ISSN : 1978 - 1105

ARIKA

Media Ilmuan dan Praktisi Teknik Industri

Vol. 07, Nomor 2 Agustus 2013

JURNAL TEKNIK INDUSTRI

Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura

ARIKA, Vol. 07, No. 2
ISSN: 1978-1105
Agustus 2013

ANALISA LANJUT HASIL UJI KEKUATAN TARIK BESI BETON UNTUK STRUKTUR BETON JEMBATAN WAIHATTU MELALUI PERBANDINGAN PERHITUNGAN MANUAL DENGAN PROGRAM MINITAB VERSI 13

Steanly R.R Pattiselanno
Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ambon, Maluku
Email: steanly.r.r.pattiselanno@gmail.com

Nanse H Pattiasina
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ambon, Maluku
Email : ennd_3@yahoo.co.id

Nevada M J Nanulaitta
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ambon, Maluku
Email : rio_nevada@yahoo.co.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah menganalisa lanjut hasil uji kekuatan tarik besi beton untuk tulangan beton jembatan melalui perbandingan hasil perhitungan manual dengan program minitab versi 13 untuk tingkat kepercayaan 95% dan 99%. Perbandingan hasil yang dilakukan melalui pendekatan tahapan perhitungan manual adalah menghitung mean sampel, deviasi standar sampel dan estimasi interval mean populasi, serta tahapan minitab versi 13 adalah uji normalitas dan perhitungan cepat tingkat kepercayaan 95% dan 99%. Penelitian dilakukan menggunakan prosedur jumlah sampel kecil (n < 30), untuk sampel berdiameter (Ø) 10 mm, 16 mm, 19 mm dan 22 mm. Berdasarkan teknik analisa dan hasilnya, terdapat perbedaan besaran kekuatan tarik maksimum dari benda uji melalui penggunaan metode estimasi titik dan metode estimasi interval, sebagai berikut besaran perbedaan untuk interval kepercayaan ci = 95%, berkisar antara 0,001% s/d 0,239%, besaran perbedaan untuk interval kepercayaan ci = 99% berkisar antara 0,002% s/d 0,550% dan perbedaan besaran tegangan tarik antara daerah interval kepercayaan ci = 99% dan ci = 95% berkisar antara 0,001% s/d 0,315%.

Kata kunci: *besi beton, uji tarik, estimasi titik, estimasi interval*

ABSTRACT

The objective of the research is to analysed the yield strength of steel on bridge construction, through comparing manual estimating method and minitab program version 13, with reliability about 95% and 99%. Comparison of results is doing by manual estimating aproach, wich is results of mean samples, standard deviation of samples, and estimating interval of mean population, and by minitab program version 13 is, normality test and quick count with reliability 95% and 99%. Research is doing with a small number of samples procedure (n < 30), and diameters (Ø) of samples is 10 mm, 16 mm, 19 mm, and 22 mm. Based on technique of analysis, there's different achievement that compares the results of ultimit yield strength of steel by the methode of point estimating and estimating interval. Estimating of confidence intervals or ci = 95 %, about 0,001% to 0,239%, and estimating of confidence intervals for ci = 99%, about 0,002% to 0,550%, and finally the difference between area of yield strength with confidence intervals or ci = 99% and 95% is about 0,001% to 0,315%.

Keywords: *concreete steel, yield test, point estimating, interval estimating*

PENDAHULUAN

Dalam pelaksanaan pekerjaan yang berhubungan dengan rekayasa teknik sipil dewasa ini, sering terjadi bahwa sesuatu struktur yang direncanakan dengan mutu yang ideal sering terkendala dalam hal ketersediaan bahan bangunan standard yang ada di lapangan khususnya di tingkat distributor. Untuk konstruksi beton bertulang, selain bahan beton itu sendiri, hal yang harus diperhatikan juga adalah mutu baja yang akan dipakai apakah sudah memenuhi standard untuk memikul tegangan akibat perlakuan beban yang direncanakan terhadap struktur. Karena tegangan tarik yang dipikul oleh bahan tulangan baja, tidak boleh menyebabkan regangan pada tulangan baja tersebut sebesar 0,2% atau melebihi titik leleh dari bahan baja secara umum (*PPBBI 1984*).

Untuk menjamin mutu baja yang akan dipakai, maka cara yang ideal untuk diterapkan yaitu lewat proses pengujian mekanis atau dikenal dengan uji tarik, sehingga penggunaan semaksimal dan seaman mungkin bisa dilakukan dan kerusakan yang mengakibatkan kerugian ekonomi dan ancaman terhadap keselamatan pengguna struktur tersebut bisa dihindarkan.

Salahsatu pengujian material bahan baja yang dilakukan pada proyek atau pekerjaan teknik sipil adalah pengujian mekanis yang bisanya diwakili oleh pengujian tarik besi beton (tulangan baja) untuk pekerjaan struktur, seperti yang dilakukan pada proyek pembangunan jembatan Waihattu di pulau Ambon. Pada pengujian seperti ini biasa dilakukan pengujian pada sampel besi beton untuk berbagai ukuran diameter dengan jumlah sampel $n < 30$, umumnya sampel yang digunakan sebanyak 3 buah untuk berbagai ukuran diameter. Hal ini dilakukan dengan tujuan penghematan biaya dan waktu, kemudian hasil pengujian dianalisa dengan menghitung besaran *mean* dari kekuatan tarik untuk menyatakan kemampuan material terhadap beban tarik. Hal ini dirasakan cukup karena dalam perancangan pada umumnya digunakan pendekatan penggunaan faktor keamanan sesuai standarisasi yang berlaku, untuk kompensasi hal-hal yang diabaikan dalam perhitungan.

Apabila sampel yang digunakan berukuran kecil ($n < 30$) maka, secara teoritis estimasi memang masih dimungkinkan dengan menggunakan distribusi normal z jika distribusi populasinya bisa dipastikan terdistribusi normal dan *deviasi standard* populasi telah diketahui. Namun, untuk kebanyakan situasi, hal ini sulit sekali dipenuhi. Jika distribusi populasinya bisa dipastikan *berdistribusi normal* namun *deviasi standard* populasi tidak diketahui, maka distribusi *mean sampling* akan mengikuti *distribusi-t* (sering juga disebut distribusi *student-t*). Sementara jika populasinya tidak bisa dipastikan terdistribusi normal maka baik distribusi z maupun distribusi t tidak bisa digunakan, dan harus dilakukan dengan pendekatan statistik nonparametrik.

Bila hal ini ingin lebih dicermati, sebenarnya dapat dilakukan estimasi yang lebih cermat dengan melakukan pendekatan dengan perhitungan statistik untuk pengujian dengan jumlah sampel $n < 30$ dengan melakukan *estimasi interval*, tidak dengan pendekatan *estimasi titik (mean)* untuk menyatakan kekuatan tarik dari besi beton yang diuji. Dari kondisi yang diuraikan diatas maka, analisa lanjut kekuatan tarik besi beton untuk tulangan beton jembatan Waihatu perlu dilakukan.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengujian bahan merupakan suatu dasar penelitian dengan tujuan untuk mengetahui sifat-sifat dari sebuah bahan uji, sehingga penggunaan semaksimal dan seaman mungkin bisa dilakukan dan kerusakan yang mengakibatkan kerugian di dalam bidang teknologi dan ekonomi bisa dihindarkan.
Untuk mengetahui sifat-sifat tersebut, ada beberapa rangkaian pengujian antara lain:

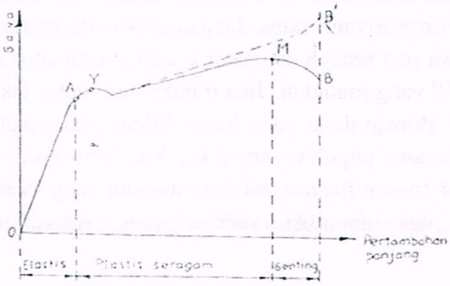
- Pengujian mekanis (tarik, kekerasan, bengkok)
- Pengujian fisika (muai panas, titik didih, berat jenis, sifat hantar listrik)
- Pengujian kimia (analisa pengujian mampu korosi, mampu asam)
- Pengujian metallographi (pengujian mikro struktur)
- Pengujian tidak merusak bahan (rontgen, medan magnet)

Hasil pengujian sebagai informasi keadaan bahan atau sifat bahan selalu diberikan kepada industri sebagai pemakai bahan, sehingga penulisan hasil pengujian harus disesuaikan dengan standar pengujian yang telah ditentukan oleh standar industri dari masing-masing negara atau dari standar industri internasional (ISO).

Pengujian Tarik

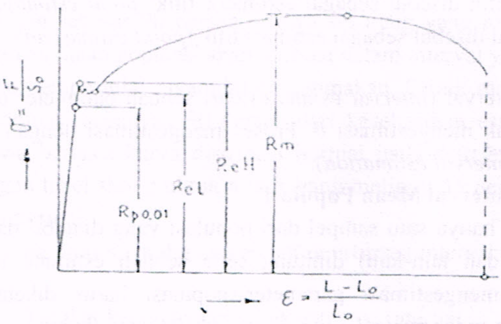
Pengujian tarik mengukur tegangan yang diperlukan untuk menarik benda uji (logam) sampai putus dan mencatat perpanjangan benda uji.

Tegangan tarik suatu material adalah tegangan yang diperlukan untuk memutuskan benda uji dalam tarikan (tegangan tinggi yang dapat diberikan sebagai tahanan atau reaksi terhadap suatu bahan).



Grafik Perubahan Gaya Tarik

Gambar ini menunjukkan perubahan gaya tarik dan pertambahan panjang benda uji selama berlangsung proses pengujian tarik. Besarnya gaya tarik dan pertambahan panjang sangat dipengaruhi oleh luas penampang dan panjang awal benda uji.



Kurva diagram pengujian tarik

Berdasarkan luas penampang dan panjang awal benda uji, maka kurva diagram pengujian tarik benda bekerja tidak lagi digambarkan dalam gaya dan pertambahan panjang, melainkan dalam tegangan (N/mm^2) dan pertambahan benda uji (L)

Dari pengujian tarik tersebut didapatkan suatu harga kekuatan yang terdiri dari:

a. Harga mampu tarik

b. Yield point (tegangan elastisitas)

Mampu tarik adalah harga tegangan maksimal yang memiliki harga yang dipengaruhi oleh gaya dan diameter benda uji. Tegangan elastisitas terjadi apabila tegangan tarik melampaui titik batas elastisitas sehingga penambahan tarik tiba-tiba akan mulur (0,5 - 4%). Tegangan elastisitas adalah harga tegangan tarik maksimal yang bisa diberikan dalam keadaan elastis.

Estimate

Estimate (hasil estimasi) adalah sebuah nilai spesifik atau kuantitas dari suatu statistik seperti nilai mean sampel, presentase sampel, atau varians sampel.

Estimator

Estimator adalah setiap statistik (mean sampel, presentase sampel, varians sampel) yang digunakan untuk mengestimasi sebuah parameter. Jadi mean sampel (x) adalah estimator bagi mean populasi (μ_x) presentase sampel (p) adalah estimator bagi presentase populasi (π) dan varians sampel (s^2) adalah estimator bagi varians populasi (σ_x^2).

Terdapat beberapa jenis estimator, meliputi estimator tak-bias (*unbiased estimator*), estimator kosisten (*consisten estimator*), estimator terbaik (*best estimator*), dan estimator yang mencukupi (*sufficient estimator*). Diantara estimator-estimator tersebut, estimator tak-bias dan estimator terbaik merupakan jenis estimator yang penting untuk dikaji pada tahap dasar.

Estimator tak-bias adalah sebuah estimator yang menghasilkan suatu distribusi sampling (*sampling distribution*) yang memiliki mean yang sama dengan parameter populasi yang akan diestimasi. Secara matematik dinyatakan bahwa jika sebuah estimator θ adalah estimator tak bias dari parameter θ maka $E(\theta) = \theta$ untuk seluruh nilai θ yang mungkin. Jika θ bukan estimator tak bias, maka perbedaan $E(\theta) - \theta$ disebut sebagai *bias* dari θ. Prinsip dasar yang harus diikuti dalam melakukan estimasi adalah di antara beberapa estimator dari parameter populasi yang dikaji kita harus bisa memilih estimator yang tidak bias. Sedangkan *estimator terbaik* (*best estimator*) adalah estimator yang memenuhi syarat-syarat sebagai suatu estimator *tak-bias* dan juga memiliki varians yang terkecil (*minimum variance unbiased estimator/MVUE*).

Estimasi

Estimasi adalah keseluruhan proses yang menggunakan sebuah estimator untuk menghasilkan sebuah estimate dari suatu parameter. Terdapat dua jenis estimasi, yaitu :

- **Estimasi Titik**

Sebuah estimate titik (*point estimate*) dari sebuah θ parameter adalah suatu angka tunggal yang dapat dianggap sebagai nilai yang masuk akal bagi θ.

Estimate titik diperoleh dengan memilih statistik yang tepat dan menghitung nilainya dari data sampel. Statistik yang dipilih disebut sebagai estimator titik (*point estimator*) dan proses mengestimasi dengan suatu angka tunggal disebut sebagai estimasi titik (*point estimation*).

- **Estimasi Interval**

Sebuah estimate interval (*interval estimate*) dari sebuah parameter θ adalah suatu sebaran nilai-nilai yang digunakan untuk mengestimasi θ. Proses mengestimasi dengan suatu sebaran nilai-nilai ini disebut estimasi interval (*interval estimation*).

Konsep Dasar Estimasi Interval Mean Populasi

Dalam prakteknya, hanya satu sampel dari populasi yang diambil dan kemudian statistik sampel tersebut (mean, varians, dan lain-lain) dihitung serta sebuah estimate terhadap parameter populasi ditentukan. Jadi, untuk mengestimasi parameter populasi harus diketahui sesuatu hal mengenai hubungannya dengan mean-mean sampel.

Distribusi Sampling

Tinjauan ulang sejenak terhadap konsep distribusi mean-mean sampling (*sampling distribution of the means*) memberikan dasar teoritis bagi estimasi interval dari mean populasi. Apabila ukuran sampel cukup besar maka distribusi mean-mean samplingnya akan mendekati distribusi normal/Gaussian. Sebagaimana telah diketahui mean dari distribusi mean-mean samplingya akan sama dengan mean dai populasinya. Sebagai tambahan kisaran dua error standard ($2\sigma_x$) dari mean-mean sampling itu tercakup 95,46 persen mean-mean sampel yang mungkin. Dari uraian tersebut dapat dipahami bahwa seandainya mungkin dilakukan pengambilan 1000 sampel yang ukurannya sama dari suatu populasi, maka sekitar 954 mean-mean sampel itu akan berada dalam kisaran 2 error standard pada kedua sisi dari mean populasi.

Pertimbangan Lebar Interval

Jika 95.4 persen dari seluruh nilai mean sampel yang mungkin berada dalam kisaran 2 error standard ($2\sigma_x$) dari mean populasi maka jelaslah bahwa mean populasi (μ_x) akan bernilai pada kisaran 2 error standard ($2\sigma_x$) dari 95,4 persen nilai-nilai mean-mean yang mungkin. Sebagai ilustrasi penggunaan prinsip di atas, andaikan kita bisa mendapatkan 1000 sampel yang mungkin dan memperoleh 1000 mean sampel, tiga diantaranya ditunjukkan pada gambar. Sebagai tambahan mean populasi akan diestimasi sebagai berada pada jarak 2 error standard dari nilai mean sampel. Dengan kriteria $x \pm 2\sigma_x$ tersebut, setiap interval mungkin memuat atau tidak memuat nilai mean populasi. Misalkan pada gambar interval yang dibentuk menggunakan x_1 dan x_2 memuat μ_x, sementara interval yang dibentuk dengan menggunakan x_3

tidak dapat memuat μ_x. Namun dapat dipahami bahwa dari seluruh interval $x \pm 2\sigma_x$ yang mungkin dibentuk, μ akan termuat dalam 95,4 persen darinya.

Jika prinsip diatas digeneralisasi, kita dapat menerapkan berbagai estimate interval untuk berbagai situasi. Jika distribusi samplingnya normal, maka estimate interval untuk mean populasi μ_x dapat dibentuk dengan cara berikut:

$$x - z\sigma_x < \mu_x < x + z\sigma_x \quad (1)$$

Di mana:

μ_x = mean populasi

σ_x = error standard dari mean

z = nilai skor z yang ditentukan dengan probabilitas estimate interval

Tingkat Kepercayaan

Dalam estimasi statistik selalu ditetapkan suatu tingkat kepercayaan (*level of confidence coefficient*) terhadap estimate-estimate interval yang dibuat. Jadi tingkat kepercayaan adalah probabilitas bahwa parameter populasi yang diduga akan termuat dalam interval estimate. Jadi interval-interval kepercayaan (*confidence intervals*) adalah estimate-estimate interval berdasarkan pada tingkat kepercayaan tertentu dan batas atas serta batas bawah interval itu disebut batas-batas kepercayaan (*confidence limits*).

Dalam prakteknya tingkat kepercayaan ditetapkan sebelum estimasi dilakukan. Jadi, dengan menetapkan tingkat kepercayaan sebesar 90 persen artinya sesorang yang melakukan estimasi tersebut ingin agar 90 persen yakin bahwa mean populasi akan termuat dalam interval yang diperolah. Masalahnya kemudian adalah menentukan berapa nilai z yang akan digunakan. Untuk membentuk estimate interval yang akan memuat mean populasi sebanyak 90 persen dari keseluruhan estimate interval yang dapat dibuat. Dengan prinsip bahwa berlaku kurva distribusi normal pada distribusi sampling maka nilai z tersebut dapat diperoleh dengan tabel skor z untuk nilai z yang meliputi 45 persen daerah masing-masing pada separuh kurva distribusi normal.

Tingkat kepercayaan yang umumnya digunakan untuk estimasi interval terlihat dalam tabel berikut ini.

Tingkat kepercayaan untuk estimasi interval

Tingkat Kepercayaan	Skor z	Bentuk Umum Estimate interval
90 %	1,645	$x - 1{,}645\sigma_x < \mu_x < x + 1{,}645\sigma_x$
95 %	1,960	$x - 1{,}960\sigma_x < \mu_x < x + 1{,}960\sigma_x$
99 %	2,575	$x - 2{,}575\sigma_x < \mu_x < x + 2{,}575\sigma_x$

Estimasi Mean Populasi

Dalam melakukan estimasi terhadap mean populasi dengan menggunakan data yang diperoleh dari sampel terdapat beberapa hal yang terlebih dahulu harus diperhatikan yaitu:

1. Ukuran sampel (apakah besar $n > 30$ atau kecil $n < 30$)
2. Informasi tentang distribusi populasinya (apakah distribusi normal atau tidak)
3. Deviasi standard populasinya (diketahui atau tidak)
4. Pemilihan jenis distribusi yang menjadi dasar estimasi

Mengestimasi Mean Jika Deviasi Standard Diketahui dan Jumlah Data/Ukuran Sampel Lebih Dari 30 (n > 30)

Jika deviasi standard populasi (σ_x) dikatahui dan ukuran sampel (n) lebih dari 30, kita dapat secara langsung menghitung error standard dari mean sebagai berikut:

- Jika anggota populasinya tak terhingga:

$$\sigma_x = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}} \tag{2}$$

- Jika anggota populasinya terhingga N:

$$\sigma_x = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \tag{3}$$

Selanjutnya estimate interval mean populasi dapat dibentuk dengan cara sebagai berikut:

$$x - z\sigma_x < \mu_x < x + z\sigma_x \tag{4}$$

Mengestimasi Mean Jika Deviasi Standard *Tidak Diketahui* dan Jumlah Data/Ukuran Sampel Lebih Dari 30 (n > 30)

Dalam kebanyakan situasi, bukan hanya mean populasi, deviasi standard populasi pun tidak diketahui. Jadi deviasi standard populasi harus diestimasi juga bersama-sama dengan mean populasinya. Hal tersebut dilakukan dengan prosedur yang dibahas di bawah ini.
Estimator deviasi standard populasi adalah deviasi standard sampel:

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma\,(x - \overline{x})^2}{n-1}} \tag{5}$$

Error standard dapat diestimasi sebagai berikut:

- Jika anggota populasinya tak terhingga:

$$\sigma_x = \frac{s}{\sqrt{n}} \tag{6}$$

- Jika anggota populasinya terhingga N:

$$\sigma_x = \frac{s}{\sqrt{n}}\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \tag{7}$$

Selanjutnya estimate interval mean populasi dapat dibentuk dengan cara sebagai berikut:

$$x - z\hat{\sigma}_{\bar{x}} \le \mu_x \le \bar{x} + z\hat{\sigma}_{\bar{x}}$$

tanda (^) diatas simbol error standard menunjukkan bahwa nilainya adalah suatu nilai estimasi.

Mengestimasi Mean Dengan Ukuran Sampel Kurang dari 30 (n < 30)

Estimasi mean populasi dengan besar sampel lebih dari 30 dengan prosedur yang telah diuraikan di atas bisa dilakukan karena distribusi sampling yang terbentuk berupa distribusi normal (Gaussian). Apabila sampel yang digunakan berukuran kecil ($n < 30$) maka estimasi dengan prosedur diatas tidak bisa dipakai. Secara teoritis estimasi memang masih dimungkinkan dengan menggunakan distribusi normal z jika distribusi populasinya bisa dipastikan terdistribusi normal dan deviasi standard populasi telah diketahui. Namun, untuk kebanyakan situasi, hal ini sulit sekali dipenuhi. Jika distribusi populasinya bisa dipastikan normal namun deviasi standard populasi tidak diketahui maka distribusi mean sampling akan mengikuti *distribusi-t* (sering juga disebut distribusi *student-t*). Sementara jika populasinya tidak bisa dipastikan terdistribusi normal maka baik distribusi z maupun distribusi t tidak bisa digunakan, dan harus dilakukan dengan pendekatan statistik nonparametrik.

Karakteristik Distribusi-*t*

Jika $\overline{x}$ adalah mean dari sampel acak dengan ukuran n dari suatu distribusi normal dengan mean μ_x, maka variabel acak:

$$T = \frac{\overline{x} - \mu_x}{s/\sqrt{n}} \tag{8}$$

Akan mempunyai sebuah distribusi probabilitas yang disebut distribusi-t dengan derajat kebebasan (*degree of freedom* atau *df*) $v = n - 1$.

Dengan demikian sebuah distribusi-t adalah distribusi dengan sebuah parameter *n*. Distribusi ini memiliki sifat-sifat berikut:

1. Distribusi ini serupa dengan distribusi normal *z* dengan mean nol dan simetris (berbentuk lonceng/bell shape) terhadap mean.
2. Bentuk distribusinya tergantung pada ukuran sampel. Jadi distribusi-*t* sesungguhnya adalah suatu keluarga (kumpulan) distribusi, dan ada perbedaan satu dengan lainnya yang tergantung pada ukuran sampel.
3. Pada ukuran sampel yang kecil, keruncingan bentuk distribusi-*t* kurang dibandingkan distrubusi *z*, namun dengan meningkatnya ukuran sampel dan mendekati 30, bentuk distribusi-t semakin mendekati bentuk distribusi normal *z*. (jadi jika $n > 30$, dapat digunakan nilai *z*).

Notasi $t_{\alpha,n}$

Notasi $t_{\alpha,n}$ digunakan untuk menyatakan nilai kritis t (*t critical value*). Nilai kritis t merupakan nilai numerik pada sumbu *t* di mana luas daerah dibawah kurva distribusi-t dengan derajat kebebasan *n* disebelah kanan $t_{\alpha,n}$ adalah α Gambar 8.8 mengilustrasikan notasi $t_{\alpha,n}$ dengan luas daerah dibawah kurva distribusi-t

Tabel Distribusi-*t*

Tabel-tabel yang berkaitan dengan distribusi-t sering disajikan dalam dua format. Format yang pertama disebut sebagi tabel nilai kritis t dan format yang kedua adalah tabel luas ujung kurva t (*t curve tail areas*).

Mengestimasi Mean Jika Sampel Berukuran Kecil (n < 30) dan Deviasi Standard Tidak Diketahui

Jika deviasi standard populasi tidak diketahui dan ukuran sampel kecil ($n < 30$), estimate interval dari mean populasinya berbentuk:

$$\bar{x} - t_{\alpha/2v}\,\sigma_{\bar{x}} < \mu_x < \bar{x} + t_{\alpha/2v}\,\sigma_{\bar{x}} \qquad (9)$$

Dimana:

$t_{\alpha/2\,v}$ = Nilai kritis t yang tergantung pada tingkat kepercayaan dan derajat kebebasan

α = 1 – tingkat kepercayaan (sering disebut *chance of error*)

v = derajat kebebasan (*df*) = n – 1

METODE PENELITIAN

Penelitian lanjutan dilakukan pada hasil uji kekuatan tarik maksimum sampel besi beton dengan pendekatan jumlah sampel 3 buah atau n < 30, pada kategori standar deviasi populasi tidak diketahui. Dengan menggunakan perhitungan manual dan program Minitab versi 13 dapat membandingkan perbedaan antara estimasi titik dengan estimasi interval ci = 95% dan ci = 99%. Analisis dilakukan terhadap perbedaan antara estimasi titik dengan estimasi interval ci = 95% dan ci = 99%. Teknik analisisnya menggunakan perhitungan perbedaan besaran yang terjadi dalam persen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Tarik

Data hasil pengujian tarik yang telah dilakukan (data sekunder) digunakan sebagai data awal dalam penelitian ini menggunakan besi beton ∅ 10 mm, 16 mm, 19 mm, dan 22 mm dan tegangan tarik maksimum yang terjadi dapat dilihat pada tabel 2.

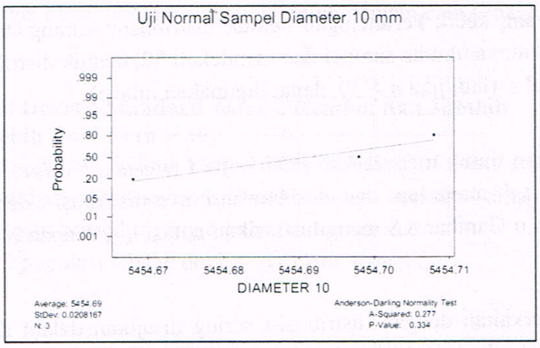
Data Yield Strength Hasil Pengujian

Sampel	Yield Strength (kgf/mm^2)			
	∅ 10 mm	∅ 16 mm	∅ 19 mm	∅ 22 mm
1	5454,693	5505,042	6806,040	7628,108
2	5454,703	5505,131	6817,421	7628,547
3	5454,690	5505,052	6806,041	7627,700

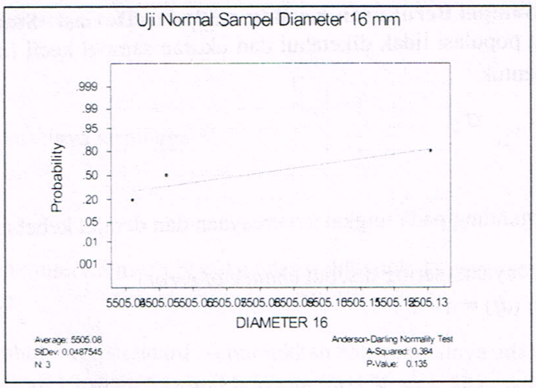
Untuk pengujian ini digunakan jumlah sampel 3 yakni n < 30, dengan distribusi populasinya bisa dipastikan *normal* namun *deviasi standard populasi* tidak diketahui maka distribusi mean sampling akan mengikuti *distribusi-t* (sering juga disebut distribusi *student-t*).

Uji Normalitas

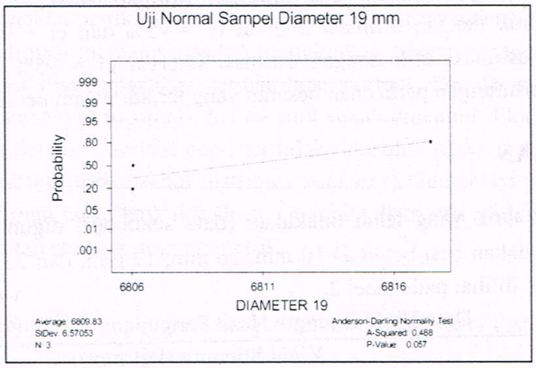
Untuk uji normalitas digunakan program statistik Minitab Versi 13 untuk mempermudah proses pengujian. Hasil Pengujian dapat dilihat pada grafik berikut ini.



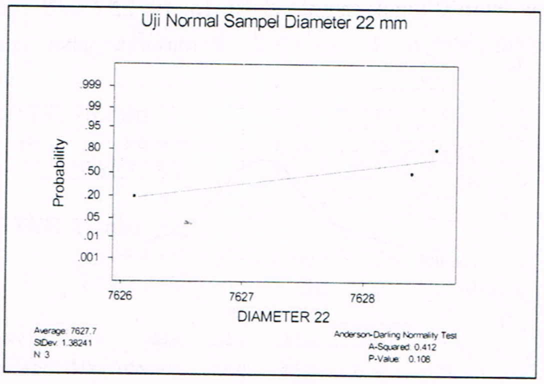
Grafik Uji Normal Sampel ∅ 10 mm



Grafik Uji Normal Sampel ∅ 16 mm



Grafik Uji Normal Sampel ∅ 19 mm



Grafik Uji Normal Sampel ∅ 22 mm

Dari hasil uji normal ternyata grafik yang ada menunjukkan bahwa data yang diuji berdistribusi normal, sementara besaran P-Value semua menunjukan bahwa nilainya > nilai α = 0,05 berarti pernyataan hipotesan nol (*Ho*) dapat terjadi/diterima.

Untuk pengujian ini digunakan jumlah sampel 3 yakni n < 30, dengan distribusi populasinya sudah dipastikan *normal* namun *deviasi standard populasi* tidak diketahui maka distribusi mean sampling akan mengikuti *distribusi-t*.

Perhitungan Mean Sampel menggunakan persamaan berikut ini dengan hasilnya yang dapat dilihat pada tabel 3.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{n}$$

Hasil Perhitungan Means Sampel

Sampel	Yield Strength (kgf/mm²)			
	∅ 10 mm	∅ 16 mm	∅ 19 mm	∅ 22 mm
1	5454,693	5505,042	6806,040	7628,108
2	5454,703	5505,131	6817,421	7628,547
3	5454,690	5505,052	6806,041	7627,700
$\bar{x}$	**5454,690**	**5505,080**	**6809,830**	**7627,700**

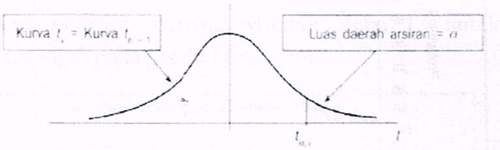
Perhitungan Deviasi Standar Sampel menggunakan persamaan berikut ini dengan hasilnya yang dapat dilihat pada tabel 4.

$$s = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Hasil Perhitungan Deviasi Standar Sampel

Sampel	Yield Strength (kgf/mm²)			
	∅ 10 mm	∅ 16 mm	∅ 19 mm	∅ 22 mm
1	5454,693	5505,042	6806,040	7628,108
2	5454,703	5505,131	6817,421	7628,547
3	5454,690	5505,052	6806,041	7627,700
S	**0,021**	**0,049**	**6,570**	**1,382**

Perhitungan estimasi interval untuk sampel ∅ 10, 16, 19, 22 mm dengan α = 1 – 95% = 5% = 0,05 dan derajat kebebasan (df), ν = n – 1 = 3 – 1 = 2. Berdasarkan tabel distribusi student (t) di dapat: $t_{\alpha;0,025;2} = 4{,}303$



ν	α 0,1	0,05	0.025	0,01	0,005	0,001	0.0005
1	3.078	6,314	12,706	31,821	63,656	318,289	636,578
2	1,886	2,920	4303	6,965	9,925	22,328	31,600
3	1,638	2,353	3182	4,541	5,841	10,214	12,924
4	1,533	2,132	2776	3,747	4,604	7,173	8,610
5	1,476	2,015	2571	3,365	4,032	5,894	6,869
6	1,440	1,943	2447	3,143	3,707	5,208	5,959
7	1,415	1,895	2365	2,998	3,499	4,785	5,408
8	1,397	1,860	2306	2,896	3,355	4,501	5,041
9	1,383	1,833	2262	2,821	3,250	4,297	4,781
10	1,372	1,812	2228	2,764	3,169	4,144	4,587

Tabel Distribusi – t dan Nilai kritis : $t_{\alpha,n}$

Dengan demikian Estimasi Interval Mean Populasi (μ_x) dapat dihitung untuk Ø 10, 16, 19 dan 22 mm berdasarkan persamaan:

$$\bar{x} - (t_{\alpha:0,025:2})(\hat{\sigma}_{\bar{x}})\langle\mu_x\langle\bar{x} + (t_{\alpha:0,025:2})(\hat{\sigma}_{\bar{x}})$$

$\hat{\sigma}_{\bar{x}}$ = error standard yang dapat dihitung untuk anggota populasi tak terhingga dan anggota populasi terhingga N

$\hat{\sigma}_{\bar{x}} = \dfrac{s}{\sqrt{n}}$; untuk populasi tak terhingga

Hasil perhitungan untuk estimasi interval mean populasi, terangkum dalam tabel 5.

Estimasi Interval Mean Populasi

Diameter (mm)	Besaran Estimasi Interval Mean Populasi (kgf/mm^2)
∅ 10 mm	5454,634 s/d 5454,738
∅ 16 mm	5504,960 s/d 5505,200
∅ 19 mm	6793,508 s/d 6826,151
∅ 22 mm	7624,266 s/d 7631,134

Sebagai pembanding digunakan program statistik Minitab versi 13 untuk mempercepat proses perhitungan, untuk tingkat kepercayaan 95% dan 99%.

Results for: TELITI - 2008.MTW

One-Sample T: DIAMETER 10 mm

```
Variable        N     Mean     StDev   SE Mean          95.0% CI
DIAMETER 10     3   5454.69     0.02      0.01   ( 5454.63, 5454.74)
```

One-Sample T: DIAMETER 16 mm

```
Variable          N        Mean       StDev    SE Mean          95.0% CI
DIAMETER 16       3     5505.08        0.05       0.03   ( 5504.95, 5505.20)
```

One-Sample T: DIAMETER 19 mm

```
Variable          N        Mean       StDev    SE Mean          95.0% CI
DIAMETER 19       3     6809.83        6.57       3.79   ( 6793.51, 6826.16)
```

One-Sample T: DIAMETER 22 mm

```
Variable          N        Mean       StDev    SE Mean          95.0% CI
DIAMETER 22       3     7627.70        1.38       0.80   ( 7624.27, 7631.13)
```

One-Sample T: DIAMETER 10 mm

```
Variable          N        Mean       StDev    SE Mean          99.0% CI
DIAMETER 10       3     5454.69        0.02       0.01   ( 5454.57, 5454.81)
```

One-Sample T: DIAMETER 16 mm

```
Variable          N        Mean       StDev    SE Mean          99.0% CI
DIAMETER 16       3     5505.08        0.05       0.03   ( 5504.80, 5505.35)
```

One-Sample T: DIAMETER 19 mm

```
Variable          N        Mean       StDev    SE Mean          99.0% CI
DIAMETER 19       3     6809.83        6.57       3.79   ( 6772.18, 6847.48)
```

One-Sample T: DIAMETER 22 mm

```
Variable          N        Mean       StDev    SE Mean          99.0% CI
DIAMETER 22       3     7627.70        1.38       0.80   ( 7619.78, 7635.62)
```

Estimasi Interval Mean Populasi Untuk (*confidence intervals*) (ci = 95% dan ci = 99%)

Diameter (mm)	Besaran Estimasi Interval Mean Populasi (kgf/mm^2)	
	(ci = 95%)	(ci = 99%)
∅ 10 mm	(5454.63 s/d 5454.74)	5454.57 s/d 5454.81
∅ 16 mm	(5504.95 s/d 5505.20)	5504.80 s/d 5505.35
∅ 19 mm	(6793.51 s/d 6826.16)	6772.18 s/d 6847.48
∅ 22 mm	(7624.27 s/d 7631.13)	7619.78 s/d 7635.62

Untuk membandingkan hasil perhitungan means sampel yang digunakan sebagai estimasi titik dengan means populasi hasil estimasi untuk ci = 95% dan ci = 99%, hasilnya dirangkum dalam tabel 7.

Perbandingan Means Sampel (Estimasi Titik) dengan Estimasi Interval Mean Populasi Untuk (*confidence intervals*) (ci = 95% dan ci = 99%)

Diameter (mm)	Perbandingan Means Sampel (Estimasi Titik) dengan Besaran Estimasi Interval Mean Populasi (kgf/mm^2)				
	$\bar{x}$	(ci = 95%)	Selisih %	(ci = 99%)	Selisih %
∅ 10 mm	5454,690	(5454.63 s/d 5454.74)	0.001	5454.57 s/d 5454.81	0.002
∅ 16 mm	5505,080	(5504.95 s/d 5505.20)	0.002	5504.80 s/d 5505.35	0.005
∅ 19 mm	6809,830	(6793.51 s/d 6826.16)	0.239	6772.18 s/d 6847.48	0.550
∅ 22 mm	7627,700	(7624.27 s/d 7631.13)	0.045	7619.78 s/d 7635.62	0.104

Sementara untuk perbedaan besaran tegangan tarik antara daerah interval kepercayaan ci = 99% dan ci = 95% berkisar antara 0,001% s/d 0,315%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan kesimpulan bahwa terdapat perbedaan besaran kekuatan tarik maksimum dari benda uji bila digunakan metode estimasi titik dan metode estimasi interval, dengan besaran perbedaan dimaksud untuk interval kepercayaan ci = 95%, berkisar antara 0,001% s/d 0,239%. Besaran perbedaan dimaksud untuk interval kepercayaan ci = 99%, berkisar antara 0,002% s/d 0,550% dan untuk perbedaan besaran tegangan tarik antara daerah interval kepercayaan ci = 99% dan ci = 95% berkisar antara 0,001% s/d 0,315%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anonimous., (1992)., *Pengetahuan Bahan*., PMS.,Bandung
2. B.J.M. Beumer., 1994., *Ilmu Bahan Logam*., PT. Bhratara Niaga Media., Jakarta
3. Harinaldi., 2002., *Prinsip-Prinsip Statistik Untuk Teknik dan Sains*., Erlangga., Jakarta
4. Mendenhall W and Sincich T., 1996., *Statistic for Engineering and Sciences.*, Prentice- Hall International,Inc., New Jersey