



**HUBUNGAN VARIASI BENTANG DENGAN LUASAN PROFIL  
PADA GUDANG BAJA GABLE FRAME SECARA TEORITIS  
DAN PENERAPAN DI LAPANGAN MENGGUNAKAN  
ANALISIS REGRESI**

**SKRIPSI**

oleh

**Weny Indriana Tampubolon  
NIM 111910301055**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**HUBUNGAN VARIASI BENTANG DENGAN LUASAN PROFIL  
PADA GUDANG BAJA GABLE FRAME SECARA TEORITIS  
DAN PENERAPAN DI LAPANGAN MENGGUNAKAN  
ANALISIS REGRESI**

**SKRIPSI**

**diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi S1 Teknik Sipil  
dan mencapai gelar Sarjana Teknik**

**oleh**

**Weny Indriana Tampubolon  
NIM 111910301055**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

## PERSEMBAHAN

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas kasih setia-Nya yang telah melimpahkan segala rahmat yang tak ternilai, sehingga bisa terlaksana penyelesaian penelitian yang saya lakukan ini.

Akhirnya, kupersembahkan tugas akhir ini untuk :

1. Kedua Orangtuaku Mama Tetty Simanjuntak dan Papa Jonson Tampubolon yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan tiada henti, memberi motivasi semangat, menitikkan air mata dan memberi kasih sayang yang tak pernah habis serta pengorbanannya selama ini,
2. Adik-adikku Egritha Tampubolon, Cindy Amelia Tampubolon, Kevin Valentino Tampubolon yang selalu memberi semangat dan doa serta hiburan,
3. Terimakasih Bapak Dwi Nurtanto dan Bapak Ahmad Hasanuddin selaku dosen pembimbing yang telah membimbing saya menyelesaikan tugas akhir ini,
4. Terimakasih Bapak Syamsul Arifin dan Bapak Januar Fery selaku dosen penguji yang sudah memberikan saran untuk memperbaiki tugas akhir ini,
5. Terimakasih Ibu Sri Wahyuni selaku dosen pembimbing akademik yang selalu membimbing dan memberi motivasi dari awal semester 1,
6. Terimakasih juga buat Mas Imam, Mas Jamil, Layliana, Nurul, Silvia, Desy, Fina, Siska, dan Lestari yang sudah banyak membantu proses tugas akhir ini,
7. Teman-teman Teknik Sipil Universitas Jember angkatan 2011 yang tidak mungkin untuk disebut satu per satu. Terimakasih atas persahabatan yang tidak akan pernah terlupakan, dukungan serta semangat yang tiada henti kepada penulis,
8. Almamater Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

## MOTO

Sebab biarpun gunung-gunung beranjak dan bukit-bukit bergoyang, tetapi kasih setia-Ku tidak akan beranjak dari padamu.<sup>\*)</sup>

Tak ada satu kesuksesan pun yang merupakan usaha sendiri. Interaksi saya dengan orang lain membantu saya untuk berhasil. Untuk setiap prestasi, saya bisa melihat ke belakang dan menemukan bahwa ada suatu hubungan yang membuat pencapaian itu terwujud.<sup>\*\*)</sup>

Ketika seorang tekun melangkah, ia akan mengalami mestakung.<sup>\*\*\*)</sup>

---

<sup>\*)</sup> Alkitab. Amsal 54:10.

<sup>\*\*)</sup> John C. Maxwell dalam Dewobroto, W. 2013. *Komputer Rekayasa Struktur dengan SAP 2000*. Karawaci: Lumina Press.

<sup>\*\*\*)</sup> Yohanes Surya. 2009.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Weny Indriana Tampubolon

NIM : 111910301055

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Hubungan Variasi Bentang dengan Luasan Profil pada Gudang Baja Gable Frame Secara Teoritis dan Penerapan di Lapangan Menggunakan Analisis Regresi” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan dalam institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 11 Juni 2015

Yang menyatakan,

Weny Indriana Tampubolon  
NIM 111910301055

**SKRIPSI**

**HUBUNGAN VARIASI BENTANG DENGAN LUASAN PROFIL  
PADA GUDANG BAJA GABLE FRAME SECARA TEORITIS  
DAN PENERAPAN DI LAPANGAN MENGGUNAKAN  
ANALISIS REGRESI**

oleh

Weny Indriana Tampubolon  
NIM 111910301055

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dwi Nurtanto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ahmad Hasanuddin, S.T., M.T.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Hubungan Variasi Bentang dengan Luasan Profil pada Gudang Baja Gable Frame Secara Teoritis dan Penerapan di Lapangan Menggunakan Analisis Regresi” telah diuji dan disahkan pada:

hari : Kamis

tanggal : 11 Juni 2015

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Dwi Nurtanto, S.T., M.T.  
NIP 19731015 199802 1 001

Ahmad Hasanuddin, S.T., M.T.  
NIP 19710327 199803 1 003

Penguji I,

Penguji II,

Syamsul Arifin, S.T., M.T.  
NIP 19690709 199802 1 001

Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng.  
NIP 19760111 200012 1 002

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Jember

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP 19610414 198902 100 1

## RINGKASAN

**Hubungan Variasi Bentang dengan Luasan Profil pada Gudang Baja Gable Frame secara Teoritis dan Penerapan di Lapangan Menggunakan Analisis Regresi;** Weny Indriana Tampubolon, 111910301055; 2015; 90 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kebutuhan gudang sebagai sarana penyimpanan berbagai komoditas sebelum dan akhirnya didistribusikan ke pasar sangat tinggi. Mengingat gudang memerlukan ruang yang luas tanpa kolom yang banyak, baja merupakan material yang cocok untuk bangunan gudang. Disamping mudah dalam pemasangan, baja juga memiliki kekuatan yang tinggi sehingga bisa digunakan pada bentang yang cukup besar. Baja juga sudah digunakan untuk jembatan gelagar komposit. Direktorat Jenderal Bina Marga memiliki standarisasi untuk penentuan dimensi gelagar pada bentang 8-20 m. Standarisasi ini dikeluarkan sebagai sarana untuk memudahkan para perencana dan pelaksana dalam membangun jembatan gelagar komposit. Sehingga tercapai efisiensi dan penghematan waktu dalam pembangunan. Bangunan khususnya gudang baja belum memiliki standarisasi tersebut sehingga dilakukan penelitian untuk membuat persamaan regresi dari hubungan variasi bentang dan luasan profil baja.

Penelitian ini dilakukan dengan dua cara yakni melakukan survei penggunaan luasan profil berdasarkan bentang bangunan di lapangan dan melakukan perhitungan luasan profil sesuai bentang di lapangan secara teoritis. Hubungan antara variasi bentang dan luasan profil baik hasil survey lapangan dan perhitungan teoritis akan diuji menggunakan uji korelasi dan analisis regresi. Uji korelasi akan menghasilkan nilai koefisien korelasi yang menunjukkan kesignifikanan hubungan dan analisis regresi akan menghasilkan nilai  $R^2$  dan persamaan regresi. Hasil regresi akan diuji lagi menggunakan uji F dan uji t untuk mengetahui hubungan kesignifikanan antara luasan profil yang ada di lapangan dan luasan profil dari hasil perhitungan teoritis.



Hasil dari penelitian ini menghasilkan koefisien korelasi ( $r$ ) rata-rata 0,9436 yang berarti hubungan variasi bentang bangunan ( $L$ ) dengan luasan profil baja ( $A$ ) baik yang ada di lapangan maupun perhitungan teoritis menunjukkan hubungan yang sempurna. Besar persentasi ( $R^2$ ) rata-rata dari hubungan-hubungan tersebut adalah 90%. Persamaan regresi untuk mencari luasan profil kuda-kuda yang ada di lapangan adalah  $y = 1,1834 x^{1,1455}$ , luasan profil kolom yang ada di lapangan  $y = 1,1805 x^{1,1488}$ , luasan profil kuda-kuda dari perhitungan teoritis  $y = 15,02 e^{0,0422x}$ , dan luasan profil kolom dari perhitungan teoritis  $y = 17,296 e^{0,0581x}$  dimana  $y$  adalah luasan profil baja dan  $x$  adalah bentang bangunan. Hasil uji  $t$  menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara penentuan luasan profil kolom yang ada di lapangan dengan luasan profil kolom dari hitungan teoritis. Demikian sebaliknya tidak ada perbedaan penentuan luasan profil kuda-kuda baik yang ada di lapangan maupun hasil hitungan teoritis.

## SUMMARY

**The Relation Between Length Spans and Profil Sectional Area of Steel Warehouse Gable Frame Theoretically and Application in The Field Using Regression Analysis;** Weny Indriana Tampubolon, 111910301055; 2015; 90 pages; Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Jember University.

Warehouse needs as a storage of various commodities before and finally distributed to the market is very high. Warehouse requires extensive space without a lot of columns, so steel is the ideal material for warehouse building. Besides easy to install, steel also has a high strength so that it can be used on a fairly large spans. Steel has also been used for the composite girder bridge. Directorate of Highways has standards for determining the dimensions of the girder in the span 8-20 m. This standardization is issued to facilitate the planners and implementers to build a composite girder bridge. So as to achieve the efficiency and to do savings in development time. Steel warehouse buildings in particular have not been standardized so this is a research to create a regression equation of the relation of length spans and the steel profiles sectional area.

This research was done in two ways, surveying the using of profile sectional area based on the length span of building in the field and calculating the profile sectional area corresponding the length span theoretically. The relation between variation of length spans and profile sectional area both the results of field surveyings and theoretical calculations will be tested using correlation and regression analysis. Correlation test results the value of the coefficient correlation that indicates its significance relationship and regression analysis results the  $R^2$  value and the regression equation. Regression results will be tested again using the F test and t test to determine the significance relationship between the profile sectional area that existing in the field and the profile sectional area from the results of the theoretical calculations.

This research results the average coefficient correlation ( $r$ ) 0.9436, which means the relation between variation spans ( $L$ ) and sectional area of steel profiles ( $A$ ) both in the field and theoretical calculations show a perfect relationship. The average percentage ( $R^2$ ) of these relationships are 90%. Regression equation to find the sectional area of the gable-beam profile in the field is  $y = 1,1834 x^{1,1455}$ , the sectional area of the column profile on the field is  $y = 1,1805 x^{1,1488}$ , the sectional area of the gable beam profile of calculation theoretically is  $y = 15,02 e^{0,0422x}$ , and the sectional area of the column profiles of theoretical calculations is  $y = 17,296 e^{0,0581x}$  where  $y$  is the sectional area of steel profile and  $x$  is the length span of the building . T-test results showed a significant difference between the determination of the sectional area of the column profiles in the field with the sectional area of the column profiles of the theoretical calculation. Similarly, otherwise there is no difference in the determination of the sectional area of the gable beam profile both in the field and the results of the theoretical matter.

## PRAKATA

Puji Syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Hubungan Variasi Bentang dengan Luasan Profil pada Gudang Baja Gable Frame Secara Teoritis dan Penerapan di Lapangan Menggunakan Analisis Regresi”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Widyono Hadi, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,
2. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember,
3. Dwi Nurtanto, S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama,
4. Ahmad Hasanuddin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota,
5. Syamsul Arifin, S.T.,M.T. selaku Dosen Penguji Utama,
6. Januar Fery Irawan, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji Anggota,
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, Juni 2015

Penulis

**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN SAMBUTAN</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN MOTO</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	vi
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	viii
<b>SUMMARY</b> .....	x
<b>PRAKATA</b> .....	xii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xviii
<b>DAFTAR GRAFIK</b> .....	xix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xx
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Tujuan</b> .....	3
<b>1.4 Manfaat</b> .....	3
<b>1.5 Batasan Masalah</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Struktur Gudang</b> .....	4
<b>2.2 Konstruksi Portal Kaku (Gable Frame)</b> .....	5

<b>2.3 Pembebanan</b> .....	6
2.3.1 Beban Mati .....	6
2.3.2 Beban Hidup.....	7
2.3.3 Beban Angin.....	8
2.3.4 Kombinasi Pembebanan .....	8
<b>2.4 Material baja dan tegangan-tegangan dasar</b> .....	9
2.4.1 Kelebihan Baja .....	10
2.4.2 Kelemahan Baja .....	10
2.4.3 Sifat-sifat Bahan .....	11
2.4.4 Tegangan-tegangan Baja .....	11
2.4.5 Bentuk-bentuk Baja Profil.....	11
<b>2.5 Stabilitas Balok-balok yang Dibebeani Lentur (KIP)</b> .....	12
<b>2.6 Stabilitas Batang-batang Tekan pada Gudang Baja</b> .....	14
2.6.1 Kolom-kolom yang Ujungnya Bergoyang .....	15
<b>2.7 Syarat-syarat Lendutan</b> .....	20
<b>2.8 Uji Statistik</b> .....	20
2.8.1 Uji korelasi .....	20
2.8.2 Analisis Regresi.....	21
2.8.3 Uji F.....	22
2.8.4 Uji t-dua sampel independen .....	23
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	25
<b>3.1 Umum</b> .....	25
<b>3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian</b> .....	25
<b>3.3 Metodologi Penelitian</b> .....	26
3.3.1 Persiapan Survei Lapangan .....	26
3.3.2 Tahap Pengumpulan Data Perencanaan .....	27
3.3.3 Tahap Perhitungan Luasan Profil Secara Teoritis .....	27
3.3.4 Tahap Uji Statistik dan Intepretasi Hasil.....	33
<b>3.4 Diagram Alir Penelitian</b> .....	40

<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	42
<b>4.1 Data Bentang Bangunan dan Luasan Profil Baja</b>	
<b>Hasil Survei Lapangan</b> .....	42
<b>4.2 Perhitungan Teoritis Berdasarkan Data-data Teknis</b>	
<b>Lapangan</b> .....	44
4.2.1 Perhitungan Gording .....	44
4.2.2 Perhitungan Batang Tarik (Trackstang) .....	49
4.2.3 Perhitungan Ikatan Angin.....	49
4.2.4 Pembebanan untuk Perhitungan Dimensi Gording	
Kuda-kuda dan Kolom .....	50
4.2.5 Kontrol Dimensi Kuda-kuda dan Kolom .....	53
<b>4.3 Uji Statistik Hubungan Antara Bentang Bangunan (L)</b>	
<b>dengan Luasan Profil Baja (A)</b> .....	64
4.3.1 Uji Korelasi .....	64
4.3.2 Analisis Regresi.....	66
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	79
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	79
<b>5.2 Saran</b> .....	80
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	81
<b>LAMPIRAN</b> .....	82

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Harga tegangan leleh dan tegangan dasar .....	12
4.1 Profil kuda-kuda lapangan .....	42
4.2 Profil kolom lapangan.....	43
4.3 Hasil rekapitulasi pembebanan .....	52
4.4 Gaya dalam pada balok <i>gable</i> .....	54
4.5 Gaya dalam pada kolom.....	54
4.6 Profil kuda-kuda teoritis .....	62
4.7 Profil kolom teoritis .....	63
4.8 Hasil uji korelasi antara bentang dengan profil kuda-kuda lapangan .....	64
4.9 Hasil uji korelasi antara bentang dengan profil kolom lapangan.....	65
4.10 Hasil uji korelasi antara bentang dengan profil kuda-kuda teoritis.....	65
4.11 Hasil uji korelasi antara bentang dengan profil kolom teoritis .....	66
4.12 Hasil analisis regresi antara bentang dengan profil kuda-kuda lapangan .....	67
4.13 Hasil analisis regresi antara bentang dengan profil kolom lapangan.....	68
4.14 Hasil analisis regresi antara bentang dengan profil kuda-kuda teoritis.....	69
4.15 Hasil analisis regresi antara bentang dengan profil kolom teoritis .....	70
4.16 Hasil F-test profil kuda-kuda lapangan dan teoritis .....	75
4.17 Hasil F-test profil kolom lapangan dan teoritis.....	76



4.18 Hasil t-test luasan profil kuda-kuda lapangan dan teoritis.....	77
4.19 Hasil t-test luasan profil kolom lapangan dan teoritis .....	78



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Beban pada gudang baja .....	4
2.2 Konstruksi <i>gable frame</i> .....	5
2.3 Uraian beban mati gording .....	6
2.4 Uraian beban hidup.....	7
2.5 Panjang tekuk.....	15
2.6 Harga tegangan euler ( $\bar{\sigma}_{Ex}$ dan $\bar{\sigma}_{Ey}$ ).....	17
2.7 Harga $\delta$ .....	19
3.1 Pembangunan gudang ajungpark.....	26
3.2 Perhitungan gording.....	28
3.3 Perletakan batang tarik .....	31
3.4 Ikatan angin .....	31
3.5 <i>Data analysis</i> .....	34
3.6 <i>Correlation analysis tool</i> .....	34
3.7 <i>Correlation window</i> .....	35
3.8 <i>Regression analysis tool</i> .....	36
3.9 <i>Regression process</i> .....	36
3.10 <i>F-test analysis tools</i> .....	38
3.11 <i>F-test window</i> .....	39
3.12 Flowchart penelitian .....	40
4.1 Panjang balok kuda-kuda.....	45
4.2 Pembebanan pada gording.....	50

**DAFTAR GRAFIK**

	Halaman
4.1 Hubungan antara bentang dan luasan profil kuda-kuda yang ada di lapangan .....	71
4.2 Hubungan antara bentang dan luasan profil kolom yang ada di lapangan .....	72
4.3 Hubungan antara bentang dan luasan profil kuda-kuda dari perhitungan teoritis .....	73
4.4 Hubungan antara bentang dan luasan profil kolom dari perhitungan teoritis .....	74

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. Foto gudang survey di lapangan.....	82
B. Surat pernyataan gambar perencanaan sesuai dengan gudang yang dibangun di lapangan.....	86
C. Tabel hasil output SAP 2000 (Momen, geser, Aksial.....	87
D. Tabel r untuk uji korelasi.....	88
E. Tabel t untuk uji regresi.....	90

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada saat ini kebutuhan akan gudang sebagai sarana penyimpanan berbagai komoditas sebelum dan akhirnya didistribusikan ke pasar sangat tinggi. Mengingat bangunan gudang memerlukan ruang yang luas tanpa tiang atau kolom yang banyak, sehingga baja merupakan material yang cocok digunakan. Disamping mudah dalam pemasangannya, baja memiliki kekuatan yang tinggi sehingga dapat digunakan pada bentang yang cukup besar. “Baja yang memiliki kekakuan 10 kali lipat dari beton mampu menggunakan struktur yang lebih kecil dan ringan. Untuk bentang antar kolom yang tidak terlalu panjang (10 m) bisa digunakan baja profil biasa, untuk yang lebih panjang dapat digunakan castileted yaitu profil baja I/WF (*wide flange*) dibelah menjadi dua dengan irisan membentuk trapesium kemudian badan baja di geser ke samping dan ke atas sedemikian hingga badan baja yang bawah bertemu dengan yang atas, badan ini kemudian di las, dan akan terbentuk lubang berbentuk segi enam. Castileted beam seperti ini sangat efektif karena tinggi baja akan menjadi dua kali lipat sehingga kekakuan dan kekuatan lenturnya jauh bertambah dan lubang segi enam tadi akan mengurangi berat sendiri struktur yang menjadikannya lebih efektif.” (Zakariya, 2013).

Direktorat Jenderal Bina Marga mengeluarkan standarisasi untuk jembatan gelagar komposit untuk bentang 8-20 m sebagai sarana yang bertujuan untuk mempermudah para perencana dan pelaksana jembatan gelagar komposit, sehingga tercapai efisiensi dan penghematan waktu dalam pembangunan jembatan gelagar komposit. Bentang 8-20 m merupakan bentang yang lazim digunakan untuk jembatan gelagar komposit dimana keterbatasan panjang profil gelagar induk yaitu 12 m. Pada bentang yang lebih dari 20 m biasanya digunakan pada jembatan rangka baja. Standarisasi ini mencakup pemilihan dimensi profil baja untuk gelagar jembatan

sesuai dengan bentang dan lebar lantai kendaraan. Pada bangunan khususnya bangunan gudang baja belum memiliki standarisasi pemilihan dimensi profil baja untuk panjang bentang tertentu.

Berdasarkan hal di atas, maka dilakukan penelitian untuk merencanakan profil baja pada gudang yaitu menghubungkan luasan profil baja yang akan digunakan dengan variasi bentang. Sama halnya dengan standarisasi jembatan gelagar komposit, panjang bentang merupakan faktor yang mempengaruhi penentuan luasan profil baja. Hal ini mendorong penulis untuk mengetahui besar persentasi panjang bentang sebagai faktor penentuan luasan profil dan persentasi faktor-faktor lainnya yang juga mempengaruhi.

Penelitian ini dilakukan dengan dua cara yakni melakukan survei terhadap luasan profil dan bentang yang ada di lapangan dan perhitungan luasan profil sesuai bentang di lapangan secara teoritis. Hasil survei lapangan sangat membantu penelitian ini menjadi lebih bagus dikarenakan ada pembanding. Hasil hubungan variasi bentang dengan luasan profil baja baik di lapangan dan teoritis akan menghasilkan persamaan regresi menggunakan analisis regresi. Persamaan regresi hubungan antara variasi bentang dan luasan profil yang akan mempermudah perancang struktur dalam merancang atau menggunakan luasan profil baja yang efisien dan ekonomis.

## 1.2 Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana persamaan regresi hubungan antara variasi bentang dengan luasan profil gudang baja *gable frame*?
2. Apakah terjadi hubungan yang signifikan antara hasil survei di lapangan dengan hasil perhitungan secara teoritis?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui persamaan regresi hubungan antara variasi bentang dengan luasan profil gudang baja *gable frame*.
2. Mengetahui signifikan atau tidak antara hasil survei di lapangan dengan hasil perhitungan secara teoritis.

### 1.4 Manfaat

Penelitian ini akan memberikan pengetahuan dan pemahaman bagi pembaca dan perancang struktur dalam menghitung dan memilih luasan profil baja yang tepat untuk variasi bentang tertentu. Penelitian ini juga mempermudah para perancang struktur untuk menentukan profil baja di lapangan secara langsung dengan menggunakan persamaan regresi.

### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bentuk profil baja yang digunakan adalah Profil WF dengan mutu baja BJ 37.
2. Variasi bentang yang digunakan untuk perhitungan teoritis adalah variasi tersedia di lapangan.
3. Tidak membahas metode pelaksanaan.
4. Tinjauan meliputi struktur balok *gable* dan struktur kolom.
5. Aspek-aspek peraturan yang dipakai adalah Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983 sebagai aturan pembebanan dan Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI) 1984 sebagai kontrol penentuan dimensi profil.
6. Beban angin yang digunakan sebesar  $40 \text{ kg/m}^2$

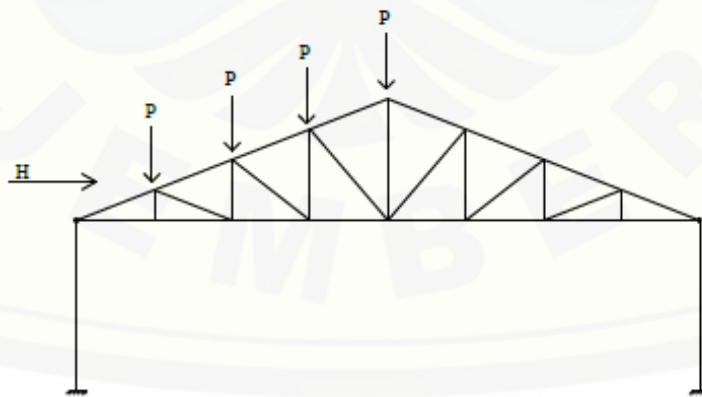
## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Struktur Gudang

Menurut Zakariya (2013:2), kebutuhan gudang yang sangat tinggi dipengaruhi oleh pertumbuhan pasar retail yang pesat terutama di kota-kota besar untuk penyimpanan berbagai komoditas barang. Standarisasi struktur baja untuk pembangunan gudang menurut Zakariya (2013:2) pada umumnya terdiri dari:

- a. Kolom utama
- b. Kolom gable
- c. Rafter/portal
- d. *Tie beam* (pengikat kolom utama terhadap portal)
- e. Struktur pondasi
- f. Aksesoris (*base plate, stiffener, futte, tip plate, end plate, plat joint, plat gording*)

Konstruksi gudang secara keseluruhan dinyatakan belum stabil karena konstruksinya berbentuk ruang tanpa kolom pada di tengah bentang sehingga perlu di daur ulang lagi dalam arah lain.



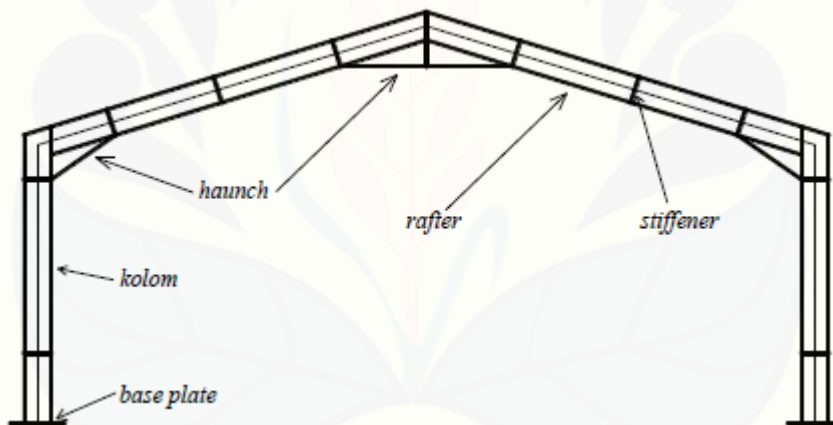
Gambar 2.1 Beban pada gudang baja



Berdasarkan gambar 2.1, Konstruksi dinyatakan stabil pada bidang kuda-kuda karena sudah dilakukan kontrol terhadap beban P dan H (angin/gempa). Apabila ada gaya H bekerja tegak lurus terhadap bidang kuda-kuda maka konstruksi akan mengalami guling. Maka bagian ini perlu di stabilkan menggunakan ikatan angin pada dinding dan atap.

## 2.2 Konstruksi Portal Kaku (Gable Frame)

Zakariya (2013:6) menyatakan bahwa konstruksi *gable frame* merupakan konstruksi statis tidak tentu. Konstruksi ini bisa diselesaikan dengan cara *cross*, *clapeyron*, *slope deflection*, tabel dan sebagainya. Gaya yang pada batang-batangnya adalah momen, gaya lintang, dan gaya normal.



Gambar 2.2 Konstruksi *gable frame*

*Gable frame* pada gambar 2.2 terdiri dari berbagai komponen penyusunnya antara lain *base plate*, kolom, *rafter*, *haunch*, dan *stiffener*. Komponen ini merupakan komponen yang menunjang kekuatan strukturnya. Namun dalam perhitungan beberapa komponen ini sering tidak dihitung. Zakariya (2013;6) mengemukakan bahwa pengaku (*haunch*) pada *gable frame* berfungsi untuk mencukupi kekuatan sambungan. Jika dalam perhitungan *haunch* diikutsertakan maka diharapkan adanya

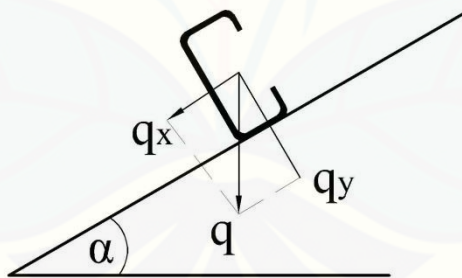
penurunan tegangan dan lendutan. *Haunch* mempunyai pengaruh terhadap kekuatan struktur *gable frame*.

### 2.3 Pembebanan

Perencanaan suatu struktur untuk keadaan-keadaan stabil batas, kekuatan batas dan kemampuan layan batas harus memperhitungkan pengaruh-pengaruh dari aksi sebagai akibat beban-beban berikut ini menurut Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.

#### 2.3.1 Beban mati

Berdasarkan PPIUG1983, beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan yang merupakan bagian yang terpisahkan dari gedung tersebut. Beban mati gording ditempatkan tegak lurus terhadap bidang penutup atap sehingga beban mati diuraikan pada sumbu x dan sumbu y pada gambar berikut.



Gambar 2.3 Uraian beban mati gording

Sumbu y bekerja vertikal searah gaya gravitasi dan sumbu x bekerja secara horizontal tegak lurus terhadap sumbu y sehingga diperoleh:

$$q_x = q \cdot \sin \alpha \quad (2.1)$$

$$q_y = q \cdot \cos \alpha \quad (2.2)$$

Dimana :  $q_x$  = beban mati arah x

$q_y$  = beban mati arah y

$\alpha$  = sudut kemiringan atap

Momen maksimum yang terjadi akibat benda mati adalah sebagai berikut:

$$M_{x_1} = \frac{1}{8} \cdot q_x \cdot l^2 \quad (2.3)$$

$$M_{y_1} = \frac{1}{8} \cdot q_y \cdot \left(\frac{l}{2}\right)^2 \quad (2.4)$$

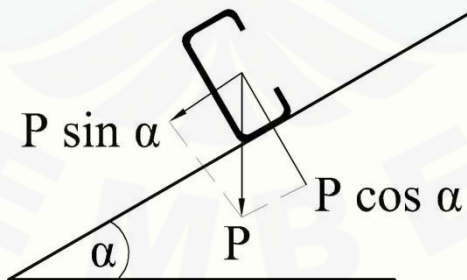
Dimana :  $M_x$  = momen maksimum arah x

$M_y$  = momen maksimum arah y

$l$  = Jarak antar portal

### 2.3.2 Beban hidup

Berdasarkan PPIUG 1983, beban hidup adalah beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai dan beban-beban pada atap gedung. Beban hidup pada atap gedung dimisalkan sebagai beban orang yang bekerja ada atap. Beban terpusat berasal dari seorang pekerja atau seorang pemadam kebakaran dengan peralatannya sebesar 100 kg. Beban hidup pada perhitungan dimensi gording merupakan beban terpusat yang bekerja di atas gording dan kuda-kuda dianggap tegak lurus bidang atap.



Gambar 2.4 Uraian beban hidup

Beban hidup diuraikan sama seperti beban mati terhadap sumbu x dan sumbu y. Sumbu y bekerja vertikal searah gaya gravitasi dan sumbu x bekerja tegak lurus terhadap sumbu y.

$$P_x = P \cdot \sin \alpha \quad (2.5)$$

$$P_y = P \cdot \cos \alpha \quad (2.6)$$

Dimana :  $P_x$  = Beban hidup arah x

$P_y$  = Beban hidup arah y

Momen maksimum yang terjadi akibat beban hidup adalah sebagai berikut :

$$M_{x_2} = \frac{1}{4} \cdot P_x \cdot l^2 \quad (2.7)$$

$$M_{y_2} = \frac{1}{4} \cdot P_y \cdot \left(\frac{l}{2}\right)^2 \quad (2.8)$$

### 2.3.3 Beban angin

Beban angin pada PPIUG 1983 adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban angin ditentukan dengan adanya tekanan positif dan tekanan negatif (isapan) yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Tekanan tiup harus diambil minimum  $25 \text{ kg/m}^2$ . Koefisien angin pada gedung tertutup untuk dinding vertikal di pihak angin adalah +0,9 dan di belakang angin adalah -0,4. Koefisien angin untuk atap segitiga di pihak angin dengan sudut kemiringan  $\alpha < 65^\circ$  adalah  $0,02 \alpha - 0,4$  dan di belakang angin untuk semua  $\alpha$  adalah -0,4.

### 2.3.4 Kombinasi pembebanan

Menurut PPIUG 1983, kekuatan suatu struktur gudang harus direncanakan terhadap kombinasi pembebanan sebagai berikut:

- a. Pembebanan tetap yaitu Beban Mati (M) + Beban Hidup (H)
- b. Pembebanan sementara yaitu Beban Mati (M) + Beban Hidup (H) + Beban Angin (A)

Untuk keadaan-keadaan tertentu beban mati, beban hidup dan beban angin dapat dikurangi dengan cara mengalikan dengan koefisien reduksi.

## 2.4 Material baja dan tegangan-tegangan dasar

Baja memiliki kelebihan dan kelemahan sebagai material bangunan. Berikut penjelasan lebih dalam mengenai kelebihan, kelemahan, sifat-sifat dan tegangan dasar serta jenis-jenis profil baja.

### 2.4.1 Kelebihan baja

Menurut Sumargo (2009:2) , kelebihan material baja dibanding material lainnya adalah sebagai berikut:

a. Kekuatan tinggi

Kekuatan yang tinggi dari baja per satuan berat mempunyai konsekuensi bahwa beban mati akan kecil. Hal ini sangat penting untuk jembatan bentang panjang, bangunan tinggi, dan bangunan dengan kondisi tanah yang buruk.

b. Keseragaman

Sifat baja tidak berubah banyak terhadap waktu, tidak seperti halnya pada struktur beton bertulang.

c. Elastisitas

Sesuai dengan Hukum Hooke baja bisa mencapai tegangan yang cukup tinggi sesuai disbanding dengan material lain. Momen inersia untuk penampang baja dapat ditentukan dengan pasti dibandingkan dengan penampang beton bertulang.

d. Permanen

Portal baja yang mendapat perawatan baik akan berumur panjang

e. Daktilitas

Suatu elemen baja yang diuji terhadap tarik akan mengalami pengurangan luas penampang dan akan terjadi perpanjangan sebelum terjadi keruntuhan. Keuntungan lainnya jika elemen struktur baja mendapat beban yang cukup maka

akan terjadi defleksi yang cukup jelas sehingga dapat digunakan sebagai tanda keruntuhan.

f. Liat (*Toughness*)

Baja bisa menerima deformasi yang besar selama pabrikan, pengangkutan, dan pelaksanaan tanpa menimbulkan kehancuran. Sehingga pada struktur baja dapat diberikan lenturan, beban kejut, geser atau dilubangi.

g. Tambahan pada struktur yang telah ada

Struktur baja sangat sesuai untuk penambahan struktur baik sebagian bentang baru maupun seluruh sayap dapat ditambahkan pada portal yang telah ada, bahkan jembatan baja seringkali diperlebar.

#### 2.4.2 Kelemahan Baja

Sumargo (2009:3) menyatakan secara umum baja mempunyai kekurangan sebagai berikut:

a. Biaya pemeliharaan

Umumnya material baja sangat rentan terhadap korosi jika dibiarkan terjadi kontak dengan udara dan air sehingga perlu dicat secara periodik.

b. Biaya perlindungan terhadap kebakaran

Meskipun baja tidak mudah terbakar, namun kekuatannya menurun drastis jika terjadi kebakaran. Selain itu baja merupakan konduktor panas yang baik sehingga dapat memicu kebakaran pada komponen lain.

c. Rentan terhadap tekuk (*buckling*)

Baja mempunyai kekuatan tinggi per satuan berat mengakibatkan kolom baja tidak kuat terhadap tekuk sehingga diperlukan banyak material untuk memperkuat kolom.

d. Keruntuhan getas

Beban fatik dan temperature yang sangat rendah memperbesar kemungkinan keruntuhan getas pada material baja.

### 2.4.3 Sifat-sifat bahan

Menurut PPBBI 1984, konstanta-konstanta yang dipakai untuk baja bangunan adalah sebagai berikut:

Modulus Elastisitas,  $E = 200.000 \text{ MPa}$

Modulus Geser,  $G = 80.000 \text{ MPa}$

Angka poisson  $= 0,30$

Koefisien muai panjang  $= 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}$

### 2.4.4 Tegangan-tegangan Baja

Besarnya tegangan-tegangan leleh dan tegangan dasar untuk mutu baja tertentu ditunjukkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Harga tegangan leleh dan tegangan dasar

Macam Baja	Tegangan leleh	Tegangan dasar
	$\bar{\sigma}_l$ (MPa)	$\bar{\sigma}$ (MPa)
BJ 34	2100	1400
BJ 37	2400	1600
BJ 41	2500	1666
BJ 44	2800	1867
BJ 50	2900	1933
BJ 52	3600	2400

Sumber: PPBBI (1984).

### 2.4.5 Bentuk-bentuk Baja Profil

Menurut Rioyulanda (2010), ada beberapa jenis profil yang sering digunakan dalam struktur gudang adalah profil *Wide Flange (WF)*, *UNP*, *Equal Angle (hot rolled)*, *Unequal Angle (hot rolled)*, *Lip Channel*, *Equal Angle (cold formed)*, *Unequal*

*angle (cold formed)*, RHS (*Rectangular Hollow Section*)- *cold formed*, SHS (*Square Hollow Section*)- *cold formed*, *Steel pipe*, *T-beam (Hot rolled)*.

Rioyulanda (2010) menuliskan bahwa profil WF biasanya digunakan pada balok, kolom, tiang pancang, top dan bottom chord pada truss dan lain-lain. Istilah lain dari WF adalah IWF, *H-Beam*, UB, UC, balok H, balok I, balok W. Penggunaan Profil UNP hampir sama dengan WF kecuali pada kolom. Profil UNP jarang digunakan pada kolom karena UNP relatif lebih mudah mengalami tekuk. Istilah lain dari profil UNP adalah Kanal U, *U-Channel*, Profil U. *Equal angle* dan *unequal angle* biasanya digunakan pada member *truss*, *bracing*, dan balok. Istilah lain dari *equal* dan *unequal angle* adalah profil siku atau profil L. *Lipped channel* digunakan untuk purlin (balok dudukan penutup atap), *girts* (elemen yang memegang penutup dinding misalnya metal sheet). Istilah lain dari *Lipped channel* adalah kanal C, profil C, balok purlin, *C-channel*. RHS dan SHS digunakan pada komponen rangka arsitektural (*ceiling*, partisi gypsum). Istilah yang sering digunakan di pasar adalah besi hollow. *Steel pipe* sering digunakan pada *bracing* dan nama lainnya sering disebut *steel tube*. Profil *T-beam* digunakan pada balok lantai dan balok kantilever dan istilah lainnya adalah balok T.

## 2.5 Stabilitas balok-balok yang dibebani lentur (KIP)

Berdasarkan PPBBI 1984, balok-balok yang penampangnya tidak berubah bentuk adalah balok-balok yang memenuhi syarat sebagai berikut:

$$\frac{h}{tw} \leq 75 \quad (2.9)$$

$$\frac{L}{h} \geq 1,25 \frac{b}{tf} \quad (2.10)$$

dimana :

h = tinggi balok

b = lebar sayap

tw = tebal badan

tf = tebal sayap



$L$  = jarak antara dua titik di mana tepi tertekan dari balok itu ditahan terhadap kemungkinan terjadinya lendutan

Pada balok-balok statis tertentu di mana pada perletakan pelat badan balok diberi pengaku samping, maka tegangan kip yang diizinkan dihitung dari:

Jika  $c_1 \leq 250$ , maka

$$\bar{\sigma}_{kip} = \bar{\sigma} \quad (2.11a)$$

Jika  $250 < c_1 < c_2$ , maka

$$\bar{\sigma}_{kip} = \bar{\sigma} - \frac{c_1 - 250}{c_2 - 250} \cdot 0,3 \bar{\sigma} \quad (2.11b)$$

Jika  $c_1 \geq c_2$ , maka

$$\bar{\sigma}_{kip} = \frac{c_2}{c_1} \cdot 0,7 \bar{\sigma} \quad (2.11c)$$

dimana:

$$c_1 = \frac{L \cdot h}{b \cdot t_f}$$

$$c_2 = 0,63 \frac{E}{\bar{\sigma}}$$

$E$  = Modulus elastisitas

$\bar{\sigma}$  = Tegangan dasar menurut tabel 2.1

Jika pada balok statis tertentu dimana pada perletakan, pelat balok tidak diberi pengaku samping maka tegangan kip yang menentukan adalah  $\bar{\sigma}_{kip}$  terkecil dan harus memenuhi syarat berikut:

$$\bar{\sigma}_{kip} \leq 0,042 \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot \frac{t_w^3}{h} \cdot \bar{\sigma} \quad (2.12)$$

## 2.6 Stabilitas batang-batang tekan pada gudang baja

Menurut PPBBI 1984, batang-batang tekan harus direncanakan sedemikian rupa sehingga terjamin stabilitasnya terhadap bahaya tekuk. Hal ini diperlihatkan dengan persamaan:

$$\omega \cdot \frac{P}{A} < \bar{\sigma} \quad (2.13)$$

dimana :

$N$  = gaya tekan pada batang

$A$  = luas penampang batang

$\bar{\sigma}$  = tegangan dasar pada tabel 2.1

$\omega$  = faktor tekuk yang tergantung dari kelangsingan ( $\lambda$ ) dan macam bajanya

Harga  $\omega$  dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\lambda_g = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{0,7 \cdot \bar{\sigma}_t}} \quad (2.14)$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda}{\lambda_g} \quad (2.15)$$

Untuk  $\lambda_s \leq 0,183$  maka  $\omega = 1$

$$0,183 < \lambda_s < 1 \text{ maka } \omega = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$$

$$\lambda_s \geq 1 \text{ maka } \omega = 2,381 \lambda_s^2$$

Sedangkan kelangsingan pada batang-batang tunggal dicari dengan persamaan:


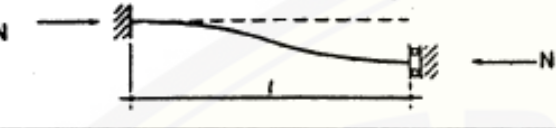

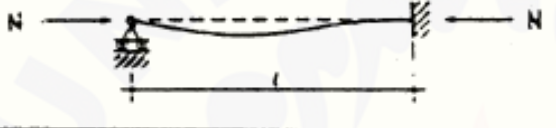


$$\lambda = \frac{L_k}{i} \quad (2.16)$$

dimana:

$L_k$  = panjang tekuk

$i$  = jari-jari kelembaman batang

Batang-batang mempunyai dua jari-jari kelembaman sehingga terdapat dua harga  $\lambda$  dan yang menentukan adalah harga  $\lambda$  terbesar. Apabila bahaya tekuk hanya dipastikan pada satu arah maka diambil harga  $\lambda$  untuk arah tersebut. Panjang tekuk ( $L_k$ ) dapat ditentukan dengan menggunakan gambar tabel 2.5.

	$h = l$	$n = \frac{\pi^2 E I}{N l^2}$
	$h = l$	$n = \frac{\pi^2 E I}{4 l^2}$
	$h = \frac{l}{2}$	$n = \frac{4 \pi^2 E I}{N l^2}$
	$h = \frac{l}{\sqrt{2}}$	$n = \frac{2 \pi^2 E I}{N l^2}$
	$h = 2 l$	$n = \frac{\pi^2 E I}{4 N l^2}$
<p>Dalam hal jepit elastis, dipakai kekakuan rotasi <math>C_R</math> yang didefinisikan sebagai berikut : <math>C_R = \frac{M}{\phi}</math> ; <math>\phi</math> dalam radian</p> 		

Gambar 2.5 Panjang tekuk

### 2.6.1 Kolom-kolom yang Ujungnya Bergoyang

Kolom-kolom yang ujungnya bergoyang adalah kolom-kolom yang selain dibebani oleh gaya normal dan momen lentur juga mengalami goyangan. Kolom-kolom yang ujungnya mengalami goyangan harus memenuhi syarat-syarat berikut:

$$a. \omega_x \cdot \frac{N}{A} + \frac{n_x}{n_x - 1} \cdot \frac{(V_x - N) e_x}{W_x} + 0,85 \cdot \theta \cdot \frac{n_x}{n_x - 1} \cdot \frac{M_x}{W_x} + 0,85 \cdot \theta \cdot \frac{n_y}{n_y - 1} \cdot \frac{M_y}{W_y} \leq \bar{\sigma} \quad (2.17)$$

$$b. \omega_y \cdot \frac{N}{A} + \frac{n_y}{n_y - 1} \cdot \frac{(V_y - N) e_y}{W_y} + 0,85 \cdot \theta \cdot \frac{n_x}{n_x - 1} \cdot \frac{M_x}{W_x} + 0,85 \cdot \theta \cdot \frac{n_y}{n_y - 1} \cdot \frac{M_y}{W_y} \leq \bar{\sigma} \quad (2.18)$$

$$c. \quad \frac{N}{A} + \theta \cdot \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq \bar{\sigma} \quad (2.19)$$

dimana:

$$n_x = \frac{A \cdot \bar{\sigma}_{Ex}}{V_x}$$

$$n_y = \frac{A \cdot \bar{\sigma}_{Ey}}{V_y}$$

Harga  $\bar{\sigma}_{Ex}$  dan  $\bar{\sigma}_{Ey}$  dapat diambil pada gambar tabel 2.6

$$\theta = \frac{5 \cdot \bar{\sigma}}{\bar{\sigma}_{kip} \cdot (8 - 3 \frac{M_{x1}}{M_{x2}})}$$

$$e_x = \delta_x \frac{w_x}{A}$$

$$e_y = \delta_y \frac{w_y}{A}$$

Harga  $\delta_x$  dan  $\delta_y$  tercantum pada gambar tabel 2.7

$M_{x1}$  dan  $M_{x2}$  adalah momen pada ujung-ujung kolom dengan ketentuan bahwa

$$|M_{x1}| \leq |M_{x2}|, \text{ tanda-tanda momen harus disertakandalam pembagian } \frac{M_{x1}}{M_{x2}}$$

N = gaya normal pada kolom

A = luas penampang kolom

M<sub>x</sub> = momen pada arah x

M<sub>y</sub> = momen pada arah y

W<sub>x</sub> = momen perlawanan terhadap sumbu x

W<sub>y</sub> = momen perlawanan terhadap sumbu y

$\omega_x$  = faktor tekuk pada sumbu x

$\omega_y$  = faktor tekuk pada sumbu y

V<sub>x</sub> = beban dari konstruksi pada kolom yang menjamin stabilitas pada arah tegak lurus sumbu x

V<sub>y</sub> = beban dari konstruksi pada kolom yang menjamin stabilitas pada arah tegak lurus sumbu y

$\bar{\sigma}_{kip}$  = kontruksi statis tertentu dihitung dengan persamaan (2.11a),(2.11b),(2.11c).

$\lambda$	$\sigma_{Ex}/\sigma_{Ey}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\lambda$	$\sigma_{Ex}/\sigma_{Ey}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\lambda$	$\sigma_{Ex}/\sigma_{Ey}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\lambda$	$\sigma_{Ex}/\sigma_{Ey}$ kg/cm <sup>2</sup>
5	829.047	6	575.727	7	422.983	8	323.846
9	255.879	10	207.262	11	171.291	12	143.932
13	122.640	14	105.746	15	92.116	16	80.962
17	71.717	18	63.970	19	57.413	20	51.815
21	46.998	22	42.823	23	39.180	24	35.983
25	33.162	26	30.660	27	28.431	28	26.436
29	24.645	30	23.029	31	21.567	32	20.240
33	19.032	34	17.929	35	16.919	36	15.992
37	15.140	38	14.353	39	13.627	40	12.954
41	12.330	42	11.750	43	11.209	44	10.706
45	10.235	46	9.795	47	9.383	48	8.996
49	8.632	50	8.290	51	7.969	52	7.665
53	7.378	54	7.108	55	6.852	56	6.609
57	6.379	58	6.161	59	5.954	60	5.757
61	5.570	62	5.392	63	5.222	64	5.060
65	4.906	66	4.758	67	4.617	68	4.482
69	4.353	70	4.230	71	4.112	72	3.998
73	3.889	74	3.785	75	3.685	76	3.588
77	3.496	78	3.407	79	3.321	80	3.234
81	3.159	82	3.082	83	3.069	84	2.937
85	2.869	86	2.802	87	2.738	88	2.676
89	2.617	90	2.559	91	2.503	92	2.449
93	2.396	94	2.346	95	2.297	96	2.249
97	2.203	98	2.158	99	2.115	100	2.073
101	2.032	102	1.992	103	1.954	104	1.916
105	1.880	106	1.845	107	1.810	108	1.777
109	1.744	110	1.713	111	1.682	112	1.652
113	1.623	114	1.595	115	1.567	116	1.540
117	1.514	118	1.489	119	1.464	120	1.439
121	1.416	122	1.393	123	1.370	124	1.348
125	1.326	126	1.306	127	1.285	128	1.265
129	1.245	130	1.226	131	1.208	132	1.190
133	1.172	134	1.154	135	1.137	136	1.121
137	1.104	138	1.088	139	1.073	140	1.057
141	1.043	142	1.028	143	1.014	144	1.000
145	986	146	972	147	959	148	946

$\lambda$	$\sigma_{Ex}/\sigma_{Ey}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\lambda$	$\sigma_{Ex}/\sigma_{Ey}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\lambda$	$\sigma_{Ex}/\sigma_{Ey}$ kg/cm <sup>2</sup>	$\lambda$	$\sigma_{Ex}/\sigma_{Ey}$ kg/cm <sup>2</sup>
149	934	150	921	151	909	152	897
153	885	154	874	155	863	156	852
157	841	158	830	159	820	160	810
161	800	162	790	163	780	164	771
165	761	166	752	167	743	168	734
169	726	170	717	171	709	172	701
173	693	174	685	175	677	176	669
177	662	178	654	179	647	180	640
181	633	182	626	183	619	184	612
185	606	186	599	187	593	188	586
189	580	190	574	191	568	192	562
193	556	194	551	195	545	196	540
197	534	198	529	199	523	200	518

Gambar tabel 2.6 Harga tegangan euler ( $\bar{\sigma}_{Ex}$  dan  $\bar{\sigma}_{Ey}$ )

Nilai  $n_x$  dan  $n_y$  dihitung menggunakan gambar tabel 2.6 berdasarkan nilai  $\lambda$  yang didapatkan dari persamaan 2.12. Nilai  $\lambda$  ada dua yaitu pada arah sumbu x dan arah sumbu y.

$\lambda$	$\delta$			
	Fe 310	Fe 360	Fe 430	Fe 510
0 - 20	0,000	0,000	0,000	0,000
25	0,030	0,030	0,035	0,040
30	0,055	0,060	0,065	0,075
35	0,080	0,090	0,100	0,115
40	0,110	0,120	0,130	0,150
45	0,140	0,150	0,165	0,185
50	0,165	0,180	0,195	0,220
55	0,190	0,210	0,225	0,250
60	0,215	0,235	0,250	0,285
65	0,240	0,260	0,280	0,315
70	0,265	0,290	0,305	0,345
75	0,290	0,310	0,330	0,380
80	0,310	0,335	0,360	0,425
85	0,330	0,360	0,390	0,475
90	0,350	0,390	0,425	0,540
95	0,375	0,415	0,465	0,650
100	0,400	0,450	0,515	0,760
105	0,425	0,490	0,600	0,880
110	0,455	0,550	0,690	1,000
115	0,485	0,630	0,800	1,130
120	0,540	0,720	0,900	1,270
125	0,600	0,810	1,010	1,410
130	0,690	0,910	1,120	1,560
135	0,770	1,010	1,240	1,710
140	0,860	1,110	1,370	1,870
145	0,950	1,220	1,500	2,030
150	1,050	1,330	1,630	2,220
155	1,150	1,450	1,770	2,380
160	1,250	1,580	1,910	2,560
165	1,350	1,700	2,050	2,750
170	1,460	1,830	2,200	2,950
175	1,570	1,960	2,360	3,150
180	1,680	2,100	2,520	3,350
185	1,800	2,240	2,680	3,560
190	1,920	2,390	2,850	3,780
195	2,050	2,540	3,030	3,780
200	2,170	2,690	3,200	4,230

Gambar tabel 2.7 Harga  $\delta$ 

Nilai  $e_x$  dan  $e_y$  dihitung menggunakan gambar tabel 2.7 berdasarkan nilai  $\lambda$  yang didapatkan dari persamaan 2.12. Nilai  $\lambda$  ada dua yaitu pada arah sumbu x dan arah sumbu y.

## 2.7 Syarat-Syarat Lendutan

Secara umum PPBBI 1984 menuliskan bahwa lendutan maximum akibat beban mati + beban hidup harus lebih kecil dari  $\frac{L}{250}$ . Pada balok yang terletak bebas atas dua tumpuan L, adalah bentang dari balok tersebut pada balok menerus atas banyak perletakan. L adalah jarak antara titik-titik beloknya akibat beban mati sedangkan pada balok kantilever L adalah dua kali panjang kantilevernya.

## 2.8 Uji statistik

Uji statistik pada penelitian ini menggunakan uji korelasi, analisis regresi, uji F, dan uji t. Ada atau tidaknya hubungan antara bentang bangunan dengan luasan profil baja diuji dengan menggunakan uji korelasi dan analisis regresi. Sedangkan uji F dan uji t dilakukan untuk mengetahui signifikan atau tidaknya luasan profil yang ada di lapangan dan hasil perhitungan teoritis. Uji statistik dilakukan dengan menggunakan Ms. Excel.

### 2.8.1 Uji Korelasi

Menurut Hidayat (2012), uji korelasi adalah teknik statistik yang digunakan untuk menguji ada/tidaknya hubungan serta arah hubungan dari dua variabel atau lebih. Besar kecilnya hubungan antara dua variabel dinyatakan dalam bilangan yang disebut Koefisien Korelasi ( $r$ ). Tabel  $r$  dilampirkan pada lampiran A

- Besarnya Koefisien korelasi antara  $-1$   $0$   $+1$
- Besaran koefisien korelasi  $-1$  &  $1$  adalah korelasi yang sempurna
- Koefisien korelasi  $0$  atau mendekati  $0$  dianggap tidak berhubungan antara dua variabel yang diuji

Nilai positif menunjukkan hubungan searah (X naik maka Y naik) dan nilai negatif menunjukkan hubungan terbalik (X naik maka Y turun). Hidayat (2012) menyatakan bahwa korelasi dibagi kedalam tiga metode yakni:



a. Korelasi sederhana Pearson dan Spearman

Korelasi Pearson adalah korelasi sederhana yang digunakan untuk berskala interval atau rasio. Sementara Korelasi Spearman lebih cocok untuk data berskala ordinal

b. Korelasi partial

Korelasi yang digunakan untuk menguji hubungan dua atau lebih variabel independen dengan satu variabel dependen dan dilakukan pengendalian pada salah satu variabel independennya

c. Korelasi ganda

Korelasi yang digunakan untuk menguji hubungan dua atau lebih variabel independen dengan satu variabel dependen secara bersamaan.

### 2.8.2 Analisis Regresi

Analisis regresi adalah analisis lanjutan dari korelasi. Hidayat (2012) dalam webnya menuliskan bahwa uji regresi bertujuan untuk menguji sejauh mana pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen setelah diketahui ada hubungan antar variabel tersebut. Untuk melakukan uji tersebut data harus berdistribusi normal dan data merupakan data interval/rasio. Menurut Hidayat (2012), analisis regresi terbagi kedalam 2 kategori yaitu:

- a. Regresi sederhana yaitu regresi untuk 1 variabel independen dengan 1 variabel dependen
- b. Regresi ganda yaitu regresi untuk lebih dari satu variabel independen dengan 1 variabel dependen.

Intepretasi pada analisis regresi dilakukan dengan membandingkan nilai t hasil hitungan excel dengan t pada tabel. T-tabel dilampirkan pada lampiran B Pada Microsost Excel analisis regresi terdiri dari beberapa tipe/*trend* yaitu:

- a. Exponensial  $y = a \cdot e^{bx}$
- b. Linear  $y = ax + b$

- c. Logaritma  $y = a \cdot \ln x + b$
- d. Polinomial  $y = ax^2 + bx + c$
- e. Power  $y = ax^b$

Menurut Uyanto (2009:233) analisis regresi sederhana (*Simple Regression Analysis*) digunakan untuk memprediksi nilai suatu variabel dependen  $y$  berdasarkan nilai variabel independen  $x$ . Analisis regresi juga dapat digunakan untuk melihat pengaruh variabel independen  $x$  terhadap variabel dependen  $y$ . Variabel independen  $x$  sering disebut sebagai variabel prediktor; sedangkan variabel dependen  $y$  sering disebut sebagai variabel respons. Model regresi sederhana dapat dinyatakan sebagai persamaan linier berikut:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i \quad (2.20)$$

Untuk mengestimasi nilai  $\beta_0$  dan  $\beta_1$  digunakan metode kuadrat terkecil (*least square method*) berdasarkan persamaan:

$$\hat{y}_i = b_0 + b_1 x_i \quad (2.21)$$

Untuk mencari nilai minimum fungsi kuadrat:

$$e^2_i = (y_i - \hat{y})^2 = (y_i - b_0 - b_1 x_i)^2 \quad (2.22)$$

### 2.8.3 Uji F

Menurut informasi blog (2012), uji F digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel bebas secara bersama-sama (simultan) terhadap variabel terikat. Signifikan berarti hubungan yang terjadi dapat berlaku untuk populasi. Penggunaan tingkat signifikansinya beragam, tergantung keinginan peneliti, yaitu 0,01 (1%); 0,05 (5%) dan 0,10 (10%).

Pada media blog (2012) menuliskan bahwa hasil uji F dilihat dalam tabel ANOVA dalam kolom sig. Sebagai contoh, kita menggunakan taraf signifikansi 5% (0,05), jika nilai probabilitas  $< 0,05$ , maka dapat dikatakan terdapat pengaruh yang signifikan secara bersama-sama antara variabel bebas terhadap variabel terikat akan

tetapi jika nilai signifikansi  $> 0,05$  maka tidak terdapat pengaruh yang signifikan secara bersama-sama antara variabel bebas terhadap variabel terikat

#### 2.8.4 Uji t-dua sampel independen

Uji t digunakan untuk menguji secara parsial masing-masing variabel yang independen. Pada media blog (2012) dituliskan bahwa hasil uji t dapat dilihat pada tabel *coefficients* pada kolom sig (*significance*). Jika probabilitas nilai t atau signifikansi  $< 0,05$ , maka dapat dikatakan bahwa terdapat pengaruh antara variabel bebas terhadap variabel terikat secara parsial. Namun, jika probabilitas nilai t atau signifikansi  $> 0,05$ , maka dapat dikatakan bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara masing-masing variabel bebas terhadap variabel terikat. Menurut Uyanto (2009:137) uji t dua sampel independen memiliki tiga bentuk hipotesis di mana penggunaannya tergantung dari persoalan yang akan di uji yaitu:

- a. Bentuk uji hipotesis satu sisi (*one-tailed test*) untuk sisi bawah dengan hipotesis:

$$H_0 = \mu_1 \geq \mu_2$$

$$H_1 = \mu_1 < \mu_2$$

- b. Bentuk uji hipotesis satu sisi (*one-tailed test*) untuk sisi atas dengan hipotesis:

$$H_0 = \mu_1 \leq \mu_2$$

$$H_1 = \mu_1 > \mu_2$$

- c. Bentuk uji hipotesis dua sisi (*two-tailed test*) dengan hipotesis:

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2$$

Dalam pengujian hipotesis, kriteria untuk menolak atau tidak menolak  $H_0$  berdasarkan *P-value* (nilai probabilitas) sebagai berikut:

Jika  $P\text{-value} < \alpha$ , maka  $H_0$  ditolak

Jika  $P\text{-value} \geq \alpha$ , maka  $H_0$  tidak dapat ditolak.

Rumus uji- t dua sampel independen dibagi menjadi dua rumus yaitu:

- a. Dengan asumsi kedua *variance* sama besar

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S_P \sqrt{\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y}}} \quad (2.23)$$

dengan derajat kebebasan:  $n_x + n_y - 2$

$$S_P = \sqrt{\frac{(n_x - 1)S_x^2 + (n_y - 1)S_y^2}{n_x + n_y - 2}}$$

dimana  $n_x$  = besar sampel pertama

$n_y$  = besar sampel kedua

b. Dengan asumsi kedua *variance* tidak sama besar

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{S_x^2}{n_x} + \frac{S_y^2}{n_y}}} \quad (2.24)$$

$$\text{dengan derajat kebebasan: } v = \frac{\left( \frac{S_x^2}{n_x} + \frac{S_y^2}{n_y} \right)^2}{\frac{\left( \frac{S_x^2}{n_x} \right)^2}{n_x - 1} + \frac{\left( \frac{S_y^2}{n_y} \right)^2}{n_y - 1}}$$

$v$  = dibaca nu adalah alphabet Yunani untuk n

### **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Penelitian di lapangan terlebih dahulu yaitu melakukan survei terhadap gedung-gedung dengan variasi bentang bangunan. Setiap bentang bangunan berpasangan dengan ukuran luasan profil WF tertentu. Selain survei lapangan, dilakukan juga perhitungan secara teoritis dari data perencanaan hasil survei di lapangan. Luasan profil hasil survei di lapangan dan hasil perhitungan secara teoritis digambarkan dalam grafik hubungan antara variasi bentang dengan luasan profil itu sendiri. Dari kedua grafik hubungan tersebut akan dianalisis menggunakan analisis regresi sehingga menghasilkan dua persamaan regresi yaitu persamaan regresi hasil survei di lapangan dan persamaan regresi hasil perhitungan secara teoritis.

#### **3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian**

Survei di lapangan sudah mulai dilakukan sejak tanggal 9 September 2014 sampai selesai. Survey dilakukan dengan mencari gudang baja "*Gable frame*" baik itu yang masih dalam pembangunan atau sudah selesai. Hal ini tergantung pada kesediaan data perencanaan luasan profil baja kuda-kuda dan kolom pada gudang. Survei dilakukan pada gudang baja *gable frame* di lokasi-lokasi pergudangan wilayah Jember.

Salah satu survei gudang yang dilakukan di daerah Ajung Pergudangan Ajungpark Jember dapat dilihat pada gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.1 Pembangunan gudang ajungpark

### 3.3 Metodologi Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan beberapa tahapan diantaranya adalah tahap persiapan survei lapangan, tahap pengumpulan data perencanaan yang ada di lapangan, tahap perhitungan secara teoritis berdasarkan bentang yang ada di lapangan, tahap uji statistik hubungan variasi bentang dan luasan profil teoritis dan lapangan dan intepretasi hasil.

#### 3.3.1 Persiapan Survei Lapangan

Sebelum terjun ke lapangan, dilakukan tahap persiapan survei yaitu dengan membuat daftar *check list* akan kebutuhan data perencanaan di lapangan. Kebutuhan data perencanaan gudang disusun berdasarkan tahapan perencanaan konstruksi bangunan gudang baja. Data perencanaan dari lapangan ini yang akan menjadi acuan untuk melakukan perhitungan secara teoritis di tahap selanjutnya. Sebagai contohnya dalam perhitungan secara teoritis akan merencanakan luasan profil menggunakan variasi bentang bangunan hasil survey di lapangan.

### 3.3.2 Tahap Pengumpulan Data Perencanaan

Data yang digunakan sebagai sumber penelitian merupakan data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber-sumber lain seperti data-data yang diperoleh dari instansi terkait. Data-data perencanaan teknis didapat dengan menanyakan langsung konsultan perencana dan kebanyakan data teknis didapat langsung dari perusahaan gudang baja.

Adapun data-data teknis perencanaan adalah sebagai berikut:

- a. Bentang bangunan
- b. Jarak kuda-kuda
- c. Tinggi kolom
- d. Profil baja kolom
- e. Profil baja kuda-kuda
- f. Kemiringan atap ( $\alpha$ )
- g. Mutu baja  $v$
- h. Bahan penutup atap

### 3.3.3 Tahap Perhitungan Luasan Profil Secara Teoritis

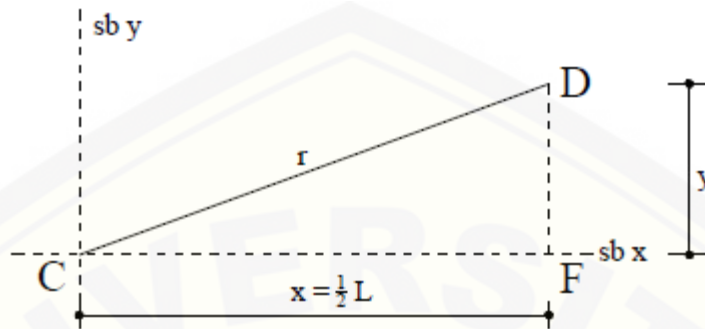
Tahap pengolahan data merupakan tahap perencanaan luasan profil gudang baja dengan perhitungan teoritis sesuai data bentang bangunan yang diperoleh dari survei lapangan.

- a. Umum

Perhitungan perencanaan luasan profil dilakukan berdasarkan referensi acuan yang diperoleh dari peraturan-peraturan yang terkait yaitu PPBBI 1984 dan PPIUG 1983, buku-buku perencanaan struktur baja, dan jurnal-jurnal yang terkait. Perhitungan perencanaan luasan profil dalam tugas akhir ini merupakan perhitungan luasan profil kolom dan kuda-kuda *gable frame*.

- b. Perhitungan gording

Perhitungan gording mencakup perhitungan panjang balok, pembebanan pada gording, dan perhitungan dimensi gording sebagai berikut:



Gambar 3.2 Perhitungan gording

Gambar 3.1 menjelaskan sebagai berikut:

C-D = panjang gording

D-F = tinggi bangunan dari ujung kolom atas ke atap

C-F = jarak setengah bentang kuda-kuda

1) Menghitung panjang balok

Jarak gording yang sebenarnya dihitung dengan mengetahui panjang balok *gable* terlebih dahulu sebagai berikut:

a) Jarak C-D

$$\cos \alpha = \frac{x}{r}$$

maka didapat nilai r

b) Jarak D-F

$$\sin \alpha = \frac{y}{r}$$

Maka didapat nilai r

$$\text{Banyak gording yang dibutuhkan} = \frac{\text{jarak C-D}}{\text{jarak gording yang direncanakan}} + 1$$

$$\text{Jarak gording yang sebenarnya} = \frac{\text{jarak C-D}}{\text{banyak gording}}$$

2) Menentukan dimensi gording





W1 = Beban angin tekan

W2 = Beban angin hisap

$\alpha$  = Kemiringan atap

Menghitung momen maksimum akibat beban angin menggunakan persamaan 3.1.

$$M_x = \frac{1}{8} \cdot W_1 \cdot l^2 \quad (3.1)$$

b) Mengitung kombinasi pembebanan

Kombinasi pembebanan dihitung menggunakan ketentuan PPIUG 1983 yakni beban tetap dan beban sementara.

c) Kontrol Tegangan

Kontrol tegangan dilakukan pada beban tetap dan beban sementara dengan persamaan berikut.

$$\sigma = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq \bar{\sigma} \quad (3.2)$$

d) Mengontrol lendutan

Kontrol lendutan sesuai ketentuan PPBBI 1984 menggunakan persamaan 3.2, 3.3, 3.4 berikut.

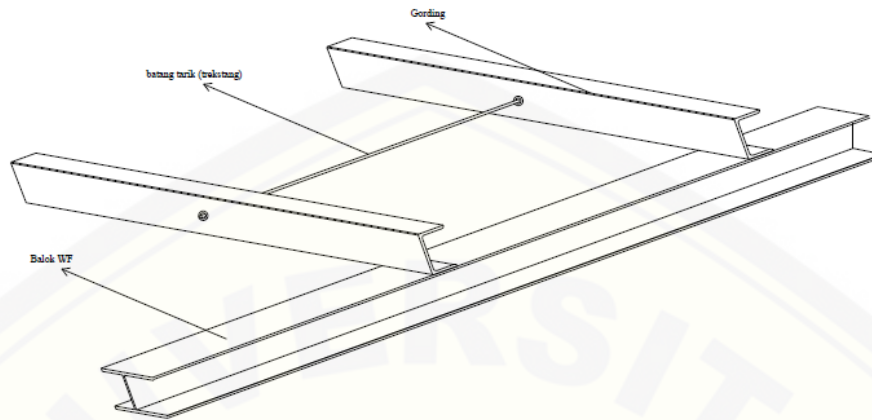
$$\bar{\delta} = \frac{1}{250} \cdot L \quad (3.3)$$

$$\delta_x = \frac{5 \cdot q_x \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_x} + \frac{1 \cdot P_x \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_x} \quad (3.4)$$

$$\delta_y = \frac{5 \cdot q_y \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I_y} + \frac{1 \cdot P_y \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I_y} \quad (3.5)$$

c. Menentukan diameter batang tarik (*trackstang*)

Batang tarik berfungsi untuk mengurangi lendutan gording dan tegangan yang timbul pada arah sumbu x atau miring atap.



Gambar 3.3 Perletakan Batang Tarik

$P_{total} = \text{Berat gording} + \text{berat penutup atap arah } x + \text{beban hidup arah sumbu } x$

$$\sigma = \frac{P}{F_n} \quad (3.6)$$

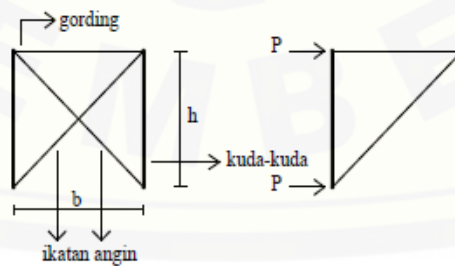
dimana  $\sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$

Persamaan 3.6 menghasilkan nilai  $F_n$  sehingga untuk mencari diameter trackstang digunakan persamaan 3.7 berikut.

$$F_n = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \quad (3.7)$$

- d. Menentukan diameter ikatan angin (*bracing*)

Penentuan diameter *bracing* sama dengan penentuan diameter pada *trackstang*.



Gambar 3.4 Ikatan angin

Ikatan angin bekerja untuk menahan gaya normal. P pada gambar 3.4 digambarkan sebagai tekanan angin. Ikatan angin bekerja secara bergantian salah satu batang bekerja menahan gaya tarik dan lainnya menahan gaya apapun.

- e. Menghitung dimensi balok gable dan kolom kuda-kuda
- 1) Menghitung pembebanan pada balok gable akibat beban-beban yang dipikul
    - a) Beban mati : berat sendiri gording, berat penutup atap dan berat alat penyambung pada ujung balok dan tengah balok
    - b) Beban hidup (P) = 100 kg
    - c) Berat sendiri kuda-kuda
  - 2) Menghitung tekanan angin pada bidang atap
  - 3) Menghitung tekanan angin pada bidang dinding
  - 4) Menganalisis beban menggunakan SAP 2000 sehingga dihasilkan gaya-gaya dalam yaitu momen, geser dan aksial
  - 5) Menentukan profil balok *gable* yang direncanakan
  - 6) Melakukan kontrol balok *gable* yang direncanakan menggunakan ketentuan PPBBI 1984 sebagai berikut:
    - a) Kontrol balok yang dibebani lentur (kip)
    - b) Kontrol terhadap tegangan lentur
    - c) Kontrol terhadap tegangan syarat
    - d) Kontrol terhadap tegangan geser
    - e) Kontrol terhadap lendutan
  - 7) Menentukan profil kolom yang direncanakan
  - 8) Mengontrol penampang kolomyang ujungnya bergoyang menggunakan ketentuan PPBBI 1984 sebagai berikut:

$$a) \omega_x \cdot \frac{N}{A} + \frac{n_x}{n_x - 1} \cdot \frac{(V_x - N) e_x}{W_x} + 0,85 \cdot \theta \cdot \frac{n_x}{n_x - 1} \cdot \frac{M_x}{W_x} + 0,85 \cdot \theta \cdot \frac{n_y}{n_y - 1} \cdot \frac{M_y}{W_y} \leq \bar{\sigma}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b) } \omega_y & \cdot \frac{N}{A} + \frac{n_y}{n_y - 1} \cdot \frac{(V_y - N) e_y}{W_y} + 0,85 \cdot \theta \cdot \frac{n_x}{n_x - 1} \cdot \frac{M_x}{W_x} + \\
 & 0,85 \cdot \theta \cdot \frac{n_y}{n_y - 1} \cdot \frac{M_y}{W_y} \leq \bar{\sigma} \\
 \text{c) } \frac{N}{A} + \theta \cdot \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} & \leq \bar{\sigma}
 \end{aligned}$$

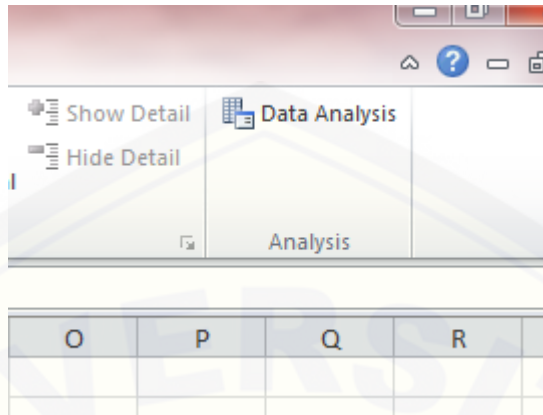
### 3.3.4 Tahap Uji Statistik dan Intepretasi Hasil

Uji statistik dalam penelitian ini dilakukan pada variasi bentang dan luasan profil. Hubungan variabel tersebut diuji menggunakan uji korelasi dan analisis regresi. Hasil analisis regresi akan diuji menggunakan uji F dan uji t. Tahapan-tahapan uji statistik yang dilakukan sebagai berikut:

#### a. Melakukan uji korelasi

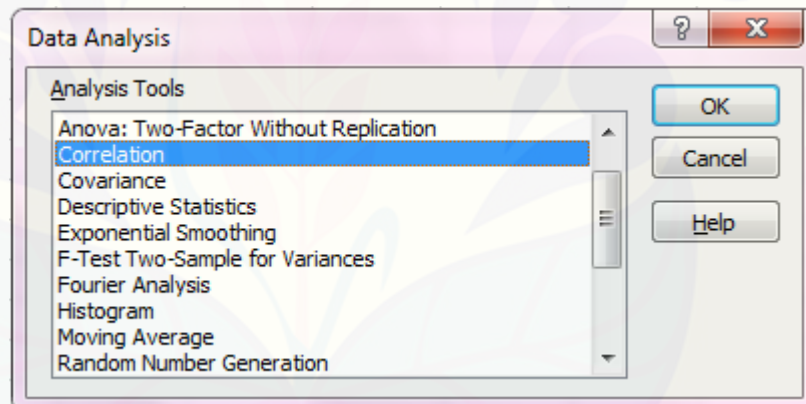
Langkah-langkah menghitung korelasi dengan menggunakan excel:

- 1) Menentukan variabel terikat dan variabel bebas
- 2) Membuka MS. Excel
- 3) Mengaktifkan *Add Inn* dalam aplikasi excel yaitu *Add inn* “*Analysis Toolpak*”
- 4) Mengisi kolom variabel bebas (variasi bentang) terlebih dahulu
- 5) Lalu di kolom sampingnya mengisi dengan variabel terikat (ukuran luasan profil)
- 6) Setelah data terisi, pada Menu klik Data, pada Data Ribbon kanan sendiri, pilih “Data Analysis” lalu klik



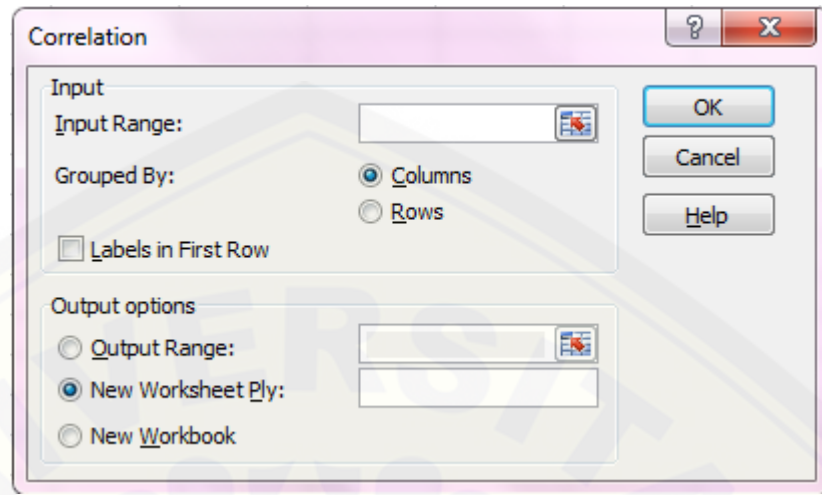
Gambar 3.5 Data analysis

Setelah diklik, akan muncul jendela sebagai berikut:



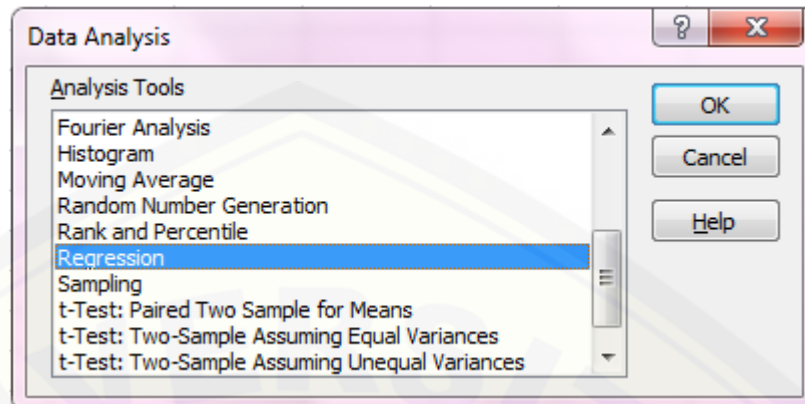
Gambar 3.6 Correlation analysis tools

7) Memilih “Correlation” lalu klik ok. Maka muncul jendela



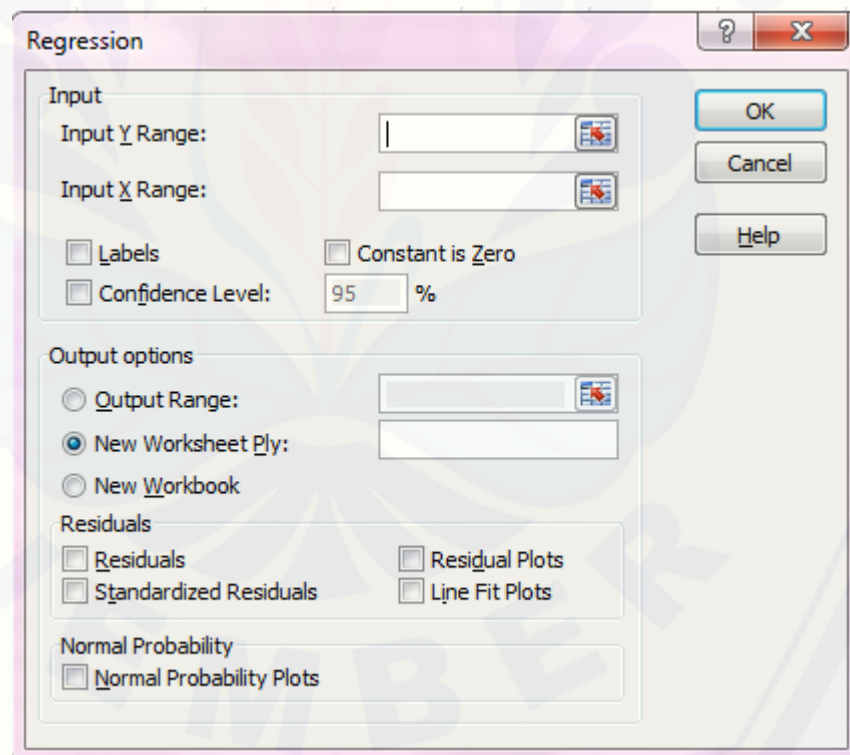
Gambar 3.7 Correlation window

- 8) Mengarahkan pointer kursor ke kotak “input range” lalu mengklik dan memblok kolom data
  - 9) Memilih “Output Range” Pada *Output Option* dan mengklik sembarang kolom untuk meletakkan hasil dari *output range*
  - 10) Mengklik ok
  - 11) Melihat dan menginterpretasi hasil
- b. Melakukan analisis regresi
- Langkah-langkah yang digunakan dalam menguji regresi hampir sama dengan korelasi namun pada *Data Analysis* yang dipilih adalah *Regression*. Berikut langkah-langkahnya:
- 1) Memilih “*Regression*” pada *Data Analysis*



Gambar 3.8 Regression analysis tools

2) Selanjutnya akan muncul tampilan berikut:



Gambar 3.9 Regression process



- 3) Mengisi Input Y Range (bisa dengan mengetikkan ke dalam kotak putihnya atau memblok data). Input Y Range adalah variabel yang menjadi variabel terikat (*dependent variable*). Kemudian mengisi Input X Range. Input X Range adalah variabel yang menjadi variabel bebas (*independent variable*). Semua variabel bebas diblok sekaligus.

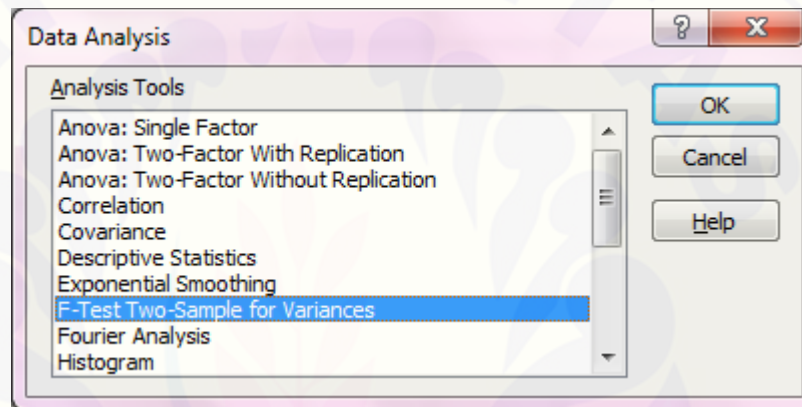
Catatan: Baik Y range maupun X range, didalamnya termasuk judul/nama variabel.

- 4) Selanjutnya mencentang kotak Labels. Ini artinya, memerintahkan Excel untuk membaca baris pertama dari data kita sebagai nama variabel. Lalu bisa mencentang *Constant is Zero*, jika menginginkan output regresi dengan konstanta bernilai 0. Dan mencentang *Confidence Level* jika ingin mengganti nilai *confidence level* (jika tidak dicentang, Excel akan memberikan *confidence level 95%*).
- 5) Selanjutnya pada *Output Option* dapat menentukan penempatan output/hasilnya. Bisa pada worksheet baru atau workbook baru. Lalu menempatkan output di worksheet yang sama dengan data. Mencentang *Output Range* dan mengisi kotak putihnya dengan sel pertama dimana output tersebut akan ditempatkan.
- 6) Pada pilihan *Residual*, terdapat 4 pilihan sehingga bisa mencentang sesuai dengan keinginan. Selanjutnya, terdapat pilihan untuk menghasilkan *Normal Probability*. Perlu diketahui bahwasanya upaya menampilkan *Residual* dan *Normal Probability Plots*, berarti akan menggunakannya untuk melakukan uji normalitas.
- 7) Setelah itu mengklik *Ok*. Maka akan muncul hasil regresi
- 8) Menginterpretasi hasil

c. Melakukan uji F

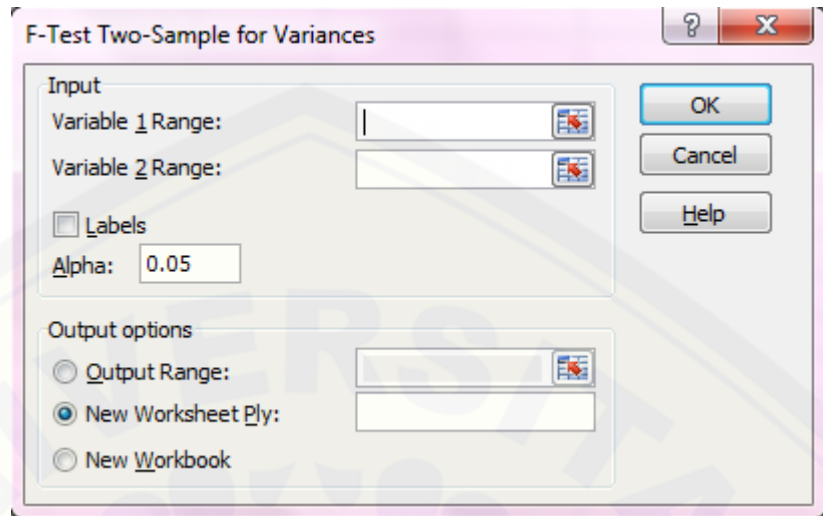
Langkah-langkah menghitung uji F dengan menggunakan excel sebagai berikut:

- 1) Menentukan ragam atau variabel yang akan diuji homogenitasnya dalam penelitian ini luasan profil kuda-kuda hasil survey lapangan dan hasil perhitungan teoritis
- 2) Mengisi kedua variabel dalam kolom pertama dan kedua
- 3) Setelah data terisi, pada Menu klik Data, pada Data Ribbon kanan sendiri, pilih “Data Analysis” lalu klik
- 4) Setelah diklik, akan muncul jendela sebagai berikut:



Gambar 3.10 *F-test analysis tools*

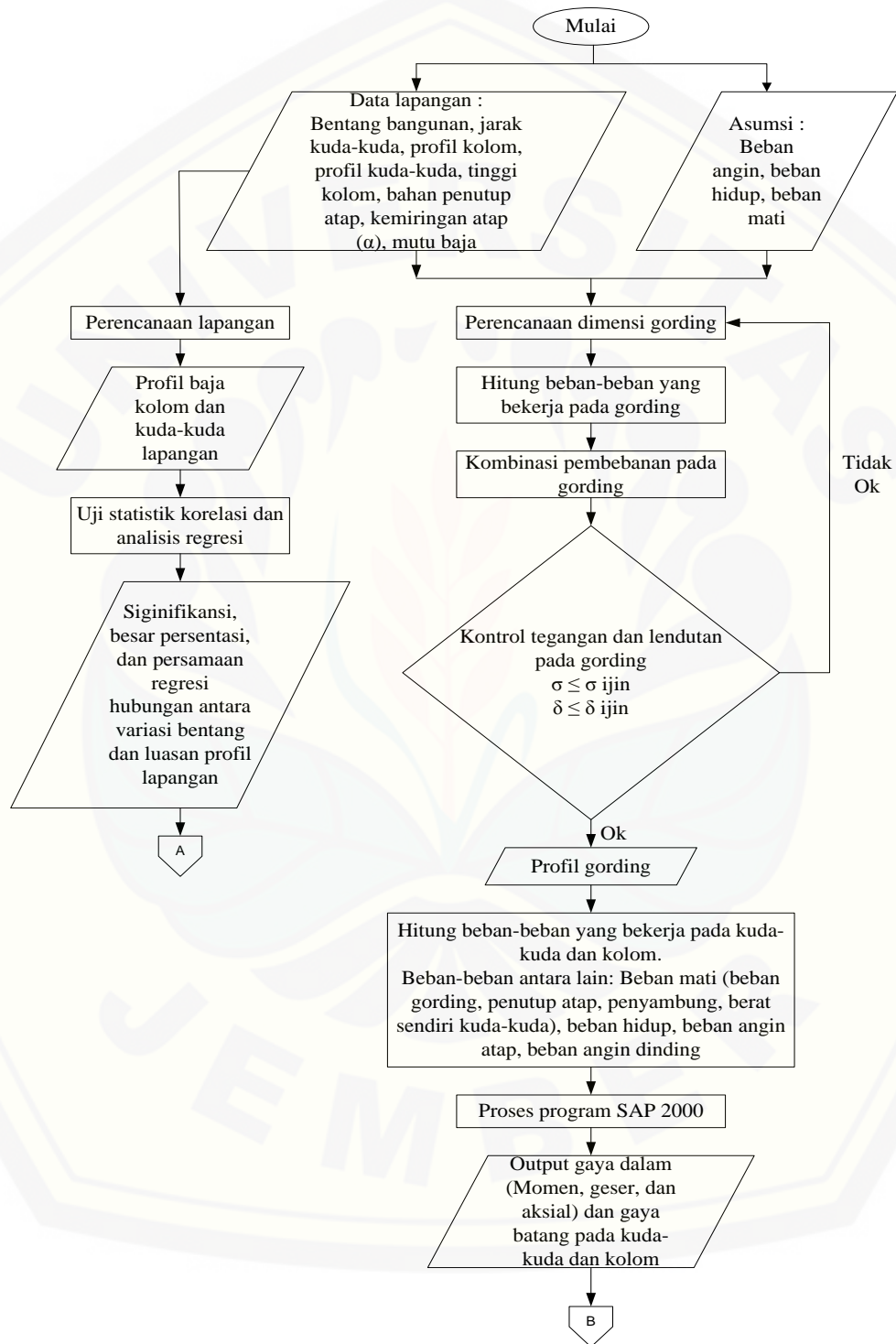
- 5) Memilih “*F-test two-sample for variances*” lalu klik ok. Maka muncul jendela

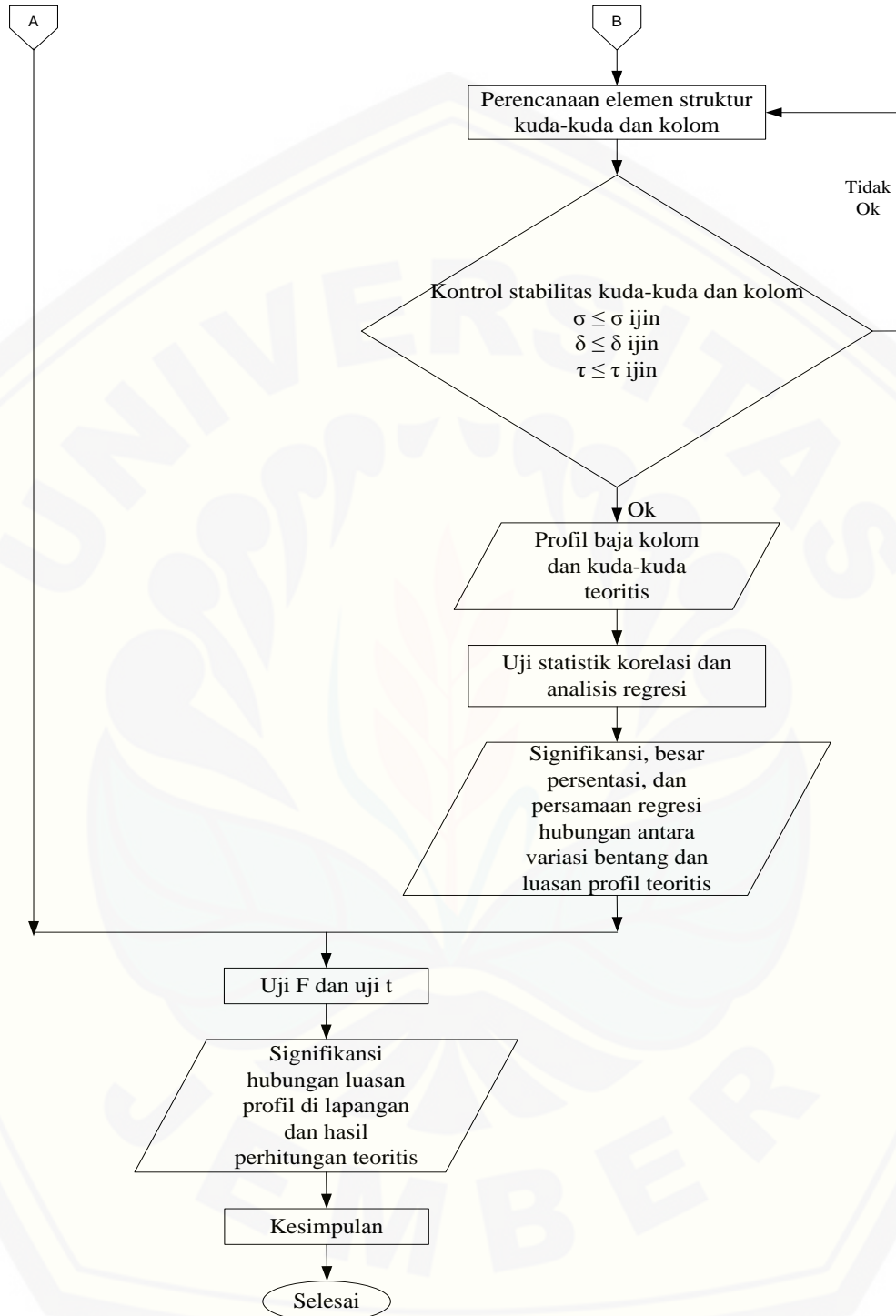
Gambar 3.11 *F-test window*

- 6) Mengarahkan pointer kursor ke kotak “input range” lalu mengklik dan memblok kolom data
  - 7) Memilih “Output Range” Pada *Output Option* dan mengklik sembarang kolom untuk meletakkan hasil dari *output range*
  - 8) Mengklik ok
  - 9) Melihat dan menginterpretasi hasil
- d. Melakukan uji t

Langkah-langkah yang digunakan dalam uji t hampir sama dengan uji F namun pada *Data Analysis* yang dipilih adalah *t-test-two sample assuming equal variances* atau *t-test-two sample assuming unequal variances*. *Equal variances* digunakan untuk ragam homogen sedangkan *unequal variances* digunakan untuk ragam heterogen.

3.4 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.12 Flowchart Penelitian

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Bentang Bangunan dan Luasan Profil Baja Hasil Survei Lapangan

Survei gudang baja dilakukan di Jember dengan mengumpulkan data-data perencanaan teknis. Survei gudang baja dilakukan pada gudang baja yang memiliki kesamaan struktur yaitu gudang baja *gable frame* satu lantai dengan BJ baja 37. Data hasil survei bentang bangunan (L) dan luasan profil baja (A) ditulis dalam tabel 4.1 dan 4.2 berikut :

Tabel 4.1 Profil kuda-kuda lapangan

Bentang Bangunan (m)	Luasan Profil Baja (cm <sup>2</sup> )	Section Index Profil (mm)
10	17.85	WF 150 x 75 x 5 x 7
15	27.16	WF 200 x 100 x 5,5 x 8
16	26.84	WF 148 x 100 x 6 x 9
16.5	27.16	WF 200 x 100 x 5,5 x 8
19	40.8	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
20	46.78	WF 300 x 150 x 6,5 x 9
22.75	37.66	WF 250 x 125 x 6 x 9
23	40.8	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
23	40.8	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
23	40.8	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
23	40.8	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
23	46.78	WF 300 x 150 x 6,5 x 9
23.75	37.66	WF 250 x 125 x 6 x 9
23.83	46.78	WF 300 x 150 x 6,5 x 9
24.4	37.66	WF 250 x 125 x 6 x 9
30	63.14	WF 350 x 175 x 7 x 11
32	63.14	WF 350 x 175 x 7 x 11
35	63.14	WF 350 x 175 x 7 x 11
37	72.16	WF 396 x 199 x 7 x 11
45	114.2	WF 500 x 200 x 10 x 16

Sumber: Hasil survey lapangan (2015)

Tabel 4.2 Profil kolom lapangan

Bentang Bangunan (m)	Luasan Profil Baja (cm <sup>2</sup> )	Section Index Profil (mm)
10	17.85	WF 150 x 75 x 5 x 7
15	27.16	WF 200 x 100 x 5,5 x 8
16	26.84	WF 148 x 100 x 6 x 9
16.5	27.16	WF 200 x 100 x 5,5 x 8
19	40.8	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
20	46.78	WF 300 x 150 x 6,5 x 9
22.75	37.66	WF 250 x 125 x 6 x 9
23	40.8	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
23	40.8	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
23	40.8	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
23	40.8	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
23	46.78	WF 300 x 150 x 6,5 x 9
23.75	40.8	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
23.83	46.78	WF 300 x 150 x 6,5 x 9
24.4	40.8	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
30	63.14	WF 350 x 175 x 7 x 11
32	63.14	WF 350 x 175 x 7 x 11
35	63.14	WF 350 x 175 x 7 x 11
37	72.16	WF 396 x 199 x 7 x 11
45	114.2	WF 500 x 200 x 10 x 16

Sumber: Hasil survey lapangan (2015)

Hasil survei lapangan terhadap gudang baja *gable frame* dituliskan pada tabel 4.1 yaitu profil baja untuk kuda-kuda dan tabel 4.2 yaitu profil baja untuk kolom yang secara nyata sudah berdiri dilapangan. Kedua tabel di atas memaparkan secara berpasangan penggunaan luasan profil baja (A) sesuai panjang bentang bangunan (L) disertai dengan *section index* profil sesuai dengan tabel profil konstruksi baja Ir. Rudy Gunawan. Hasil survei ini bukan hanya mengumpulkan data-data luasan profil baja yang digunakan berdasarkan masing-masing bentang bangunan, tetapi juga mengumpulkan data-data lainnya seperti sudut kemiringan atap ( $\alpha$ ), tinggi bangunan, panjang bangunan, jarak kuda-kuda, dan bahan penutup atap. Data-data ini akan digunakan dalam perhitungan secara teoritis pada pembahasan selanjutnya.

## 4.2 Perhitungan Teoritis Berdasarkan Data-data Teknis Lapangan

Dalam pengendalian terjadinya runtuh, struktur bangunan gudang memerlukan faktor kekuatan dimana gudang mampu menerima beban yang lebih besar daripada beban yang direncanakan. Namun bukan berarti memberikan penerapan faktor kekuatan yang boros pada struktur bangunan tersebut. Sebab struktur gudang dinyatakan kuat bukan hanya karena struktur tersebut mampu memikul beban dan gaya namun juga mampu memikul defleksi dan tegangan yang terjadi. Perhitungan teoritis gudang baja *gable frame* menghasilkan nilai tegangan dari gaya dalam dan profil baja sendiri dimana tegangan yang terjadi diambil yang paling mendekati terhadap tegangan izin sesuai dengan jenis baja (BJ). Jenis baja (BJ) yang digunakan untuk semua perhitungan gudang adalah BJ 37 dengan tegangan izin ( $\sigma$ ) 1600 kg/cm<sup>2</sup>. Dari perhitungan teoritis didapatkan luasan profil baja untuk kolom dan kuda-kuda gudang baja teoritis.

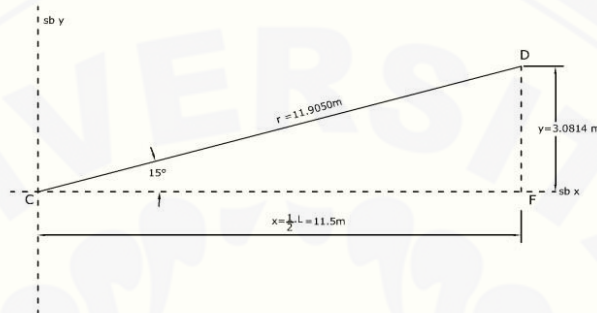
Berikut ini merupakan langkah perhitungan teoritis pada gudang baja dengan bentang bangunan 23 m dengan tinggi bangunan (H) 7 m, sudut kemiringan atap ( $\alpha$ ) 15 derajat, jarak kuda-kuda 6 m, bahan penutup atap menggunakan seng galvalum.

### 4.2.1 Perhitungan gording

Perhitungan gording mencakup perhitungan panjang balok, pembebanan pada gording, dan perhitungan dimensi gording sebagai berikut :



- a. perhitungan panjang balok



Gambar 4.1 Panjang balok kuda-kuda

Gambar 4.1 menjelaskan bentuk setengah kuda-kuda atap dimana  $x$  merupakan panjang setengah bentang. Titik C-D merupakan panjang balok *gable*, dan D-F merupakan tinggi bangunan dari ujung kolom atas ke atap. Panjang balok kuda-kuda dihitung menggunakan sudut kemiringan seperti rumus di bawah.

Jarak C-D

$$\cos 15^{\circ} = \frac{x}{r}$$

$$r = \frac{11,5}{\cos 15^{\circ}}$$

$$r = 11,906 \text{ m}$$

Jarak D-F

$$\sin 15^{\circ} = \frac{y}{r}$$

$$y = \frac{11,906}{\sin 15^{\circ}}$$

$$y = 3,081 \text{ m}$$

Jarak gording rencana = 1,5 m

$$\begin{aligned} \text{Banyak gording yang dibutuhkan} &= \frac{r}{\text{jarak gording rencana}} + 1 \\ &= \frac{11,906}{1,5} + 1 \\ &= 8,937 \text{ buah} \\ &\approx 9 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak gording sebenarnya} &= \frac{r}{\text{banyak gording yang dibutuhkan}} \\ &= \frac{11,906}{9} \\ &= 1,323 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk dimensi gording dicoba dengan menggunakan profil baja *Light Lip Channel* 100 x 50 x 20 x 3,2

$$A = 100 \text{ mm}$$

$$q = 5,5 \text{ kg/m}$$

$$I_x = 107 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 24,5 \text{ cm}^4$$

$$i_x = 3,9 \text{ cm}$$

$$i_y = 1,87 \text{ cm}$$

$$Z_x = 21,3 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 7,81 \text{ cm}^3$$

b. Pembebanan pada gording

1) Beban mati

$$\text{Berat gording} = 5,5 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat penutup atap} = \underline{3,9686 \text{ kg/m} +}$$

$$q \text{ total} = 9,4686 \text{ kg/m}$$

$$q_x = q \cdot \sin 15^\circ = 2,4506 \text{ kg/m}$$

$$q_y = q \cdot \cos 15^\circ = 9,1459 \text{ kg/m}$$

Momen maksimum akibat beban mati sebagai berikut :

$$M_{x1} = \frac{1}{8} \cdot q_x \cdot l^2 = \frac{1}{8} \cdot 2,4506 \cdot 6^2 = 11.0279 \text{ kg.m}$$

$$My_1 = \frac{1}{8} \cdot qy \cdot \left(\frac{l}{2}\right)^2 = \frac{1}{8} \cdot 9,1459 \cdot \left(\frac{6}{2}\right)^2 = 10.2892 \text{ kg.m}$$

## 2) Beban hidup

$$P = 100 \text{ kg}$$

$$Px = P \cdot \sin 15^\circ = 25,8819 \text{ kg}$$

$$Py = P \cdot \cos 15^\circ = 96,5926 \text{ kg}$$

Momen maksimum akibat beban hidup sebagai berikut :

$$Mx_2 = \frac{1}{4} \cdot Px \cdot l^2 = \frac{1}{4} \cdot 25,8819 \cdot 6^2 = 38,8229 \text{ kg.m}$$

$$My_2 = \frac{1}{4} \cdot Py \cdot \left(\frac{l}{2}\right)^2 = \frac{1}{4} \cdot 96,5926 \cdot \left(\frac{6}{2}\right)^2 = 72,4444 \text{ kg.m}$$

## 3) Beban Angin

$$\text{Tekanan angin (w)} = 40 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Koefisien angin tekan (C}_1\text{)} = (0,02 \cdot \alpha) - 0,4 = -0,1$$

$$\text{Koefisien angin hisap (C}_2\text{)} = -0,4$$

$$W_1 = C_1 \cdot w \cdot \text{jarak gording} = -0,1 \cdot 40 \cdot 1,323 = -3,9686 \text{ kg/m}$$

$$W_2 = C_2 \cdot w \cdot \text{jarak gording} = -0,4 \cdot 40 \cdot 1,323 = -15,8742 \text{ kg/m}$$

Momen maksimum akibat beban angin (angin bekerja tegak lurus x)

$$Mx_3 \text{ (tekan)} = \frac{1}{8} \cdot W_1 \cdot l^2 = -23,8113 \text{ kg.m}$$

$$My_3 \text{ (hisap)} = \frac{1}{8} \cdot W_2 \cdot l^2 = -95,2454 \text{ kg.m}$$

## 4) Kombinasi pembebanan

Akibat beban tetap

$$Mx \text{ total} = \text{beban mati} + \text{beban hidup} = 49,8508 \text{ kg.m}$$

$$My \text{ total} = \text{beban mati} + \text{beban hidup} = 82,7336 \text{ kg.m}$$

Akibat beban sementara

$$Mx \text{ total} = \text{beban mati} + \text{beban hidup} + \text{beban angin} = 145,0962 \text{ kg.m}$$

$$My \text{ total} = \text{beban mati} + \text{beban hidup} + \text{beban angin} = 82,7336 \text{ kg.m}$$

## c. Kontrol tegangan

$$\text{Jenis Baja (BJ) 37 maka tegangan izin } (\bar{\sigma}) = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Akibat beban mati + beban hidup

$$\sigma = \frac{Mx}{Wx} + \frac{My}{Wy} \leq \bar{\sigma}$$

$$\sigma = \frac{49,8508}{21,3} + \frac{82,7336}{7,81} \leq \bar{\sigma}$$

$$\sigma = 1293,37 \leq \bar{\sigma}$$

Jika tegangan yang terjadi akibat beban mati + beban hidup  $\leq$  tegangan diizinkan maka profil *Light Lip Channel* 100 x 50 x 20 x 3,2 dapat digunakan.

Akibat beban mati + beban hidup + beban angin

$$\sigma = \frac{Mx}{Wx} + \frac{My}{Wy} \leq \bar{\sigma}$$

$$\sigma = \frac{145,0962}{21,3} + \frac{82,7336}{7,81} \leq \bar{\sigma}$$

$$\sigma = 1571,152 \leq \bar{\sigma}$$

Jika tegangan yang terjadi akibat beban mati + beban hidup + beban angin  $\leq$  tegangan diizinkan maka profil *Light Lip Channel* 100 x 50 x 20 x 3,2 dapat digunakan.

d. Kontrol lendutan

$$\bar{\delta} = \frac{1}{250} \cdot L = \frac{600}{250} = 2,4 \text{ cm}$$

$$\delta x = \frac{5 \cdot qx \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot Ix} + \frac{1 \cdot Px \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot Ix}$$

$$\delta x = \frac{5 \cdot \left(\frac{2,4506}{100}\right) \cdot 600^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 107} + \frac{1 \cdot 25,8819 \cdot 600^3}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 107}$$

$$\delta x = 0,7375 \text{ cm}$$

$$\delta y = \frac{5 \cdot qy \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot Iy} + \frac{1 \cdot Py \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot Iy}$$

$$\delta y = \frac{5 \cdot \left(\frac{9,1459}{100}\right) \cdot 600^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 24,5} + \frac{1 \cdot 96,5926 \cdot 600^3}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 24,5}$$

$$\delta y = 1,3057 \text{ cm}$$

$$\delta = \sqrt{\delta x^2 + \delta y^2} \leq \bar{\delta}$$

$$\delta = 1,4996 \leq \bar{\delta}$$

Jika lendutan yang terjadi  $\leq$  lendutan yang diizinkan maka profil *Light Lip Channel* 100 x 50 x 20 x 3,2 dapat digunakan.

#### 4.2.2 Perhitungan Batang Tarik (Trackstang)

$$\text{Beban mati} = q \times l = 14,7039 \text{ kg}$$

$$\text{Beban hidup} = P \times \quad = \underline{25,8819 \text{ kg}} +$$

$$\text{Beban total (P)} = 40,5858 \text{ kg}$$

$$\sigma = \frac{P}{F_n} \text{ dimana } \sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_n = \frac{40,5858}{1600}$$

$$F_n = 0,0254 \text{ cm}^2$$

$$F_n = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$d = 0,1798 \text{ cm} \approx 2 \text{ mm} \text{ sehingga dipakai trackstang } \emptyset 6 \text{ mm}$$

#### 4.2.3 Perhitungan Ikatan Angin (Bracing)

$$\text{Tg } \beta = \frac{r}{\text{jarak kuda-kuda}}$$

$$\text{Tg } \beta = 1,9843$$

$$\beta = 63,25$$

$$P = r \cdot w = 11,906 \cdot 40 = 476,2270 \text{ kg/m}$$

$$\sum H = 0$$

$$N_x = P$$

$$N \cos \beta = P$$

$$N = 1058,1851$$

$$\sigma = \frac{N}{F_n} \text{ dimana } \sigma = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_n = \frac{1058,1851}{1600}$$

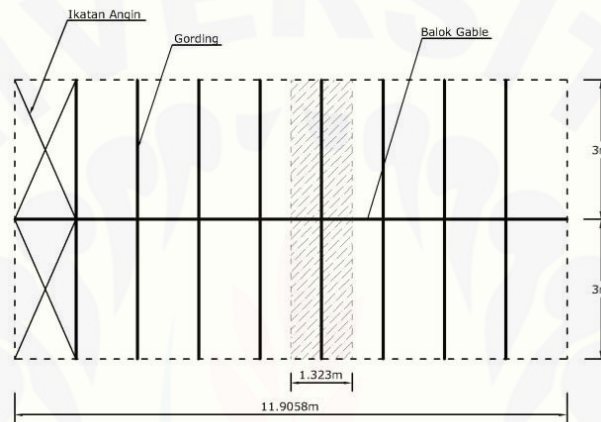
$$F_n = 0,6614 \text{ cm}^2$$

$$F = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$d = 0,91788 \text{ cm} \approx 10 \text{ mm}$  sehingga dipakai trackstang  $\emptyset 12 \text{ mm}$

#### 4.2.4 Pembebanan untuk perhitungan dimensi profil kuda-kuda dan kolom

##### a. Beban mati



Gambar 4.2 Pembebanan pada gording

Besar beban mati gording diujung panjang balok berbeda dengan beban mati gording yang berada di tengah panjang balok. Gording di ujung balok dihitung dengan setengah jarak gording.

##### 1) Beban mati gording di ujung balok

Beban sendiri gording	= 5,5	kg/m
Beban sendiri penutup atap	$= 3 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,323 \text{ m}$	$= 3,9686 \text{ kg/m} +$
Total	$= 9,4686$	$\text{kg/m}$
Berat alat penyambung	$= 10\% \cdot \text{total}$	$= 0,94686 \text{ kg/m} +$
Total beban mati gording di ujung balok	$= 10,4154$	$\text{kg/m}$

##### 2) Beban mati gording di tengah balok

$$\begin{aligned}
 \text{Beban sendiri gording} &= 5,5 \quad \text{kg/m} \\
 \text{Beban sendiri penutup atap} &= 3 \text{ kg/m}^2 \cdot 1,323 \text{ m} = 1,9843 \text{ kg/m} + \\
 \text{Total} &= 7,4843 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat alat penyambung} &= 10\% \cdot \text{total} = 0,74843 \text{ kg/m} + \\
 \text{Total beban mati gording di ujung balok} &= 8,2327 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$3) \text{ Berat sendiri kuda-kuda} = 29,6 \text{ kg/m}$$

b. Beban hidup

Beban hidup dihitung sebagai orang yang bekerja di atas gording ( $P$ ) = 100 kg

c. Tekanan angin pada bidang atap

Beban angin pada perhitungan diatas dijadikan beban angin vertikal sebagai berikut:

$$q_1 = W_1 \cdot \cos 15^\circ = -3,9686 \cdot \cos 15^\circ = -5,111 \text{ kg/m}$$

$$q_2 = W_2 \cdot \cos 15^\circ = -15,8742 \cdot \cos 15^\circ = -20,444 \text{ kg/m}$$

d. Tekanan angin pada bidang dinding

$$\text{Koefisien angin tekan } C_{\text{tekan}} = 0,9$$

$$\text{Koefisien angin hisap } C_{\text{hisap}} = -0,4$$

$$W_{\text{tekan}} = 0,9 \cdot w \cdot \text{jarak kuda-kuda} = 0,9 \cdot 40 \cdot 6 = 216 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{hisap}} = -0,4 \cdot w \cdot \text{jarak kuda-kuda} = -0,4 \cdot 40 \cdot 6 = -96 \text{ kg/m}$$

Perhitungan beban-beban di atas digunakan untuk memperoleh nilai momen, geser dan aksial melalui program rekayasa komputer SAP 2000. Perhitungan beban mati, beban hidup dan beban angin dilakukan pada semua variasi bentang bangunan. Hasil perhitungan beban-beban tersebut terhadap masing-masing bentang bangunan dirangkum dalam tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil rekapitulasi pembebanan

Bentang bangunan (L) [m]	Beban mati (M) [kg/m]	Beban hidup (H) [kg]	Beban angin atap (A) [kg/m]		Beban angin dinding (A) [kg/m]	
			Di pihak angin	Di belakang angin	Di pihak angin	Di belakang angin
10	41,025	100	-4	-16	216	-96
15	35,844	100	0	-17,143	216	-96
16	41,257	100	-4,571	-18,286	216	-96
16.5	41,440	100	-4,714	-18,857	216	-96
19	43,485	100	-4,750	-19	216	-96
20	47,713	100	0	-17,778	216	-96
22.75	48,177	100	-5,056	-20,222	216	-96
23	48,248	100	-5,111	-20,444	216	-96
23	48,248	100	-5,111	-20,444	216	-96
23	48,248	100	-5,111	-20,444	216	-96
23	49,408	100	-5,111	-20,444	216	-96
23	50,158	100	0	-18,400	216	-96
23.75	51,741	100	0	-19	216	-96
23.83	51,804	100	0,9532	-19,064	216	-96
24.4	50,352	100	-4,880	-19,520	216	-96
30	61,471	100	0	-20	216	-96
32	69,569	100	0	-19,692	216	-96
35	75,489	100	-7,539	-21,538	216	-96
37	75,472	100	-5,286	-21,143	216	-96
45	98,383	100	-5,294	-21,176	216	-96

Berdasarkan tabel 4.3, nilai beban mati (M) tidak berbanding lurus terhadap bentang bangunan (L). Hal ini disebabkan oleh perbedaan sudut kemiringan atap ( $\alpha$ ) pada beberapa variasi bentang bangunan. Hal ini bisa dilihat dari perbedaan nilai beban angin pada bidang atap setiap bentang bangunan. Dalam perhitungan teoritis sudut kemiringan atap digunakan untuk menghitung panjang balok gable. Jumlah gording dan jarak gording yang sebenarnya ditentukan oleh nilai panjang balok gable. Jumlah gording dan jarak gording mempengaruhi besarnya nilai beban mati.

Beban hidup (H) sebesar 100 kg yang diperhitungkan sebagai orang yang bekerja di atas atap ditempatkan pada joint antara kuda-kuda dan gording.



Penempatan beban hidup 100 kg disesuaikan dengan panjang bentang bangunan. Pada bentang bangunan 10 m ditempatkan 3 beban hidup yang masing-masing bernilai 100 kg, bentang 11-19 m ditempatkan 5 beban hidup, bentang 20-29 ditempatkan 7 beban hidup, bentang 30-39 ditempatkan 9 beban hidup dan bentang 45 m ditempatkan 11 beban hidup. Beban angin diletakkan secara horizontal terhadap bidang atap dan bidang dinding. Nilai beban angin horizontal terhadap atap dengan sudut kemiringan  $20^\circ$  di pihak angin (bidang yang terkena angin secara langsung) adalah 0. Sudut kemiringan di bawah  $20^\circ$  menghasilkan beban angin bernilai minus atau angin mengalami hisap. Sehingga bangunan yang memiliki sudut kemiringan atap di bawah  $20^\circ$  hanya memiliki beban angin hisap. Sedangkan bangunan yang memiliki sudut kemiringan atap di atas  $20^\circ$  memiliki beban angin tekan dan beban angin hisap.

#### 4.2.5 Kontrol dimensi kuda-kuda dan kolom

Hasil output SAP 2000 pada bentang bangunan 23 m dengan tinggi bangunan (H) 7 m, sudut kemiringan atap ( $\alpha$ ) 15 derajat, jarak kuda-kuda 6 m, bahan penutup atap menggunakan seng galvalum.

Gaya dalam pada balok

$$\text{Momen maksimum} = 4689,64 \text{ kg.m}$$

$$\text{Gaya geser} = 1096,25 \text{ kg}$$

$$\text{Gaya aksial} = 910,870 \text{ kg}$$

Gaya dalam pada kolom

$$M_x \text{ maksimum} = 3483,47 \text{ kg.m}$$

$$M_y \text{ maksimum} = 14,86 \text{ kg.m}$$

$$V_x = 1267,3 \text{ kg}$$

$$V_y = 3,68 \text{ kg}$$

$$P = 1433,83 \text{ kg}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

Sedangkan hasil output SAP pada variasi bentang bangunan lainnya ditampilkan dalam tabel 4.4 dan 4.5 berikut.

Tabel 4.4 Gaya dalam pada balok *gable*

Bentang bangunan (L) [m]	Momen (M) [kg.m]	Gaya Geser (D) [kg]	Gaya Aksial (P) [kg]
10	1784,85	651,01	528,73
15	2148,49	768,25	665,22
16	2656,36	799,65	835,85
16,5	2707,67	796,02	853,84
19	3232,50	845,81	1026,88
20	4038,22	1042,30	910,22
22,75	4632,89	1092,85	898,42
23	4689,64	1096,25	910,87
23	4689,64	1096,25	910,87
23	4689,64	1096,25	910,87
23	4689,64	1096,25	910,87
23	4006,46	1099,83	1177,42
23,75	4223,03	988,08	1564,88
23,83	4800,81	1197,07	1226,38
24,4	4168,92	1015,7	1637,36
30	5802,78	1350,27	1843,93
32	7073,02	1393,08	2714,74
35	9336,76	1687,92	3105,90
37	9671,53	1662,16	3387,94
45	16991,33	2774,94	3350,99

Tabel 4.5 Gaya dalam pada kolom

Bentang bangunan (L) [m]	Momen (M) [kg.m]	Gaya Geser (D) [kg]	Gaya Aksial (P) [kg]
10	3018,45	1274,85	811,08
15	2193,32	1098,95	996,55
16	3898,01	1272,34	1037,21
16,5	3971,90	1290,22	1036,89
19	4535,48	1445,71	1130,66
20	3951,71	1453,19	1437,43
22,75	3452,43	1257,24	1436,51
23	3483,47	1267,30	1443,83

Bentang bangunan (L) [m]	Momen (M) [kg.m]	Gaya Geser (D) [kg]	Gaya Aksial (P) [kg]
23	3483,47	1267,30	1443,83
23	3483,47	1267,30	1443,83
23	3483,47	1267,30	1443,83
23	3158,86	1303,56	1484,18
23,75	6032,84	1801,12	1513,75
23,83	3898,12	1388,94	1609,11
24,4	5462,12	1893,17	1452,22
30	4721,05	1845,95	2051,35
32	9803,54	2746,94	2281,76
35	11518,19	3315,28	2395,52
37	12585,44	3515,57	2526,24
45	12314,07	3287,89	3592,75

Tabel 4.4 dan 4.5 menampilkan momen, gaya geser dan aksial hasil analisis SAP 2000 pada balok *gable* dan kolom yang kelihatan besarnya tidak berbanding lurus dengan bentang bangunan. Namun yang terjadi sebenarnya adalah variasi bentang bangunan juga memiliki beberapa variasi sudut kemiringan atap. Pada penjelasan sebelumnya pada tabel 4.3 sudah dijelaskan bagaimana pengaruh sudut kemiringan atap terhadap beban yang dihasilkan.

Selain itu tinggi kolom (H) bangunan juga memiliki pengaruh terhadap momen dan geser. Berdasarkan tabel 4.5 bentang bangunan 23,75 m dan 30 m memiliki kesamaan sudut kemiringan atap  $20^{\circ}$ , namun memiliki perbedaan pada tinggi kolom bangunan (H). Bentang bangunan 23,75 m memiliki tinggi kolom 7 m dan bentang bangunan 30 m memiliki tinggi kolom 6 m. Sehingga momen lebih besar pada bentang 23,75 m daripada 30 m. Momen, gaya geser dan gaya aksial di atas digunakan untuk menghitung dimensi profil kuda-kuda dan kolom melalui beberapa kontrol berikut.

## a. Kontrol profil kuda-kuda

Kuda-kuda dicoba menggunakan profil I WF 250 x 125 x 6 x 9 dari tabel profil baja didapatkan data-data sebagai berikut:

$$A = 37,66 \text{ cm}^2$$

$$W = 324 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 4050 \text{ cm}^4$$

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$b = 125 \text{ mm}$$

$$t_f = 9 \text{ mm}$$

$$t_w = 6 \text{ mm}$$

$$i_x = 10,4 \text{ cm}$$

Kontrol profil kuda-kuda yang direncanakan dengan beberapa kontrol sebagai berikut:

## 1) Kontrol balok yang dibebani lentur (kip)

Penampang balok yang tidak berubah bentuk adalah balok-balok yang memenuhi syarat sebagai berikut:

$$a) \quad \frac{h}{t_w} \leq 75$$

$$\frac{250}{6} \leq 75$$

$$41,67 \leq 75$$

$$b) \quad \frac{L}{h} \geq 1,25 \frac{b}{t_f}$$

$$\frac{11906}{250} \geq 1,25 \frac{125}{9}$$

$$47,62 \geq 17,36$$

Penampang balok memenuhi syarat sebagai penampang balok yang tidak berubah bentuk sehingga tegangan kip yang diizinkan dihitung sebagai berikut:

$$a) \quad c_1 = \frac{L \cdot h}{b \cdot t_f}$$

$$c_1 = \frac{11906 \cdot 250}{125 \cdot 9}$$

$$c_1 = 2645,71$$

$$\text{b) } c_2 = 0,63 \frac{E}{\bar{\sigma}}$$

$$c_2 = 0,63 \frac{2 \cdot 10^6}{1600}$$

$$c_2 = 787,5$$

Hasil perhitungan didapat  $c_1 \geq c_2$  maka  $\bar{\sigma}_{kip} = \frac{c_2}{c_1} \cdot 0,7 \bar{\sigma} = 333,37 \text{ kg/cm}^2$

Jika pada balok statis tertentu dimana pada perletakan, pelat balok tidak diberi pengaku samping maka tegangan kip yang menentukan adalah  $\bar{\sigma}_{kip}$  terkecil dan harus memenuhi syarat berikut:

$$\bar{\sigma}_{kip} \leq 0,042 \cdot c_1 \cdot c_2 \cdot \frac{t_w^3}{h} \cdot \bar{\sigma}$$

$$333,37 \leq 0,042 \cdot 2645,71 \cdot 787,50 \cdot \frac{6^3}{250} \cdot 1600$$

$$333,37 \leq 1935,51 \text{ kg/cm}^2$$

2) Kontrol terhadap tegangan lentur

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W_x}$$

$$\sigma = \frac{468964}{324}$$

$$\sigma = 1447,420 \text{ kg/cm}^2$$

Jika tegangan lentur yang terjadi  $\leq$  tegangan yang diizinkan ( $\bar{\sigma}$ )  $1600 \text{ kg/cm}^2$  maka profil I WF 250 x 125 x 6 x 9 dapat digunakan sebagai profil kuda-kuda.

3) Kontrol terhadap tegangan syarat

$$\text{Ujung balok dimisalkan jepit-jepit sehingga } Lk = \frac{L}{2} = \frac{1190,6}{2} = 595,28$$

Tegangan leleh yang diizinkan  $\bar{\sigma}_l = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$$\lambda_x = \frac{Lk_x}{i_x}$$

$$\lambda_x = \frac{595,28}{10,4}$$

$$\lambda_x = 57,239$$

$$\lambda_g = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{0,7 \cdot \bar{\sigma}_t}}$$

$$\lambda_g = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{0,7 \cdot 2400}}$$

$$\lambda_g = 108,34$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda_x}{\lambda_g}$$

$$\lambda_s = \frac{57,24}{108,34}$$

$$\lambda_s = 0,528$$

$$\omega_x = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$$

$$\omega_x = \frac{1,41}{1,593 - 0,528}$$

$$\omega_x = 1,3243$$

$$\sigma = \omega_x \cdot \frac{P}{A}$$

$$\sigma = 1,3243 \cdot \frac{910,87}{37,66}$$

$$\sigma = 32,0315 \text{ kg/cm}^2$$

Jika tegangan syarat yang terjadi  $\leq$  tegangan yang diizinkan ( $\bar{\sigma}$ ) 1600 kg/cm<sup>2</sup> maka profil I WF 250 x 125 x 6 x 9 dapat digunakan sebagai profil kuda-kuda.

4) Kontrol terhadap tegangan geser

Tegangan geser yang diizinkan ( $\bar{\tau}$ ) = 0,6  $\sigma$  = 0,6 . 1600 = 960 kg/cm<sup>2</sup>

$$S_x = \frac{I_x}{d/2}$$

$$S_x = \frac{4050}{25/2}$$

$$S_x = 324 \text{ cm}^4$$

$$\tau = \frac{D \cdot S_x}{tw \cdot I_x}$$

$$\tau = \frac{1096,25 \cdot 324}{0,6 \cdot 4050}$$

$$\tau = 146,167 \text{ kg/cm}^2$$

Jika tegangan geser yang terjadi  $\leq$  tegangan geser yang diizinkan ( $\bar{\tau}$ ) 960 kg/cm<sup>2</sup> maka profil I WF 250 x 125 x 6 x 9 dapat digunakan sebagai profil kuda-kuda.

5) Kontrol terhadap lendutan

$$\bar{\delta} = \frac{1}{250} \cdot L$$

$$\bar{\delta} = \frac{1}{250} \cdot 1190,6$$

$$\bar{\delta} = 4,762 \text{ cm}$$

$$\delta x = \frac{5 \cdot qx \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot Ix}$$

$$\delta x = \frac{5 \cdot \left(\frac{140,015}{100}\right) \cdot 1190,6^4}{384 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 4050}$$

$$\delta x = 4,522 \text{ cm}$$

Jika lendutan yang terjadi  $\leq$  lendutan yang diizinkan ( $\bar{\delta}$ ) 4,762 cm<sup>2</sup> maka profil I WF 250 x 125 x 6 x 9 dapat digunakan sebagai profil kuda-kuda.

b. Kontrol profil kolom

Kolom dicoba menggunakan profil I WF 206 x 204 x 8 x 12,52 dari tabel profil baja didapatkan data-data sebagai berikut:

$$A_g = 66,5 \text{ cm}^2$$

$$i_x = 8,89 \text{ cm}$$

$$i_y = 5,16 \text{ cm}$$

$$Z_x = 509,7 \text{ cm}^3$$

$$Z_y = 173,7 \text{ cm}^3$$

Kontrol profil kolom yang direncanakan dengan beberapa kontrol sebagai berikut:

Tekuk terhadap sumbu x

$$\lambda_x = \frac{Lk_x}{i_x}$$

$$\lambda_x = \frac{350}{8,89}$$

$$\lambda_x = 39,37$$

$$\lambda_g = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{0,7 \cdot \sigma_l}}$$

$$\lambda_g = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{0,7 \cdot 2400}}$$

$$\lambda_g = 108,34$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda_x}{\lambda_g}$$

$$\lambda_s = \frac{39,37}{108,34}$$

$$\lambda_s = 0,363$$

$$\omega_x = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$$

$$\omega_x = \frac{1,41}{1,593 - 0,363}$$

$$\omega_x = 1,147$$

Tekuk terhadap sumbu y

$$\lambda_y = \frac{Lk_y}{i_y}$$

$$\lambda_y = \frac{350}{5,16}$$

$$\lambda_y = 67,83$$

$$\lambda_g = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{0,7 \cdot \sigma_l}}$$

$$\lambda_g = 3,14 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{0,7 \cdot 2400}}$$

$$\lambda_g = 108,34$$

$$\lambda_s = \frac{\lambda_y}{\lambda_g}$$

$$\lambda_s = \frac{67,83}{108,34}$$

$$\lambda_s = 0,626$$



$$\omega_y = \frac{1,41}{1,593 - \lambda_s}$$

$$\omega_y = \frac{1,41}{1,593 - 0,626}$$

$$\omega_y = 1,458$$

Harga tegangan euler ( $\bar{\sigma}_{Ex}$  atau  $\bar{\sigma}_{Ey}$ ) dan  $\delta$  didapat dari tabel berdasarkan nilai  $\lambda_x$  dan  $\lambda_y$

$$\bar{\sigma}_{Ex} = 13627 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_{Ey} = 4482 \text{ kg/cm}^2$$

$$\delta_x = 0,12$$

$$\delta_y = 0,29$$

$$n_x = \frac{A \cdot \bar{\sigma}_{Ex}}{V_x}$$

$$n_x = \frac{66,5 \cdot 13627}{1267,3}$$

$$n_x = 715,06$$

$$n_y = \frac{A \cdot \bar{\sigma}_{Ey}}{V_y}$$

$$n_y = \frac{66,5 \cdot 4482}{3,68}$$

$$n_y = 80992,66$$

$$\theta = \frac{5 \cdot \bar{\sigma}}{\bar{\sigma}_{kip} \cdot (8 - 3 \cdot \frac{M_{x1}}{M_{x2}})}$$

$$\theta = \frac{5 \cdot 1600}{333,37 \cdot (8 - 3 \cdot \frac{-3035,66}{3483,47})}$$

$$\theta = 2,26$$

$$e_x = 0,12 \frac{509,7}{66,5}$$

$$e_x = 0,92$$

$$e_x = \delta_x \frac{w_x}{A}$$

$$e_y = \delta_y \frac{w_y}{A}$$

$$e_y = 0,29 \frac{173,7}{66,5}$$

$$e_y = 0,76$$

Kontrol kolom yang ujungnya bergoyang berdasarkan syarat PPBBI 1984

$$1) \quad \omega_x \cdot \frac{N}{A} + \frac{n_x}{n_x - 1} \cdot \frac{(V_x - N) e_x}{W_x} + 0,85 \cdot \theta \cdot \frac{n_x}{n_x - 1} \cdot \frac{M_x}{W_x} + 0,85 \cdot \theta \cdot \frac{n_y}{n_y - 1} \cdot \frac{M_y}{W_y}$$

$$\leq \bar{\sigma}$$

$$= 1356,23 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$2) \quad \omega_y \cdot \frac{N}{A} + \frac{n_y}{n_y - 1} \cdot \frac{(V_y - N) e_y}{W_y} + 0,85 \cdot \theta \cdot \frac{n_x}{n_x - 1} \cdot \frac{M_x}{W_x} + 0,85 \cdot \theta \cdot \frac{n_y}{n_y - 1} \cdot \frac{M_y}{W_y}$$

$$\leq \bar{\sigma}$$

$$= 1357,03 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$3) \quad \frac{N}{A} + \theta \cdot \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y} \leq \bar{\sigma}$$

$$= 1575,40 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2$$

Jika tegangan yang terjadi  $\leq$  tegangan yang diizinkan ( $\bar{\sigma}$ ) 1600 kg/cm<sup>2</sup> maka profil I WF 206 x 204 x 8 x 12,52 dapat digunakan sebagai profil kolom.

Hasil perhitungan teoritis antara variasi bentang bangunan (L) dan luasan profil baja kuda-kuda (A) dirangkum pada tabel 4.6. Sedangkan hasil perhitungan teoritis antara variasi bentang bangunan (L) dan luasan profil baja kolom (A) dirangkum pada tabel 4.7.

Tabel 4.6 Profil kuda-kuda teoritis

Bentang Bangunan (m)	Luasan Profil Baja (cm <sup>2</sup> )	Section Index Profil (mm)
10	30,31	WF 125 x 125 x 6,5 x 9
15	23,04	WF 175 x 90 x 5 x 8
16	29,65	WF 169 x 125 x 5,5 x 8
16.5	29,65	WF 169 x 125 x 5,5 x 8
19	32,30	WF 203 x 133 x 5,84 x 7,82
20	37,90	WF 207 x 134 x 6,3 x 9,6
22.75	37,66	WF 250 x 125 x 6 x 9

Bentang Bangunan (m)	Luasan Profil Baja (cm <sup>2</sup> )	Section Index Profil (mm)
23	37,66	WF 250 x 125 x 6 x 9
23	37,66	WF 250 x 125 x 6 x 9
23	37,66	WF 250 x 125 x 6 x 9
23	37,66	WF 250 x 125 x 6 x 9
23	39,90	WF 251 x 146 x 6,1 x 8,64
23.75	40,80	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
23.83	40,80	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
24.4	40,80	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
30	52,68	WF 346 x 174 x 6 x 9
32	63,14	WF 350 x 175 x 7 x 11
35	72,10	WF 359 x 172 x 7,95 x 13,03
37	72,16	WF 396 x 199 x 7 x 11
45	101,3	WF 496 x 199 x 9 x 14

Tabel 4.7 Profil kolom teoritis

Bentang Bangunan (m)	Luasan Profil Baja (cm <sup>2</sup> )	Section Index Profil (mm)
10	26,84	WF 148 x 100 x 6 x 9
15	39,01	WF 194 x 150 x 6 x 9
16	37,66	WF 250 x 125 x 6 x 9
16.5	51,21	WF 175 x 175 x 7,5 x 11
19	71,53	WF 200 x 204 x 12 x 12
20	53,10	WF 205 x 166 x 7,24 x 11,76
22.75	71,53	WF 200 x 204 x 12 x 12
23	66,50	WF 206 x 204 x 8 x 12,52
23	66,50	WF 206 x 204 x 8 x 12,52
23	66,50	WF 206 x 204 x 8 x 12,52
23	66,50	WF 206 x 204 x 8 x 12,52
23	40,80	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
23.75	88,15	WF 336 x 249 x 8 x 12
23.83	56,80	WF 352 x 171 x 6,86 x 9,73
24.4	102,5	WF 257 x 255 x 9,35 x 15,70
30	72,10	WF 359 x 172 x 7,95 x 13,03
32	120,1	WF 386 x 299 x 9 x 14
35	140,4	WF 360 x 256 x 11,43 x 19,89
37	198,4	WF 350 x 357 x 19 x 19
45	186,8	WF 394 x 398 x 11 x 18

Pemilihan profil kuda-kuda dan kolom teoritis dilakukan dengan meminimalisasi perbedaan tegangan yang diizinkan dengan tegangan yang terjadi akibat gaya dalam dan profil baja. Dalam pembahasan selanjutnya akan dibahas bagaimana hubungan antara bentang bangunan dengan luasan profil baik yang ada di lapangan maupun hasil perhitungan teoritis.

### 4.3 Uji Statistik Hubungan Antara Bentang Bangunan (L) Dengan Luasan Profil Baja (A)

Uji korelasi dan analisis regresi dilakukan pada hasil hubungan variabel di lapangan dan hasil hubungan variabel teoritis. Selain itu, untuk pengujian hasil analisis regresi lapangan dan teoritis dilakukan menggunakan uji t untuk *independent sample*.

#### 4.3.1 Uji Korelasi

Besar kecilnya hubungan antara dua variabel dinyatakan oleh koefisien korelasi. Besarnya koefisien korelasi yaitu antara -1, 0, dan +1. Sementara arah hubungan variabel ditandai dengan nilai plus atau minusnya koefisien korelasi. Berikut ini merupakan tabel-tabel hasil uji korelasi.

Tabel 4.8 Hasil uji korelasi antara bentang dengan profil kuda-kuda lapangan

	Variasi bentang (x)	Luasan profil (y)
Variasi bentang (x)	1	
Luasan profil (y)	0,94836	1

Koefisien korelasi variasi bentang dengan luasan profil baja adalah 0,94836 dengan tanda positif. Hal ini menunjukkan bahwa ada hubungan yang sempurna antara variasi bentang dengan luasan profil baja. Tanda positif menunjukkan bahwa semakin panjang bentang bangunan (x), semakin besar luasan profil yang digunakan (y). Nilai r-tabel uji dua arah dengan tingkat signifikansi 5% dan derajat kebebasan 2

( $df = N-2$ ) adalah 0,4438. Jika  $r$ -hitung  $>$   $r$ -tabel, maka korelasi dinyatakan signifikan (bermakna).

Tabel 4.9 Hasil uji korelasi antara bentang dengan profil kolom lapangan

	Variasi bentang (x)	Luasan profil (y)
Variasi bentang (x)	1	
Luasan profil (y)	0,95337	1

Koefisien korelasi variasi bentang dengan luasan profil baja adalah 0,95337 dengan tanda positif. Hal ini menunjukkan bahwa ada hubungan yang sempurna antara variasi bentang dengan luasan profil baja. Tanda positif menunjukkan bahwa semakin panjang bentang bangunan (x), semakin besar luasan profil yang digunakan (y). Nilai  $r$ -tabel uji dua arah dengan tingkat signifikansi 5% dan derajat kebebasan 2 ( $df = N-2$ ) adalah 0,4438. Jika  $r$ -hitung  $>$   $r$ -tabel, maka korelasi dinyatakan signifikan (bermakna).

Tabel 4.10 Hasil uji korelasi antara bentang dengan profil kuda-kuda teoritis

	Variasi bentang (x)	Luasan profil (y)
Variasi bentang (x)	1	
Luasan profil (y)	0,95499	1

Koefisien korelasi variasi bentang dengan luasan profil baja adalah 0,95499 dengan tanda positif. Hal ini menunjukkan bahwa ada hubungan yang sempurna antara variasi bentang dengan luasan profil baja. Tanda positif menunjukkan bahwa semakin panjang bentang bangunan (x), semakin besar luasan profil yang digunakan (y). Nilai  $r$ -tabel uji dua arah dengan tingkat signifikansi 5% dan derajat kebebasan 2 ( $df = N-2$ ) adalah 0,4438. Jika  $r$ -hitung  $>$   $r$ -tabel, maka korelasi dinyatakan signifikan (bermakna).

Tabel 4.11 Hasil uji korelasi antara bentang dengan profil kolom teoritis

	Variasi bentang (x)	Luasan profil (y)
Variasi bentang (x)	1	
Luasan profil (y)	0,90738	1

Koefisien korelasi variasi bentang dengan luasan profil baja adalah 0,90738 dengan tanda positif. Hal ini menunjukkan bahwa ada hubungan yang sempurna antara variasi bentang dengan luasan profil baja. Tanda positif menunjukkan bahwa semakin panjang bentang bangunan (x), semakin besar luasan profil yang digunakan (y). Nilai r-tabel uji dua arah dengan tingkat signifikansi 5% dan derajat kebebasan 2 ( $df = N-2$ ) adalah 0,4438. Jika  $r\text{-hitung} > r\text{-tabel}$ , maka korelasi dinyatakan signifikan (bermakna).

#### 4.3.2 Analisis regresi

Analisis regresi digunakan untuk mengetahui besar persentasi pengaruh hubungan bentang bangunan baja dengan luasan profil baja dengan melakukan pengecekan pada nilai t dan  $R^2$ . Sementara persamaan regresi akan didapat dari hasil pemilihan tipe regresi yang terbaik atau memiliki nilai  $R^2$  mendekati atau sama dengan +1 atau -1. Hasil analisis regresi ditampilkan dalam tabel berikut.

Tabel 4.12 Hasil analisis regresi antara bentang dengan profil kuda-kuda lapangan

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.948356566
R Square	0.899380177
Adjusted R Square	0.893790187
Standard Error	6.862507382
Observations	20

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	7577.010959	7577.010959	160.891191	2.05615E-10
Residual	18	847.6921362	47.09400756		
Total	19	8424.703095			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-12.54565797	4.909322159	-2.555476613	0.01987086	-22.85976109	-2.231554838	-22.85976109	-2.231554838
variasi bentang (x)	2.438066812	0.192211545	12.68428913	2.0562E-10	2.034245341	2.841888284	2.034245341	2.841888284

Nilai t-tabel dengan tingkat signifikansi 5% dan derajat kebebasan1 (df = N-1) adalah 1,729. Nilai t-hitung berdasarkan tabel 4.12 adalah 12,648 sedangkan p-value adalah  $2,056 \times 10^{-10}$ . Jika nilai t-hitung > t-tabel atau p-value < taraf nyata 5% , maka pengaruh variasi bentang bangunan terhadap luasan profil baja signifikan (bermakna). Nilai t-hitung positif menyatakan semakin panjang bentang bangunan, semakin besar luasan profil yang digunakan. Sementara nilai  $R^2$  pada tabel 4.12 menunjukkan besar persentase pengaruh bentang bangunan terhadap luasan profil yaitu 89,94%.

Tabel 4.13 Hasil analisis regresi antara bentang dengan profil kolom lapangan

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.953367366
R Square	0.908909335
Adjusted R Square	0.903848742
Standard Error	6.492704817
Observations	20

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	7571.30101	7571.30101	179.605319	8.35848E-11
Residual	18	758.7938852	42.15521585		
Total	19	8330.094895			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-12.20936595	4.644771635	-2.628625669	0.0170407	-21.96766905	-2.451062845	-21.96766905	-2.451062845
variasi bentang (x)	2.437147989	0.181853768	13.40169092	8.3585E-11	2.0550874	2.819208578	2.0550874	2.819208578

Nilai t-tabel dengan tingkat signifikansi 5% dan derajat kebebasan1 (df = N-1) adalah 1,729. Nilai t-hitung berdasarkan tabel 4.13 adalah 13,4017 sedangkan p-value adalah  $8,3585 \times 10^{-11}$ . Jika nilai t-hitung > t-tabel atau p-value < taraf nyata 5% , maka pengaruh variasi bentang bangunan terhadap luasan profil baja signifikan (bermakna). Nilai t-hitung positif menyatakan semakin panjang bentang bangunan, semakin besar luasan profil yang digunakan. Sementara nilai  $R^2$  pada tabel 4.13 menunjukkan besar persentase pengaruh bentang bangunan terhadap luasan profil yaitu 90,89%.



Tabel 4.14 Hasil analisis regresi antara bentang dengan profil kuda-kuda teoritis

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.954990566
R Square	0.912006981
Adjusted R Square	0.90711848
Standard Error	5.747636541
Observations	20

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	6163.12599	6163.12599	186.561683	6.11275E-11
Residual	18	594.6358646	33.03532581		
Total	19	6757.761855			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-8.606091409	4.111762344	-2.093042032	0.05077744	-17.24458354	0.032400723	-17.24458354	0.032400723
variasi bentang (x)	2.198857919	0.160985197	13.65875848	6.1128E-11	1.860640572	2.537075267	1.860640572	2.537075267

Nilai t-tabel dengan tingkat signifikansi 5% dan derajat kebebasan1 (df = N-1) adalah 1,729. Nilai t-hitung berdasarkan tabel 4.14 adalah 13,6588 sedangkan p-value adalah  $6,1128 \times 10^{-11}$ . Jika nilai t-hitung > t-tabel atau p-value < taraf nyata 5% , maka pengaruh variasi bentang bangunan terhadap luasan profil baja signifikan (bermakna). Nilai t-hitung positif menyatakan semakin panjang bentang bangunan, semakin besar luasan profil yang digunakan. Sementara nilai  $R^2$  pada tabel 4.14 menunjukkan besar persentase pengaruh bentang bangunan terhadap luasan profil yaitu 91,2%.

Tabel 4.15 Hasil analisis regresi antara bentang dengan profil kolom teoritis

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.907384657
R Square	0.823346915
Adjusted R Square	0.813532855
Standard Error	20.32384045
Observations	20

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	34653.38762	34653.38762	83.894626	3.38862E-08
Residual	18	7435.052834	413.0584908		
Total	19	42088.44046			

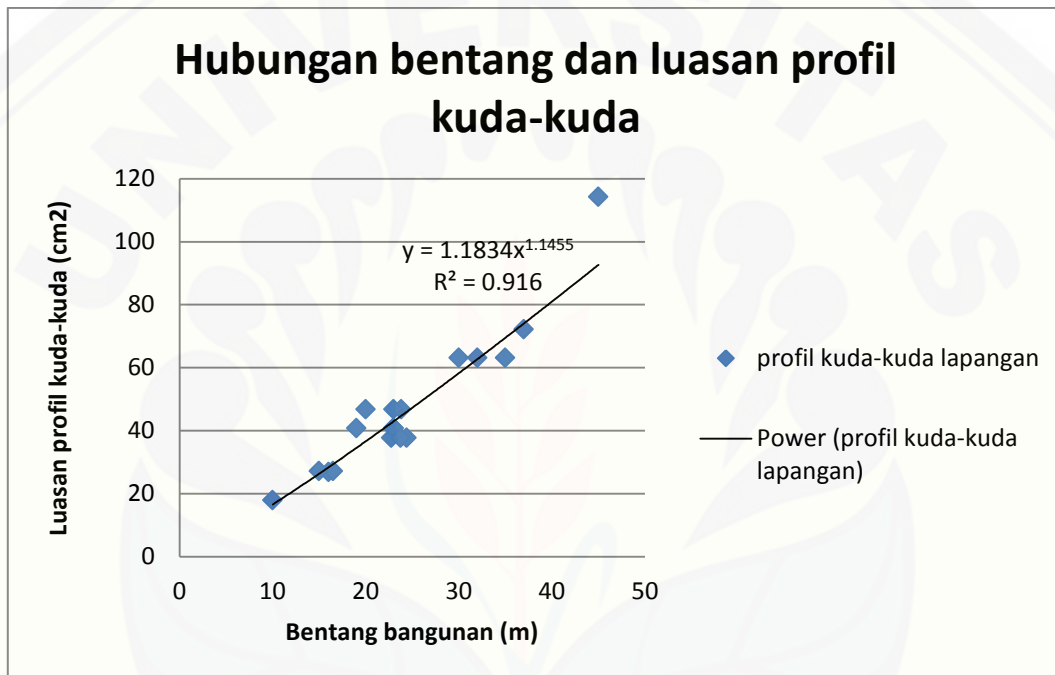
  

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-45.35251432	14.53933304	-3.119298127	0.00592377	-75.89851955	-14.80650909	-75.89851955	-14.80650909
variasi bentang (x)	5.213981589	0.569249191	9.159400965	3.3886E-08	4.018033417	6.40992976	4.018033417	6.40992976

Nilai t-tabel dengan tingkat signifikansi 5% dan derajat kebebasan1 (df = N-1) adalah 1,729. Nilai t-hitung berdasarkan tabel 4.15 adalah 9,1594 sedangkan p-value adalah  $3,388 \times 10^{-8}$ . Jika nilai t-hitung > t-tabel atau p-value < taraf nyata 5% , maka pengaruh variasi bentang bangunan terhadap luasan profil baja signifikan (bermakna). Nilai t-hitung positif menyatakan semakin panjang bentang bangunan, semakin besar luasan profil yang digunakan. Sementara nilai  $R^2$  pada tabel 4.15 menunjukkan besar persentase pengaruh bentang bangunan terhadap luasan profil yaitu 82,33%

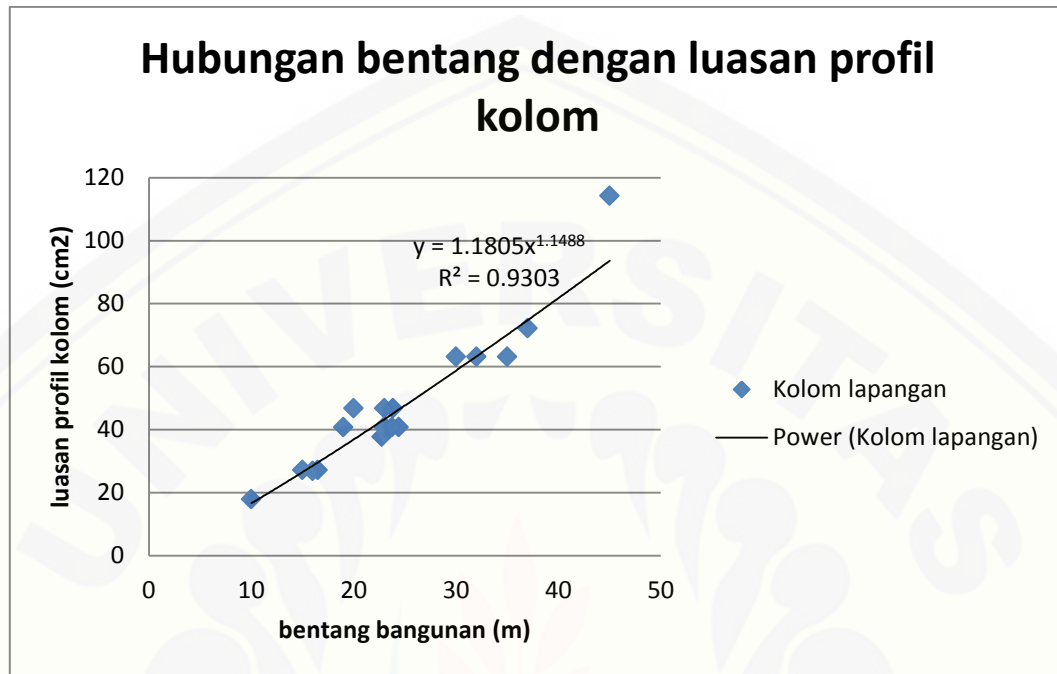
Luasan profil kuda-kuda dan kolom baik yang ada di lapangan maupun hasil perhitungan teoritis akan ditampilkan dalam bentuk grafik menggunakan tipe atau *trend* regresi untuk mendapatkan persamaan regresi. Tipe regresi dipilih yang terbaik atau nilai  $R^2$  yang mendekati 1 atau -1 sebagai berikut:

Grafik 4.1 Hubungan antara bentang dan luasan profil kuda-kuda yang ada di lapangan



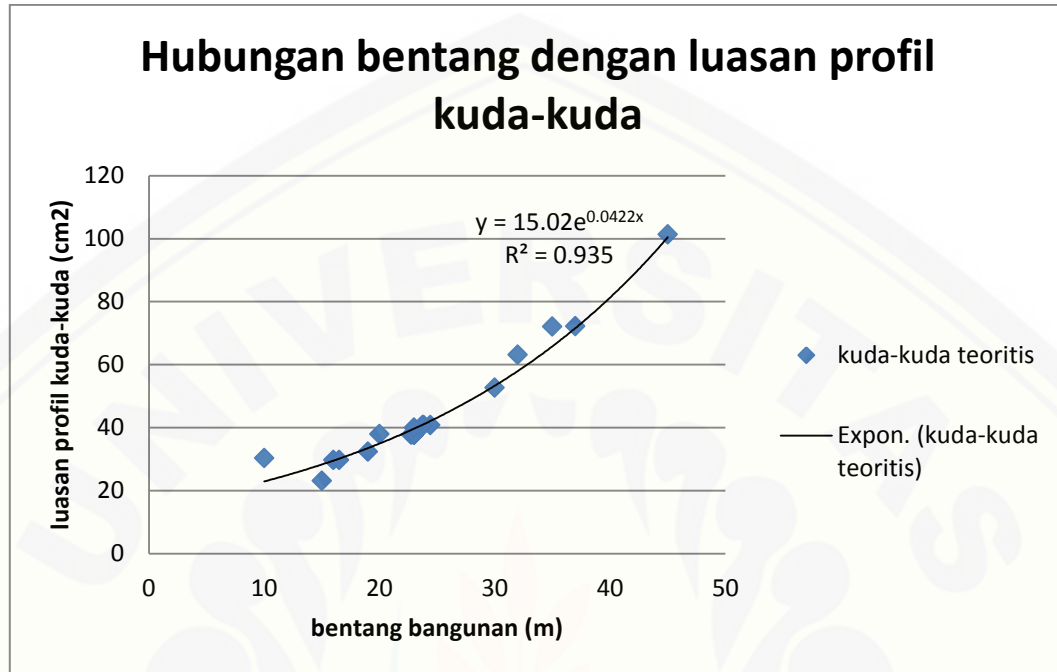
Grafik 4.1 menampilkan persamaan regresi menggunakan tipe regresi power. Persamaan tersebut adalah  $y = 1,1834 x^{1,1455}$  dan nilai  $R^2$  0,916 merupakan besar pengaruh hubungan antara bentang bangunan dengan luasan profil kuda-kuda yang ada di lapangan.

Grafik 4.2 Hubungan antara bentang dan luasan profil kolom yang ada di lapangan



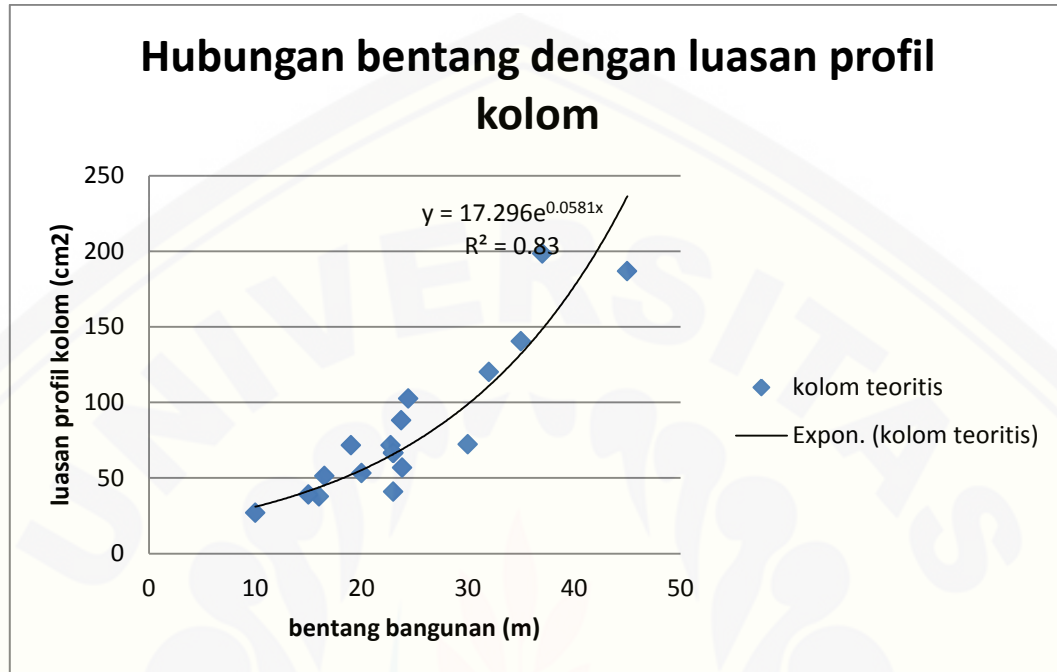
Grafik 4.2 menampilkan persamaan regresi menggunakan tipe regresi power. Persamaan tersebut adalah  $y = 1,1805 x^{1,1488}$  dan nilai  $R^2$  0,9303 merupakan besar pengaruh hubungan antara bentang bangunan dan luasan profil kolom yang ada di lapangan.

Grafik 4.3 Hubungan antara bentang dan luasan profil kuda-kuda dari perhitungan teoritis



Grafik 4.3 menampilkan persamaan regresi menggunakan tipe regresi eksponensial. Persamaan tersebut adalah  $y = 15,02 e^{0,0422x}$  dan nilai  $R^2$  0,935 merupakan besar pengaruh hubungan antara bentang bangunan dan luasan profil kuda-kuda dari perhitungan teoritis.

Grafik 4.4 Hubungan antara bentang dan luasan profil kolom dari perhitungan teoritis



Grafik 4.4 menampilkan persamaan regresi menggunakan tipe regresi eksponensial. Persamaan tersebut adalah  $y = 17,296 e^{0,0581x}$  dan nilai  $R^2$  0,830 merupakan besar pengaruh hubungan antara bentang bangunan dan luasan profil kolom dari perhitungan teoritis.

Persamaan regresi untuk mencari luasan profil kuda-kuda dan kolom secara teoritis dicoba pada bentang selain bentang 10-45 m. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana persamaan mampu digunakan. Kedua persamaan teoritis dilakukan pada bentang bangunan 8 m, tinggi kolom 7 m, sudut kemiringan atap  $15^\circ$ , bahan penutup atap merupakan seng galvalum dan jarak kuda-kuda 6 m sebagai berikut.

- a. Mencari luasan profil kuda-kuda

$$y = 15,02 e^{0,0422x}$$

$$y = 15,02 e^{(0,0422 \cdot 8)}$$

$$y = 21,05 \text{ cm}^2$$

Dicoba menggunakan I WF 125 x 125 x 6,5 x 9 dengan  $A = 30,31$ . Setelah dikontrol hasilnya profil memenuhi syarat dan dapat digunakan.

- b. Mencari luasan profil kolom

$$y = 17,296 e^{0,0581x}$$

$$y = 17,296 e^{(0,0581 \cdot 8)}$$

$$y = 27,53 \text{ cm}^2$$

Dicoba menggunakan I WF 125 x 125 x 6,5 x 9 dengan  $A = 30,31$ . Setelah dikontrol hasilnya profil memenuhi syarat dan dapat digunakan.

Perhitungan di atas menunjukkan bahwa persamaan dapat digunakan untuk bentang diluar bentang 10-45 m. Syaratnya  $A_{hitung} \geq A_{persamaan}$  dan harus memperhitungkan nilai  $W_x$  yang tepat untuk kontrol tegangan

Dalam pembahasan selanjutnya akan dibahas bagaimana hubungan antara profil kuda-kuda dan kolom lapangan dengan profil kuda-kuda dan kolom teoritis menggunakan uji *t-two* sample yang *independent*. Uji ini bisa dilakukan untuk ragam yang homogen (*equal variances*) dan heterogen (*unequal variances*). Ragam homogen atau tidak bisa diketahui melalui uji F. Hasil uji F untuk menentukan ragam homogen atau tidak homogen ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 4.16 Hasil F-Test profil kuda-kuda lapangan dan teoritis

	Kuda-kuda lapangan (y)	Kuda-kuda teoritis (y)
Mean	46,6055	44,7415
Variance	443,4054	355,6717
Observations	20	20
Df	19	19
F	1,2467	

	Kuda-kuda lapangan (y)	Kuda-kuda teoritis (y)
P(F<=f) one tail	0,3178	
F Critical one-tail	2,1683	

Berdasarkan tabel 4.16, data dapat diinterpretasi dengan menentukan hipotesis terlebih dahulu.

Ho : ragam homogen

H1 : ragam tidak homogen

Nilai F-hitung adalah 1,2467 dengan nilai p-value adalah 0,3178. Pengambilan keputusan pada analisis membandingkan nilai taraf nyata 5% dengan *p-value*. Jika *p-value* > taraf nyata 5%, maka Ho diterima (ragam homogen). Sesuai dengan tabel 4.16,  $0,3178 > 0,05$  maka ragam homogen.

Tabel 4.17 Hasil F-Test profil kolom lapangan dan teoritis

	Kolom lapangan (y)	Kolom teoritis (y)
Mean	46,9195	81,1465
Variance	443,4260	2215,1811
Observations	20	20
Df	19	19
F	0,1979	
P(F<=f) one tail	0,00045	
F Critical one-tail	0,4612	

Tabel 4.17 data dapat diinterpretasi sebagai berikut.

Ho : ragam homogen

H1 : ragam tidak homogen

Nilai F-hitung adalah 0,1979 dengan nilai p-value adalah 0,00045. Sesuai dengan tabel 4.17, *p-value* < taraf nyata 5%, maka Ho ditolak (ragam tidak homogen).

Untuk mengetahui apakah variasi bentang bangunan yang berpengaruh pada luasan profil lapangan tidak jauh berbeda dengan variasi bentang bangunan yang berpengaruh pada luasan profil teoritis digunakan uji *t-two sample* yang *independent*.



Hasil F-test yang memiliki ragam homogen diuji menggunakan *t-test equal variances* dan ragam tidak homogen (heterogen) diuji menggunakan *t-test unequal variances*.

Tabel 4.18 Hasil t-test luasan profil kuda-kuda lapangan dan teoritis

	Kuda-kuda lapangan (y)	Kuda-kuda teoritis (y)
Mean	46,6055	44,7415
Variance	443,4054	355,6717
Observations	20	20
Pooled Variance	399,5386	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	38	
t Stat	0,2949	
P(T<=t) one tail	0,3848	
t Critical one tail	1,6860	
P(T<=t) two tail	0,7697	
t Critical two-tail	2,0244	

Jika  $H_0$  : variasi bentang yang berpengaruh pada luasan profil lapangan tidak berbeda secara signifikan dengan variasi bentang yang berpengaruh pada luasan profil teoritis.

$H_1$  : variasi bentang yang berpengaruh pada luasan profil lapangan berbeda secara signifikan dengan variasi bentang yang berpengaruh pada luasan profil teoritis.

Maka hasil tabel 4.18 bisa diinterpretasi sebagai berikut:

Nilai t-hitung adalah 0,2949 dengan nilai p-value adalah 0,7697. Sesuai dengan tabel 4.18, p-value > taraf nyata 5%, maka  $H_0$  diterima

Tabel 4.19 Hasil t-test luasan profil kolom lapangan dan teoritis

	Kolom lapangan (y)	Kolom teoritis (y)
Mean	46,9195	81,1465
Variance	438,4260	2215,1811
Observations	20	20
Hypothesized Mean Difference	0	
df	26	
t Stat	-2,9714	
P(T<=t) one tail	0,0032	
t Critical one tail	1,7056	
P(T<=t) two tail	0,0063	
t Critical two-tail	2,0555	

Hasil tabel 4.18 yaitu nilai t-hitung -2,9714 dengan nilai p-value adalah 0,0063. Nilai p-value < taraf nyata 5%, maka  $H_0$  ditolak.

Berdasarkan tabel 4.18 dapat disimpulkan bahwa variasi bentang yang berpengaruh pada luasan profil kuda-kuda yang ada di lapangan tidak berbeda secara signifikan dengan variasi bentang yang berpengaruh pada luasan profil kuda-kuda hasil perhitungan teoritis. dan tabel 4.19 menyimpulkan bahwa variasi bentang yang berpengaruh pada luasan profil kolom yang ada di lapangan berbeda secara signifikan dengan variasi bentang yang berpengaruh pada luasan profil kolom hasil perhitungan teoritis.

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Koefisien korelasi ( $r$ ) rata-rata 0,9436 menunjukkan hubungan yang sempurna antara variasi bentang bangunan ( $L$ ) dengan luasan profil baja ( $A$ ) baik di lapangan maupun secara teoritis. Besar persentasi ( $R^2$ ) rata-rata hubungan tersebut adalah 90%. Sedangkan 10% merupakan faktor-faktor lain yang mempengaruhi pemilihan luasan profil.
2. Persamaan regresi dari masing-masing hubungan yaitu:
  - a.  $y = 1,1834 x^{1,1455}$  persamaan regresi untuk mencari luasan profil kuda-kuda yang ada di lapangan
  - b.  $y = 1,1805 x^{1,1488}$  persamaan regresi untuk mencari luasan profil kolom yang ada di lapangan
  - c.  $y = 15,02 e^{0,0422x}$  persamaan regresi untuk mencari luasan profil kuda-kuda dari perhitungan teoritis
  - d.  $y = 17,296 e^{0,0581x}$  persamaan regresi untuk mencari luasan profil kolom dari perhitungan teoritis
3. Ada perbedaan yang signifikan antara penentuan luasan profil kolom yang ada di lapangan dengan luasan profil kolom dari hitungan teoritis. Demikian sebaliknya tidak ada perbedaan penentuan luasan profil kuda-kuda baik yang ada di lapangan maupun hasil hitungan teoritis.

## 5.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya, persamaan regresi dapat dianalisis menggunakan variabel berganda dikarenakan oleh 10% faktor-faktor lain yang mempengaruhi pemilihan luasan profil baja.
2. Pengumpulan data-data perencanaan teknis dan perhitungan teoritis dapat dilakukan pada bangunan gudang bertingkat yang memiliki bentuk struktur berbeda dari penelitian ini.
3. Perhitungan teoritis dapat dilakukan dengan peraturan baru untuk perencanaan struktur baja yaitu LFRD yang mengacu kepada SNI 03-1729-2002

**DAFTAR PUSTAKA**

- Departemen Pekerjaan Umum. 1984. *Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI)*. Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG)*. Bandung : Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan
- Gunawan, Rudy, Ir. 1988. *Tabel Profil Konstruksi Baja*. Yogyakarta : Kanisius.
- Sumargo. 2009. “Perancangan Struktur Baja Metode LFRD Elemen Aksial” Tidak Diterbitkan. Buku I Bahan Ajar. Bandung: DIPA Politeknik Negeri Bandung.
- Uyanto, Stanislaus. 2009. *Pedoman Analisis Data dengan SPSS*. Jakarta: Graha Ilmu
- Zakariya, Riza. 2013. *Perencanaan Konstruksi Baja Bangunan Gudang*. Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil, Universitas Siliwangi Tasikmalaya.
- Hidayat, Anwar. 2012. Uji Statistik. <http://statistikian.blogspot.com/2012/08/korelasi.html>. [8 September 2014 pukul 8:30 WIB]
- Hidayat, Anwar. 2012. Uji Statistik. <http://statistikian.blogspot.com/2012/08/analisis-regresi-dalam-excel.html>. [8 September 2014 pukul 9:32 WIB]
- <http://dataolah.blogspot.com/2012/08/regresi-berganda-uji-f-uji-t-dan.html>. [8 September 2014 pukul 9:23 WIB]
- Rioyulanda. 2010. Dunia Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi. <http://rioyulanda.blogspot.com/2010/05/download-profil-baja-gunung-garuda.html>. [19 Juni 2015 pukul 8:27 WIB]

**LAMPIRAN A. Foto gudang survei di lapangan**



Gudang elektronik di Tegal Besar Jember dengan bentang 16 m



Gudang di Jalan Muhammad Thamrin dengan bentang 16,5 m



Gudang kertas di Desa Krasak Jember dengan bentang 32 m



Gudang tembakau di Ajung-Ambulu Jember dengan bentang 24,4 m



Gudang fajar di Jember dengan bentang 15 m



Gudang fajar di Jember dengan bentang 23 m





Gudang Fajar di Jember dengan bentang 30 m

**LAMPIRAN B. Surat pernyataan gambar perencanaan sesuai dengan gudang yang dibangun di lapangan**

# CEFILA

• STEEL STRUCTURE • GENERAL CONTRACTOR • STEEL SUPPLIER

Jl. Wolter Monginsidi No. 888 A Jember, Telp. (0331) 337888 Fax. (0331) 338555

SURAT PERNYATAAN SPESIFIKASI DIMENSI

PROFIL BAJA YANG DIGAMBAR SESUAI

DENGAN YANG LAPANGAN

Sehubungan dengan diadakannya penelitian survei data perencanaan gudang baja di lapangan oleh mahasiswa S1 Teknik Sipil Universitas Jember bernama Weny Indriana Tampubolon, dengan gudang-gudang yang tertera di bawah ini :

Nama gudang	Dimensi profil kuda-kuda	Dimensi profil kolom
Gudang garam kedawung Selawu	WF 150 x 75 x 5 x 7	WF 150 x 75 x 5 x 7
Gudang Keranjingan	WF 298 x 149 x 5,5 x 8	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
Gudang Rowo indah	WF 250 x 125 x 6 x 9	WF 250 x 125 x 6 x 9
Gudang Balung	WF 298 x 149 x 5,5 x 8	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
Gudang Kemuning	WF 298 x 149 x 5,5 x 8	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
Gudang Maesan 23 m	WF 298 x 149 x 5,5 x 8	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
Gudang Maesan 35 m	WF 350 x 175 x 7 x 11	WF 350 x 175 x 7 x 11
Gudang Singaraja	WF 298 x 149 x 5,5 x 8	WF 298 x 149 x 5,5 x 8
Gudang Wirolegi	WF 300 x 150 x 6,5 x 9	WF 300 x 150 x 6,5 x 9
Gudang Ajung	WF 396 x 199 x 7 x 11	WF 396 x 199 x 7 x 11
Gudang Kharisma Agro	WF 500 x 200 x 10 x 16	WF 500 x 200 x 10 x 16
Gudang Made Sukarta	WF 250 x 125 x 6 x 9	WF 250 x 125 x 6 x 9

Adalah gudang-gudang yang dibangun oleh PT CEFILA menyatakan bahwa:

1. Dimensi profil baja yang tertera di gambar perencanaan (yang tertulis di surat) sesuai dengan dimensi profil baja yang dibangun di lapangan.
2. Profil kolom dan kuda-kuda menggunakan profil baja WF dengan mutu baja BJ 37.

Demikian surat ini dibuat dengan sesungguhnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Jember, 17 Juni 2015

**PT. CEFILA**

PT. CEFILA

**LAMPIRAN C. Tabel hasil output SAP 2000 (Momen, Geser, Aksial)**

Bentang bangunan (L) [m]	Sudut kemiringan atap ( $\alpha$ )	Tinggi kolom (H) [m]	Momen (M) [kg.m]		Gaya Geser (D) [kg]		Gaya Aksial (P) [kg]		
			Kuda-kuda	Kolom	Kuda-kuda	Kolom	Kuda-kuda	Kolom	
35	13	7	9336,76	11518,19	1687,92	3315,28	3105,90	2395,52	
10	15	7	1784,85	3018,45	651,01	1274,85	528,73	811,08	
16		7	2656,36	3898,01	799,65	1272,34	835,85	1037,21	
16,5		7	2707,67	3971,90	796,02	1290,22	853,84	1036,89	
19		7	3232,5	4535,48	845,81	1445,71	1026,88	1130,66	
22,75		7	4632,89	3452,43	1092,85	1257,24	898,42	1436,51	
23		7	4689,64	3483,47	1096,25	1267,30	910,87	1443,83	
24,4		6	4168,92	5462,12	1015,70	1893,17	1637,36	1452,22	
37		7	9671,53	12585,44	1662,16	3515,57	3387,94	2526,24	
45		8	16991,33	12314,07	2774,94	3287,89	3350,99	3592,75	
15		20	6	2148,49	2193,32	768,25	1098,95	665,22	996,55
20			8	4038,22	3951,71	1042,30	1453,19	910,22	1437,43
23	6		4006,46	3158,86	1099,83	1303,56	1177,42	1484,18	
23,75	7		4223,03	6032,84	988,08	1801,12	1564,88	1513,75	
30	6		5802,78	4721,05	1350,27	1845,95	1843,93	2051,35	
32	7		7073,02	9803,54	1393,08	2746,94	2714,74	2281,76	
23,83	21	7	4800,81	3898,12	1197,07	1388,94	1226,38	1609,11	

**LAMPIRAN D. Tabel r untuk uji korelasi**

df = (N-2)	Tingkat signifikansi untuk uji satu arah				
	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0005
	Tingkat signifikansi untuk uji dua arah				
	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.9877	0.9969	0.9995	0.9999	1.0000
2	0.9000	0.9500	0.9800	0.9900	0.9990
3	0.8054	0.8783	0.9343	0.9587	0.9911
4	0.7293	0.8114	0.8822	0.9172	0.9741
5	0.6694	0.7545	0.8329	0.8745	0.9509
6	0.6215	0.7067	0.7887	0.8343	0.9249
7	0.5822	0.6664	0.7498	0.7977	0.8983
8	0.5494	0.6319	0.7155	0.7646	0.8721
9	0.5214	0.6021	0.6851	0.7348	0.8470
10	0.4973	0.5760	0.6581	0.7079	0.8233
11	0.4762	0.5529	0.6339	0.6835	0.8010
12	0.4575	0.5324	0.6120	0.6614	0.7800
13	0.4409	0.5140	0.5923	0.6411	0.7604
14	0.4259	0.4973	0.5742	0.6226	0.7419
15	0.4124	0.4821	0.5577	0.6055	0.7247
16	0.4000	0.4683	0.5425	0.5897	0.7084
17	0.3887	0.4555	0.5285	0.5751	0.6932
18	0.3783	0.4438	0.5155	0.5614	0.6788
19	0.3687	0.4329	0.5034	0.5487	0.6652
20	0.3598	0.4227	0.4921	0.5368	0.6524
21	0.3515	0.4132	0.4815	0.5256	0.6402
22	0.3438	0.4044	0.4716	0.5151	0.6287
23	0.3365	0.3961	0.4622	0.5052	0.6178
24	0.3297	0.3882	0.4534	0.4958	0.6074
25	0.3233	0.3809	0.4451	0.4869	0.5974
26	0.3172	0.3739	0.4372	0.4785	0.5880
27	0.3115	0.3673	0.4297	0.4705	0.5790
28	0.3061	0.3610	0.4226	0.4629	0.5703
29	0.3009	0.3550	0.4158	0.4556	0.5620
30	0.2960	0.3494	0.4093	0.4487	0.5541
31	0.2913	0.3440	0.4032	0.4421	0.5465
32	0.2869	0.3388	0.3972	0.4357	0.5392

Lanjutan

df = (N-2)	Tingkat signifikansi untuk uji satu arah				
	0.05	0.025	0.01	0.005	0.0005
	Tingkat signifikansi untuk uji dua arah				
	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
33	0.2826	0.3338	0.3916	0.4296	0.5322
34	0.2785	0.3291	0.3862	0.4238	0.5254
35	0.2746	0.3246	0.3810	0.4182	0.5189
36	0.2709	0.3202	0.3760	0.4128	0.5126
37	0.2673	0.3160	0.3712	0.4076	0.5066
38	0.2638	0.3120	0.3665	0.4026	0.5007
39	0.2605	0.3081	0.3621	0.3978	0.4950
40	0.2573	0.3044	0.3578	0.3932	0.4896
41	0.2542	0.3008	0.3536	0.3887	0.4843
42	0.2512	0.2973	0.3496	0.3843	0.4791
43	0.2483	0.2940	0.3457	0.3801	0.4742
44	0.2455	0.2907	0.3420	0.3761	0.4694
45	0.2429	0.2876	0.3384	0.3721	0.4647
46	0.2403	0.2845	0.3348	0.3683	0.4601
47	0.2377	0.2816	0.3314	0.3646	0.4557
48	0.2353	0.2787	0.3281	0.3610	0.4514
49	0.2329	0.2759	0.3249	0.3575	0.4473
50	0.2306	0.2732	0.3218	0.3542	0.4432

**LAMPIRAN E. Tabel t untuk uji regresi**

cum. prob one-tail two-tails df	<i>t</i> .50	<i>t</i> .75	<i>t</i> .80	<i>t</i> .85	<i>t</i> .90	<i>t</i> .95	<i>t</i> .975	<i>t</i> .99	<i>t</i> .995	<i>t</i> .999	<i>t</i> .9995
	0.50	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001	0.0005
	1.00	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.002	0.001
1	0.000	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	318.31	636.62
2	0.000	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.327	31.599
3	0.000	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.215	12.924
4	0.000	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173	8.610
5	0.000	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.893	6.869
6	0.000	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208	5.959
7	0.000	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785	5.408
8	0.000	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501	5.041
9	0.000	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297	4.781
10	0.000	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144	4.587
11	0.000	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025	4.437
12	0.000	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930	4.318
13	0.000	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852	4.221
14	0.000	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787	4.140
15	0.000	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733	4.073
16	0.000	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686	4.015
17	0.000	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646	3.965
18	0.000	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610	3.922
19	0.000	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579	3.883
20	0.000	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552	3.850
21	0.000	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527	3.819
22	0.000	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505	3.792
23	0.000	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485	3.768
24	0.000	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467	3.745
25	0.000	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450	3.725
26	0.000	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435	3.707
27	0.000	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421	3.690
28	0.000	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408	3.674
29	0.000	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396	3.659
30	0.000	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385	3.646
40	0.000	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307	3.551
60	0.000	0.679	0.848	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232	3.460
80	0.000	0.678	0.846	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195	3.416
100	0.000	0.677	0.845	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174	3.390
1000	0.000	0.675	0.842	1.037	1.282	1.646	1.962	2.330	2.581	3.098	3.300
z	0.000	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576		
	0%	50%	60%	70%	80%	90%	95%	98%	99%	99.8%	
	<b>Confid</b>										