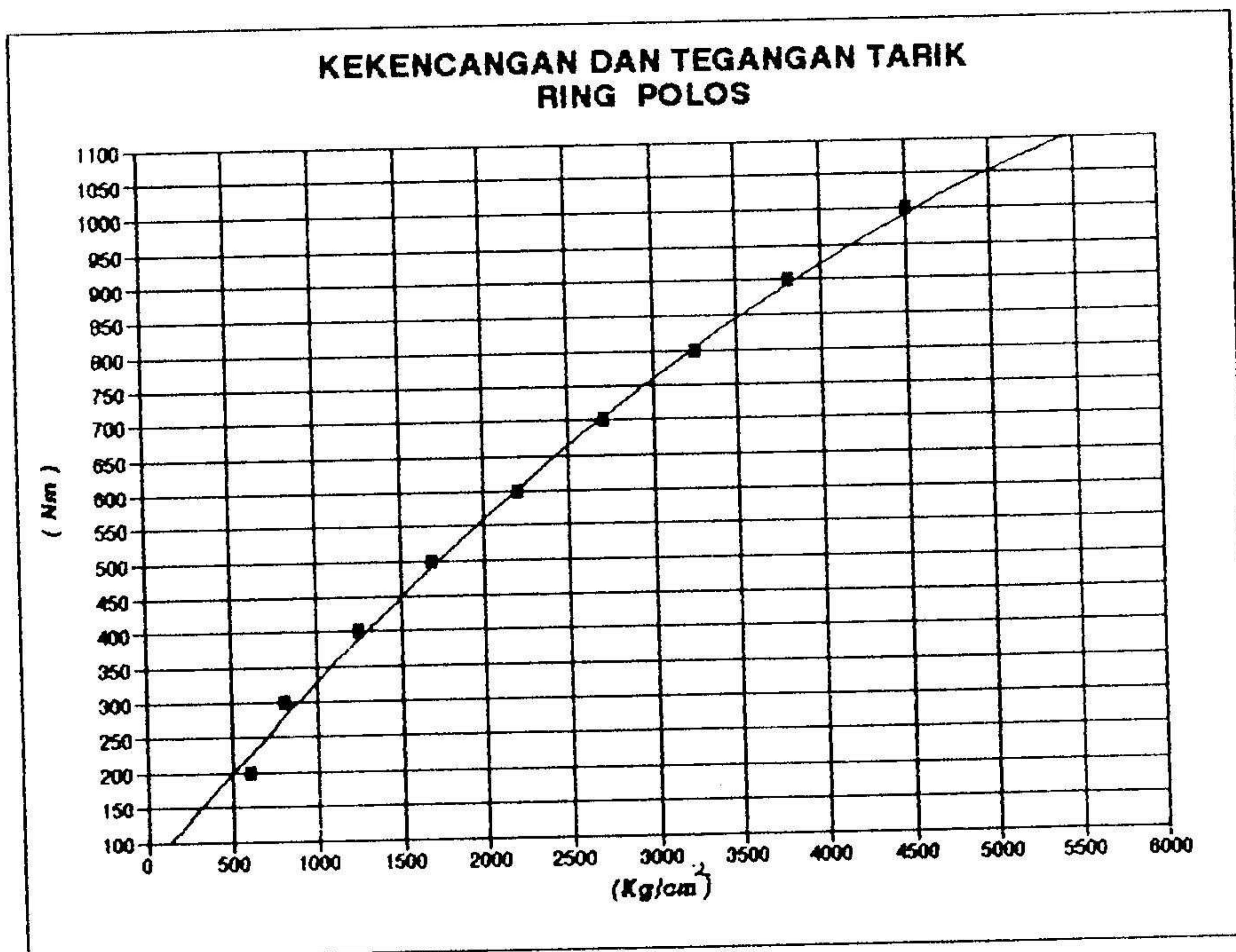
GRAFIK 3



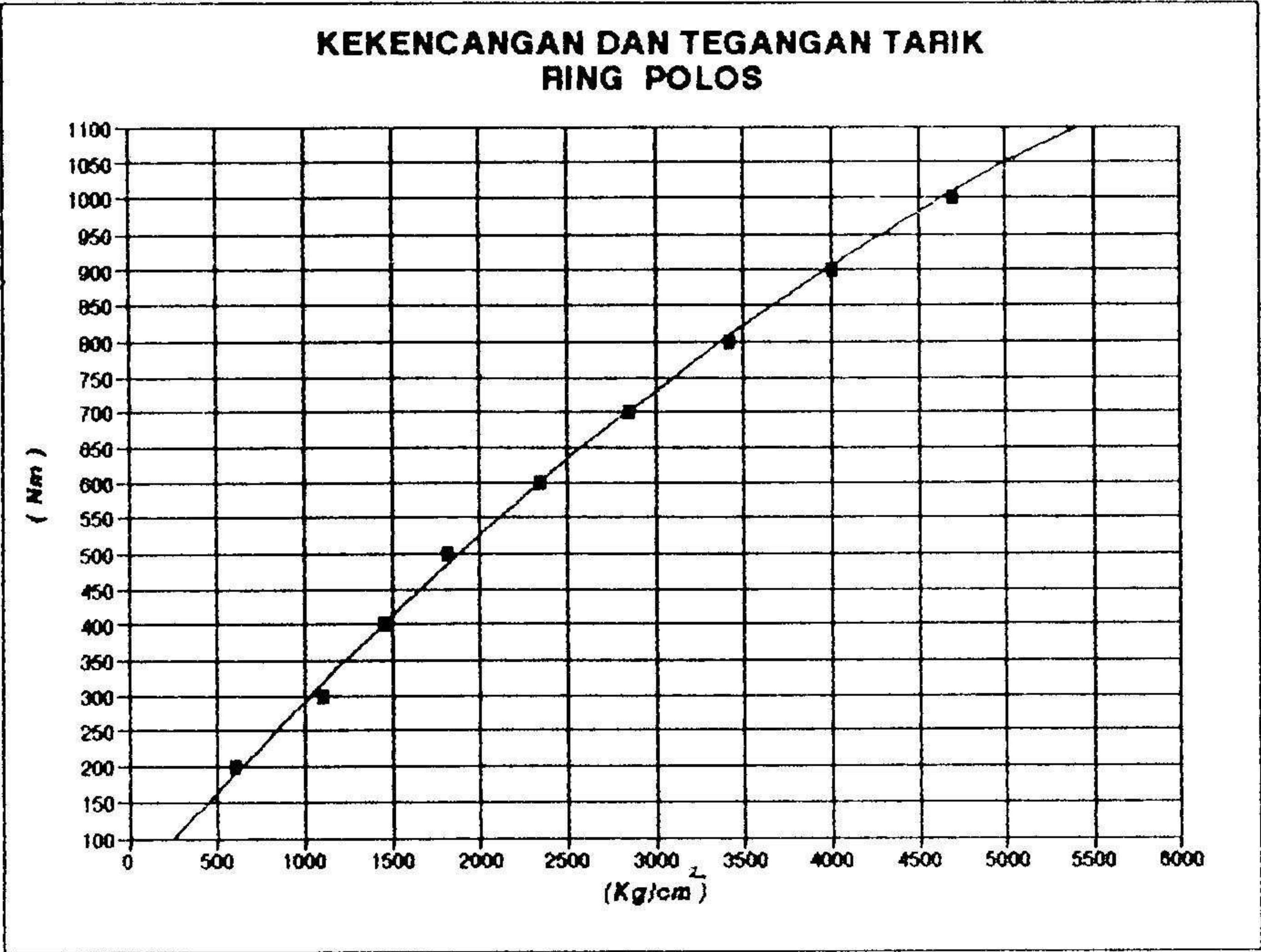
GRAFIK 4



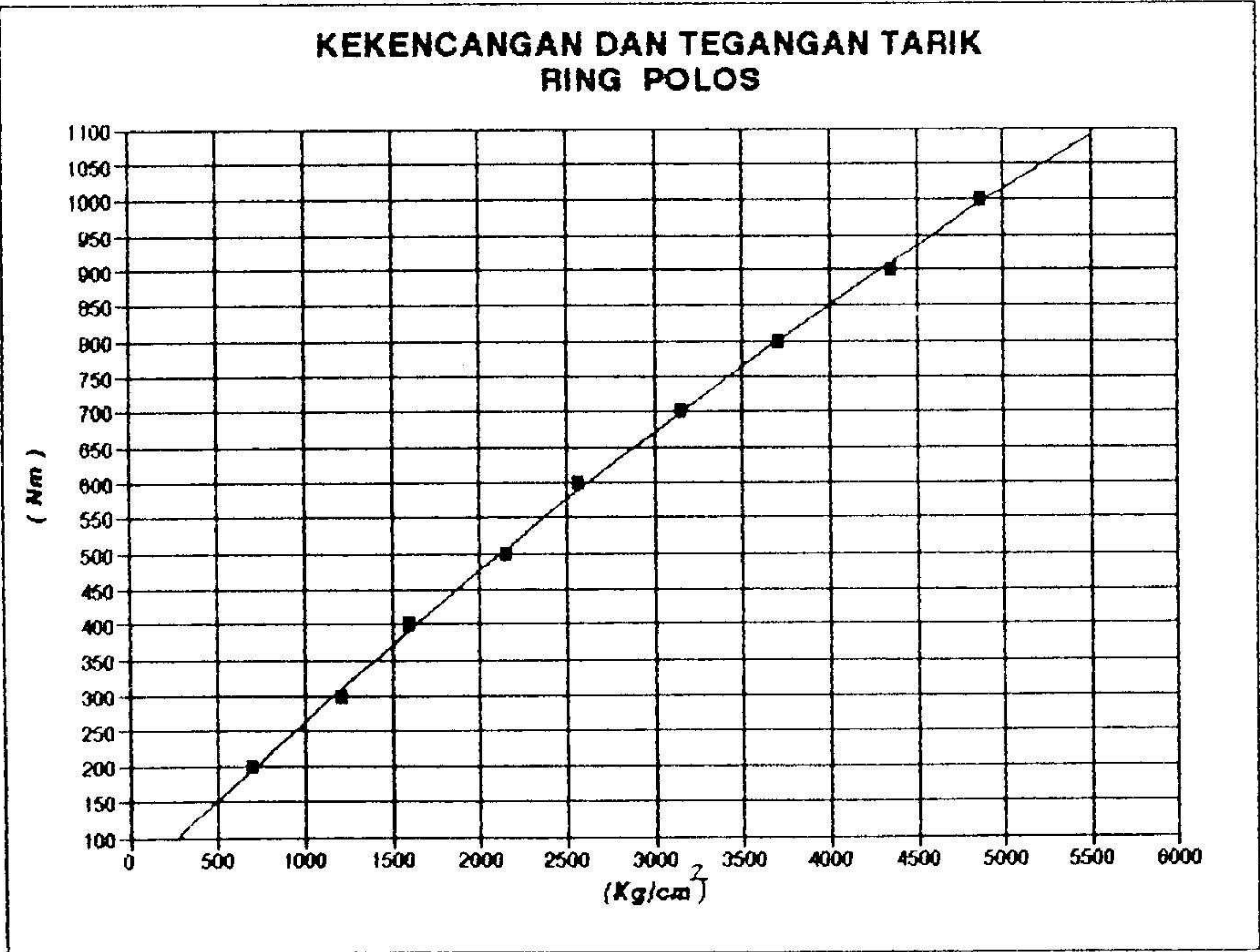
GRAFIK 5



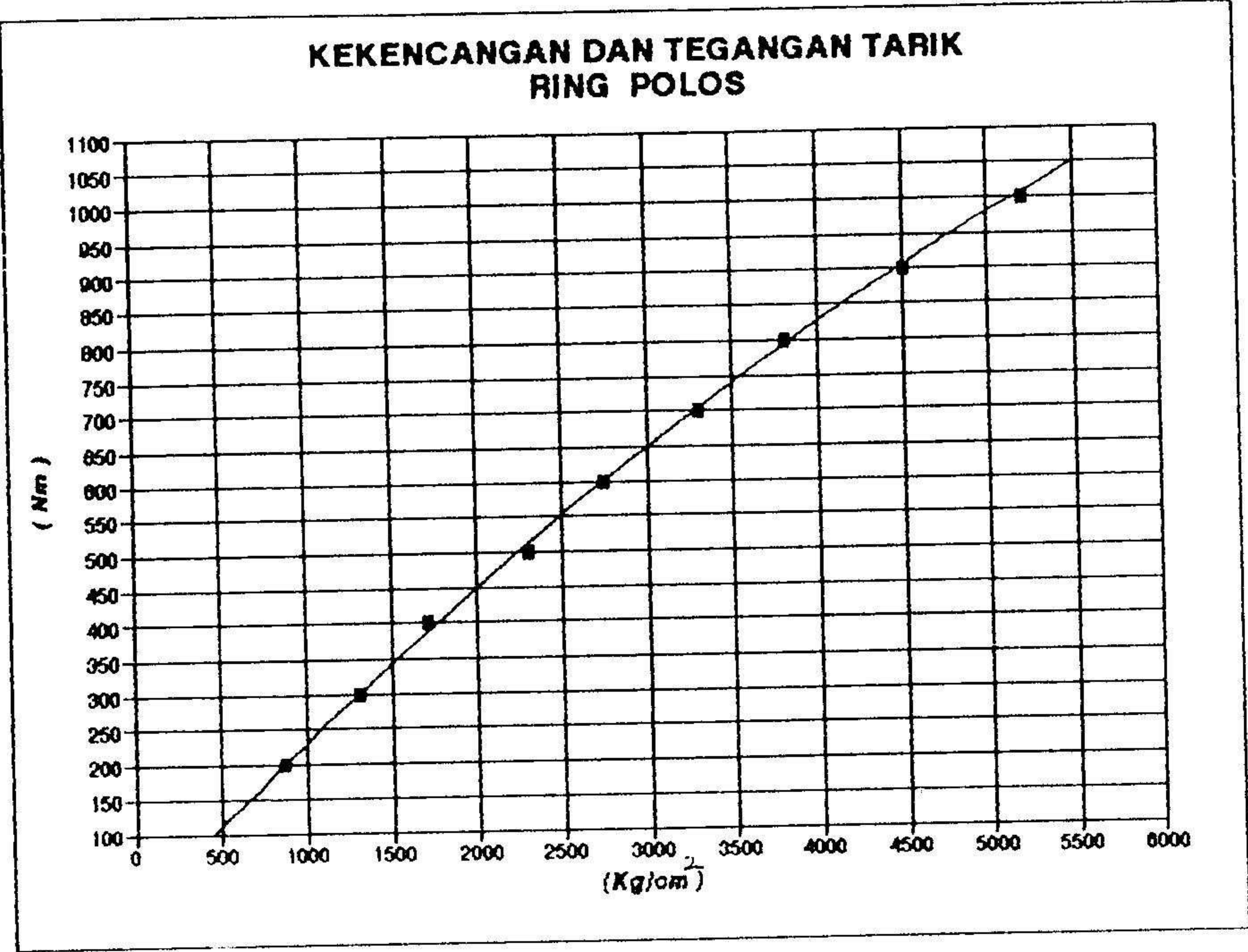
GRAFIK 6



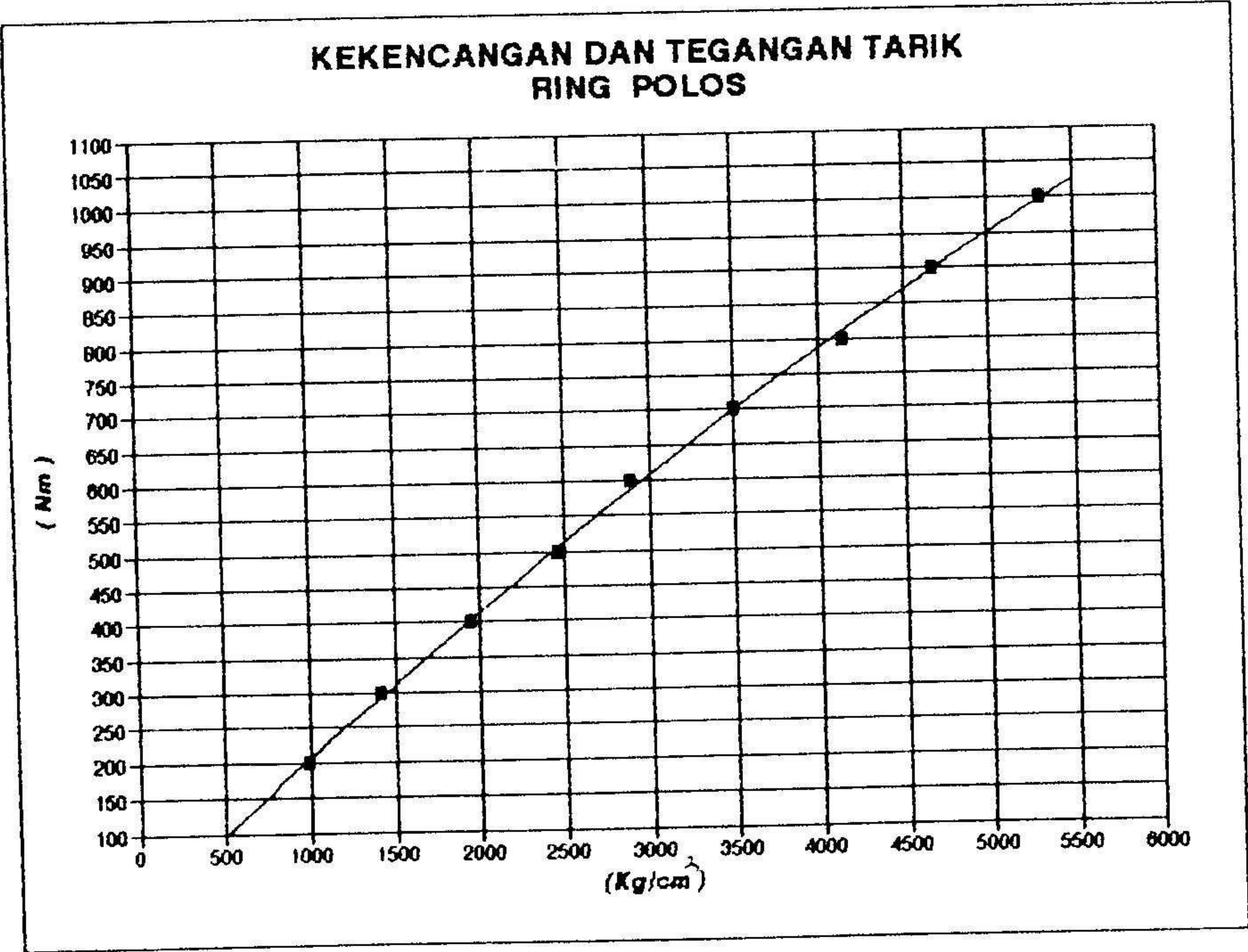
GRAFIK 7



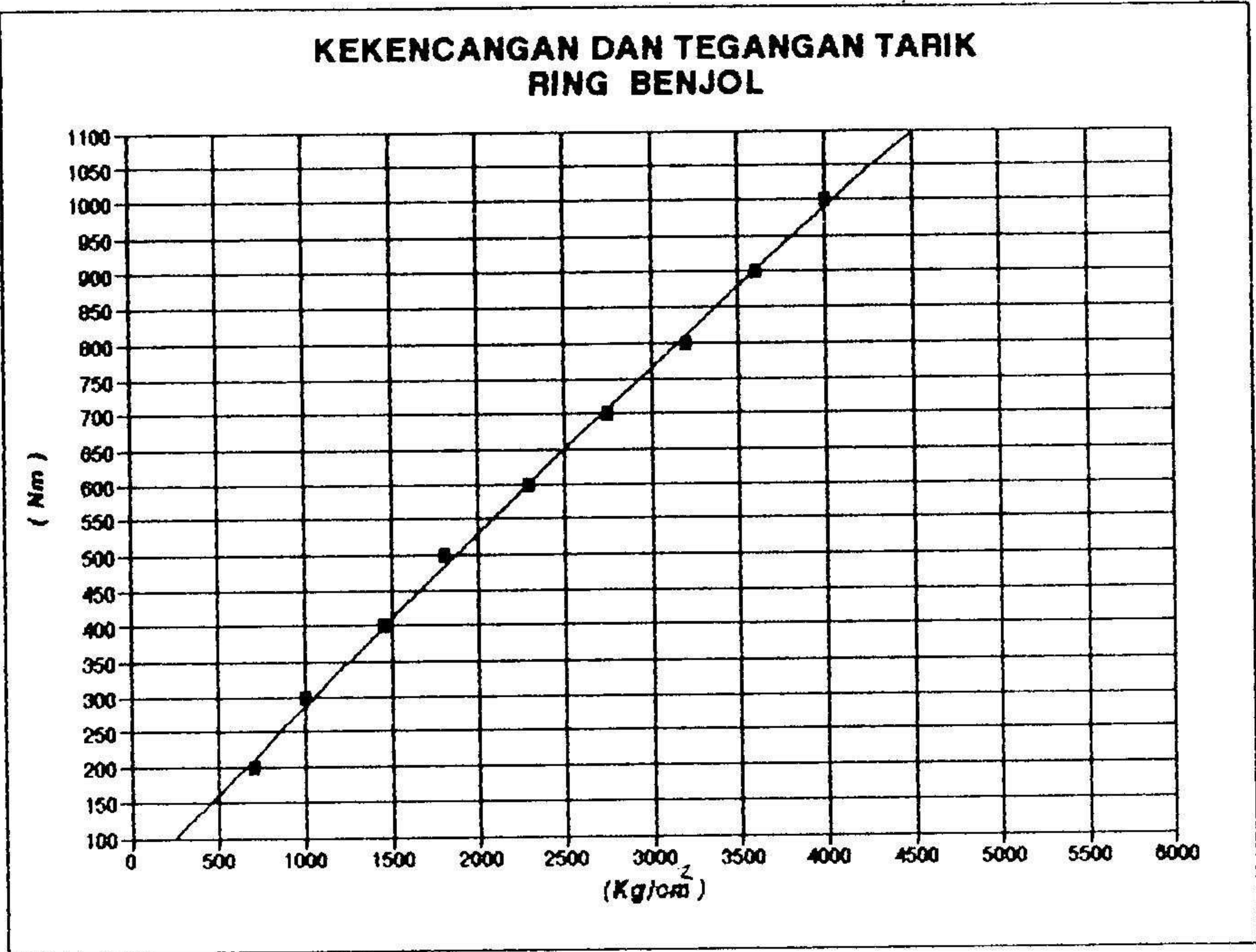
GRAFIK 8



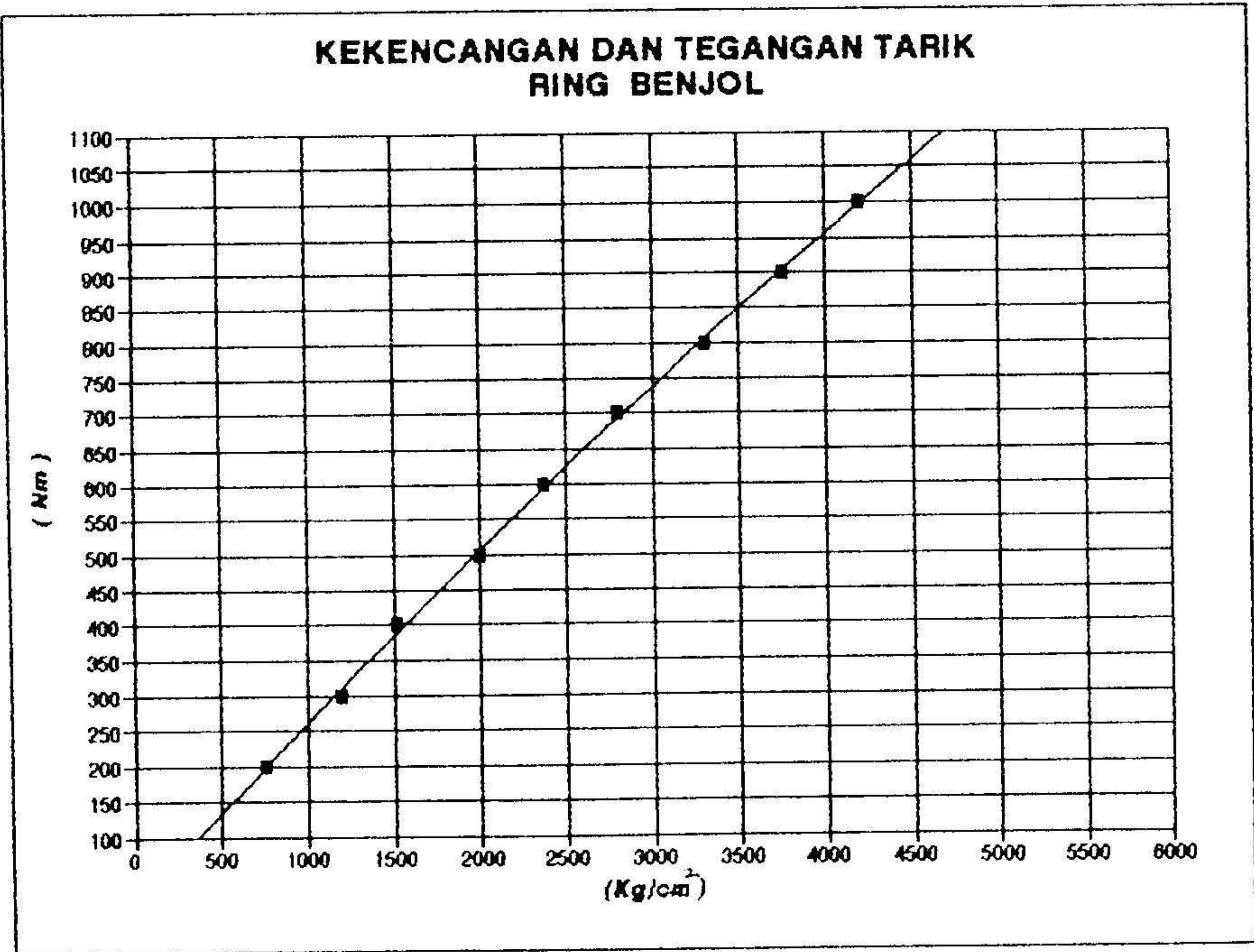
GRAFIK 9



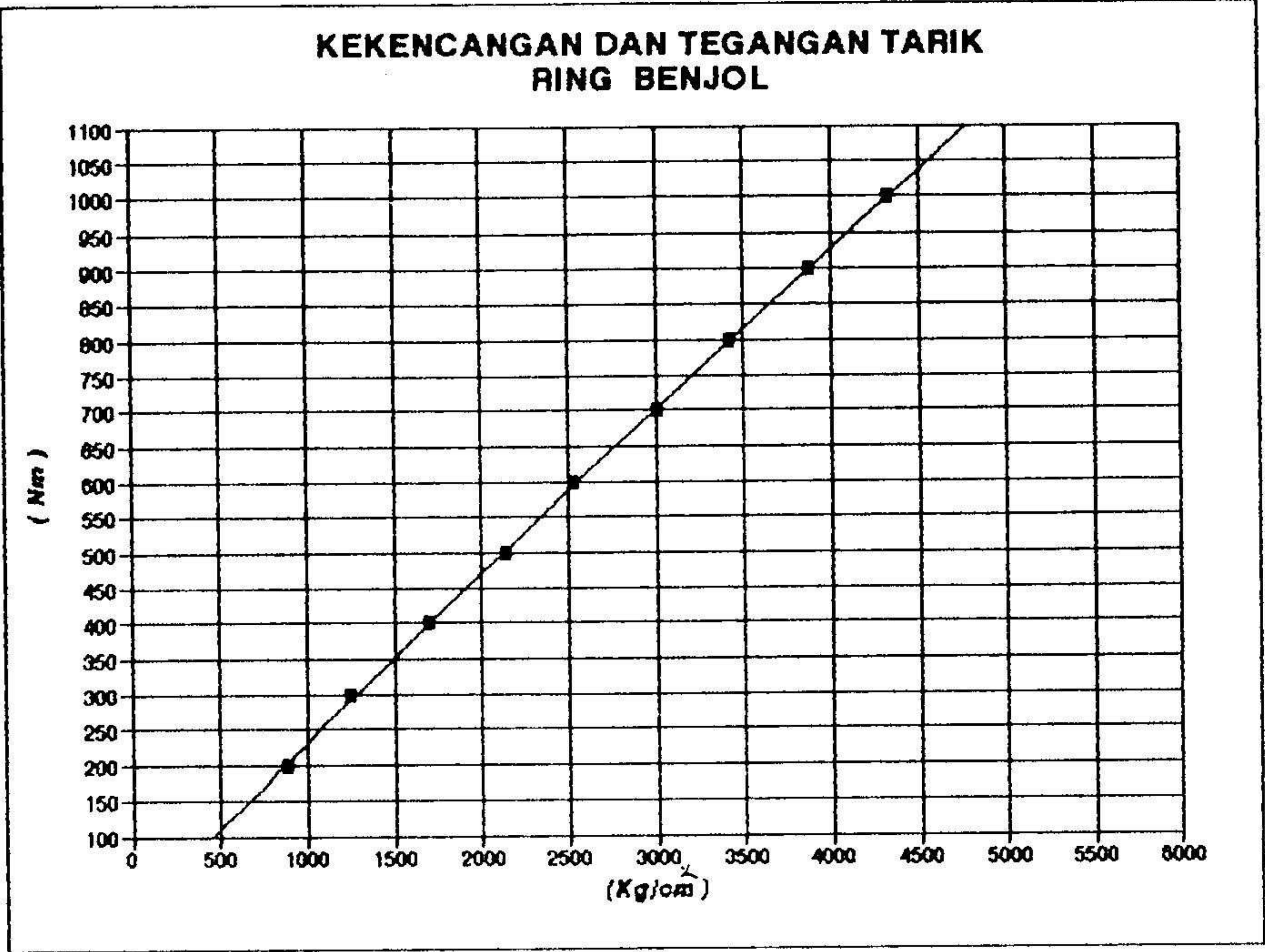
GRAFIK 10



GRAFIK 11



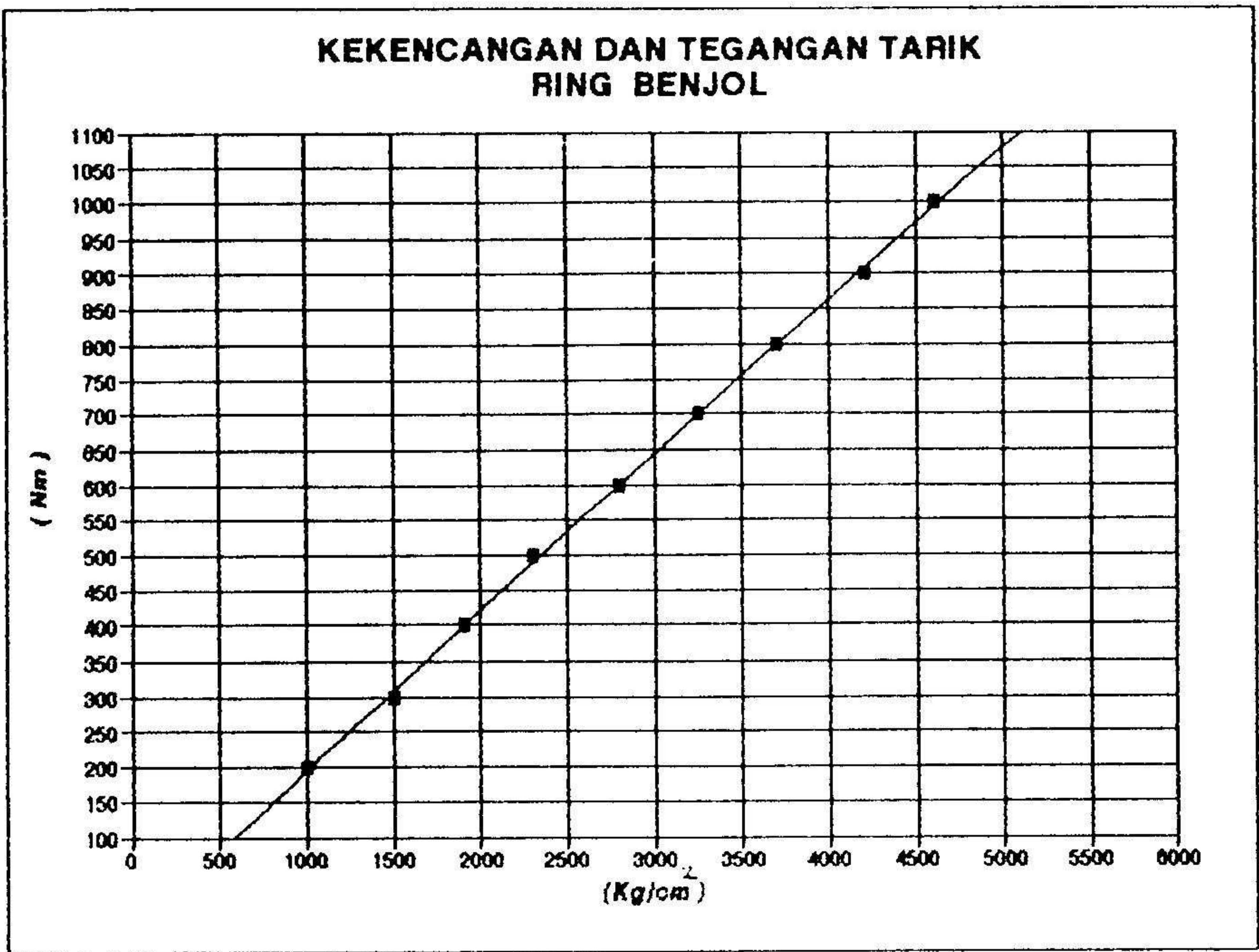
GRAFIK 12



GRAFIK 13



GRAFIK 14



GRAFIK 15

TABEL 7

LENDUTAN DI TITIK SIMPUL TENGAH BENTANG BEBAN RANGKA & LANTAI

BATANG RANGKA	BEBAN RAN KA & LANTAI (Kg)	UNIT BEBAN DI SIMPANGA TENGAH (Kg)	PDG BTG (cm)	LUAS PNP (cm)	MODULUS ELASTIS (Kg/cm)	LENDUTAN BATANG (cm) (1x2x3)/(4x5)	LENDUT TOTAL (cm)
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
B1=B1'	31000	0.3	500	105	2.1 x 10	0.0141	0.028
B2=B2'	84000	0.58	500	105	2.1 x 10	0.111	0.222
B3=B3'	124000	0.97	500	175	2.1 x 10	0.164	0.328
B4=B4'	151000	1.31	500	231	2.1 x 10	0.204	0.408
B5=B5'	164500	1.75	500	231	2.1 x 10	0.297	0.594
A1=A1'	-60000	-0.38	500	105	2.1 x 10	0.052	0.104
A2=A2'	-107500	-0.38	500	147	2.1 x 10	0.066	0.132
A3=A3'	-141000	-0.38	500	175	2.1 x 10	0.073	0.146
A4=A4'	-161000	-0.38	500	231	2.1 x 10	0.063	0.126
A5	-167500	-0.38	500	231	2.1 x 10	0.066	0.066
D1=D1'	-81000	-0.54	700	197	2.1 x 10	0.094	0.148
D2=D2'	81000	0.54	700	90	2.1 x 10	0.162	0.324
D3=D3'	-62500	-0.54	700	90	2.1 x 10	0.125	0.250
D4=D4'	62500	0.54	700	90	2.1 x 10	0.125	0.250
D5=D5'	-44500	-0.54	700	90	2.1 x 10	0.089	0.178
D6=D6'	44500	0.54	700	70	2.1 x 10	0.114	0.228
D7=D7'	-26500	-0.54	700	70	2.1 x 10	0.068	0.136
D8=D8'	26500	0.54	700	70	2.1 x 10	0.068	0.136
D9=D9'	-8000	-0.54	700	70	2.1 x 10	0.021	0.042
D10=D10	8000	0.54	700	70	2.1 x 10	0.021	0.042
							3.884

TABEL 8

LENDUTAN DI TITIK SIMPUL TENGAH BENTANG BEBAN TOTAL

BATANG RANGKA	BEBAN RAN KA & LANTAI (Kg)	UNIT BEBAN DI SIMPANGA TENGAH (Kg)	PDG BTG (cm)	LUAS PNP (cm)	MODULUS ELASTIS (Kg/cm)	LENDUTAN BATANG (cm) (1x2x3)/(4x5)	LENDUT TOTAL (cm)
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	
B1=B1'	32000	0.2	500	105	2.1 x 10	0.015 x 2	0.300
B2=B2'	87000	0.58	500	105	2.1 x 10	0.114 x 2	0.228
B3=B3'	129000	0.97	500	175	2.1 x 10	0.170 x 2	0.340
B4=B4'	158700	1.31	500	231	2.1 x 10	0.214 x 2	0.428
B5=B5'	174000	1.75	500	231	2.1 x 10	0.314 x 2	0.628
A1=A1'	-62200	-0.38	500	105	2.1 x 10	0.054 x 2	0.108
A2=A2'	-111900	-0.38	500	147	2.1 x 10	0.069 x 2	0.138
A3=A3'	-147050	-0.38	500	175	2.1 x 10	0.076 x 2	0.152
A4=A4'	-169950	-0.38	500	231	2.1 x 10	0.067 x 2	0.134
A5	-178750	-0.38	500	231	2.1 x 10	0.070 x 2	0.070
D1=D1'	-84200	-0.54	700	197	2.1 x 10	0.077 x 2	0.154
D2=D2'	84200	0.54	700	90	2.1 x 10	0.168 x 2	0.336
D3=D3'	-65700	-0.54	700	90	2.1 x 10	0.131 x 2	0.262
D4=D4'	65700	0.54	700	90	2.1 x 10	0.131 x 2	0.261
D5=D5'	-47700	-0.54	700	90	2.1 x 10	0.095 x 2	0.190
D6=D6'	47700	0.54	700	70	2.1 x 10	0.095 x 2	0.190
D7=D7'	-29700	-0.54	700	70	2.1 x 10	0.076 x 2	0.152
D8=D8'	29700	0.54	700	70	2.1 x 10	0.076 x 2	0.152
D9=D9'	-11200	-0.54	700	70	2.1 x 10	0.029 x 2	0.058
D10=D10	11200	0.54	700	70	2.1 x 10	0.029 x 2	0.058
							4.069

TABEL 9

LENDUTAN DI TITIK SIMPUL TENGAH

KEKENCANGAN BOUT DIKENDURKAN MENJADI 800 Nm, AKIBAT BEBAN TOTAL

BATANG RANGKA	BEBAN RAN KA & LANTAI (Kg)	UNIT BEBAN DI SIMPANGA TENGAH (Kg)	PDG BTG (cm)	LUAS PNP (cm)	MODULUS ELASTIS (Kg/cm)	LENDUTAN BATANG (cm) (1x2x3)/(4x5)	LENDUT TOTAL (cm)
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	
B1=B1'	32000	0.2	500	105	2.1 x 10	0.015 x 2	0.300
B2=B2'	87000	0.58	500	105	2.1 x 10	0.114 x 2	0.228
B3=B3'	129000	0.97	500	175	2.1 x 10	0.170 x 2	0.340
B4=B4'	158700	1.31	500	231	2.1 x 10	0.214 x 2	0.428
B5=B5'	138000	1.75	500	231	2.1 x 10	0.249 x 2	0.498
A1=A1'	-62100	-0.38	500	105	2.1 x 10	0.054 x 2	0.108
A2=A2'	-111900	-0.38	500	147	2.1 x 10	0.069 x 2	0.138
A3=A3'	-147050	-0.38	500	175	2.1 x 10	0.076 x 2	0.152
A4=A4'	-169950	-0.38	500	231	2.1 x 10	0.067 x 2	0.134
A5	-178750	-0.38	500	231	2.1 x 10	0.070 x 2	0.070
D1=D1'	-84200	-0.54	700	197	2.1 x 10	0.077 x 2	0.154
D2=D2'	84200	0.54	700	90	2.1 x 10	0.168 x 2	0.336
D3=D3'	-65700	-0.54	700	90	2.1 x 10	0.131 x 2	0.262
D4=D4'	65700	0.54	700	90	2.1 x 10	0.131 x 2	0.262
D5=D5'	-47700	-0.54	700	90	2.1 x 10	0.095 x 2	0.190
D6=D6'	47700	0.54	700	70	2.1 x 10	0.095 x 2	0.190
D7=D7'	-29700	-0.54	700	70	2.1 x 10	0.076 x 2	0.152
D8=D8'	29700	0.54	700	70	2.1 x 10	0.076 x 2	0.152
D9=D9'	-11200	-0.54	700	70	2.1 x 10	0.029 x 2	0.058
D10=D10	8883	0.54	700	70	2.1 x 10	0.023 x 2	0.046
							3.928

TABEL 10

LENDUTAN DI TITIK SIMPUL TENGAH

KEKENCANGAN BOUT DIKENDURKAN MENJADI 500 Nm, AKIBAT BEBAN TOTAL

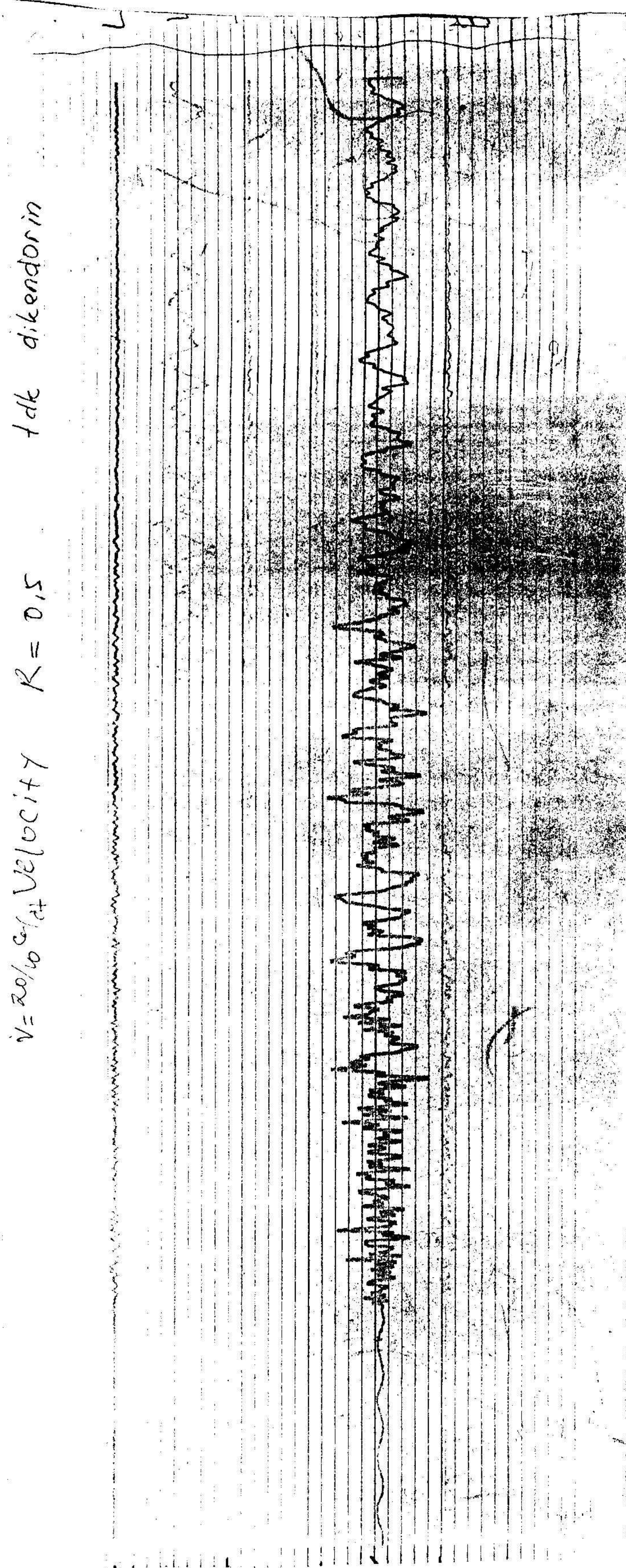
BATANG RANGKA	BEBAN RAN KA & LANTAI (Kg)	UNIT BEBAN DI SIMPANGA TENGAH (Kg)	PDG BTG (cm)	LUAS PNP (cm)	MODULUS ELASTIS (Kg/cm)	LENDUTAN BATANG (cm) (1x2x3)/(4x5)	LENDUT TOTAL (cm)
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	
B1=B1'	32000	0.2	500	105	2.1 x 10	0.015 x 2	0.300
B2=B2'	87000	0.58	500	105	2.1 x 10	0.114 x 2	0.228
B3=B3'	129000	0.97	500	175	2.1 x 10	0.170 x 2	0.340
B4=B4'	158700	1.31	500	231	2.1 x 10	0.214 x 2	0.428
B5=B5'	86000	1.75	500	231	2.1 x 10	0.155 x 2	0.360
A1=A1'	-62200	-0.38	500	105	2.1 x 10	0.054 x 2	0.108
A2=A2'	-111900	-0.38	500	147	2.1 x 10	0.069 x 2	0.138
A3=A3'	-147050	-0.38	500	175	2.1 x 10	0.076 x 2	0.152
A4=A4'	-169950	-0.38	500	231	2.1 x 10	0.067 x 2	0.134
A5	-178750	-0.38	500	231	2.1 x 10	0.070 x 2	0.070
D1=D1'	-84200	-0.54	700	197	2.1 x 10	0.077 x 2	0.154
D2=D2'	84200	0.54	700	90	2.1 x 10	0.168 x 2	0.336
D3=D3'	-65700	-0.54	700	90	2.1 x 10	0.131 x 2	0.262
D4=D4'	65700	0.54	700	90	2.1 x 10	0.131 x 2	0.262
D5=D5'	-47700	-0.54	700	90	2.1 x 10	0.095 x 2	0.190
D6=D6'	47700	0.54	700	70	2.1 x 10	0.095 x 2	0.190
D7=D7'	-29700	-0.54	700	70	2.1 x 10	0.076 x 2	0.152
D8=D8'	29700	0.54	700	70	2.1 x 10	0.076 x 2	0.152
D9=D9'	-11200	-0.54	700	70	2.1 x 10	0.029 x 2	0.058
D10=D10	5536	0.54	700	70	2.1 x 10	0.014 x 2	0.028
							3.722

TABEL 11
GAYA-GAYA BATANG RANGKA

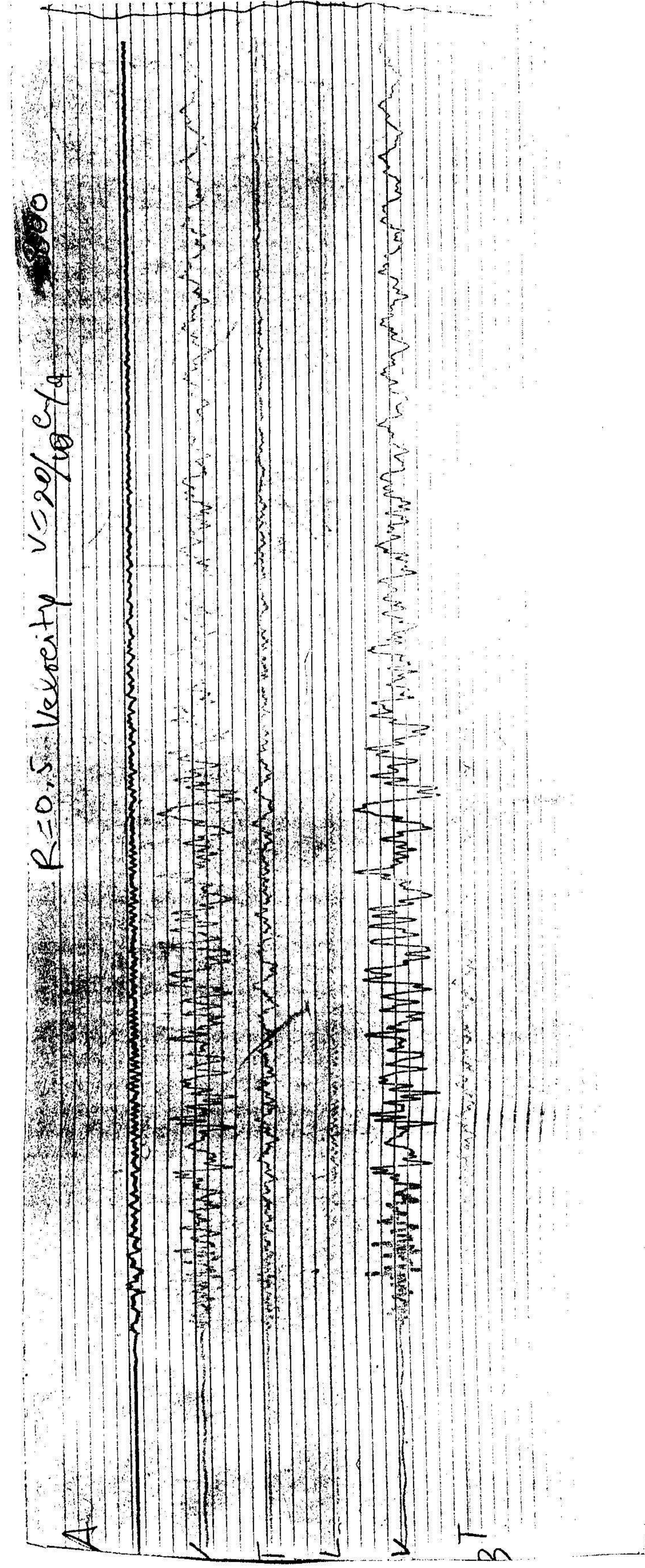
BATANG	BEBAN RANGKA DAN LANTAI (Kg)	BEBAN TRUK (Kg)	TOTAL BEBAN (Kg)
B1=B1'	31000	1000	32000
B2=B2'	84000	3250	87250
B3=B3'	124000	5500	129500
B4=B4'	151000	7700	158700
B5=B5'	164500	10000	174500
A1=A1'	-60000	-2200	-62200
A2=A2'	-107500	-4400	-111900
A3=A3'	-141000	-6650	-147650
A4=A4'	-161000	-8950	-169950
A5	-167500	-11250	-178750
D1=D1'	-81000	-3200	-84200
D2=D2'	81000	3200	84200
D3=D3'	-62500	-3200	-65700
D4=D4'	62500	3200	65700
D5=D5'	-44500	-3200	-47700
D6=D6'	44500	3200	47700
D7=D7'	-26500	-3200	-29700
D8=D8'	26500	3200	29700
D9=D9'	8000	-3200	-11200
D10=D10'	8000	3200	11200

Gambar 1

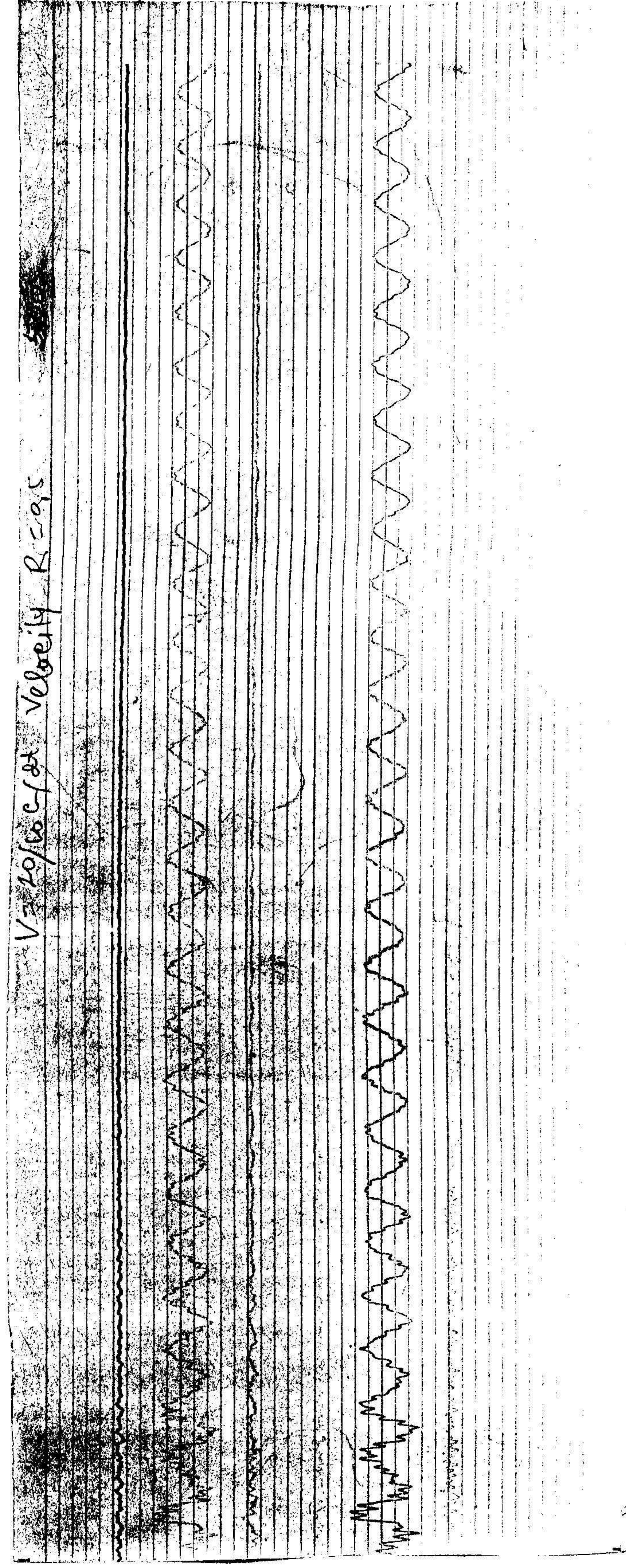
$v = 20/60 \text{ cm/dt}$ Velocity $R = 0,5$ tdk dikondorin

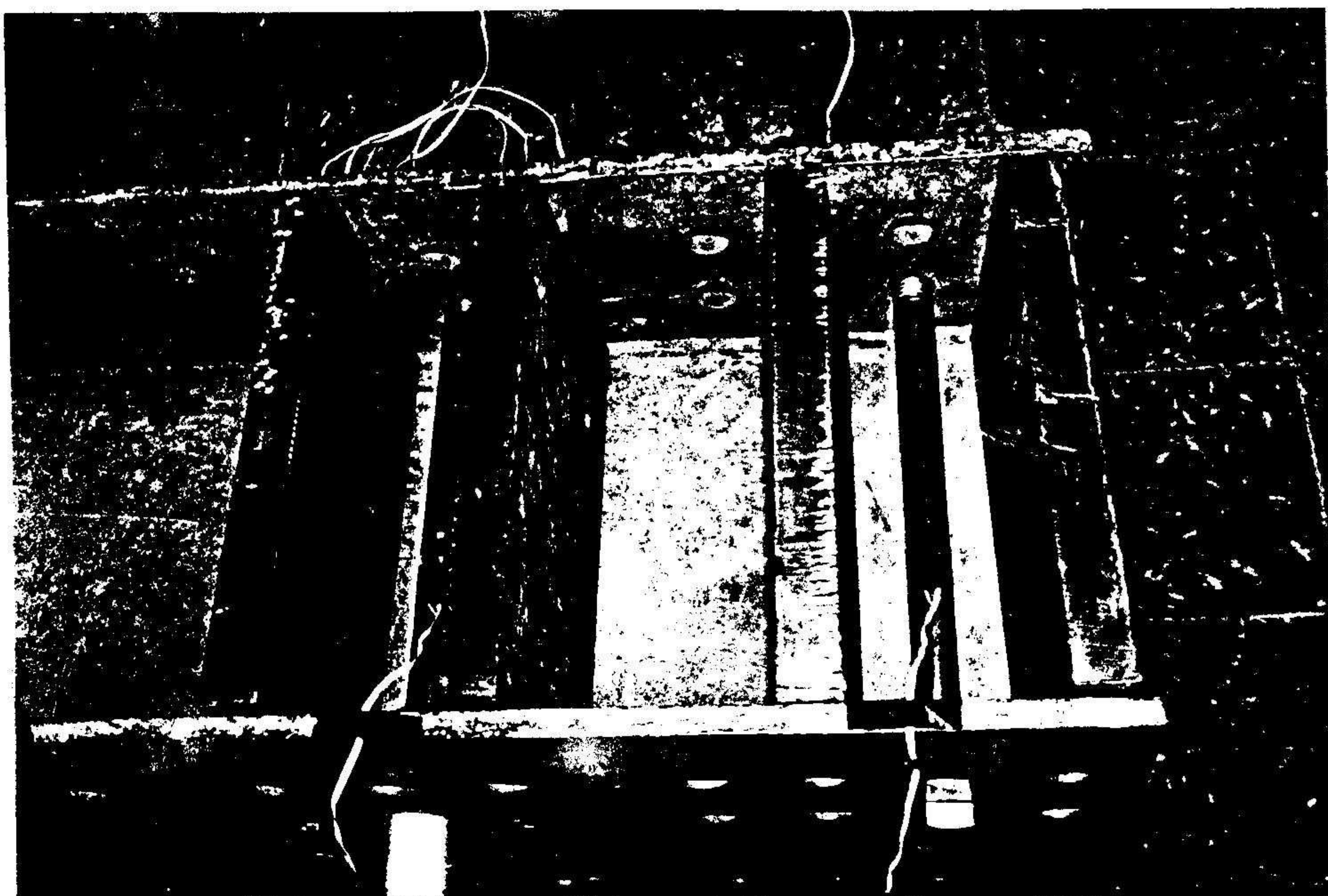


Gambar 2

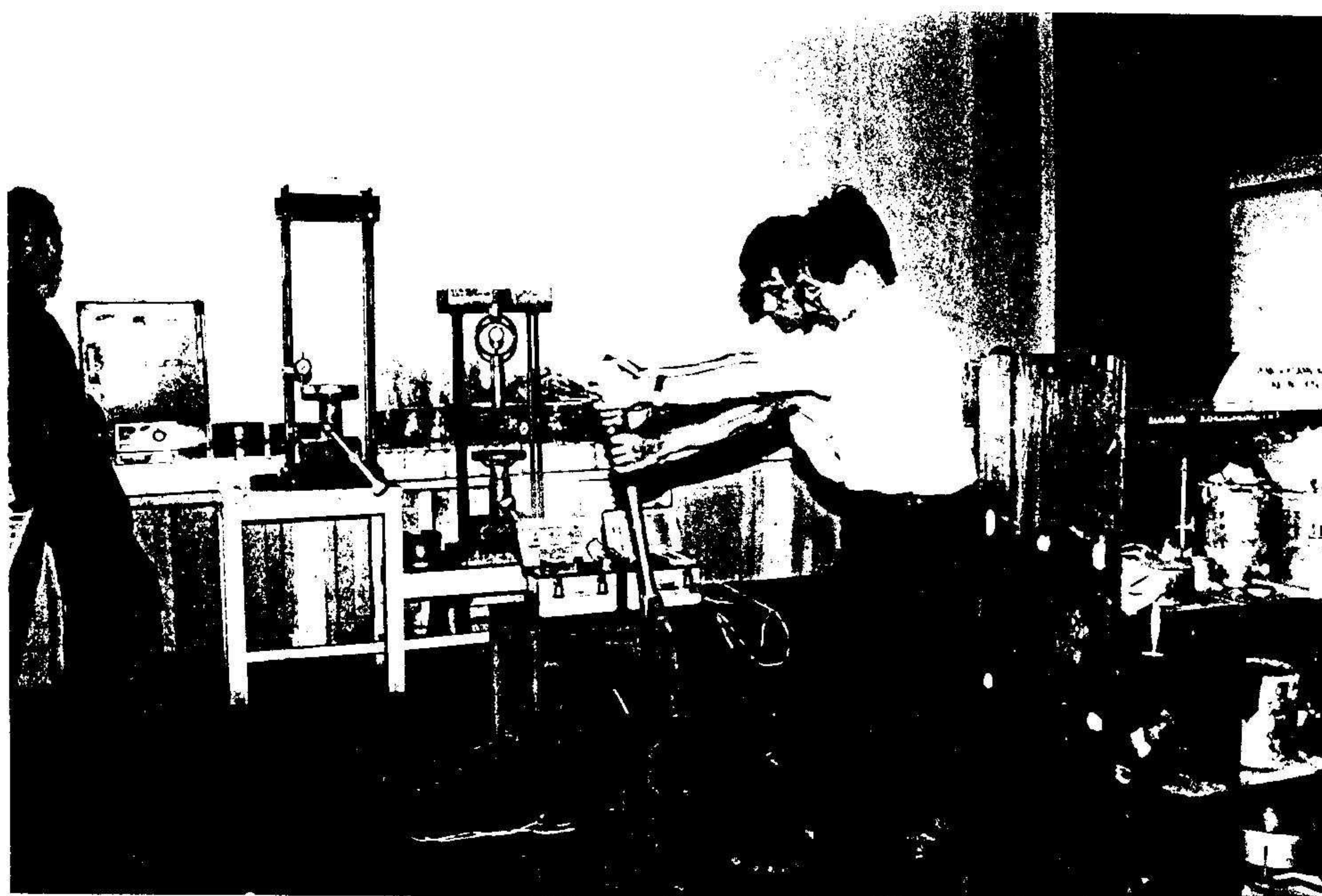


Gambar 3





Benda uji bout pada flans profil baji dengan pelat baja penahan serta kabel " Strain gauge "



Alat ukur regangan " strain " serta pengencangan bout



Mengatur kekencangan bout
dengan alat ukur

" Torsi meter "



Saat mengencangi bout



Pengujian dengan suara pukulan palu baja persiapan mengencangi bout.



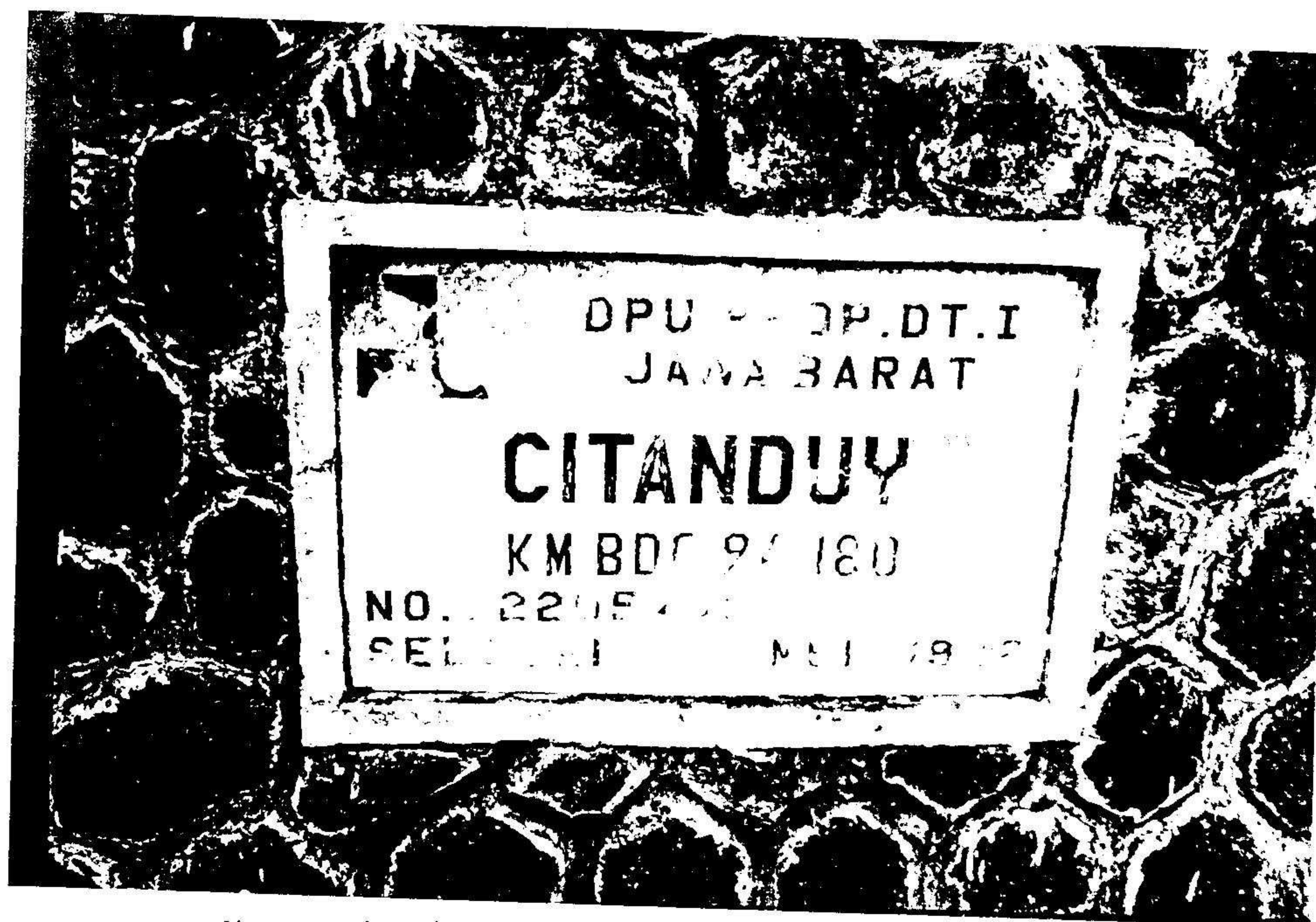
Pengujian dengan suara pukulan palu baja saat pengencangan bout.



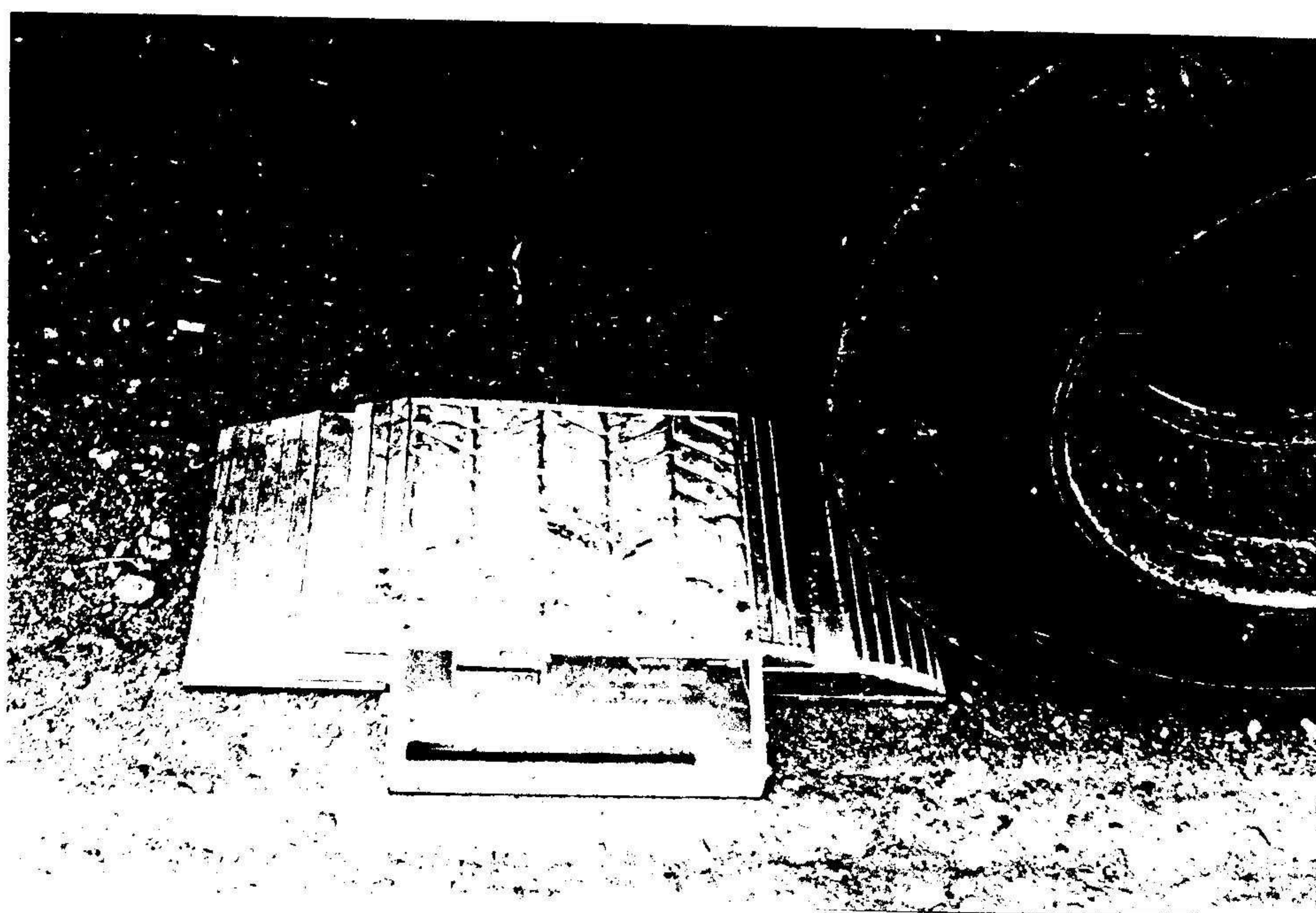
Pengujian dengan suara pukulan palu baja
saat pemukulan bout



Pengujian dengan suara pukulan palu baja
saat pemukulan bout.



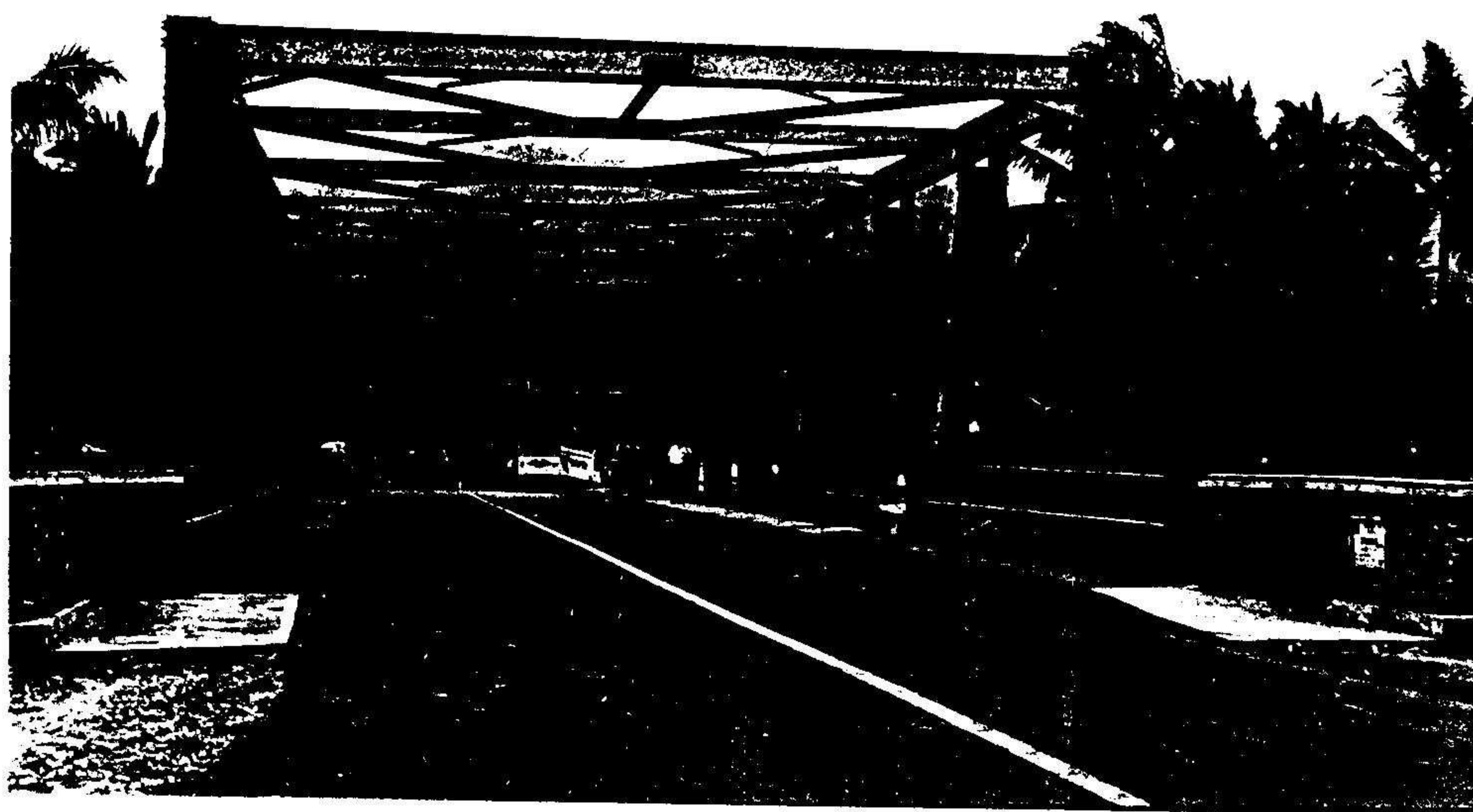
Nama jembatan yang diteliti



Alat pengukur beban as Truck



Sedang mengukur beban as truck



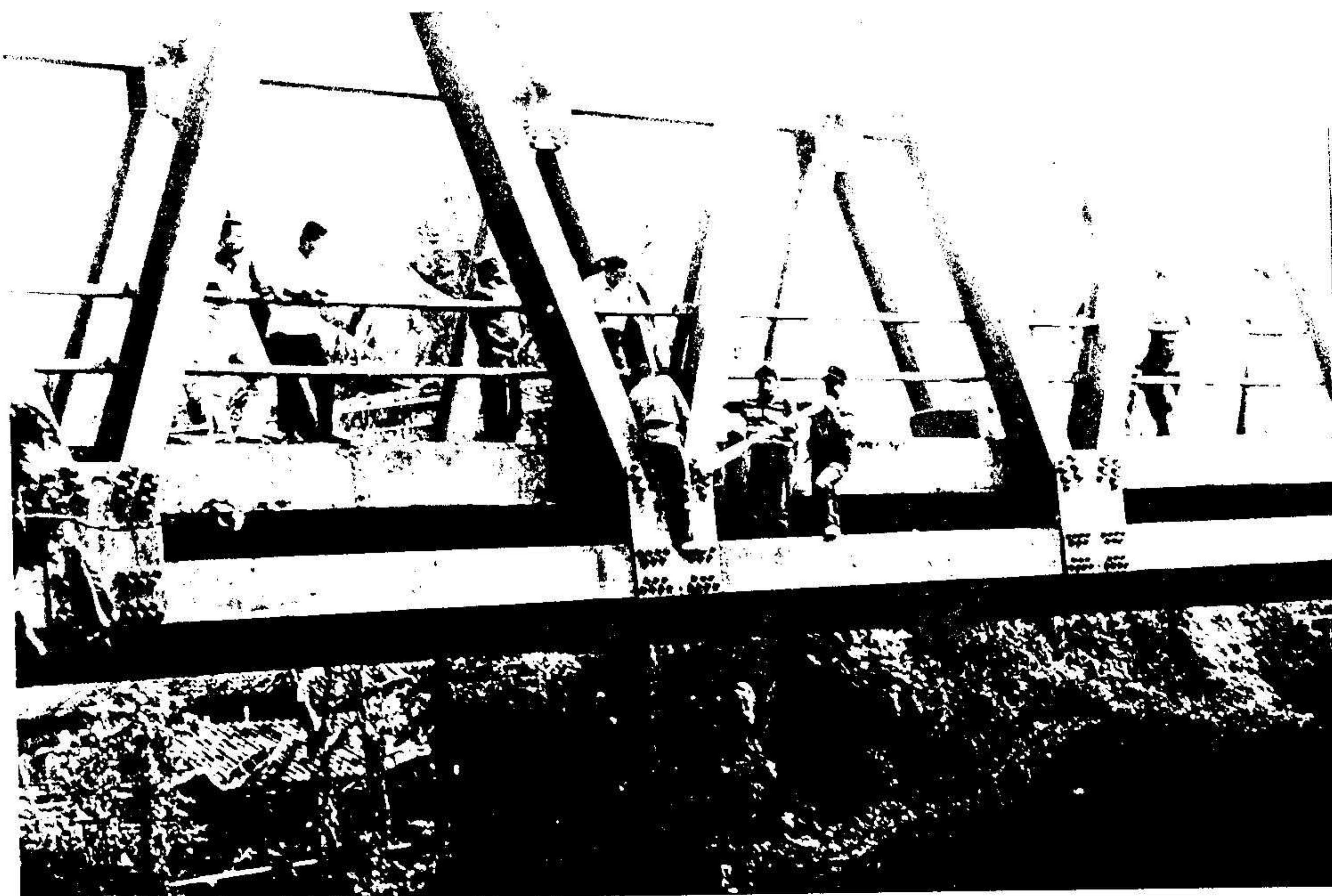
Sebelum pengukuran jembatan ditutup terhadap lalu lintas orang dan kendaraan.



Pembacaan lendutan jembatan dengan menggunakan
alat ukur water - pass



Mempersiapkan alat ukur " Strain recorder "



Mengendorkan bout - bout pada titik simpul pelat pertemuan ditengah besting



"Alat ukur pencatat getaran jembatan " Vibro Corder "

PENELITIAN KEKENCANGAN BOUT
JEMBATAN RANGKA BAJA

APRIL 1996