

**ANALISIS PEMILIHAN MATERIAL MULTI KRITERIA MULTI
PARAMATER MENGGUNAKAN WEIGHTED PRODUCT MODEL**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Siska Pratiwi
No. Mahasiswa : 11525111
NIRM : 2011011770

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2018**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertandatangan di bawah ini,

Nama : Siska Pratiwi
NIM : 11525111
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Judul Skripsi : Analisis Pemilihan Material Multi Kriteria Multi Parameter
Menggunakan Weighted Product Model

Dengan ini saya menyatakan bahwa hasil penulisan skripsi ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Skripsi ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak dipaksakan.

Yogyakarta, 30 Januari 2018



Siska Pratiwi
NIM. 115 25 111

Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing

**ANALISIS PEMILIHAN MATERIAL MULTI KRITERIA MULTI
PARAMATER MENGGUNAKAN WEIGHTED PRODUCT MODEL**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

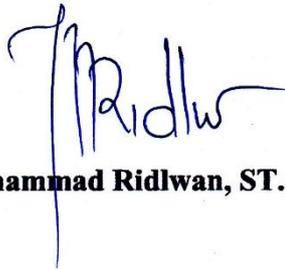
Nama : Siska Pratiwi

No. Mahasiswa : 11525111

NIRM : 2011011770

Yogyakarta, 26 Januari 2018

Pembimbing I,



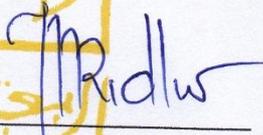
Muhammad Ridlwan, ST., MT.

Lembar Pengesahan Dosen Penguji

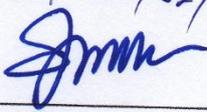
ANALISIS PEMILIHAN MATERIAL MULTI KRITERIA MULTI PARAMETER MENGGUNAKAN WEIGHTED PRODUCT MODEL



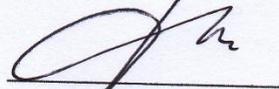
Muhammad Ridlwan, ST., MT.
Ketua


Tanggal : 20/02/2018

Santo Ajie Dhewanto, ST., MM.
Anggota I


Tanggal : 20/02/2018

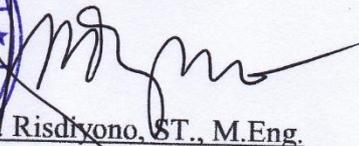
Arif Budi Wicaksono, ST., M.Sc.
Anggota II


Tanggal : 19/02/2018

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin




D. Eng. Risdiono, ST., M.Eng.

HALAMAN MOTTO

Jadilah rumput nan lemah lembut

Tak luruh dipukul rebut

Bagai karang didasar lautan

Tak terusik dilanda badai

Lukisan Alam

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur Penyusun panjatkan kehadiran Allah SWT. yang telah memberi segala nikmat dan karunia-Nya sehingga Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Sholawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. yang telah membawa risalah kebenaran kepada kita semua.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi sebagai salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, Penyusun banyak hambatan yang dihadapi, namun berkat saran, kritik dan dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat terselesaikan, untuk itu Penyusun mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Ibunda dan Ayahanda yang selalu mendo'akan dan mendukung untuk kesuksesan dan keberhasilan Penyusun.
2. Bapak Muhammad Ridlwan, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Suami Penyusun yang selalu mendampingi selama menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Lab. Proses Produksi yang sudah membantu dalam Penelitian Tugas akhir ini.
5. Dan Teman – teman semuanya yang telah mendukung dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Akhir ucapan terimakasih ini, penyusun berharap semoga Tugas Akhir yang ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 30 Januari 2018

Penyusun

ABSTRAK

ANALISIS PEMILIHAN MATERIAL MULTI KRITERIA MULTI
PARAMATER MENGGUNAKAN WEIGHTED PRODUCT MODEL

Dalam proses perancangan banyak persoalan yang sangat perlu diperhatikan salah satunya, dalam memilih suatu material yang memiliki keunggulan yang lebih baik dan yang memiliki manfaat yang berlipat ganda. Hal ini sangat penting untuk mengetahui terutama dari segi berat, kekuatan, kekakuan dan harga yang paling efisien. *Weighted Product Model* (WPM) merupakan teknik pengambilan keputusan yang diambil dari beberapa alternatif yang disediakan. Metode ini menggunakan sistem perkalian untuk menghubungkan rating, dimana rating tiap atribut harus dipangkatkan terlebih dahulu dengan bobot atribut yang bersangkutan. Oleh karena itu metode ini dapat digunakan dalam penelitian. Pada proses penelitian bahan yang digunakan material baja, *Stainless Steel*, Aluminium dan ada tiga jenis profil yang digunakan yakni pipa profil silinder, pipa profil kotak dan profil siku.

Dari hasil pengujian tersebut bahwa material yang memiliki rangking yang tertinggi pada perangkingan menggunakan metode WPM yakni material material *Stainless Steel* Profil Siku yang memiliki nilai *benefit factor* yang paling besar yakni sebesar 2,10. Untuk material yang paling unggul pada perangkingan dengan metode Weight Sum Model (WSM) yaitu material Baja Pipa Profil Kotak dengan *benefit factor* 47,46. Dari hasil perangkingan yang diperoleh bahwa Metode WSM tidak dapat digunakan untuk alternatif pengganti Metode WPM.

Kata Kunci – Pemilihan material, Weight Product Model, Weight Sum Model.

ABSTRACT

ANALYSIS OF MULTI CRITERIA MULTI PARAMETER MATERIAL
SELECTION USING WEIGHTED PRODUCT MODEL

In the designing process, there is a lot of issues that really need to be considered, one of them is in choosing material which has better advantage and multiple benefits. It is very important to know especially in terms of weight, strength, stiffness, and the most efficient price as well. Weighted Product Model (WPM) is a decision-making technique taken from several alternatives which are provided. This method uses multiplication system to connect the ratings, where each attribute's rating must be ranked with the relevant attribute weight. Therefore, this method can be used in research. In this research process, the materials used are steel, Stainless Steel, aluminum, three types of profiles used, those are pipeline, pipe box and elbow pipe profile.

From the tests result that the material that has the highest rank in the ranking process using the WPM method, is Stainless Steel Elbow Profile Material which has the biggest *benefit factor* values 2.10. For the most superior material in the ranking process using the Weight Sum Method (WSM) method, is Steel Pipe Box Profile Material with *benefit factor* values 67,46. Thus, from the ranking process results that the WSM method can not be used in alternative for the WPM Method.

Keywords – Material selection, Weight Product Model, Weight Sum Model.

DAFTAR ISI

Judul.....	i
Pengesahan Dosen Pembimbing.....	ii
Pengesahan Dosen Penguji.....	iii
Halaman Motto.....	iv
Kata Pengantar.....	v
Abstrak	vii
<i>Abstract</i>	viii
Daftar isi.....	ix
Daftar Tabel.....	x
Daftar Gambar.....	xi
Daftar Lampiran.....	xiii
Bab I Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Sistematika Penelitian.....	5
Bab 2 Tinjauan Pustaka.....	7
2.1 Kajian Pustaka.....	7
2.2 Dasar Teori.....	9
Bab 3 Metodologi Penelitian	26
3.1 Deskripsi Penelitian.....	26
3.2 Bagan Alur Penelitian.....	33
Bab 4 Hasil Pembahasan.....	34
4.1 Data Material.....	34
4.2 Hasil Analisa.....	39
Bab 5 Penutup.....	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran dan Penelitian Berikutnya.....	48
Daftar Pustaka.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Objek Data.....	26
Tabel 3.2 Bahan Penelitian.....	30
Tabel 4.1 Harga Material.....	34
Tabel 4.2 Berat Material.....	34
Tabel 4.3 Modulus Elastisitas.....	35
Tabel 4.4 Tabel Massa Jenis	35
Tabel 4.5 Bentuk Profil.....	36
Tabel 4.6 Ukuran Sisi Profil Baja.....	36
Tabel 4.7 Ukuran Sisi Profil <i>Stainless Steel</i>	36
Tabel 4.8 Ukuran Sisi Profil Aluminium.....	37
Tabel 4.9 Perhitungan Luas Penampang.....	37
Tabel 4.10 Inersia Penampang.....	37
Tabel 4.11 Hasil Defleksi Material Baja.....	38
Tabel 4.12 Defleksi Material <i>Stainless Steel</i>	38
Tabel 4.13 Defleksi Material Aluminium.....	38
Tabel 4.14 Kriteria.....	40
Tabel 4.15 Nilai Hasil dari Bilangan Pangkat pada Parameter	41
Tabel 4.16 Hasil Pembobotan dari Kriteria.....	41
Tabel 4.17 Hasil <i>Benefit factor</i> WPM.....	42
Tabel 4.18 Hasil Perangkingan.....	43
Tabel 4.19 Kriteria WSM.....	44
Tabel 4.20 Penormalisasi Kriteria.....	44
Tabel 4.21 Hasil Perangkingan	45
Tabel 4.22 Hasil verifikasi Perangkingan	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Konsep dasar Penelitian.....	3
Gambar 2.1 Pengujian Dayung Ashby.....	8
Gambar 2.2 Massa Jenis.....	14
Gambar 2.3 Kurva Tegangan – Regangan.....	15
Gambar 2.4 Hasil Modulus Elastisitas.....	16
Gambar 2.5 Bentuk – bentuk Material.....	17
Gambar 2.6 Inersia Penampang dan Luas Penampang.....	19
Gambar 2.7 Perubahan bentuk material.....	20
Gambar 2.8 Beban Tengah.....	21
Gambar 2.9 Beban Merata.....	21
Gambar 2.10 Beban Kantilever.....	22
Gambar 3.1 Bentuk Profil Pipa Silinder.....	27
Gambar 3.2 Bentuk Profil Pipa Kotak.....	27
Gambar 3.3 Bentuk Profil Siku.....	27
Gambar 3.4 Contoh Excel.....	29
Gambar 3.5 Bagan Alur Penelitian.....	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran..... 50

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di zaman yang modern, manusia dituntut untuk menjadi manusia yang kreatif dan inovatif. Adanyanya pemikiran tersebut sehingga manusia dapat memperkembangkan ilmu pengetahuan serta teknologi. Kebutuhan manusia yang semakin kompleks sehingga menjadikan sumber utama untuk menggali teknologi yang dapat mempermudah pekerjaan manusia.

Di Indonesia merupakan salah satu negara yang menjadi tempat perindustrian yang memerlukan sebuah perkembangan, untuk mempermudah produksi dan dapat meningkatkan mutu manusia. Dengan ilmu keteknikan yang dimiliki sehingga dapat mengembangkan ilmu teknologi untuk menunjang perindustrian. Baik perindustrian yang kecil menengah ataupun yang sudah berkembang.

Dalam bidang industri banyak cabang yang dimiliki, bidang industri merupakan salah satu pembangunan jangka panjang, sehingga banyak faktor yang menunjang, antara lain perancangan konstruksi, elemen mesin, struktur perancangan serta pembangunan akses jalan. Dalam proses perancangan banyak persoalan yang sangat perlu diperhatikan salah satunya, dalam memilih suatu material yang memiliki keunggulan yang lebih baik dan yang memiliki manfaat yang berlipat ganda. Hal ini sangat penting untuk mengetahui terutama dari segi berat, kekuatan, kekakuan dan harga yang paling efisien.

Hal tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan Weight Product Model (WPM) dan Weight Sum Model (WSM). Kedua metode ini sering digunakan dalam memutuskan suatu keputusan dalam bidang perindustria atau sering juga digunakan dalam bidang pendidikan.

Weighted Product Model (WPM) merupakan teknik pengambilan keputusan yang diambil dari beberapa alternatif yang disediakan. Metode ini menggunakan sistem perkalian untuk menghubungkan rating, dimana rating tiap atribut harus dipangkatkan terlebih dahulu dengan bobot atribut yang bersangkutan (Kusumadewi, 2006). Dalam WPM memiliki beberapa tahapan yang sangat

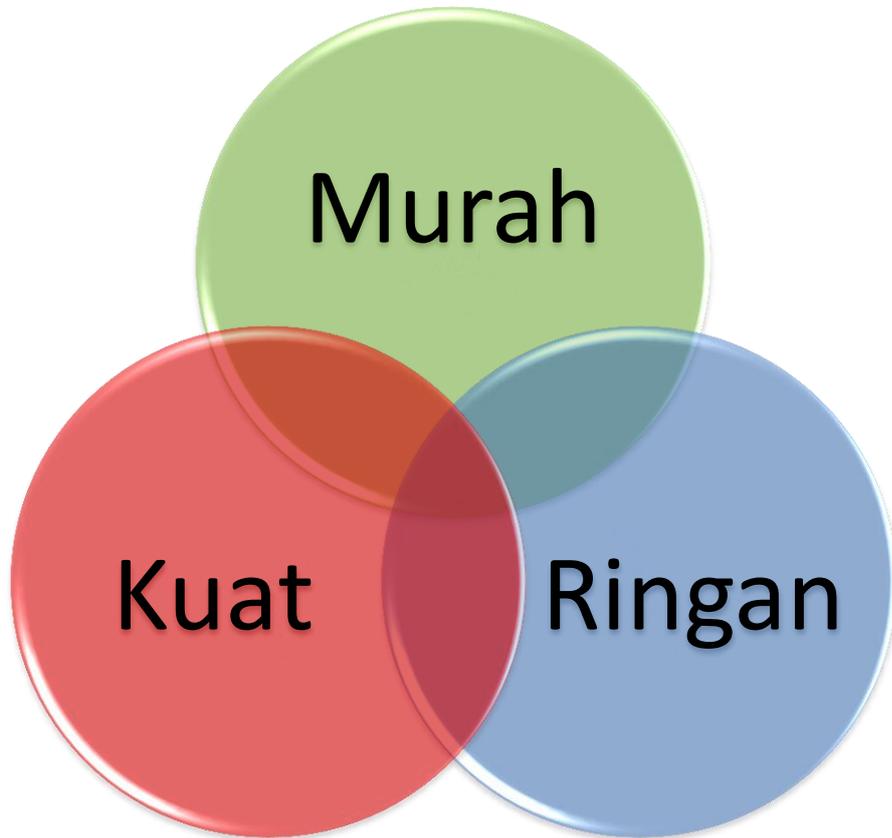
berpengaruh untuk menentukan suatu keputusan yang baik. Tahapan yang mempengaruhi yaitu pembobotan, pemangkatan dan perankingan.

Weight Sum Model (WSM) merupakan metode yang paling sederhana dalam pengambilan keputusan multi-kriteria untuk mengevaluasi sejumlah alternatif dengan cara menjumlahkan kriteria yang telah dikalikan dengan bobot.

Dengan menggunakan kedua metode tersebut, penelitian yang diambil dapat memperoleh kemudahan untuk menentukan material yang memiliki kriteria yang paling bagus diantara material yang diujikan. Manusia memiliki kecenderungan yang sangat besar dalam menentukan suatu kebutuhan dengan menghitung pengeluarannya. Dari beberapa alasan yang didapat, bahwa memilih material menjadi hal yang sangat diperhatikan. Ada beberapa faktor yang menjadi hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan material yang diambil, antar lain :

- a. Faktor biaya, dimana yang diinginkan manusia mendapatkan harga yang murah namun dengan kualitas yang baik.
- b. Faktor material, dimana faktor material memiliki peranan yang sangat penting. Peranan yang dimaksud adalah peranan yang memiliki kekuatan yang lebih baik.
- c. Faktor berat, dimana faktor berat sangat mempengaruhi kekuatan material juga. Karena material berat dominan lebih bagus dibandingkan dengan yang lebih ringan. Namun dalam kehidupan sehari – hari manusia lebih memilih sesuatu yang material ringan.

Tiga faktor tersebut dapat di ilustrasikan dalam bentuk gambar di bawah ini :



Gambar 1.1 Konsep Dasar Penelitian

Ada 3 (tiga) bagian dalam ilustrasi di atas, yakni bagian pertama material yang kuat, yang kedua harganya murah, dan bagian yang ketiga material beratnya ringan. Kemudian bagian akan dijadikan menjadi satu sehingga akan menjadi material yang memiliki berat yang kuat, ringan dan harganya murah.

Penelitian yang akan dilakukan ini mencoba untuk meneliti material apakah yang dapat menjadi alternatif yang baik sesuai dengan metode yang digunakan. Sehingga sangat diperlukan pengujian material ini, untuk mendapat memperoleh material yang unggul, yaitu material yang memiliki biaya yang murah, ringan, dan material yang kuat. Oleh sebab itu perlu diadakannya penelitian ini dengan judul “ANALISIS PEMILIHAN MATERIAL MULTI KRITERIA MULTI PARAMATER MENGGUNAKAN WEIGHTED PRODUCT MODEL”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, sehingga dapat diambil rumusan masalah:

- a. Material manakah yang memiliki kriteria yang paling unggul diantara material yang lain?
- b. Apakah metode WPM dan metode WSM akan mendapatkan hasil perangkungan yang sama?

1.3 Batasan Masalah

Dalam batasan masalah ini penelitian yang dilakukan tidak akan melenceng dari topik yang akan diteliti. Oleh karena itu batasan yang diambil antara lain :

- a. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah material dari Baja, Aluminium dan *Stainless Steel*.
- b. Bentuk material yang digunakan yaitu pipa profil kotak, pipa profil silinder, dan pipa siku.
- c. Pengujian Defleksi diambil nilai maksimal dengan beban 1,4kg.
- d. Ukuran profil material tidak menggunakan ukuran yang sama, dan hanya memperoleh ukuran material yang terdapat dipasaran.
- e. Kriteria yang ditentukan yakni biaya murah, berat material ringan, dan materialnya yang memiliki defleksi yang paling kecil (kuat).
- f. Kekuatan material dihitung dari defleksi yang dihasilkan perhitungan teoritis dan perbandingannya dengan hasil perhitungan defleksi pengujian, dial indikator dikalikan kalibrasi 0.01 milimeter.
- g. Modulus elastisitas tidak diuji, hanya mengambil dari hasil pengujian yang sudah dilakukan oleh penguji sebelumnya.
- h. Panjang material yang diuji hanya 1000 milimeter.
- i. Pengambilan bobot hanya menggunakan penelitian terbatas yang mengambil beberapa data dari tetangga menggunakan lisan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian analisis pemilihan bahan dan Proses multi kriteria multi parameter adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui urutan material menggunakan metode WPM.
- b. Untuk mengetahui urutan material menggunakan metode WSM.
- c. Untuk mengetahui material mana yang memiliki ranking yang paling unggul.
- d. Untuk mengetahui dapatkah metode WPM dapat diganti dengan metode WSM.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika merupakan penulisan uraian dari bab perbab sesuai dengan urutan agar mempermudah pembahasannya. Secara garis besar laporan tugas akhir ini memiliki 5 bab, antara lain :

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini bersisi tentang :

1. Latar belakang
2. Rumusan masalah
3. Batasan masalah
4. Tujuan Penelitian.
5. Sistematika Penulisan

BAB II : TINJAUAN PUTAKA

Bab ini berisi tentang

1. Kajian pustaka
2. Dasar teori

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini meliputi :

1. Diagram alur

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang

1. Data Material
2. Hasil dan Analisis Penelitian
3. Hasil Perbandingan Metode

BAB V : PENUTUP

Bab ini memuat tentang :

1. Kesimpulan dari hasil pengujian dan analisis
2. Saran – saran dari proses pengujian dan analisis

BAB 2

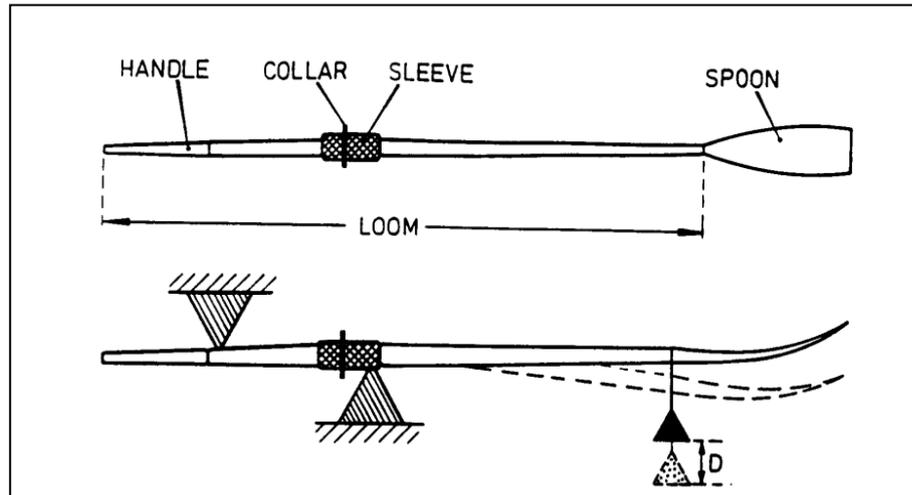
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Pada tahun 1993 M.F. Ashby and D. Cebon memaparkan bahwa dalam beberapa keadaan material dapat dipilih sesuai dengan kepuasan individu. Banyak orang yang masih mencari - cari material yang sesuai dengan apa yang mereka inginkan namun banyak yang belum mengerti tentang material yang sesuai dalam bidangnya. Dalam menentukan material tidak hanya jenis material saja yang menjadi pertimbangan namun juga bentuk material juga harus dipertimbangkan. Massa material salah satu juga yang diperhatikan, karena material yang memiliki massa yang berat belum tentu memiliki kekuatan material yang baik, maupun sebaliknya material yang ringan lebih memiliki dominan kekuatan material yang kurang baik. Hal tersebut yang sering menjadi pola pikir bagi orang – orang yang belum mengetahui tentang kekuatan material.

Kekuatan material dapat dilihat dari beberapa aspek, mulai dari bentuk profil material dan spesifikasi kekakuan material (Ashby, 1993). Factor yang lebih dominan yang dimaksud kekuatan material yaitu yang menunjukkan pelayangan material seperti harga material dan kelenturan material (Frag, 2006).

Penelitian yang dilakukan ashby meneliti beberapa bentuk desain dengan bantuan softwere. Bahan yang diuji adalah dayung. Sering sekali dayung menjadi sebuah sorotan karena sering terjadinya bengkokan. Seharusnya dayung yang digunakan itu harus kuat dan tahan dari bengkokan sehingga dayung itu tidak memiliki kekhawatiran saat sedang mendayung. Dayung yang tidak bisa menahan bengkokan, maka akan patah. Untuk mengantisipasi hal tersebut ashby melakukan percobaan untuk menguji material tersebut. Di bawah ini merupakan gambar yang diuji Ashby dalam menentukan material yang sesuai dengan desain yang diuji.



Gambar 2.1 pengujian dayung (Ashby, 1992)

Hasil pengujian yang dipapar kan bahwa dayung yang menggunakan sejenis pohon cemara memiliki berat 4 dan 4.3 kg dengan harga 250 USD. Untuk material komposit memiliki keuntungan yang beratnya hanya 3.9 kg dengan harga 430 USD. Sedangkan material yang baik adalah material yang mempertimbngkan kekuatan material, kelenturan dan harga (Frag, 2006).

Proses penelitian yang ashby menggunakan metode mencari material index dan kemudia diaplikasikan kesebuah grafik untuk menentukan material yang memiliki nilai material indeks yang paling tinggi. Adapun kekurangan dari metode ini adalah:

- a. Pemilihan material tergantung dengan tabel.
- b. Sulit untuk membuat programnya karena pemilihan secara manual.
- c. Material yang terdapat di dalam tabel hanya material yang yang dikenal saja tidak bisa spesifik.

Sehingga dalam penelitian yang lain menggunakan metode yang sering disebut Multi Attribute Decision Making (MADM) adalah suatu metode pengambilan keputusan untuk menetapkan alternatif terbaik dari sejumlah alternatif berdasarkan beberapa kriteria tertentu (Heri Sismoro, 2013). Salah satu

metode MADM dalam penelitian yang dilakukan menggunakan metode Weighted Product Model (WPM) dan Weighted Sum Model (WSM).

Pada penelitian Sri Lestari (2013) menggunakan metode Weighted Product Model (WPM) untuk seleksi calon karyawan. Pada penelitian tersebut hanya menggunakan satu metode saja dalam menyeleksi calon karyawan.

Namun, dalam penelitian ini akan menggabungkan dua metode untuk menentukan produk yang akan dipasarkan, metode tersebut adalah Weighted Product Model (WPM) dengan Weighted Sum Model (WSM). Karena kedua metode tersebut berkaitan dan mempunyai hubungan yang cukup erat dalam mencari hasil produk maksimal dan akurat sehingga cocok digunakan dalam penelitian ini.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Material

a. Baja

Baja merupakan paduan yang sebagian besar terdiri dari unsur besi dan karbon antara 0,2% - 2,1% (Choudhury et al., 2001). Adapun unsur – unsur yang terkandung pada baja antara lain sulfur (S), fosfor (P), mangan (Mn), dan sebagainya. Namun unsur – unsur ini hanya memiliki prosentase kecil.

Dengan adanya karbon dengan unsur lain di dalam baja dapat meningkatkan nilai kekerasan, tahan gores, dan tahan panas. Baja memiliki unsur paduan utama adalah karbon, sehingga baja dapat digolongkan menjadi tiga bagian yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang, dan baja karbon tinggi (Amanto, 1999).

Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, antara lain :

- Baja karbon rendah
Baja karbon rendah (low carbon steel) merupakan baja yang mengandung karbon campuran baja kurang dari 0,04% - 0,30%.
- Baja karbon sedang
Baja karbon sedang (standart carbon steel) merupakan baja dengan kandungan karbon 0,31% - 0,70%.
- Baja karbon tinggi
Baja karbon tinggi (high carbon steel) merupakan baja dengan kandungan karbon 0,70% - 1,70%.

Kandungan karbon yang terdapat pada material baja akan mempengaruhi terhadap sifat mekanik yaitu kekerasan material. Semakin banyak kandungan karbon yang terkandung pada baja maka semakin tinggi kekuatan materialnya. Sehingga setiap jenis material baja memiliki kegunaan sendiri – sendiri. Material baja karbon rendah dapat digunakan untuk membuat rantai, sekrup, paku, pipa, baut, dan lainnya. Material baja sedang lebih kuat dibandingkan dengan baja karbon rendah, sehingga baja ini sulit untuk dipotong, dibengkokkan, atau dilas. Baja ini digunakan untuk material pembuatan rel, obeng, boiler, dan poros engkol. Material baja tinggi digunakan untuk material pembuatan kawat, pisau, gergaji, palu, dan pemutar sekrup.

Dalam penelitian yang dilakukan material baja yang digunakan adalah material baja karbon rendah. Material ini sering digunakan untuk kebutuhan manusia dan terdapat dipasaran.

b. *Stainless Steel*

Stainless Steel adalah baja paduan yang memiliki sifat tahan korosi, sehingga dapat digunakan dalam industri kimia, pupuk, makanan, minuman, industri yang berhubungan dengan air laut dan semua industri yang memerlukan ketahanan korosi (Raharjo, 2015).

Stainless Steel diperoleh dari penambahan unsur Chromium (Cr) pada baja pada jumlah minimum sekitar 12%. Unsur tersebut akan bereaksi dengan oksigen yang terdapat di udara dan membentuk lapisan oksida-Crom yang sangat tipis. Lapisan ini kedap udara dan kuat sehingga berfungsi untuk melindungi material yang terdapat di bawahnya dari mencegah proses korosi.

Ada beberapa sifat yang dimiliki stainless steel diantaranya :

- Bukan penghantar panas dan penghantar listrik yang baik.
- Tingkat keuletan yang tinggi, sehingga mudah dibentuk.
- Tidak bisa teroksidasi.
- Tahan korosi.
- Tahan terhadap temperatur yang tinggi

Karena sifat – sifat yang dimiliki, *Stainless Steel* sering dimanfaatkan di berbagai bidang, diantaranya bidang industri, bidang kesehatan, dan sering digunakan untuk peralatan rumah tangga.

Pada umumnya *Stainless Steel* dibedakan menjadi empat berdasarkan fasa yang dominan dan kemampuan untuk meningkatkan kekuatannya, yaitu :

- Austenitic

Stainless Steel ini memiliki sifat non magnetis dan tidak dapat di heat treatment. Sifat yang melekat pada jenis *Stainless Steel* ini adalah kekuatannya rendah tetapi ketangguhannya tinggi. Tipe ini memiliki kandungan Chromium tinggi dari 16 – 26%, dan mengandung paling sedikit Nikel (Ni) 8%.

- Ferritic

Tipe ferritic memiliki sifat magnetis dan tidak bisa ditingkatkan kekuatannya. Sifat yang menonjol dari tipe ini adalah kekuatan tinggi namun kekuatannya rendah. Kandungan Chromium yang tinggi dari 12 – 30%. Tipe jenis ini memiliki ketahanan korosi yang sangat tinggi dan harganya lebih murah.

- Duplex

Duplex merupakan gabungan dari dua tipe yaitu tipe ferritic dan austenitic. Hal ini bertujuan untuk memperoleh material yang superior

dalam hal ketahanan korosi. Kandungan Chromium yang terdapat ditipe ini sama seperti austenitic yaitu antara 12 – 26%.

- Martensitic

Tipe ini memiliki kandungan Chromium 12 – 30%. Martensitic ini memiliki kandungan karbon yang tinggi sehingga menjadikan material lebih keras namun lebih getas.

c. Aluminium

Pada tahun 1809, Aluminium ditemukan oleh Sir Humphrey Davy sebagai unsur dan pertama kali direduksikan sebagai logam oleh H. C. Oested, pada tahun 1825.

Aluminium diperoleh dari alumina dengan cara elektrolisis dari garam yang terfusi, cara ini ditemukan oleh seorang yang berkebangsaan amerika yaitu C. M. Hall dan seseorang yang berkebangsaan Prancis yang bernama Paul Heroult. Proses pembuatan Aluminium tersebut masih digunakan untuk proses pembuatan Aluminium.

Aluminium merupakan material yang memiliki massa ringan serta memiliki ketahanan korosi yang sangat baik, serta memiliki daya hantar listrik yang baik. Aluminium dapat dimanfaatkan berbagai bidang industri. Mulai dari industri makanan, Kontruksi, hingga peralatan rumah tangga. Adapun kekurangan yang dimiliki Aluminium adalah kekuatan dan kekerasan yang rendah dibandingkan dengan material yang lain. Namun dibalik kekurangan yang dimiliki Aluminium, ada kelebihan yakni paduan Aluminium dapat dimampukan bentuk. Untuk memperoleh Aluminium yang memiliki sifat yang lebih baik, maka Aluminium dipadukan dengan beberapa jenis material yang lain, antar lain :

- Paduan Aluminium dengan Copper (Cu).

Menaikkan kekuatan dan kekerasan, namun menurunkan pertambahan panjang saat ditarik.

- Paduan Aluminium dengan Zink (Zn).

Menaikkan nilai tarikan.

- Paduan Aluminium dengan Mangan (Mn).

Menaikkan kekuatan dalam temperatur tinggi.

- Paduaan Aluminium dengan Magnesium (Mg).
Magnesium ditambahkan untuk menaikkan kekuatan Aluminium, dan menurunkan nilai elastisitas, namun ketahanan korosinya cukup baik.
- Paduan Aluminium dengan Silikon (Si).
Paduan ini bisa diperlakukan panas sehingga menaikkan kekerasan Aluminium.
- Paduan Aluminium dengan Lithium (Li).
Lithium ini ditambahkan untuk memperbaiki sifat tahan oksidasi.

2.2.2 Berat Material

Berat material dapat diperoleh dari berat jenis material dikalikan volume. Dapat dituliskan dalam bentuk rumus matematika yang terdapat pada di bawah ini :

$$W = \rho \cdot V$$

Dimana :

W : Berat Material (Kg).

ρ : Massa Jenis (kg/m^3).

V : Volume (m^3).

Massa jenis material menggunakan pada sebuah buku yang berjudul *Material Books Data 2003 Cambridge University Engineering Department*, yang terdapat pada gambar 2.2.

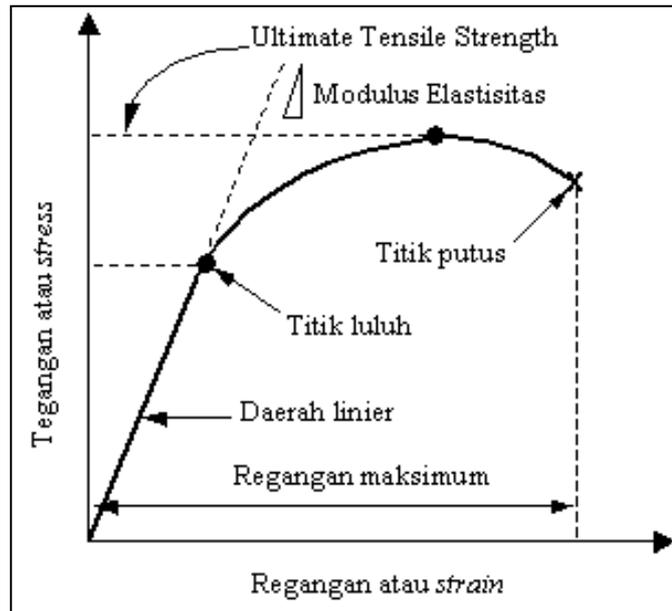
		ρ (Mg/m ³)	
Metals	Ferrous	Cast Irons	7.05 - 7.25
		High Carbon Steels	7.8 - 7.9
		Medium Carbon Steels	7.8 - 7.9
		Low Carbon Steels	7.8 - 7.9
		Low Alloy Steels	7.8 - 7.9
		Stainless Steels	7.6 - 8.1
	Non-ferrous	Aluminium Alloys	2.5 - 2.9
		Copper Alloys	8.93 - 8.94
		Lead Alloys	10 - 11.4
		Magnesium Alloys	1.74 - 1.95
		Nickel Alloys	8.83 - 8.95
		Titanium Alloys	4.4 - 4.8
		Zinc Alloys	4.95 - 7
		Ceramics	Glasses
Glass Ceramic	2.2 - 2.8		
Silica Glass	2.17 - 2.22		
Soda-Lime Glass	2.44 - 2.49		
Porous	Brick		1.9 - 2.1
	Concrete, typical		2.2 - 2.6
	Stone		2.5 - 3
Technical	Alumina		3.5 - 3.98
	Aluminium Nitride		3.26 - 3.33
	Boron Carbide		2.35 - 2.55
	Silicon		2.3 - 2.35
	Silicon Carbide		3 - 3.21
	Silicon Nitride		3 - 3.29
	Tungsten Carbide		15.3 - 15.9
Composites	Metal	Aluminium/Silicon Carbide	2.66 - 2.9
	Polymer	CFRP	1.5 - 1.6
		GFRP	1.75 - 1.97
Natural		Bamboo	0.6 - 0.8
		Cork	0.12 - 0.24
		Leather	0.81 - 1.05
		Wood, typical (Longitudinal)	0.6 - 0.8
		Wood, typical (Transverse)	0.6 - 0.8

Gambar 2.2 Massa Jenis

2.2.3 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan ukuran kekerasan suatu material. Menurut Yopy Soleman modulus elastisitas adalah suatu nilai regangan regangan kecil yang terjadi pada sebuah material yang proposional dengan ditambahkan tegangan.

Pengukuran modulus elastisitas terjadi akibat terjadinya kemiringan pada kurva tegangan dan regangan yang ditentukan dalam sebuah pengujian tarik.



Gambar 2. 3 Kurva Tegangan – Regangan

Kurva tersebut menjelaskan tentang tegangan, regangan, dan modulus elastisitas suatu material. Bahwa semakin tinggi regangan yang dihasilkan maka nilai modulus elastisitasnya semakin tinggi, namun jika nilai tegangan tinggi maka nilai modulus elastisitasnya semakin kecil sehingga material tersebut dapat dikatakan material getas (mudah patah). Secara matematis modulus elastisitas dapat dituliskan sebagai berikut :

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Dimana :

E = Modulus Elastisitas (Pa).

σ = Tegangan (N/m^2).

ϵ = Regangan (Tanpa Satuan).

Nilai modulus elastisitas yang merujuk pada buku *Material Books Data 2003 Cambridge University Engineering Department*. Berikut ini adalah gambar hasil material modulus elastisitas yang terdapat pada gambar 2.4.

		E (GPa)	
Metals	Ferrous	Cast Irons	165 - 180
		High Carbon Steels	200 - 215
		Medium Carbon Steels	200 - 216
		Low Carbon Steels	200 - 215
		Low Alloy Steels	201 - 217
		Stainless Steels	189 - 210
	Non-ferrous	Aluminium Alloys	68 - 82
		Copper Alloys	112 - 148
		Lead Alloys	12.5 - 15
		Magnesium Alloys	42 - 47
		Nickel Alloys	190 - 220
		Titanium Alloys	90 - 120
		Zinc Alloys	68 - 95
		Ceramics	Glasses
Glass Ceramic	64 - 110		
Silica Glass	68 - 74		
Soda-Lime Glass	68 - 72		
Porous	Brick		10 - 50
	Concrete, typical		25 - 38
	Stone		6.9 - 21
Technical	Alumina		215 - 413
	Aluminium Nitride		302 - 348
	Boron Carbide		400 - 472
	Silicon		140 - 155
	Silicon Carbide		300 - 460
	Silicon Nitride		280 - 310
	Tungsten Carbide		600 - 720
Composites	Metal Polymer	Aluminium/Silicon Carbide	81 - 100
		CFRP	69 - 150
		GFRP	15 - 28
Natural	Bamboo	15 - 20	
	Cork	0.013 - 0.05	
	Leather	0.1 - 0.5	
	Wood, typical (Longitudinal)	6 - 20	
	Wood, typical (Transverse)	0.5 - 3	

Gambar 2.4 Gambar Hasil Modulus Elastisitas.

Gambar di atas menunjukkan hasil modulus elastisitas, dari material logam besi, material bukan besi, kramik, komposit, dan bahan alam. Penelitian yang dilakukan akan menggunakan material logam besi dan material bukan logam besi, dan penggunaan modulus elastisitas diambil dari nilai terendah hasil pengujian.

2.2.3 Profil Material

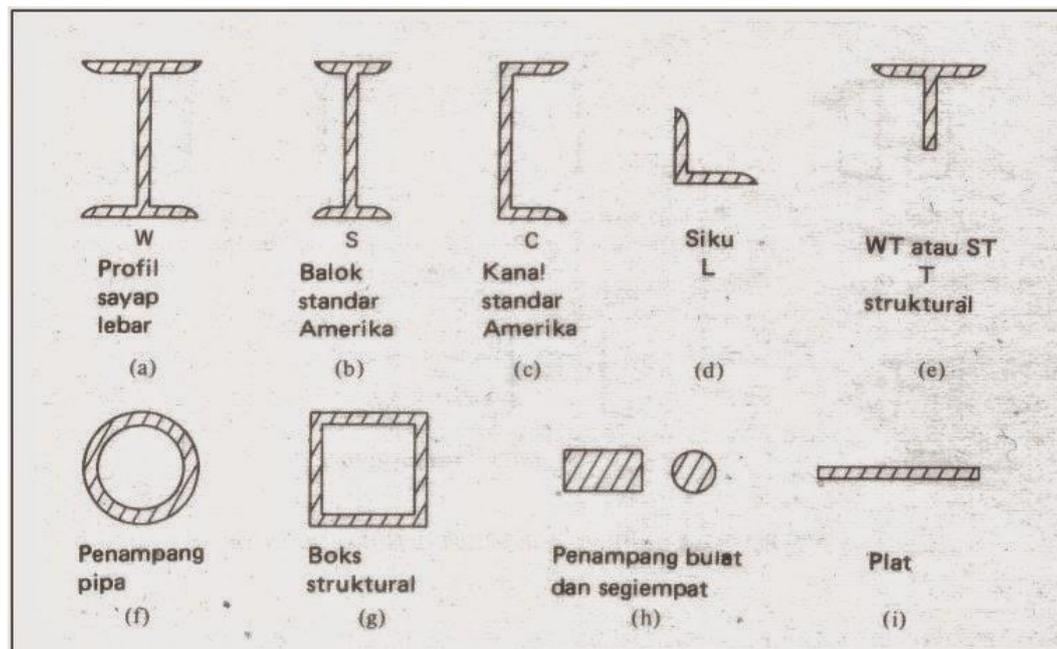
a. Macam – macam profil material

Semakin berkembangnya teknologi semakin banyak perkembangan di industri material semakin banyak varian yang dihasilkan, dari segi komposisi material, bentuk material, profil material, dan spesifikasi. Sehingga masyarakat mencari berlomba – lomba mencari varian material yang sesuai dengan kegunaan pada saat itu.

Profil menjadi salah satu yang menjadi pertimbangan dalam menentukan suatu ketahanan sehingga memperoleh hasil yang maksimal. Di pasaran profil memiliki banyak varian, dari profil yang biasa hingga profil yang memiliki kerumitan.

Setiap profil memiliki bentuk yang berbeda – beda dan memiliki fungsi yang berbeda – beda. Adapun salah satu fungsi yang dihasilkan, misalnya dari profil penampang pipa silinder, biasanya digunakan untuk industri besar untuk saluran udara, atau saluran bahan yang akan diolah.

Di bawah ini beberapa contoh bentuk material yang terdapat di pasaran, dan mudah untuk dicari.



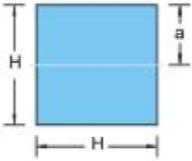
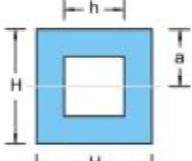
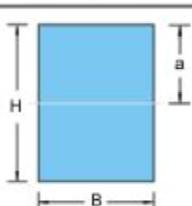
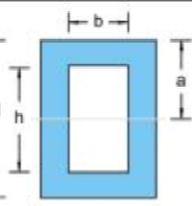
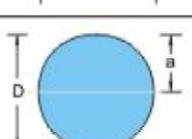
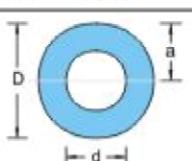
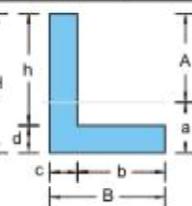
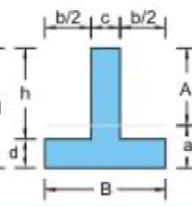
Gambar 2.5 Bentuk – bentuk Material. (Sumber : macdonald, 2002).

Profil yang akan digunakan dalam penelitian yaitu mengambil beberapa profil yakni, profil penampang pipa silinder, profil penampang pipa kotak, dan penampang siku. Profil tersebut mudah dijumpai dan sering digunakan dalam kehidupan sehari – hari dan menjadi dasar penelitian karena mudah di dapat dipasar dan tidak sulit memperolehnya.

b. Inersia penampang

Inersia penampang merupakan kecenderungan benda untuk mempertahankan keadaanya agar tetap diam atau bergerak. Contoh yang paling sederhana adalah bumi, bumi selale berputar, sehingga bumi memiliki inersia rotasi atau yang sering disebut berotasi.

Setiap bentuk profil benda memiliki inersia penampang yang berbeda-beda. Untuk itu rumus yang digunakan juga berbeda, sehingga dapat dituliskan dalam rumus matematis yang terdapat gambar 2.6 Inersia Penampang dan Luas Penampang.

Sezione	Area della sezione A	Distanza dal baricentro a	Momento di inerzia J
	m ²	m	m ⁴
	H^2	$\frac{H}{2}$	$\frac{H^4}{12}$
	$H^2 - h^2$	$\frac{H}{2}$	$\frac{H^4 - h^4}{12}$
	$B \cdot H$	$\frac{H}{2}$	$\frac{B \cdot H^3}{12}$
	$BH - bh$	$\frac{H}{2}$	$\frac{1}{12} \cdot (BH^3 - bh^3)$
	$\frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$\frac{D}{2}$	$\frac{\pi \cdot D^4}{64}$
	$\frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$	$\frac{D}{2}$	$\frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64}$
	$BH - bh$	$A = H - a$ $a = \frac{1}{2} \cdot \frac{cH^2 + bd^2}{cH + bd}$	$\frac{Ba^3 - b(h - A)^3 + cA^3}{3}$
	$BH - bh$	$A = H - a$ $a = \frac{1}{2} \cdot \frac{cH^2 + bd^2}{cH + bd}$	$\frac{Ba^3 - b(h - A)^3 + cA^3}{3}$

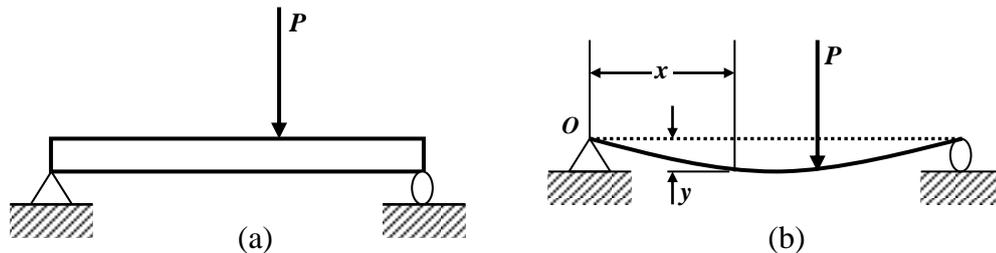
Gambar 2.6 Inersia Penampang dan Luas Penampang

2.2.4 Luas Penampang

Luas penampang adalah luas suatu permukaan atau bidang sesuai dengan bentuknya. Luas penampang dapat dituliskan dengan rumus matematika yang terdapat pada Gambar 2.5 Inersia Penampang dan Luas Penampang.

2.2.5 Defleksi

Defleksi merupakan perubahan bentuk yang terjadi karena ada pembebanan yang dilakukan. seperti gambar yang berada di bawah ini :

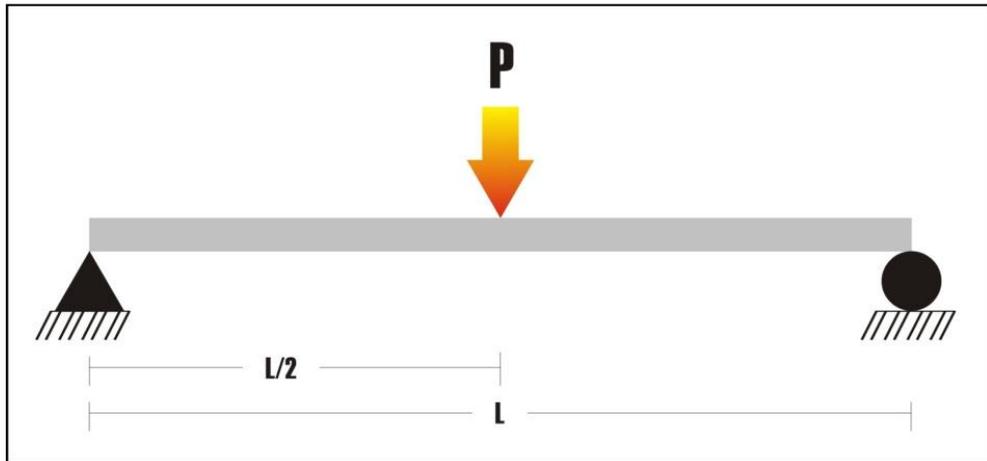


Gambar 2.7 (a) Material diberikan beban, (b) Perubahan bentuk material.

Pada gambar di atas mengilustrasikan bahwa material yang diberikan beban akan mengalami perubahan bentuk. Perubahan bentuk yang terjadi pada gambar yaitu dari posisi 0 ke posisi y, yang diakibatkan ada P itulah yang disebut dengan defleksi.

Defleksi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- a. Jenis pembebanan dan jenis tumpuan jenis pembebanan dibagi menjadi 3 yaitu:
 - Beban tengah
Pembebanan yang dilakukan hanya satu titik saja.

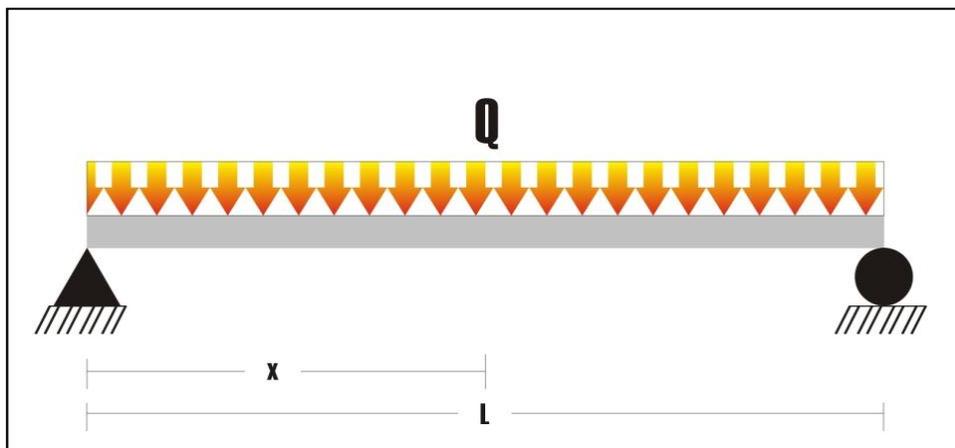


Gambar 2.8 Beban tengah

Secara matematis rumus defleksi pada beban tengah adalah :

$$\delta = \frac{Px}{48 \cdot E \cdot I} (3L^2 - 4x^2)$$

- Beban merata
Pembebanan merata adalah pembebanan yang dilakukan dengan nilai pembebanan yang sama.



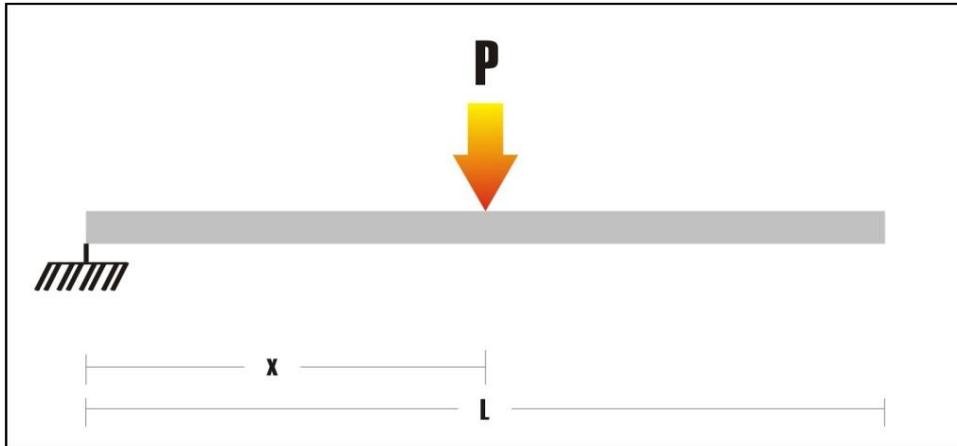
Gambar 2.9 Pembebanan Merata

Defleksi pembebanan merata secara rumus matematis adalah :

$$\delta = \frac{qx}{24 \cdot E \cdot I} (L^3 - 2L \cdot x^2 + x^3)$$

- Beban kantilever

Pembebanan yang berpusat pada ujung benda dan hanya memiliki satu tumpuan.



Gambar 2.10 Pembebanan Kantilever

Defleksi pembebanan merata secara rumus matematis adalah :

$$\delta = \frac{q_0 x}{120 \cdot L \cdot E \cdot I} (10L^3 - 10L^2 \cdot x + 5 \cdot L \cdot x^2 - x^3)$$

Dimana :

- δ : Defleksi (mm).
- P : Gaya (N).
- x : Jarak dial indikator dari titik pusat (mm).
- q : Beban Merata (N).
- q_0 : Beban kantilever (N).
- L : Panjang Material Uji (mm).
- E : Modulus Elastisitas (Gpa)
- I : Inersia Penampang (mm^4).

b. Jenis tumpuan

Jenis tumpuan ada 3 yaitu roll, sendi dan jepit. Simbol yang digunakan oleh tumpuan roll adalah bulat seperti pada gambar 2.8 pada pembebanan tengah. Pada tumpuan ini dapat terjadi pergeseran yang begitu besar dikarenakan tidak dapat menahan momen. Tumpuan sendi menggunakan simbol segitiga yang terdapat pada gambar 2.8 pembebanan tengah. Tumpuan ini, mampu menerima gaya yang arahnya vertikal maupun horizontal, namun tidak dapat menerima momen. Tumpuan jepit adalah tumpuan yang tidak dapat menerima gaya dari arah vertikal maupun horizontal. Karena tumpuan ini menjepit salah satu sisi saja, sehingga yang ditimbulkan hanyalah momen. Simbol tumpuan jepit terdapat pada gambar 2.10 pembebanan kantilever.

c. Kekuatan material

Kekuatan material juga mempengaruhi terjadinya defleksi. Hal tersebut sudah sangat jelas. Kekkuatan material di dasari dengan besar kecilnya modulus elastisitas setiap material, semakin kecil modulus elastisitas, maka semakin kuat material tersebut karena defleksi yang dihasilkan semakin kecil juga.

2.2.6 Harga

Untuk definisi harga ada beberapa pendapat menurut Marius (1995, hal. 25), harga adalah jumlah uang yang harus konsumen bayarkan untuk mendapatkan produk tersebut.

Harga yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan hasil belanja material yang dilakukan per item. Dapat dirumuskan dibawah ini :

$$C = Ck \cdot L$$

Keterangan :

C : Harga (Rp/m).

Ck : Harga satuan (Rp).

L : Panjang Material (m).

2.2.7 Weight Product Model

Weight product Model (WPM) adalah salah satu metode yang menggunakan perkalian untuk menghubungkan ranting atribut, dimana ranting setiap atribut harus dipangkatkan dulu dengan bobot yang bersangkutan.

Metode ini digunakan dalam pengambilan keputusan dalam pemilihan material. Perhitungan menggunakan metode ini hanya menghasilkan nilai yang terbesar sebagai alternatif yang terbaik. Perhitungan akan sesuai dengan metode ini apabila alternatif yang terpilih memenuhi kriteria yang sudah ditentukan.

Bobot untuk atribut manfaat memiliki fungsi sebagai pangkat positif dalam proses perkalian, namun bobot biaya berfungsi sebagai pangkat negatif. Perbaikan bobot pada $\sum W_j = 1$ menggunakan persamaan (1).

$$W_j = \frac{w}{\sum w} \dots \dots \dots (1)$$

Variabel W merupakan pangkat bernilai positif untuk atribut manfaat dan nilai negatif untuk atribut biaya. Preferensi alternatif S_i diberikan oleh persamaan (2).

$$S_i = \prod_j^n x_{ij}^{w_j} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

- S_i : skor/nilai dari setiap alternatif
- Π : *product*
- X_{ij} : nilai alternatif ke-*i* terhadap atribut ke-*j*
- w_j : bobot dari setiap atribut
- n : Banyaknya kriteria

Untuk mencari alternatif terbaik dapat menggunakan persamaa (3)

$$V_i = \frac{S_i}{\prod_{j=1}^n (X_j^*)^{w_j}} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan :

- V_i : Preferensi alternatif dianalogikan sebagai vektor V
- X : Nilai parameter
- W : Bobot parameter
- i : Alternatif
- j : Parameter
- n : Banyaknya parameter

* : Banyaknya parameter yang telah dinilai pada vektor S

Dengan beberapa rumus tersebut dapat digunakan untuk menentukan material yang memiliki keunggulan yg sesuai dengan parameter.

2.2.8 Weight Sum Model (WSM)

Weight sum model (WSM) adalah metode pengambilan keputusan yang sangat mudah. Model ini hampir mirip dengan WPM, namun model ini lebih sederhana, karena hanya menambahkan atribut yang dikalikan dengan bobot kriteria. Sehingga dapat dituliskan persamaan (1).

$$V_i = \sum_{j=1}^n w_j a_{ij} \quad \text{Untuk } i = 1, 2, 3, \dots, m.$$

Keterangan :

V_i : Preferensi alternatif dianalogikan sebagai vektor V

W : Bobot Kriteria

i : Alternatif

j : Kriteria

n : Banyaknya kriteria

a : nilai alternatif

sebelum menghitung hasil benefit faktor, nilai disetiap kriteria harus dinormalisasi dengan rumus di bawah ini :

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\max X_{ij}} \quad \text{jika } j \text{ atribut keuntungan}$$

$$r_{ij} = \frac{\min X_{ij}}{X_{ij}} \quad \text{jika } j \text{ adalah atribut biaya}$$

Keterangan :

r_{ij} = Nilai rating kinerja

x_{ij} = Nilai kinerja dari setiap rating

$\max x_{ij}$ = Nilai terbesar dari tiap kriteria

$\min x_{ij}$ = Nilai terkecil dari tiap kriteria

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Deskripsi Penelitian

3.1.1 Literatur

Literatur merupakan langkah awal yang dilakukan untuk mencari referensi tentang suatu penelitian yang sedang dilakukan. Literatur dikutip dari penelitian-penelitian yang terdahulu dan buku – buku yang sudah ada.

3.1.2 Objek Penelitian

Objek penelitian yang digunakan ada tiga jenis material dan tiga jenis bentuk profil. Masing – masing panjang sudah disama ratakan. Material yang digunakan sangat sering ditemui dipasaran dan tidak sulit untuk mendapatkannya. Jenis material yang digunakan antara lain :

Tabel 3.1 Objek Data

No	Nama Material	Jumlah
1	Baja	3
2	Aluminium	3
3	<i>Stainless Steel</i>	3

3.1.3 Bentuk material

Material yang digunakan memiliki profil yang berbeda – beda, dalam penelitian ini menggunakan beberapa bentuk antara lain :

- a. Profil Pipa Silinder



Gambar 3.1 Bentuk Material Pipa Silinder

- b. Profil Pipa Kotak



Gambar 3.2 Bentuk Material Pipa Kotak

- c. Profil siku



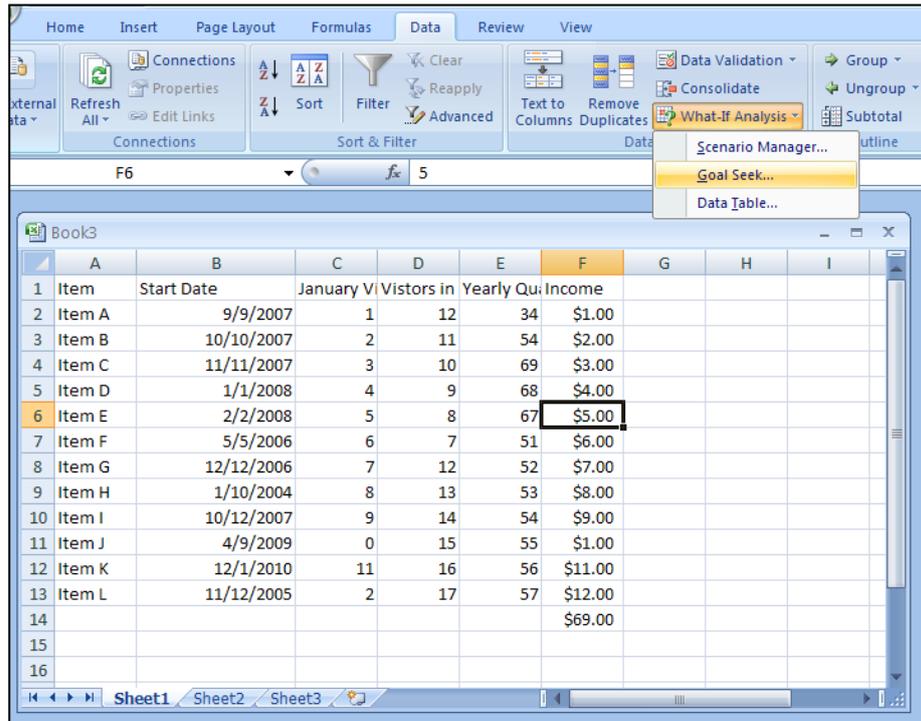
Gambar 3.3 Profil siku

3.1.4 Pengambilan Data

- a. Pembelian material dipasar khusus logam dan beberapa didapat dari pengrajin las.
- b. Mengukur sisi setiap penampang material.
- c. Menimbang berat material.
- d. Material yang digunakan memiliki panjang 1000 mm.
- e. Melakukan pengujian defleksi dengan alat ukur lendutan batang.
- f. Memberikan beban dimulai dengan berat 0.2 kg, 0.4 kg, 0.6 kg, 0.8 kg, 1 kg, 1.2 kg dan 1.4 kg yang bertujuan untuk mengetahui defleksi yang dihasilkan.
- g. Pengujian defleksi menggunakan beban di tengah.
- h. Alat ukur yang digunakan untuk menghitung defleksi menggunakan dial indikator.
- i. Mengumpulkan beberapa data dari referensi buku.
- j. Menentukan alternatif yang akan diuji.
- k. Menentukan kriteria material.
- l. Menentukan bobot yang akan digunakan pada perhitungan.
- m. Bobot diambil dari data yang terbatas dari
- n. Perhitungan dengan menggunakan excel.

3.1.5 Hasil Pengolahan Data

Hasil pengolahan data yang akan ditampilkan adalah beberapa bentuk dari excel yang diolah dari rumus – rumus. Pengolahan data menggunakan excel yang bertujuan untuk mengetahui hasil peringkat dengan menggunakan kedua metode, Wight Product Model dan Wight Sum Model. Sehingga dapat diketahui material mana yang memiliki peringkat yang terbaik.



Gambar 3.4 contoh excel

3.1.6 Peralatan dan Bahan

Dalam penelitian sangat perlu adanya penunjang yang menjadikan sebuah penelitian memperoleh hasil yang maksimal. Penunjang yang sangat dibutuhkan dalam penelitian tersebut antara lain:

a. Peralatan

Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini antara lain :

- Jangka sorong
- Alat ukur lendutan batang
- Timbangan berat

b. Bahan

Bahan yang digunakan sudah tertulus di Tabel 3.3 Bahan Penelitian.

Tabel 3.2 Bahan Penelitian

No	Bahan	Keterangan
1	Baja	Profil pipa kotak
		Profil pipa silinder
		Profil siku
2	Aluminium	Profil pipa kotak
		Profil pipa silinder
		Profil siku
3	<i>Stainless Steel</i>	Profil pipa kotak
		Profil pipa silinder
		Profil siku

3.1.7 Proses Pengujian

a. Pengumpulan Bahan Uji

Bahan uji didapatkan dari beberapa pasar tradisional yang menjajakan bahan – bahan logam dan non logam. Bahan yang digunakan dalam penelitian yang termasuk logam yaitu baja, Aluminium dan *Stainless Steel*. Sedangkan , untuk bahan penelitian non – logam hanya menggunakan bahan plastik.

Bentuk bahan yang akan digunakan dapat dilihat dari penjelasan tabel 3. 2 dan sudah terdapat keterangan jumlah bahan.

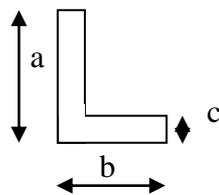
b. Pengukuran Bahan Uji

Pengukuran profil dilakukan menggunakan jangka sorong. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui hasil dari inersia penampang yang dihasilkan dari setiap bentuk – bentuk profil yang berbeda. bentuk - bentuk profil yang digunakan antara lain:

a. pengukuran untuk pipa profil silinder :
pengukuran diameter dalam dan diameter luar. Untuk pengukuran panjang menggunakan meteran.

b. Pengukuran untuk pipa profil kotak :
Pipa profil kotak pengukurannya hampir sama seperti pipa profil silinder, namun untuk pipa profil kotak yang diukur adalah sisi – sisi luar serta sisi – sisi dalam.

c. Pengukuran profil siku
Pengukuran yang diambil antara lain



keterangan :

a = tinggi

b = lebar

c = tebal

d. Pengujian Bahan

Setelah hasil pengukuran bahan yang selanjutnya dilakukan yakni menguji bahan – bahan yang sudah disiapkan. Pengujian bahan ini dilakukan dengan cara manual menggunakan panca indra mata. pengujian yang dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui lendutan batang yang dihasilkan dari bahan yang sudah ditetapkan untuk mengetahui kualitas yang diperoleh. Langkah – langkah yang dilakukan dalam pengujian ini yaitu:

- Meletakkan bahan uji keatas tumpuan, dimana tumpuan berada di dua titik. Kedua titik tumpuan tersebut berada pada titik tumpuan 0 mm dan titik tumpuan yang kedua diletakkan pada 1000 mm.
- Meletakkan pengait beban pada tempat untuk menaruh beban tepat pada titik 500 mm.
- Meletakkan dial indikator di setiap titik. Dial indikator yang digunakan ada tiga dan berada di titik 150 mm, titik 300 mm, dan

titik 450 mm bisa juga diletakkan pada 700 mm kemudian mengatur jarum dial indikator pada posisi 0.

- Mengamati lendutan yang terjadi setiap penambahan beban. Beban yang diberikan mulai dari 0.2 kg, 0.4 kg, 0.6 kg, 0.8 kg, 1 kg, 1.2 kg dan batas 1.4 kg.
- Mencatat setiap perubahan yang terjadi pada jarum dial indikator pada tiga titik.

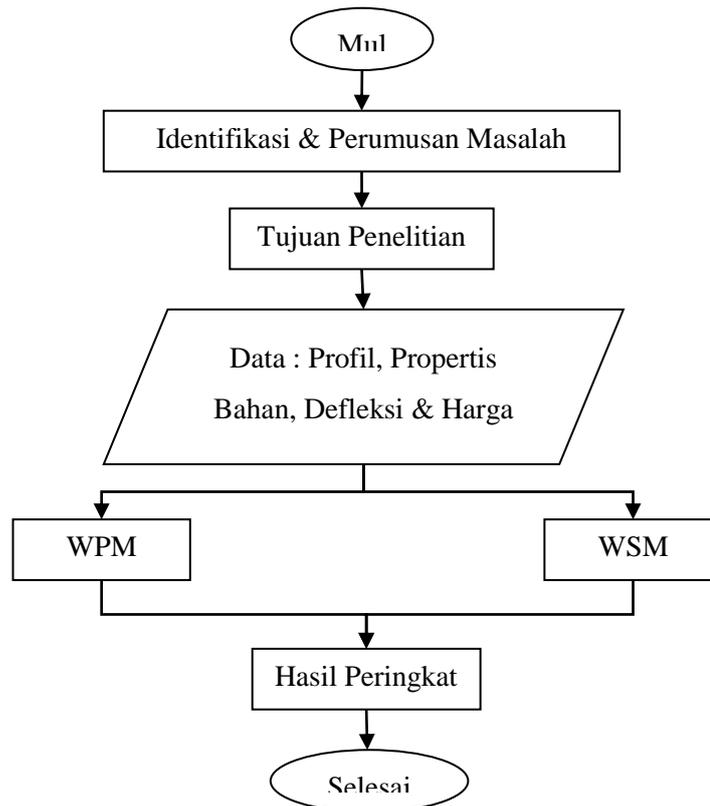
e. Pengolahan Data

- Menghitung hasil dari pengumpulan data dengan menggunakan rumus yang telah di tentukan. Seperti Propertis Bahan, Defleksi dan Harga
- Kemudian data yang diperoleh akan di olah dengan metode WPM dan WSM.
- Perhitungan metode WPM metode yang digunakan yakni memakai rumus - rumus yang berpengaruh untuk artibut dan untuk penormalisasi nilai bobot. Dan beberapa data diperoleh dari referensi buku yang telah dilakukan pengujian sebelumnya dengan material yang sama.
- Untuk defleksi untuk metode WSM menggunakan defleksi hasil pengamatan pengujian yang dilakukan. dan menggunakan kriteria harga, defleksi, dan berat material.
- Pengolahan data dilakukan dengan bantuan microsoft exel.

f. Hasil pengujian

Hasil pengujian didapat setelah pengolahan data yang dilakukan selesai, sehingga memperoleh asil akhirnya. Dari hasil yang diperoleh dari kedua metode WPM dan WSM, maka peringkat material yang sesuai kriteria yang diinginkan akan dihasilkan. Dengan menggunakan kriteria harga lebih murah, defleksi yang dihasilkan kecil, dan berat material ringan.

3.2 Bagan Alur Penelitian



Gambar 3.5 Bagan Alur Penelitian

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Material

4.1.1 Harga Material

Data harga material dihimpun dengan melakukan survey langsung ke toko material, yang terdapat di sekitar Kabupaten Sleman, sekitar Tahun 2016.

Tabel 4.1 Harga Material

No	Nama Material	C(Rp/m)		
		Pipa Profil Silinder	Pipa Profil Kotak	Profil Siku
1	Baja	16.600	16.600	16.600
2	<i>Stainless Steel</i>	10.500	12.300	10.200
3	Aluminium	12.000	10.500	12000

4.1.2 Data Propertis Bahan

a. Berat Material

Berat bahan ditimbang menggunakan alat timbangan duduk digital yang ada di Laboratorium Produksi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, dari hasil penimbangan didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.2 Berat Material

No	Nama Material	W (kg)		
		Pipa Profil Silinder	Pipa Profil Kotak	Profil Siku
1	Baja	0,44	0,73	0,37
2	<i>Stainless Steel</i>	0,38	0,44	0,36
3	Aluminium	0,12	0,14	0,13

b. Modulus Elastisitas

Modulus Elastisitas merujuk kepada buku Material Books Data 2003 Cambridge University Engineering Department, dengan mengambil nilai minimum (kolom paling kanan), seperti Tabel 4.3 Tabel Modulus Elastisitas.

Tabel 4.3 Modulus Elastisitas (E)

No	Nama Material	E (GPa)	E (N/mm ²)
1	Baja	200	200000
2	<i>Stainless Steel</i>	189	189000
3	Aluminium	68	68000

c. Massa Jenis Material

Massa jenis juga merujuk kepada buku Material Books Data 2003 Cambridge University Engineering Department, dengan mengambil nilai minimum.

Tabel 4.4 Tabel Massa Jenis (ρ)

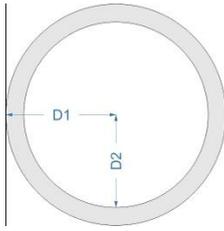
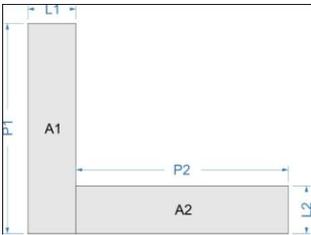
No	Nama Material	ρ (Mg/m ³)	ρ (Kg/mm ³)
1	Baja	7,8	$7,800 \cdot 10^{-10}$
2	<i>Stainless Steel</i>	7,6	$7,6*00 \cdot 10^{-10}$
3	Aluminium	2,5	$2,500 \cdot 10^{-10}$

4.1.3 Data Propertis Profil

a. Bentuk Profil

Dalam penelitian ini terdapat beberapa bentuk Profil, yaitu :

Tabel 4.5 Bentuk Profil

No.	Nama Profil	Gambar
1.	Pipa Kotak	
2.	Pipa Silinder	
3.	Siku	

Tabel 4.6 Ukuran Sisi Profil Baja

S1 mm	S2 mm	D1 mm	D2 mm	p1 mm	l1 mm	p2 mm	l2 mm
24	22	25	23	22,4	2,5	19,9	2,5

Tabel 4.7 Ukuran Sisi Profil *Stainless Steel*

S1 mm	S2 mm	D1 mm	D2 mm	p1 mm	l1 mm	p2 mm	l2 mm
15	11	19	17	41	1	19,2	1

Tabel 4.8 Ukuran Sisi Profil Aluminium

S1 mm	S2 mm	D1 mm	D2 mm	p1 mm	l1 mm	p2 mm	l2 mm
15	12	24	23	26	1,25	12,75	1,25

Dimana satuannya dalam milimeter.

b. Luas Penampang

Luas penampang pada material dihitung dari rumus yang sudah ada pada gambar 2.4 Inersia Penampang dan Luas Penampang, kemudian diaplikasikan sehingga memperoleh hasil yang terdapat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.9 Perhitungan Luas Penampang.

Nama	Baja	St	Al	L
Pipa Kotak	176	104	81	1000
Pipa Silinder	75,36	56,52	36,89	1000
Siku	105,75	60,2	48,4	1000

c. Inersia Penampang

Pada inersia penampang diperoleh dari rumus yang terdapat pada gambar 2.4 Inersia Penampang dan Luas Penampang, sehingga memperoleh data yang terdapat pada tabel 4.9 Inersia Penampang.

Tabel 4.10 Inersia Penampang

No	Nama Material	Inersia Penampang (mm ⁴)		
		Pipa Profil Silinder	Pipa Profil Kotak	Profil Siku
1	Baja	5435,34	14314,67	3983,34
2	Stainless Steel	2296,13	2998,67	6333,24
3	Aluminium	2548,06	2490,75	2046,74

4.1.4 Pengujian Defleksi

Pengujian defleksi dilakukan dengan menggunakan alat yang disebut lendutan batang, yang dilengkapi dengan tiga dial indikator. Untuk Nilai defleksi yang diambil dari dial indikator yang diletakkan di titik tengah material, karena

beban yang digunakan diletakkan ditengah, sehingga memiliki nilai defleksi yang paling maksimal.

Hasil pengujian defleksi dari tiga material dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.11 Hasil Defleksi Material Baja

No	Beban	Defleksi (mm)		
	P (N)	Pipa Profil Silinder	Pipa Profil Kotak	Profil Siku
1	1,96	0,03	0,01	0,01
2	3,92	0,08	0,03	0,07
3	5,88	0,13	0,05	0,12
4	7,84	0,18	0,08	0,14
5	9,8	0,23	0,09	0,2
6	11,76	0,28	0,11	0,26
7	13,72	0,32	0,13	0,32

Tabel 4.12 Defleksi Material *Stainless Steel*

No	Beban	Defleksi (mm)		
	P (N)	Pipa Profil Silinder	Pipa Profil Kotak	Profil Siku
1	1,96	0,06	0,12	0,03
2	3,92	0,08	0,17	0,06
3	5,88	0,14	0,30	0,08
4	7,84	0,25	0,31	0,21
5	9,8	0,37	0,37	0,23
6	11,76	0,49	0,48	0,26
7	13,72	0,61	0,55	0,28

Tabel 4.13 Defleksi Material Aluminium

No	Beban	Defleksi (mm)		
	P (N)	Pipa Profil Silinder	Pipa Profil Kotak	Profil Siku
1	1,96	0,02	0	0
2	3,92	0,09	0,1	0,29
3	5,88	0,26	0,3	0,71
4	7,84	0,45	0,4	1,2
5	9,8	0,55	0,7	1,68
6	11,76	0,83	1,3	2,14
7	13,72	2,07	2,1	2,3

Hasil defleksi ini digunakan untuk perhitungan selanjutnya, yang diambil dari defleksi paling akhir.

4.2. Hasil Analisis

4.2.1 Analisis dan Hasil Pembahasan

Tujuan dilakukan pengujian ini, untuk mengetahui rangking yang paling unggul diantara material yang diuji, kemudian tujuan yang paling utama dalam penelitian ini adalah membandingkan hasil yang diperoleh dengan menggunakan dua metode yaitu WPM dan WSM.

Dalam pengujian WPM dan WSM ada beberapa langkah – langkah umum yang hampir sama, antara lain:

- Mendefinisikan tujuan yang berkaitan.
- Menentukan kriteria dan parameter yang akan digunakan.
- Menentukan bobot (yang telah dinormalisasi), untuk menentukan kriteria dan parameter yang paling penting sampai kriteria dan parameter yang biasa saja.
- Menghitung nilai *benefit factor* yang digunakan untuk hasil perbandingan diantara material.
- Menentukan rangking dari hasil perhitungan yang paling unggul dan memenuhi tujuan yang berkaitan.

Dalam pengujian yang dilakukan jumlah pembobotan yang digunakan yaitu ≥ 1 . Sehingga dari kriteria yang digunakan menggunakan bobot <1 . Sebelum lebih jauh, kriteria material yang diuji pada pengujian ini adalah :

- Material memiliki berat yang ringan (W).
- Material yang memiliki harga yang murah (C).
- Material yang memiliki defleksi yang kecil (δ).

Dari langkah – langkah yang disebutkan di atas dapat diaplikasikan untuk perhitungan WPM dan WSM pada pembahasan di bawah ini:

a. WPM

Tabel 4.14 Kriteria

Cr	*Cr	fCr
W	0,3	-1
C	0,4	-1
δ	0,3	-1

Dimana penormalisasi bobot kriteria (Cr), sebelum dinormalisasi penentuan bobot dihitung berdasarkan pengamatan terbatas, bahwa aspek berat memiliki bobot 0,3, aspek harga memiliki bobot 0,4, aspek defleksi memiliki bobot 0,3.

Factor kriteria penormalisasi ditentukan untuk faktor kriteria positif (+) jika atribut memiliki keuntungan, faktor kriteria Negatif (-) jika atribut yang berhubungan dengan harga.

Proses selanjutnya mengeliminasi rumus yang nantinya digunakan untuk menentukan hasil pembobotan yang sudah normalisasi dan digunakan untuk menentukan hasil perangkingan.

Pengeliminasi rumus :

$$W = \rho.A.L$$

$$W = \rho.A.k$$

Di mana k diumpakan nilai 1, dan tidak begitu berpengaruh untuk kriteria yang ditentukan. Karena setiap material memiliki panjang (L) yang sama sehingga di gunakan istilah k. Massa jenis (ρ) dan Luas Area (A) digunakan untuk perhitungan yang nantinya digunakan untuk kriteria yang bertujuan untuk perangkingan.

$$C = Ck.L$$

$$C = Ck.k$$

Harga (C) didapatkan dari harga satuan (Ck) dikalikan dengan panjang Material (L).

$$\delta = \frac{Px}{48.E.I} (3L^2 - 4x^2)$$

$$\delta = \frac{1}{E.I} \cdot \frac{Px(3L^2 - 4x^2)}{48}$$

$$\delta = \frac{1}{E.I} \cdot k$$

$$\delta = \frac{1}{E.I}$$

Dimana nilai Modulus elastisitas (E) dan Inersia Penampang (I), memiliki nilai maximum.

Sehingga dapat diperoleh penormalisasi nilai parameter yang terdapat di tabel 4.15 dibawah ini.

Tabel 4.15 Nilai Hasil dari Bilangan Pangkat pada Parameter

Ck(Rp)	E (mm)	I (mm ⁴)	ρ (g/mm ³)	A(mm ²)
0	0	0	1	1
1	0	0	0	0
0	-1	-1	0	0

Pada perhitungan hasil dari bilangan pangkat pada parameter akan digunakan untuk menentukan nilai bobot yang terdapat di bawah ini, hasil bobot diperoleh dari mengkalikan nilai kriteria yang ditentukan pada tabel 4.15 Kriteria bobot dengan nilai eliminasi rumus yang terdapat pada tabel 4.16 Nilai Hasil dari Bilangan Pangkat pada Parameter, sehingga memperoleh nilai yang terdapat pada tabel 4.17 Hasil Pembobotan dari Kriteria, hasil ini diperoleh dari menjumlahkan parameter bobot.

Tabel 4.16 Hasil Pembobotan dari Kriteria

Ck(Rp)	E (mm)	I (mm ⁴)	ρ (g/mm ³)	A(mm ²)
0,0	0,0	0,0	-0,3	-0,3
-0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,3	0,3	0,0	0,0
-0,4	0,3	0,3	-0,3	-0,3

Hasil Pembobotan dari Kriteria pada tabel 4.15 digunakan untuk memangkatkan parameter. Kemudian hasil parameter yang sudah dipangkatkan akan di hitung untuk mencari *benefit factor* dengan cara parameter dipangkatkan dengan bobot kemudian dikalikan dengan parameter yang lainnya. Sehingga

memperoleh nilai *benefit factor* dari setiap atribut. *Benefit factor* inilah yang digunakan untuk menentukan ranking dari setiap atribut.

parameter pada *weight product model* yang terdapat pada Tabel 4.16 Hasil *Benefit factor* WPM.

Tabel 4.17 Hasil *Benefit factor* WPM

α	-0,4	0,3	0,3	-0,3	-0,3	Benefit
	Parameter					
Cr	Ck	E	I	ρ	A	
Cr1	16.600	200000	5435,3	7,8	75,36	1,56
Cr2	16.600	200000	14314,7	7,8	176,00	1,61
Cr3	16.600	200000	3983,3	7,8	105,75	1,28
Cr4	10.500	189000	2296,1	7,6	56,52	1,56
Cr5	12.300	189000	2998,7	7,6	104,00	1,32
Cr6	10.200	189000	6333,2	7,6	60,20	2,10
Cr7	12.000	68000	2548,1	2,5	36,90	1,78
Cr8	10.500	68000	2490,8	2,5	81,00	1,47
Cr9	12.000	68000	2046,7	2,5	48,44	1,54

Dimana :

Cr1 : Baja Pipa Profil Silinder

Cr2 : Baja Pipa Profil Kotak

Cr3 : Baja Profil Siku

Cr4 : *Stainless Steel* Pipa Profil Silinder

Cr5 : *Stainless Steel* Pipa Profil Kotak

Cr6 : *Stainless Steel* Profil Siku

Cr7 : Aluminium Pipa Profil Silinder

Cr8 : Aluminium Pipa Profil Kotak

Cr9 : Aluminium Profil Siku

Hasil perankingan yang dilakukan memperoleh hasil yang terdapat di bawah ini dimana yang memiliki nilai 0 memiliki ranking terbaik. Kemudian disusul dengan nilai 1, 2, 3,....., dst.

Tabel 4.18 Hasil Perangkingan

Cr	Cr1	Cr2	Cr3	Cr4	Cr5	Cr6	Cr7	Cr8	Cr9	Rangking
Cr1		0	1	0	1	0	0	1	1	4
Cr2	1		1	1	1	0	0	1	1	6
Cr3	0	0		0	0	0	0	0	0	0
Cr4	1	0	1		1	0	0	1	1	5
Cr5	0	0	1	0		0	0	0	0	1
Cr6	1	1	1	1	1		1	1	1	8
Cr7	1	1	1	1	1	0		1	1	7
Cr8	0	0	1	0	1	0	0		0	2
Cr9	0	0	1	0	1	0	0	1		3

b. WSM

Pada metode ini sedikit berbeda dengan metode sebelumnya, dimana metode ini menggunakan nilai yang paling rendah dari nilai setiap atribut yang digunakan untuk penormalisasi nilai kriteria atribut. Karena kriteria yang digunakan adalah :

- Material memiliki berat yang ringan (W).
- Material yang memiliki harga yang murah (C).
- Material yang memiliki defleksi yang kecil (δ).

Oleh karena itu, untuk penormalisasi nilai diambil dari berat nilai yang paling ringan, kemudian harga yang paling murah, dan defleksi nilai material yang paling kecil.

Kriteria nilai untuk penormalisasi nilai atribut yang terdapat pada Tabel 4.18 Kriteria WSM.

Tabel 4.19 Kriteria WSM

No	Material dan Bentuk	Spesifikasi		
		Ck (Rp/mm)	W (Kg)	δ (mili meter)
1	Cr1	16.600	0,4374	0,32
2	Cr2	16.600	0,7260	0,13
3	Cr3	16.600	0,3756	0,32
4	Cr4	10.500	0,3282	0,61
5	Cr5	12.300	0,4414	0,55
6	Cr6	10.200	0,3623	0,28
7	Cr7	12.000	0,1248	2,07
8	Cr8	10.500	0,1400	2,1
9	Cr9	12.000	0,1342	2,3
α		10.200	0,1248	0,13

Nilai atribut hasil penormalisasi kemudian di pangkatkan dengan bobot yang terdapat kolom atas di bawah judul. Bobot pada WSM diambil dari kebutuhan yang paling penting dan mensurvei beberapa orang dengan jarak pandangan mata terbatas saja.

Sehingga memperoleh bobot yang paling tinggi yakni harga dengan bobot 0,4 , untuk berat dan defleksi memperoleh bobot yang sama yakni 0,3.

Dari penormalisasi kriteria, hasil penormalisasi atribut kemudian hasil tersebut digunakan untuk menentukan nilai *benefit factor* pada metode WSM. *Benefit factor* didapat dari penambahan dari nilai normalisasi yang dipangkatkan dengan nilai bobot, kemudian dari nilai atribut setiap kriteria dijumlahkan.

Tabel 4.20 Penormalisasi Kriteria

No	Material	Normalisasi Bobot		
		0,4	0,3	0,3
1	Cr1	61,45	28,53	40,63
2	Cr2	61,45	17,19	100,00
3	Cr3	61,45	33,23	40,63
4	Cr4	97,14	38,03	21,31
5	Cr5	82,93	28,27	23,45
6	Cr6	100,00	34,45	46,76
7	Cr7	85,00	100,00	6,28
8	Cr8	97,14	89,14	6,19
9	Cr9	85,00	93,00	5,65

Hasil perankingan yang di peroleh dari perhitungan dengan metode WSM menunjukkan bahwa nilai yang dimiliki atribut 1 memiliki nilai yang paling unggul diantara nilai yang lainnya.

Tabel 4.21 Hasil Perankingan

No	Material	Normalisasi Bobot			Benefit	Rangking
		0,4	0,3	0,3		
1	Cr1	61,45	28,53	40,63	45,33	9
2	Cr2	61,45	17,19	100,00	59,74	5
3	Cr3	61,45	33,23	40,63	46,73	8
4	Cr4	97,14	38,03	21,31	56,66	6
5	Cr5	82,93	28,27	23,45	48,69	7
6	Cr6	100,00	34,45	46,76	64,36	3
7	Cr7	85,00	100,00	6,28	65,88	2
8	Cr8	97,14	89,14	6,19	67,46	1
9	Cr9	85,00	93,00	5,65	63,59	4

c. Hasil Perbandingan

Hasil dari metode WPM dan metode WSM memiliki beberapa perbedaan untuk hasil perankingan yang paling unggul di antara yang lain. Untuk perbedaan urutan perankingan dapat dilihat pada urutan yang ditunjukkan tabel

Tabel 4.22 Hasil Verifikasi Perangkingan

Urutan Perangkingan	Perangkingan	
	WPM	WSM
1	cr6	cr8
2	cr7	cr7
3	cr2	cr6
4	cr4	cr9
5	cr1	cr2
6	cr9	cr4
7	cr8	cr5
8	cr5	cr3
9	cr3	cr1

Hasil perangkingan yang terdapat pada tabel 4.22 merupakan urutan ranking. Pada metode WPM perangkingan tersebut menghasilkan urutan material yakni Cr6, Cr7, Cr2, Cr4, Cr1, Cr9, Cr8, Cr5, Cr3. Untuk metode WSM menghasilkan urutan material yaitu Cr8, Cr7, Cr6, Cr9, Cr2, Cr4, Cr5, Cr3, Cr1. Urutan yang dihasilkan dari perangkingan antara Metode WPM dan Metode WSM sangat berbeda. Hal ini berbeda karena nilai benefit faktor yang dihasilkan dari metode WPM menggunakan cara perkalian, sedangkan untuk metode WSM menggunakan cara penjumlahan. Oleh karena itu metode WSM tidak dapat dipergunakan Untuk alternatif sebagai pengganti metode WPM.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini, kami mencoba membandingkan dua metode yang digunakan untuk mengambil keputusan, dengan membandingkan antara metode WPM dan WSM dalam pemilihan material multi kriteria dan multi parameter dengan mencoba menggunakan 3 jenis material dan 3 profil material yang berbeda sehingga kami memperoleh beberapa kesimpulan diantaranya :

- a. Pada penelitian yang dilakukan bahwa dari setiap metode memiliki material yang paling unggul, pada metode WPM urutan material yang memiliki rangking pertama hingga terakhir yaitu : Cr6, Cr7, Cr2, Cr4, Cr1, Cr9, Cr8, Cr5, Cr3.
- b. Untuk material pada metode WSM memiliki perangkingan yang dihasilkan yaitu : Cr8, Cr7, Cr6, Cr9, Cr2, Cr4, Cr5, Cr3, Cr1. Pada hasil penelitian tersebut diperoleh bahwa metode WSM dan metode WPM memiliki hasil urutan perangkingan yang berbeda antara satu dengan yang lain. Dikarenakan kedua metode memiliki cara perhitungan yang berbeda, untuk metode WPM menggunakan cara perhitungan perkalian dan metode WSM menggunakan cara penjumlahan.
- c. Dari hasil pengujian tersebut bahwa material yang memiliki rangking yang tertinggi pada perangkingan menggunakan metode WPM yakni material *Stainless Steel* Profil Siku yang memiliki nilai *benefit factor* yang paling besar yakni sebesar 2,10.
Untuk material yang paling unggul pada perangkingan dengan metode WSM yaitu material Aluminium Pipa Profil Kotak dengan *benefit factor* 67,46.
- d. Dari hasil perangkingan yang diperoleh bahwa Metode WSM tidak dapat digunakan untuk alternatif pengganti Metode WPM.

5.2 Saran atau Penelitian Berikutnya

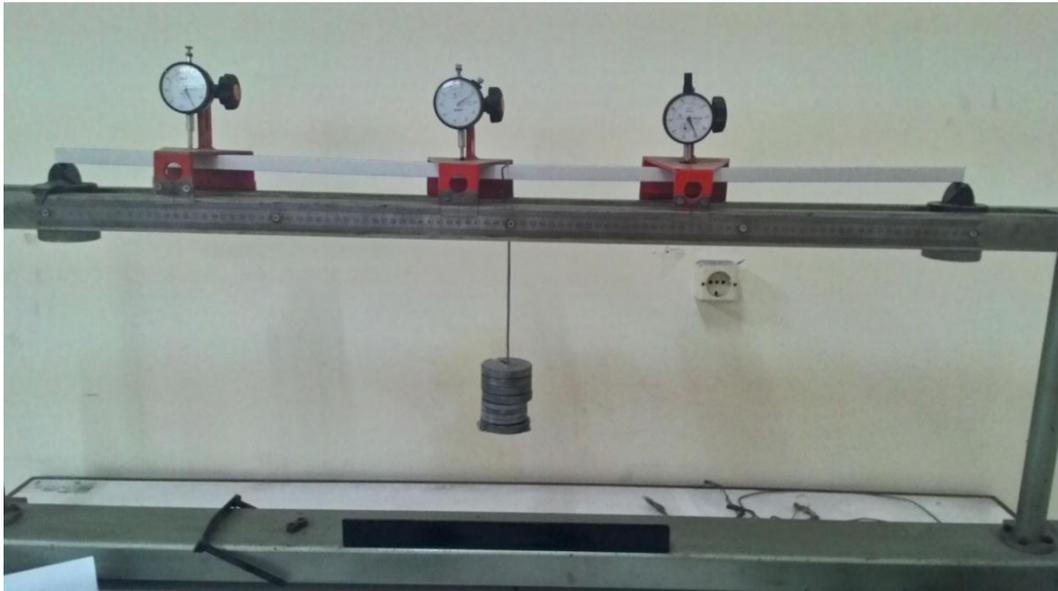
Mudah - mudahan penelitian ini menjadi dasar penelitian – penelitian selanjutnya untuk memudahkan analisa lebih lanjut. Tentunya penelitian yang dilakukan akan lebih jauh dan lebih bagus lagi, dari segi analisis secara teori maupun pengamatan. Dengan meneliti beberapa aspek, dari segi ukuran material yang sama hingga mengkaji nilai bobot yang lebih spesifikasi .

DAFTAR PUSTAKA

- Ashby, M. F. 1993. *Materials Selection in Mechanical Design*. Pergamon Press. Oxford.
- Cambridge Engineering Selector Software. 2003. *Materials Data Book*. Granata Design Limited, Cambridge University Engineering Department.
- D.Roth, Gunter. 1994. *Compendium of Practical Astronomy : Volume 1: Instrumentation and Reduction Techniques*. Springer - Verlag. Berlin.
- Gere, James M. dan Barry J Goodno. 2012. *Mechanic of Materials*. Global Engineering. USA
- Heri Sismoro , Hartatik. 2013. *Multi Attribute Decision Making – Penggunaan Metode SAW dan WPM dalam Pemilihan Proposal*. Yogyakarta.
- Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko A., Wardoyo R.. 2006. *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Naharuddin, Mustopha. 2005. *Analisis Teoritis dan Eksperimental Lenndutan Batang Pada Balok Segiempat dengan Variasi Tumpuan*. Staf Pengajar Jurusan D3 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako. Palu.

LAMPIRAN

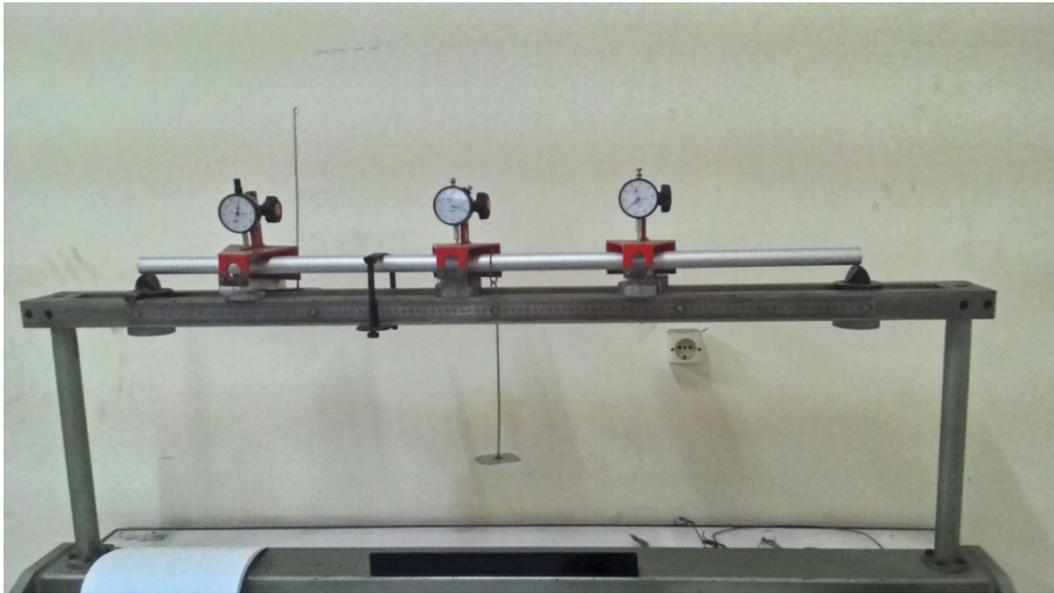
Lampiran 1 Pengujian Aluminium Kotak



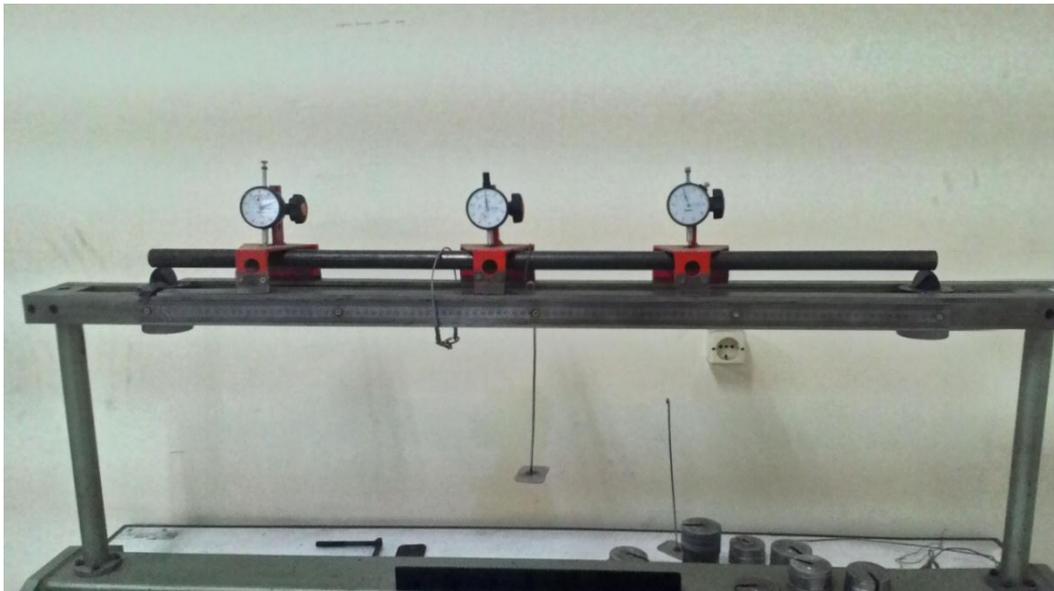
Lampiran 2 Pengujian Aluminium Siku



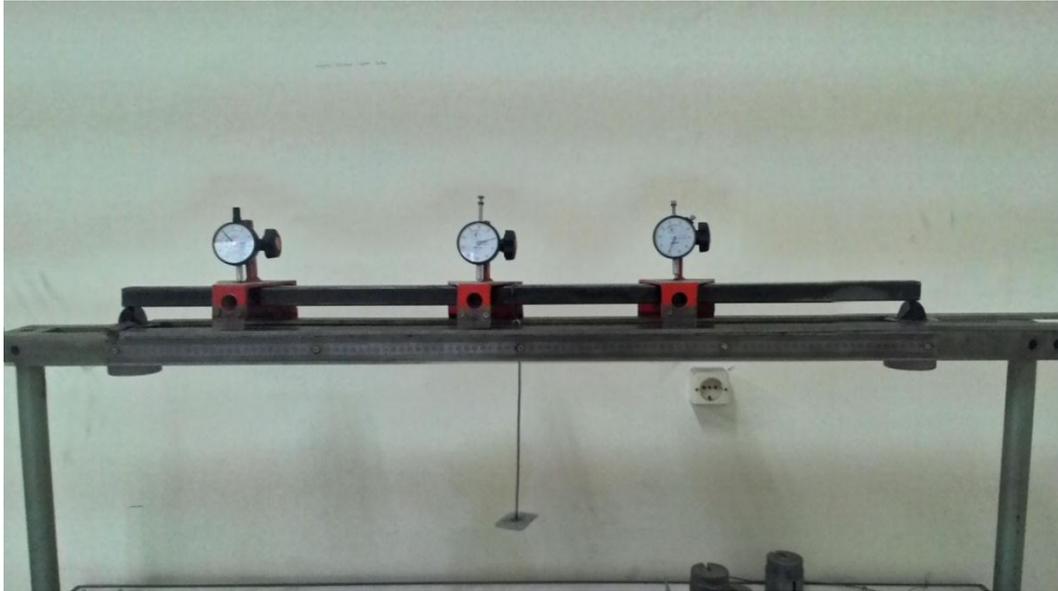
Lampiran 3 Pengujian Aluminium Silinder



Lampiran 4 Pengujian Baja Silinder



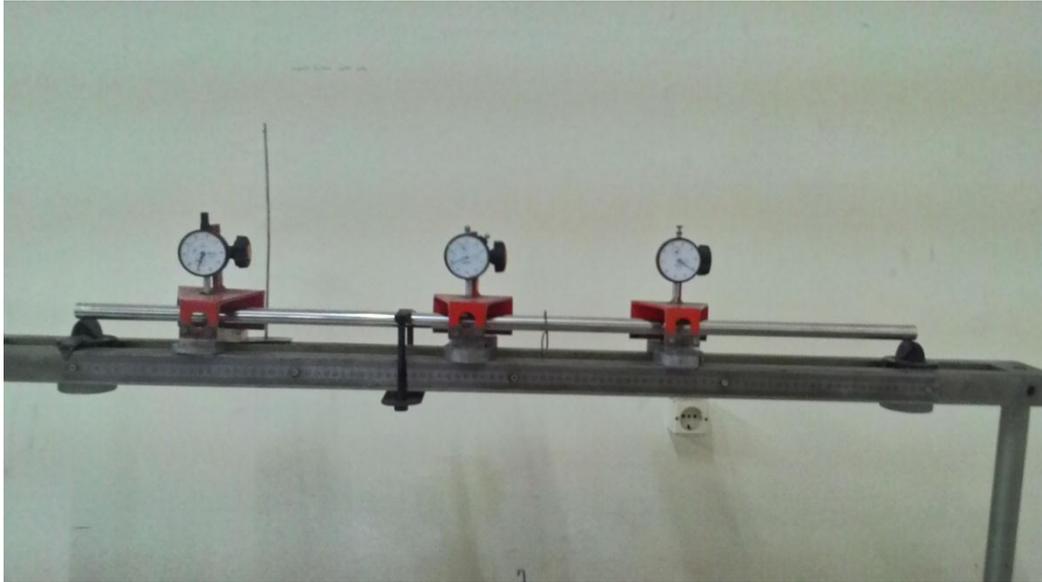
Lampiran 5 Pengujian Baja Kotak



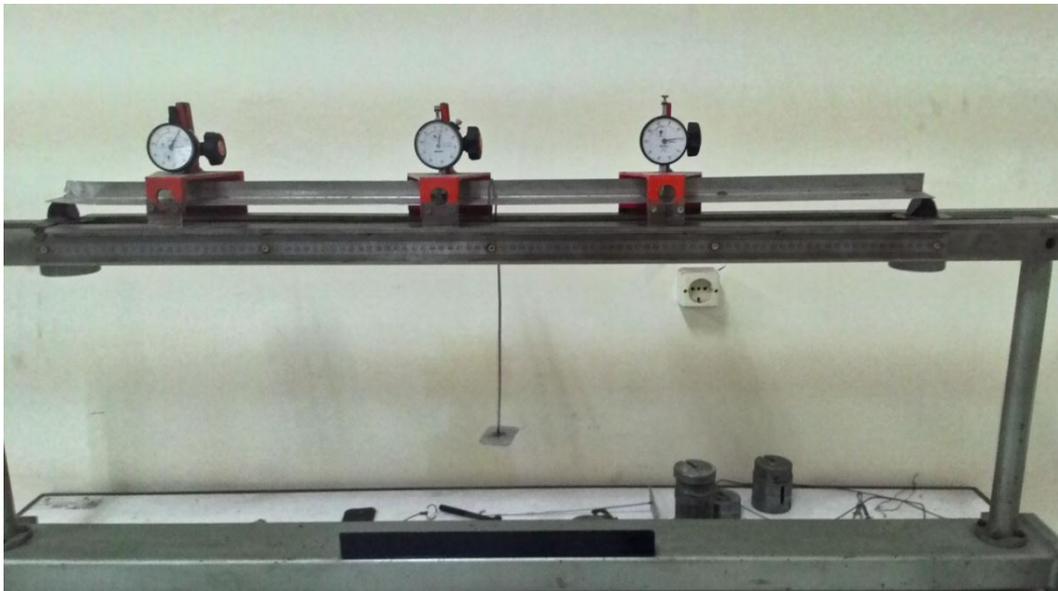
Lampiran 6 Pengujian Baja Siku



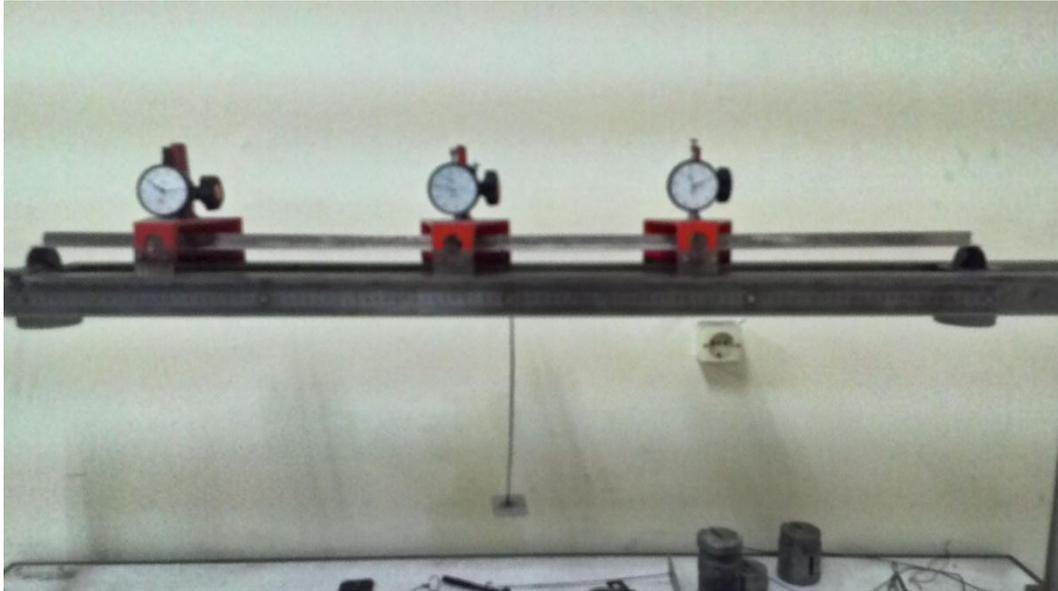
Lampiran 7 Pengujian Stainless Steel Silinder



Lampiran 8 Pengujian Stainless Steel Siku



Lampiran 9 Pengujian Stainless Steel Kotak



Lampiran 10 Pengujian Stainless Steel Kotak

**PENGUJIAN
DEFLEKSI MENGGUNAKAN ALAT LENDUTAN BATANG
DENGAN PEMBEBANAN DI TENGAH**

NAMA MATERIAL : STAINLESS STEEL
 JENIS MATERIAL : PROFIL PIPA KOTAK
 BERAT MATERIAL : 0,44 kg
 PANJANG MATERIAL : 1000 mm
 LOKASI : LAB PP
 TANGGAL : 16/01/2015 JAM: 11:36

NO	BEBAN PEMBERAT kg	DEFLEKSI x 0,01 mm
1	0,2	12
2	0,4	17
3	0,6	30
4	0,8	31
5	1,1	37
6	1,2	48
7	1,4	55

PENGUJI,

Siska

Lampiran 11 Pengujian Stainless Steel Silinder

PENGUJIAN DEFLEKSI MENGGUNAKAN ALAT LENDUTAN BATANG DENGAN PEMBEBANAN DI TENGAH

NAMA MATERIAL : STAINLESS STEEL
JENIS MATERIAL : PROFIL PIPA SILINDER
BERAT MATERIAL : 0,38 kg
PANJANG MATERIAL : 1000 mm
LOKASI : LAB PP
TANGGAL : 16/01/2015 JAM: 11:49

NO	BEBAN PEMBERAT kg	DEFLEKSI × 0,01 mm
1	0,2	6
2	0,4	8
3	0,6	14
4	0,8	25
5	1	37
6	1,2	49
7	1,4	61

PENGUJI,

Lampiran 12 Pengujian Stainless Steel Siku

**PENGUJIAN
DEFLEKSI MENGGUNAKAN ALAT LENDUTAN BATANG
DENGAN PEMBEBANAN DI TENGAH**

NAMA MATERIAL : STAINLESS STEEL
 JENIS MATERIAL : SIKU
 BERAT MATERIAL : ~~1000 mm~~ 0,36 kg
 PANJANG MATERIAL : 1000 mm
 LOKASI : LAB PP
 TANGGAL : 16/01/2015 JAM: 11:15

NO	BEBAN PEMBERAT kg	DEFLEKSI 0,01 mm
1	0,2	3
2	0,4	6
3	0,6	8
4	0,8	21
5	1	23
6	1,2	26
7	1,4	28

PENGUJI,

Siska

Lampiran 13 Pengujian Aluminium Kotak

**PENGUJIAN
DEFLEKSI MENGGUNAKAN ALAT LENDUTAN BATANG
DENGAN PEMBEBANAN DI TENGAH**

NAMA MATERIAL : ALUMINIUM
 JENIS MATERIAL : PIPA PROFIL KOTAK
 BERAT MATERIAL : 0,19 Kg
 PANJANG MATERIAL : 1000 MM
 LOKASI : LAB PP
 TANGGAL : 16/01/2015 JAM : 13:00

NO	BEBAN PEMBERAT Kg	DEFLEKSI $\times 0,01$ mm
1	0,2	0
2	0,4	1
3	0,6	3
4	0,8	4
5	1	7
6	1,2	13
7	1,4	21

PENGUJI,

Siska

Lampiran 14 Pengujian Aluminium Silinder

**PENGUJIAN
DEFLEKSI MENGGUNAKAN ALAT LENDUTAN BATANG
DENGAN PEMBEBANAN DI TENGAH**

NAMA MATERIAL : ALUMINIUM
 JENIS MATERIAL : PIPA PROFIL SILINDER
 BERAT MATERIAL : 0,12 kg
 PANJANG MATERIAL : 1000 mm
 LOKASI : LAB PP
 TANGGAL : 16/01/2015 JAM: 13.13

NO	BEBAN PEMBERAT kg	DEFLEKSI x 0,01 mm
1	0,2	2
2	0,4	9
3	0,6	26
4	0,8	45
5	1	55
6	1,2	83
7	1,4	207

PENGUJI,

Siska

Lampiran 15 Pengujian Aluminium Siku

**PENGUJIAN
DEFLEKSI MENGGUNAKAN ALAT LENDUTAN BATANG
DENGAN PEMBEBANAN DI TENGAH**

NAMA MATERIAL : ALUMINIUM
 JENIS MATERIAL : SIKU
 BERAT MATERIAL : ~~0,14 kg~~ 0,13 kg
 PANJANG MATERIAL : 1000 mm
 LOKASI : LAB PP.
 TANGGAL : 16/01/2015 JAM: 12.49

NO	BEBAN PEMBERAT kg	DEFLEKSI x0,01 mm
1	0,2	0
2	0,4	29
3	0,6	71
4	0,8	12
5	1	#168
6	1,2	214
7	1,4	230

PENGUJI,

SISKR

Lampiran 16 Pengujian Baja Kotak

PENGUJIAN DEFLEKSI MENGGUNAKAN ALAT LENDUTAN BATANG DENGAN PEMBEBANAN DI TENGAH

NAMA MATERIAL : BAJA
 JENIS MATERIAL : PIPA PROFIL KOTAK
 BERAT MATERIAL : 0,73 Kg
 PANJANG MATERIAL : 1000 mm
 LOKASI : LAB PP
 TANGGAL : 16/01/2015 JAM : 10.36

NO	BEBAN PEMBERAT Kg	DEFLEKSI x 0,01 mm
1	0,2	1
2	0,4	3
3	0,6	5
4	0,8	8
5	1	9
6	1,2	11
7	1,4	13

PENGUJI,

Siska

Lampiran 17 Pengujian Baja Silinder

**PENGUJIAN
DEFLEKSI MENGGUNAKAN ALAT LENDUTAN BATANG
DENGAN PEMBEBANAN DI TENGAH**

NAMA MATERIAL : BAJA
JENIS MATERIAL : PIPA PROFIL SILINDER
BERAT MATERIAL : 0,44 kg
PANJANG MATERIAL : 1000 mm
LOKASI : LAB PP
TANGGAL : 16/01/2015 JAM: 1055

NO	BEBAN PEMBERAT Kg	DEFLEKSI x 0,01 mm
1	0,2	3
2	0,4	8
3	0,6	13
4	0,8	18
5	1	23
6	1,2	28
7	1,4	32

PENGUJI,

Siska

Perhitungan

1. Perhitungan inersia penampang

Dalam penelitian yang dilakukan, perhitungan Inersia penampang menggunakan rumus yang sesuai dengan profil material pengujian.

a. Profil Pipa Silinder.

$$I = \frac{(D1^4 - D2^4) \cdot \pi}{64}$$

- Material Baja

$$I = \frac{(25^4 - 23^4) \cdot 3,14}{64}$$

$$I = \frac{(390625 - 279841) \cdot 3,14}{64}$$

$$I = 5435,34 \text{ mm}^4$$

- Material *Stainless Steel*

$$I = \frac{(19^4 - 17^4) \cdot 3,14}{64}$$

$$I = \frac{(130321 - 83521) \cdot 3,14}{64}$$

$$I = 229613 \text{ mm}^4$$

- Material Aluminium

$$I = \frac{(24^4 - 23^4) \cdot 3,14}{64}$$

$$I = \frac{(331776 - 279841) \cdot 3,14}{64}$$

$$I = 2548,06 \text{ mm}^4$$

b. Profil Pipa Kotak

$$I = \frac{1}{12} \cdot (S1^4 - S2^4)$$

- Material Baja

$$I = \frac{1}{12} \cdot (24^4 - 20^4)$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot (331776 - 160000)$$

$$I = 14314,67 \text{ mm}^4$$

- Material *Stainless Steel*

$$I = \frac{1}{12} \cdot (15^4 - 11^4)$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot (50625 - 14641)$$

$$I = 2998,67 \text{ mm}^4$$

- Material Aluminium

$$I = \frac{1}{12} \cdot (15^4 - 12^4)$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot (50625 - 20736)$$

$$I = 2490,75 \text{ mm}^4$$

c. Profil Siku

$$I = \left(\frac{1}{12} \cdot l1 \cdot p1^3 \right) + \left(\frac{1}{12} \cdot l2 \cdot p2^3 \right)$$

- Material Baja

$$I = \left(\frac{1}{12} \cdot 2,5 \cdot 22,4^3 \right) + \left(\frac{1}{12} \cdot 2,5 \cdot 19,9^3 \right)$$

$$I = (2341,54) + (1641,79)$$

$$I = 3983,34 \text{ mm}^4$$

- Material *Stainless Steel*

$$I = \left(\frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 41^3 \right) + \left(\frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 19,2^3 \right)$$

$$I = (5743,41) + (589,82)$$

$$I = 6333,24 \text{ mm}^4$$

- Material Aluminium

$$I = \left(\frac{1}{12} \cdot 1,25 \cdot 26^3 \right) + \left(\frac{1}{12} \cdot 1,25 \cdot 12,75^3 \right)$$

$$I = (1830,83) + (215,90)$$

$$I = 2046,73 \text{ mm}^4$$

2. Luas Penampang

a. Profil Pipa Silinder

$$A = \frac{\pi \cdot (D1^2 - D2^2)}{4}$$

- Material Baja

$$A = \frac{3,14 \cdot (25^2 - 23^2)}{4}$$

$$A = \frac{3,14 \cdot (625 - 529)}{4}$$

$$A = 75,36 \text{ mm}^2$$

- Material *Stainless Steel*

$$A = \frac{3,14 \cdot (19^2 - 17^2)}{4}$$

$$A = \frac{3,14 \cdot (361 - 289)}{4}$$

$$A = 56,52 \text{ mm}^2$$

- Material Aluminium

$$A = \frac{3,14 \cdot (24^2 - 23^2)}{4}$$

$$= \frac{3,14 \cdot (576 - 529)}{4}$$

$$A = 36,895 \text{ mm}^2$$

b. Profil Pipa Kotak

$$A = S1^2 - S2^2$$

- Material Baja

$$A = 24^2 - 20^2$$

$$A = 576 - 400$$

$$A = 176 \text{ mm}^2$$

- Material *Stainless Steel*

$$A = 15^2 - 11^2$$

$$A = 225 - 121$$

$$A = 104 \text{ mm}^2$$

- Material Aluminium

$$A = 15^2 - 11^2$$

$$A = 225 - 144$$

$$A = 81 \text{ mm}^2$$

c. Profil Siku

$$A = (p1.l1) + (p2.l2)$$

- Material Baja

$$A = (22,4 \cdot 2,5) + (19,9 \cdot 2,5)$$

$$A = (56) + (49,75)$$

$$A = 105,75 \text{ mm}^2$$

- Material *Stainless Steel*

$$A = (41 \cdot 1) + (19,2 \cdot 1)$$

$$A = (41) + (19,2)$$

$$A = 60,2 \text{ mm}^2$$

- Material Aluminium

$$A = (26 \cdot 1,25) + (12,75 \cdot 1,25)$$

$$A = (32,5) + (15,93)$$

$$A = 48,4 \text{ mm}^2$$

3. Jika Pembobotan diubah

- Bobot Harga 0,1
- Bobot Berat 0,4
- Bobot Defleksi 0,5

Maka hasil yang diperoleh terdapat pada tabel dibawah ini,

a. Metode WPM

Bobot Kriteria

Cr	* α_r	fCr
W	0,4	-1
C	0,1	-1
δ	0,5	-1

Bilangan fuzzy untuk rumus yang mempengaruhi

Ck(Rp)	E (mm)	I (mm ⁴)	ρ (g/mm ³)	A(mm ²)
0	0	0	1	1
1	0	0	0	0
0	-1	-1	0	0

Bobot Parameter yang di peroleh dari rumus dan dikalikan dengan bobot kriteria

Ck(Rp)	E (mm)	I (mm ⁴)	ρ (g/mm ³)	A(mm ²)
0,0	0,0	0,0	-0,4	-0,4
-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,5	0,5	0,0	0,0
-0,1	0,5	0,5	-0,4	-0,4

Hasil *Benefit Factor*

α	-0,1	0,5	0,5	-0,4	-0,4	Benefit
	Parameter					
Cr	Ck	E	I	ρ	A	
Cr1	16.600	200000	5435,3	7,8	75,36	973,70
Cr2	16.600	200000	14314,7	7,8	176,00	1.125,52
Cr3	16.600	200000	3983,3	7,8	105,75	727,91
Cr4	10.500	189000	2296,1	7,6	56,52	730,14
Cr5	12.300	189000	2998,7	7,6	104,00	643,53
Cr6	10.200	189000	6333,2	7,6	60,20	1.185,82
Cr7	12.000	68000	2548,1	2,5	36,90	842,32
Cr8	10.500	68000	2490,8	2,5	81,00	616,21
Cr9	12.000	68000	2046,7	2,5	48,44	677,05

Perangkingan

Cr	Cr1	Cr2	Cr3	Cr4	Cr5	Cr6	Cr7	Cr8	Cr9	Rangking
Cr1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	6
Cr2	1	0	1	1	1	0	1	1	1	7
Cr3	0	0	0	0	1	0	0	1	1	3
Cr4	0	0	1	0	1	0	0	1	1	4
Cr5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Cr6	1	1	1	1	1	0	1	1	1	8
Cr7	0	0	1	1	1	0	0	1	1	5
Cr8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cr9	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2

b. Metode WSM

Data Metode WSM

No	Material dan Bentuk	Spesifikasi		
		C (Rp/mm)	W(Kg)	δ (mm)
1	Cr1	16.600	0,4374	0,32
2	Cr2	16.600	0,7260	0,13
3	Cr3	16.600	0,3756	0,32
4	Cr4	10.500	0,3282	0,61
5	Cr5	12.300	0,4414	0,55
6	Cr6	10.200	0,3623	0,28
7	Cr7	12.000	0,1248	2,07
8	Cr8	10.500	0,1400	2,1
9	Cr9	12.000	0,1342	2,3
α		10.200	0,1248	0,13

Normalisasi Bobot

No	Material dan Bentuk	Normalisasi Bobot		
		0,1	0,4	0,5
1	Cr1	61,45	28,53	40,63
2	Cr2	61,45	17,19	100,00
3	Cr3	61,45	33,23	40,63
4	Cr4	97,14	38,03	21,31
5	Cr5	82,93	28,27	23,45
6	Cr6	100,00	34,45	46,76
7	Cr7	85,00	100,00	6,28
8	Cr8	97,14	89,14	6,19
9	Cr9	85,00	93,00	5,65

Hasil *Benefit Factor* dan Rangkaing metode WSM

No	Material dan Bentuk	Normalisasi Bobot			Benefit	Rangkaing
		0,1	0,4	0,5		
1	Cr1	61,45	28,53	40,63	37,87	7
2	Cr2	61,45	17,19	100,00	63,02	1
3	Cr3	61,45	33,23	40,63	39,75	6
4	Cr4	97,14	38,03	21,31	35,58	8
5	Cr5	82,93	28,27	23,45	31,33	9
6	Cr6	100,00	34,45	46,76	47,16	5
7	Cr7	85,00	100,00	6,28	51,64	2
8	Cr8	97,14	89,14	6,19	48,47	4
9	Cr9	85,00	93,00	5,65	48,52	3

Perbandingan Rangkaing Metode WPM dan WSM

Urutan Perangkaing	Perangkaing	
	WPM	WSM
1	Cr6	Cr2
2	Cr2	Cr7
3	Cr1	Cr9
4	Cr7	Cr8
5	Cr4	Cr6
6	Cr3	Cr3
7	Cr9	Cr1
8	Cr5	Cr4
9	Cr8	Cr5

Kesimpulan :

Bahwa rangkaing yang dihasilkan pada bobot yang dirubah memang tidak memiliki perangkaing yang sama, sama seperti hasil pengujian yang dilakukan penguji. Hanya beberapa material saja yang memiliki rangkaing yang saman atau hampir sama. Karena kedua metode yang digunakan memiliki cara perhitungan yang berbeda sehingga rangkaing yang dihasilkan pun tidak sama, serta faktor-faktor lainnya seperti, spesifikasi material yang berbeda – beda dan pengambilan material yang tidak didapat dari satu pihak, sehingga dimungkinkan adanya perberbedaan spesifikasi. Semoga pada penelitian berikutnya dapat di lakukan penelitian yang menggunakan spek yang diperoleh dari satu pihak.