

## DAFTAR ISI

Tanda Pengesahan.....	i
Kata Pengantar .....	ii
Abstrak .....	iv
<i>Abstract</i> .....	v
Pernyataan Keaslian Skripsi.....	vi
Daftar Isi.....	vii
Daftar Gambar.....	x
Daftar Tabel .....	x
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	12
1.3 Batasan Masalah.....	13
1.4 Rumusan Masalah .....	16
1.5 Tujuan Penelitian.....	16
1.6 Sistematika Penelitian .....	17
BAB 2 DASAR TEORI .....	18
2.1 Baja Canai Dingin dan Baja Canai Panas.....	18
2.2 Kelebihan dan Kekurangan Baja <i>Cold-formed</i> .....	19
2.3 Proses Pembentukan Baja <i>Cold-formed</i> .....	21
2.4 Material Baja <i>Cold-formed</i> .....	22
2.4.1 Konsep Tegangan dan Tegangan Leleh .....	23
2.4.2 Kuat tarik.....	25
2.4.3 Regangan.....	25
2.4.4 Diagram Tegangan dan Regangan Serta Karakteristiknya .....	26
2.4.5 Modulus Elastisitas dan Modulus Tangensial.....	31
2.4.6 Daktilitas ( <i>Ductility</i> ).....	31
2.4.7 Kemampuan untuk di las ( <i>Weldability</i> ) .....	33

2.4.8	Fatig (Fatigue Strength) .....	33
2.4.9	Keliatan ( <i>Toughness</i> ) .....	34
2.5	Beberapa Hal yang Perlu Di Perhatikan Pada Baja <i>Cold-formed</i> .....	34
2.6	Batang Tekan.....	37
2.6.1	Tekuk dan Parameter Penting Batang Tekan .....	38
2.6.2	Teori Tekuk.....	39
2.6.3	Panjang Efektif.....	42
2.6.4	Tekuk Pada Baja <i>Cold-formed</i> .....	43
2.7	Kekuatan Tekan (SNI 7971:2013) .....	47
2.8	Lebar Efektif Penampang (SNI 7971:2013).....	48
2.8.1	Lebar Efektif <i>Lip</i> .....	48
2.8.2	Lebar Efektif <i>Flens</i> .....	49
2.8.3	Lebar Efektif <i>Web</i> .....	51
BAB 3 METODE ELEMEN HINGGA.....		53
3.1	Pendahuluan .....	53
3.1.1	Keuntungan dan Kekurangan Metode Elemen Hingga.....	56
3.1.2	Sejarah Perkembangan Metode Elemen Hingga.....	57
3.1.3	Prosedur Perhitungan Metode Elemen Hingga .....	58
3.1.4	Elemen <i>Shell</i> .....	65
3.1.5	Kondisi Batas .....	66
3.1.6	Tegangan dan Regangan Pada Elemen Tiga Dimensi .....	67
3.1.7	Elemen Isoparametik 3 Dimensi .....	69
3.1.8	Teori Kegagalan Distorsi Energi Maksimum .....	73
3.2	Program <i>ABAQUS</i> .....	74
3.3	Langkah Langkah Permodelan Batang <i>Cold-formed</i> .....	75
BAB 4 STUDI KASUS.....		94
4.1	Pendahuluan .....	94
4.2	Pemodelan yang di buat .....	94
4.3	Hasil Analisis Dengan Program <i>ABAQUS</i> .....	99
4.3.1	Bentuk Penampang Asli .....	99
4.3.2	Model 1 (1 Lubang Bulat).....	99
4.3.3	Model 2 (1 Lubang Oval).....	101

4.3.4	Model 3 (2 Lubang Bulat).....	102
4.3.5	Model 4 (2 Lubang Oval).....	104
4.4	Perhitungan Manual Metode SNI 7971; 2013.....	105
4.4.1	Dimensi Penampang yang Digunakan .....	105
4.4.2	Perhitungan Kekuatan Saat Tegangan Leleh Tahap Pertama .....	107
4.4.3	Perhitungan Tegangan Krisis .....	110
4.4.4	Perhitungan Kekuatan Saat Tegangan Kritis .....	110
4.5	Analisis Perbandingan Kuat Tekan SNI dan <i>ABAQUS</i> .....	114
4.6	Analisis Pengaruh Dimensi dan Bentuk Lubang Terhadap Kuat Tekan .....	115
4.7	Analisis Pengaruh Satu dan Dua Buah Lubang Bulat terhadap Kuat Tekan .....	117
4.8	Analisis Pengaruh Satu dan Dua Buah Lubang Oval terhadap Kuat Tekan .....	119
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		121
5.1	Kesimpulan.....	121
5.2	Saran.....	121
Daftar Acuan .....		123

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Anggaran Infrastruktur 10 Tahun Terakhir (CNN Indonesia, 2019) ...	1
Gambar 1.2 Britannia Bridge (Tripadvisor.co.uk, 2017).....	4
Gambar 1.3 Pengolahan Baja <i>Hot-rolled</i> (New Steel Construction, 2017).....	6
Gambar 1.4 Proses Pembuatan Baja profil WF (Nippon Steel, 2012).....	6
Gambar 1.5 Bentuk Profil Baja <i>Hot-rolled</i> (Gunung Garuda Steel, 2017).....	7
Gambar 1.6 Bentuk Profil Baja <i>Cold-formed</i> (Scalzi, J. B, 1968).....	8
Gambar 1.7 Bentuk <i>Panel &amp; Decks</i> (YU dan LaBoube, 2010).....	9
Gambar 1.8 <i>Cold-roll-forming Machine</i> (Yu dan LaBoube, 2010).....	10
Gambar 1.9 <i>Press Brake Operation</i> (Yu dan LaBoube, 2010).....	10
Gambar 1.10 Bentuk Pengaku (SNI 7971, 2013).....	11
Gambar 1.11 Gambar Dimensi Penampang.....	13
Gambar 1.12 Permodelan Lubang Model 1.....	14
Gambar 1.13 Permodelan Lubang Model 2.....	14
Gambar 1.14 Permodelan Lubang Model 3.....	15
Gambar 1.15 Permodelan Lubang Model 4.....	15
Gambar 2.1 <i>Cold-roll-forming Machine</i> (Yu dan LaBoube, 2010).....	21
Gambar 2.2 <i>Press Brake Operation</i> (Yu dan LaBoube, 2010).....	22
Gambar 2.3 Konsep Dasar Tegangan (Hutahaeah, 2014).....	24
Gambar 2.4 Tegangan Tekan dan Tegangan Tarik (Hutahaeah, 2014).....	24
Gambar 2.5 Regangan (Hutahaeah, 2014).....	26
Gambar 2.6 Diagram Tegangan-Regangan (Gere dan Timosenko 1996).....	27
Gambar 2.7 Diagram Tipe Kelelahan Tajam (Yu dan LaBoube, 2010).....	29
Gambar 2.8 Diagram Kelelahan Bertahap (Yu dan LaBoube, 2010).....	29
Gambar 2.9 Metode <i>Offset</i> (Yu dan LaBoube, 2010).....	30
Gambar 2.10 Metode <i>Strain-underload</i> (Yu dan LaBoube, 2010).....	30
Gambar 2.11 Tekuk Lokal (Bambach, 2003).....	35
Gambar 2.12 Jenis Peristiwa Tekuk (Schafer, 2017).....	35
Gambar 2.13 Penampang Untuk Struktur Tekan (Riyansyah 2017).....	38
Gambar 2.14 Perilaku Tekuk Elemen Langsing (Ji-Bell 2008).....	39

Gambar 2.15 Percobaan Daya Dukung Kolom (Ji-Bell 2008) .....	40
Gambar 2.16. Model Kolom Ideal Dari <i>Euler</i> (Dewobroto, 2015).....	41
Gambar 2.17 Konsep Panjang Efektif (Dewobroto, 2015).....	42
Gambar 2.18 Mcam Bentuk Baja <i>Cold-formed</i> .....	44
Gambar 2.19 Tekuk Lentur Sumbu Lemah. (Nasution, 2011) .....	45
Gambar 2.20 Tekuk Torsi. (Nasution, 2011) .....	45
Gambar 2.21 Tekuk Lentur-torsi. (Nasution, 2011) .....	46
Gambar 2.22 Bentuk Mode Tekuk Lokal (Shellbuckling.com).....	47
Gambar 2.23 Tekuk Distorsional (Shellbuckling.com) .....	47
Gambar 2.24 Diagram $f_1$ dan $f_2$ ( SNI 7971:2013) .....	49
Gambar 2.25 Lokasi $b_1$ , $b_2$ , dan $d_s$ (SNI 7971:2013).....	50
Gambar 2.26 Lokasi $b$ , $d_1$ , $d$ , dan $\theta$ (SNI 7971:2013).....	51
Gambar 2.27 Lokasi $b$ dan $b_e/2$ (SNI 7971:2013).....	51
Gambar 2.28 Lubang Pada Web (Yu dan LaBoube, 2010) .....	52
Gambar 3.1. permodelan Elemen Hingga (Yosafat Aji Pranata, 2019).....	53
Gambar 3.2 Fungsi Kombinasi (Yosafat Aji Pranata, 2019) .....	54
Gambar 3.3 Perhitungan Luas (Yosafat Aji Pranata, 2019).....	55
Gambar 3.4 Simulasi Metode Elemen Hingga (Yosafat Aji Pranata, 2019) .....	56
Gambar 3.5 Diskritisasi Metode Elemen Hingga (C.S. Desai 1988).....	59
Gambar 3.6 Pendekatan Satu Dimensi (C.S. Desai 1988).....	60
Gambar 3.7 Pendekatan Dua Dimensi (C.S. Desai 1988).....	60
Gambar 3.8 Pendekatan Tiga Dimensi (C.S. Desai 1988).....	60
Gambar 3.9 Diskritisasi Batas Tak Teratur (C.S. Desai 1988) .....	61
Gambar 3.10 Segitiga Pascal Polinomial (Agus Choiron, 2014).....	61
Gambar 3.11(a) Kecocokan antar elemen (C.S. Desai 1988) .....	63
Gambar 3.11(b) Kecocokan Antar Elemen (C.S. Desai 1988) .....	64
Gambar 3.12 Rumus Kekakuan Global (Agus Choiron, 2014) .....	64
Gambar 3.13 Gambaran Elemen <i>Shell</i> .....	65
Gambar 3.14 Elemen <i>Shell</i> Segitiga (Sciencedirect.com, 2015) .....	66
Gambar 3.15 Penerapan Kondisi Batas. (Yosafat Aji Pranata, 2019) .....	67
Gambar 3.16 Tegangan Tiga Dimensi (Sofia, 2016) .....	67

Gambar 3.17 (a) Heksahedron 8 titik linear dan (b) heksahedron dengan 20 titik yang mewakili (c) bidang tiga dimensi dalam sistem koordinat lokal (Springer-Verlag, 2010).....	70
Gambar 3.18 Menu <i>Create Part</i> .....	76
Gambar 3.19 Bentuk Penampang yang Digambarkan .....	76
Gambar 3.20 Menu <i>Edit Feature</i> .....	77
Gambar 3.21 Tampak permodelan 3D Penampang .....	77
Gambar 3.22 Penentuan Posisi Datum Lubang .....	78
Gambar 3.23 Penggambaran Dimensi Lubang Diameter 40mm. ....	78
Gambar 3.24 Menu <i>Create Instance</i> .....	79
Gambar 3.25 Hasil Setelah Dilakukan <i>Create Instance</i> .....	79
Gambar 3.26 <i>Part 2</i> Ditempatkan Pada Posisi Lubang.....	80
Gambar 3.27 Lubang yang Telah Terpasang Batang.....	80
Gambar 3.28 Posisi <i>Datum Plane</i> Pada Batang .....	81
Gambar 3.28 Baja <i>Cold-formed</i> yang Telah Dipartisi .....	81
Gambar 3.29 Menu Edit Material .....	82
Gambar 3.30 Batang <i>Cold-formed</i> yang telah di <i>Constraint</i> . ....	83
Gambar 3.31 Menu <i>step 1, Linear Perturbation</i> .....	83
Gambar 3.32 Menu <i>Boundary Condition</i> .....	84
Gambar 3.33 Menu <i>Boundary Condition</i> pada BC1 dan BC2.....	85
Gambar 3.34 Menu <i>Load</i> . ....	85
Gambar 3.35 Menu <i>Global Seeds</i> . ....	86
Gambar 3.36 Daerah yang dilakukan pendetailan <i>Mesh</i> .....	86
Gambar 3.37 Hasil Model “Bulat 40” yang telah di <i>Mesh</i> .....	87
Gambar 3.38 <i>Mesh</i> yang rapat di dekat lubang.....	87
Gambar 3.39 <i>Job</i> yang telah <i>run</i> .....	87
Gambar 3.40 Hasil Analisis Linear Baja <i>Cold-formed</i> .....	88
Gambar 3.41 Menu <i>Step 2 Riks</i> .....	89
Gambar 3.42 Menu Setelan <i>Riks</i> .....	89
Gambar 3.43 Menu <i>load Step-2</i> .....	90
Gambar 3.44 <i>Step 2</i> yang Telah Selesai di <i>Run</i> .....	90

Gambar 3.45 Hasil Analisis Non Linear <i>Cold-formed</i> .....	91
Gambar 3.46. Mencari Load Proportionality Factor .....	91
Gambar 3.47. Grafik dan Nilai XY Data LPF. ....	92
Gambar 4.1 Profil yang Digunakan .....	94
Gambar 4.2 Panjang Batang yang Direncanakan.....	95
Gambar 4.3 Perjanjian Tanda pada <i>ABAQUS</i> . ....	95
Gambar 4.4 Panjang Batang yang Direncanakan.....	95
Gambar 4.5 Percobaan Bulat10.....	96
Gambar 4.6 Percobaan Bulat20.....	96
Gambar 4.7 Percobaan Bulat30.....	96
Gambar 4.8 Percobaan Bulat40.....	96
Gambar 4.9 Percobaan Oval10 .....	96
Gambar 4.10 Percobaan Oval20 .....	96
Gambar 4.11 Percobaan Oval30 .....	97
Gambar 4.12 Percobaan Oval40 .....	97
Gambar 4.13 Percobaan 2Bulat10 .....	97
Gambar 4.14 Percobaan 2Bulat20 .....	97
Gambar 4.15 Percobaan 2Bulat30 .....	97
Gambar 4.16 Percobaan 2Bulat40 .....	97
Gambar 4.17 Percobaan 2Oval10 .....	98
Gambar 4.18 Percobaan 2Oval20 .....	98
Gambar 4.19 Percobaan 2Oval30 .....	98
Gambar 4.20 Percobaan 2Oval40 .....	98
Gambar 4.21 Profil Penampang .....	105
Gambar 4.22 Grafik perbandingan Kuat Tekan <i>ABAQUS</i> dan SNI 7971:2013	115
Gambar 4.23 Grafik Analisis Pengaruh Dimensi dan Bentuk Lubang .....	116
Gambar 4.24 Grafik Analisis Pengaruh Satu dan Dua Buah Lubang Bulat .....	118
Gambar 4.25 Lokasi Kegagalan Pada 2 Lubang Bulat 10mm.....	119
Gambar 4.26 Lokasi Kegagalan Pada 2 Lubang Bulat 20mm.....	119
Gambar 4.27 Grafik Analisis Pengaruh Satu dan Dua Buah Lubang Oval .....	120

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Tabel PDB Sektor Konstruksi, (www.bps.go.id , Konstruksi Dalam Angka, 2018).....	2
Tabel 1.2 Kebutuhan Baja Indonesia (Indonesia Investments, 2017).....	5
Tabel 1.3 Ukuran Penampang profil .....	13
Tabel 1.4 Variasi Dimensi Model 2 .....	14
Tabel 1.4 Variasi Dimensi Model 2 .....	15
Tabel 1.5 Variasi Dimensi Model 3 .....	15
Tabel 1.6 Variasi Dimensi Model 4 .....	15
Tabel 2.1 Harga Kekenyalan Baja (Nasution, 2011) .....	34
Tabel 2.2 Penentuan dari Faktor Tekuk Pelat, k (Sumber: SNI 7971:2013) .....	51
Tabel 3.1 Hasil LPF Analisis Riks <i>ABAQUS</i> .....	92
Tabel 4.1 Hasil <i>ABAQUS</i> Penampang Asli.....	99
Tabel 4.2 Hasil <i>ABAQUS</i> Model 1.....	99
Tabel 4.3 Hasil <i>ABAQUS</i> Model 2.....	101
Tabel 4.4 Hasil <i>ABAQUS</i> Model 3.....	102
Tabel 4.5 Hasil <i>ABAQUS</i> Model 4.....	104
Tabel 4.6 Hasil Kuat Tekan SNI 7971:2013.....	114
Tabel 4.7 Perbandingan Kuat Tekan <i>ABAQUS</i> dan SNI 7971:2013 .....	114
Tabel 4.8 Analisis Pengaruh Dimensi dan Bentuk Lubang ( <i>ABAQUS</i> ).....	116
Tabel 4.9 Analisis Pengaruh Satu dan Dua buah Lubang Bulat ( <i>ABAQUS</i> ) .....	117
Tabel 4.10 Analisis Pengaruh Satu dan Dua Buah Lubang Oval ( <i>ABAQUS</i> ).....	120