

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
INTISARI .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
1.6 Keaslian Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Studi Pustaka .....	4
BAB III LANDASAN TEORI .....	8
3.1 Volume Pekerjaan.....	8
3.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	9
3.2.1 Analisis harga satuan pekerjaan .....	11
3.2.2 Tahapan Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) .....	11
3.3 Penjelasan Umum Tentang Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) .....	11
3.4 <i>Building Information Modelling</i> (BIM).....	13
3.5 <i>SketchUp</i> .....	13
3.4.1 Sejarah <i>SketchUp</i> .....	13
3.4.2 Keunggulan pemodelan tiga dimensi dengan <i>SketchUp</i> .....	14
3.4.3 Fitur-fitur pada <i>SketchUp</i> .....	16
BAB IV METODE PENELITIAN .....	19

4.1	Lokasi Penelitian .....	19
4.2	Data Penelitian.....	19
4.3	Alat Penelitian .....	19
4.4	Tahapan Penelitian.....	19
4.4.1	Studi literatur.....	19
4.4.2	Penyusunan metode penelitian.....	20
4.4.3	Pengumpulan data .....	20
4.4.4	Pemodelan struktur dengan <i>SketchUp</i> .....	21
4.4.5	Pembuatan Rencana Anggaran Biaya (RAB) .....	21
4.4.6	Analisis data dan pembahasan .....	21
4.4.7	Kesimpulan dan saran .....	22
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....		23
5.1	Objek Penelitian .....	23
5.2	Pemodelan 3D dengan <i>SketchUp</i> .....	24
5.2.1	Pemodelan fondasi sumuran .....	24
5.2.2	Pemodelan <i>pile cap</i> .....	31
5.2.3	Pemodelan <i>sloof</i> .....	38
5.2.4	Pemodelan fondasi <i>chimney</i> .....	62
5.2.5	Pemodelan 3D pekerjaan struktur bawah.....	67
5.2.6	Pemodelan struktur rangka baja .....	68
5.2.7	Pemodelan 3D pekerjaan struktur atas .....	97
5.3	Rekapitulasi Perhitungan Volume Satuan pada <i>SketchUp</i> .....	98
5.4	Perbandingan Hasil Perhitungan Volume Pekerjaan.....	99
5.5	Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) .....	105
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....		109
6.1	Kesimpulan .....	109
6.2	Saran .....	110
DAFTAR PUSTAKA .....		111
LAMPIRAN.....		113

## DAFTAR TABEL

Tabel 5.1	Hasil perhitungan volume tulangan 8D19 pada <i>SketchUp</i> .....	64
Tabel 5.2	Berat <i>tower</i> transmisi SUTT BB+03 (PT PLN).....	69
Tabel 5.3	Spesifikasi baut M16 dan M20 menurut ISO 4016 (ISO 4016, 2011) .....	73
Tabel 5.4	Spesifikasi baut M19 menurut ASME B18.2.1 (ASME B18.2.1, 2010) .....	77
Tabel 5.5	Spesifikasi <i>step bolt</i> 5/8” berdasarkan ASME B18.5 (ASME B18.5, 2012).....	79
Tabel 5.6	Spesifikasi baut M18 dan M22 berdasarkan DIN 931 (DIN 931, 1987) .....	82
Tabel 5.7	Spesifikasi mur M16 dan M20 menurut ISO 4034 (ISO 4034, 1999).....	85
Tabel 5.8	Spesifikasi mur M19 menurut ASME B18.2.1 (ASME B18.2.1, 2010) .....	87
Tabel 5.9	Spesifikasi mur M16 dan M20 menurut ISO 7043 (ISO 7043, 2012).....	89
Tabel 5.10	Spesifikasi mur M18 dan M22 berdasarkan ISO 4032 (ISO 4032, 2012)...	92
Tabel 5.11	Total volume dan berat pekerjaan <i>tower</i> BB+03 .....	97
Tabel 5.12	Rekapitulasi perhitungan volume satuan pekerjaan pada <i>SketchUp</i> .....	98
Tabel 5.13	Perbandingan hasil perhitungan volume pekerjaan .....	99
Tabel 5.14	Perhitungan RAB proyek relokasi <i>tower</i> SUTT BB+03 dengan <i>SketchUp</i> .....	106
Tabel L.1	Hasil <i>generate report</i> pemodelan 3D <i>SketchUp</i> .....	113
Tabel L.2	Analisis harga satuan pekerjaan .....	118

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	<i>SketchUp 3D warehouse</i> .....	15
Gambar 3.2	<i>SketchUp extension warehouse</i> .....	15
Gambar 3.3	<i>Main tools</i> .....	16
Gambar 3.4	<i>Toolbar view</i> .....	17
Gambar 3.5	<i>Group and component</i> .....	18
Gambar 3.6	<i>Materials</i> .....	18
Gambar 4.1	Bagan alir penelitian.....	20
Gambar 5.1	Tampak depan dan samping <i>tower</i> Ungaran. ....	23
Gambar 5. 2	Tampilan Generate Report. ....	23
Gambar 5.3	Gambar DED fondasi sumuran. ....	24
Gambar 5.4	Pemodelan bentuk dasar fondasi sumuran. ....	25
Gambar 5.5	Lingkaran dengan 24 segmen.....	25
Gambar 5.6	Pemberitahuan jumlah segmen melebihi batas limitnya. ....	25
Gambar 5.7	Silinder dengan 24 segmen. ....	26
Gambar 5.8	Silinder dengan 50 segmen. ....	26
Gambar 5.9	Pemodelan fondasi sumuran pada <i>SketchUp</i> .....	27
Gambar 5.10	Gambar DED proteksi bambu pada fondasi sumuran. ....	27
Gambar 5.11	Pemodelan bentuk dasar proteksi bambu. ....	27
Gambar 5.12	Pemodelan proteksi bambu pada <i>SketchUp</i> . ....	28
Gambar 5.13	Pemodelan bentuk dasar galian bambu. ....	28
Gambar 5.14	Pemodelan galian proteksi bambu pada <i>SketchUp</i> .....	29
Gambar 5.15	Kait tulangan utama menurut SNI 03-2847-2013. ....	29
Gambar 5.16	Garis untuk pemodelan alur tulangan 18D19 pada <i>SketchUp</i> .....	30
Gambar 5.17	Pemodelan tulangan memanjang D19 pada <i>SketchUp</i> .....	30
Gambar 5.18	Pemodelan garis spiral dengan <i>helix along curve</i> . ....	31
Gambar 5.19	Pemodelan sengkang spiral pada <i>SketchUp</i> . ....	31
Gambar 5.20	Gambar DED <i>pile cap</i> . ....	32
Gambar 5.21	Pemodelan beton <i>pile cap</i> pada <i>SketchUp</i> .....	32
Gambar 5.22	Gambar DED pembesian <i>pile cap</i> . ....	33
Gambar 5.23	Kait sengkang menurut SNI 03-2847-2013. ....	33
Gambar 5.24	Pemodelan garis alur sengkang pada <i>SketchUp</i> . ....	34

Gambar 5.25	Pemodelan sengkang <i>pile cap</i> pada <i>SketchUp</i> . ....	34
Gambar 5.26	Ilustrasi penyusunan sengkang dan tulangan D16 sumbu <i>z</i> pada <i>SketchUp</i> . .....	35
Gambar 5.27	Pemodelan garis alur tulangan D16 sumbu <i>z</i> . ....	35
Gambar 5.28	Pemodelan tulangan D16 sumbu <i>z</i> pada <i>SketchUp</i> . ....	36
Gambar 5.29	Ilustrasi penyusunan sengkang dan tulangan D16. ....	36
Gambar 5.30	Pemodelan garis alur tulangan D16 sumbu <i>x</i> . ....	37
Gambar 5.31	Pemodelan tulangan D16 sumbu <i>x</i> pada <i>SketchUp</i> . ....	37
Gambar 5.32	Pemodelan <i>pile cap</i> pada <i>SketchUp</i> . ....	38
Gambar 5.33	Gambar DED <i>sloof</i> bentang 7703 mm. ....	38
Gambar 5.34	Gambar DED <i>sloof</i> bentang 10891 mm. ....	38
Gambar 5.35	Gambar DED <i>sloof</i> bentang 5322 mm. ....	39
Gambar 5.36	Pembelokan tulangan pada setiap <i>sloof</i> . ....	39
Gambar 5.37	Pemodelan garis alur tulangan atas <i>sloof</i> 7703 mm. ....	40
Gambar 5.38	Pemodelan pembelokan alur tulangan memanjang atas <i>sloof</i> 7703 mm. ....	40
Gambar 5.39	Pemodelan tulangan memanjang atas <i>sloof</i> 7703 mm pada <i>SketchUp</i> . ....	41
Gambar 5.40	Bentang tulangan memanjang bawah <i>sloof</i> 7703 mm. ....	41
Gambar 5.41	Pemodelan pembelokan alur tulangan memanjang bawah <i>sloof</i> 7703 mm. .....	42
Gambar 5.42	Pemodelan tulangan memanjang bawah <i>sloof</i> 7703 mm pada <i>SketchUp</i> . ... .....	42
Gambar 5.43	Bentang tulangan memanjang tengah <i>sloof</i> 7703 mm. ....	43
Gambar 5.44	Pemodelan pembelokan alur tulangan memanjang tengah <i>sloof</i> 7703 mm. .....	43
Gambar 5.45	Pemodelan tulangan memanjang tengah <i>sloof</i> 7703 mm pada <i>SketchUp</i> . ... .....	44
Gambar 5.46	Gambar DED penulangan <i>sloof</i> . ....	44
Gambar 5.47	Pemodelan alur tulangan sengkang <i>sloof</i> 7703 mm pada <i>SketchUp</i> . ....	45
Gambar 5.48	Pemodelan sengkang <i>sloof</i> 7703 mm pada <i>SketchUp</i> . ....	45
Gambar 5.49	Pemodelan pembesian <i>sloof</i> 7703 mm pada <i>SketchUp</i> . ....	46
Gambar 5.50	Pemodelan bentuk dasar <i>sloof</i> 7703 mm pada <i>SketchUp</i> . ....	46
Gambar 5.51	Pemodelan beton <i>sloof</i> 7703 mm pada <i>SketchUp</i> . ....	47
Gambar 5.52	Pemodelan beton <i>sloof</i> 7703 mm sebelum berpotongan. ....	47

Gambar 5.53	Pemodelan beton <i>sloof</i> 7703 mm setelah berpotongan. ....	48
Gambar 5.54	Pemodelan bentang tulangan atas <i>sloof</i> 10891 mm. ....	49
Gambar 5.55	Pemodelan pembelokan alur tulangan memanjang atas <i>sloof</i> 10891 mm... .....	49
Gambar 5.56	Pemodelan tulangan memanjang atas <i>sloof</i> 10891 mm pada <i>SketchUp</i> ..	50
Gambar 5.57	Bentang tulangan memanjang bawah <i>sloof</i> 10891 mm.....	50
Gambar 5.58	Pemodelan pembelokan alur tulangan memanjang bawah <i>sloof</i> 10891 mm. .....	51
Gambar 5.59	Pemodelan tulangan memanjang bawah <i>sloof</i> 10891 mm pada <i>SketchUp</i> . .....	51
Gambar 5.60	Bentang tulangan memanjang tengah <i>sloof</i> 10891 mm. ....	51
Gambar 5.61	Pemodelan pembelokan alur tulangan memanjang tengah <i>sloof</i> 10891 mm. .....	52
Gambar 5.62	Pemodelan tulangan memanjang tengah <i>sloof</i> 10891 mm pada <i>SketchUp</i> . .....	52
Gambar 5.63	Pemodelan pembesiran <i>sloof</i> 10891 mm pada <i>SketchUp</i> . ....	53
Gambar 5.64	Ilustrasi bentuk penampang pada ujung <i>sloof</i> 10891 mm. ....	53
Gambar 5.65	Pemodelan beton <i>sloof</i> 10891 mm pada <i>SketchUp</i> . ....	54
Gambar 5.66	Pemodelan beton <i>sloof</i> 10891 mm sebelum berpotongan. ....	54
Gambar 5.67	Pemodelan beton <i>sloof</i> 10891 mm setelah berpotongan. ....	55
Gambar 5.68	Ilustrasi penempatan posisi <i>sloof</i> 5322 mm. ....	55
Gambar 5.69	Bentang tulangan memanjang atas <i>sloof</i> 5322 mm. ....	56
Gambar 5.70	Pemodelan pembelokan alur tulangan memanjang atas <i>sloof</i> 5322 mm. ....	56
Gambar 5.71	Pemodelan tulangan memanjang atas <i>sloof</i> 5322 mm pada <i>SketchUp</i> ....	57
Gambar 5.72	Bentang tulangan memanjang bawah <i>sloof</i> 5322 mm.....	57
Gambar 5.73	Pemodelan pembelokan alur tulangan memanjang bawah <i>sloof</i> 5322 mm. .....	57
Gambar 5.74	Pemodelan tulangan memanjang bawah <i>sloof</i> 5322 mm pada <i>SketchUp</i> . ... .....	58
Gambar 5.75	Bentang tulangan memanjang tengah <i>sloof</i> 5322 mm. ....	58
Gambar 5.76	Pemodelan pembelokan alur tulangan memanjang tengah <i>sloof</i> 5322 mm. .....	59
Gambar 5.77	Pemodelan tulangan memanjang tengah <i>sloof</i> 5322 mm pada <i>SketchUp</i> . ... .....	59

Gambar 5.78	Pemodelan pembesian <i>sloof</i> 5322 mm pada <i>SketchUp</i> .	60
Gambar 5.79	Ilustrasi bentuk penampang pada ujung <i>sloof</i> 5322 mm.	60
Gambar 5.80	Pemodelan beton <i>sloof</i> 5322 mm pada <i>SketchUp</i> .	61
Gambar 5.81	Pemodelan beton <i>sloof</i> 5322 mm sebelum berpotongan.	61
Gambar 5.82	Pemodelan beton <i>sloof</i> 5322 mm setelah berpotongan.	61
Gambar 5.83	Gambar DED fondasi <i>chimney</i> .	62
Gambar 5.84	Pemodelan garis alur tulangan memanjang <i>chimney</i> pada <i>SketchUp</i> .	63
Gambar 5.85	Pemodelan tulangan memanjang A pada <i>SketchUp</i> .	63
Gambar 5.86	Pemodelan tulangan memanjang 8D19 pada <i>SketchUp</i> .	64
Gambar 5.87	Pemodelan garis alur tulangan sengkang <i>chimney</i> pada <i>SketchUp</i> .	65
Gambar 5.88	Pemodelan sengkang fondasi <i>chimney</i> pada <i>SketchUp</i> .	65
Gambar 5.89	Pembesian fondasi <i>chimney</i> pada <i>SketchUp</i> .	65
Gambar 5.90	Ilustrasi pemodelan fondasi <i>chimney</i> menggunakan follow me tools.	66
Gambar 5.91	Pemodelan sisi tegak beton fondasi <i>chimney</i> pada <i>SketchUp</i> .	66
Gambar 5.92	Pemodelan beton fondasi <i>chimney</i> pada <i>SketchUp</i> .	67
Gambar 5.93	Pemodelan 3D pekerjaan beton struktur bawah pada <i>SketchUp</i> .	67
Gambar 5.94	Pemodelan 3D pekerjaan pembesian struktur bawah pada <i>SketchUp</i> .	68
Gambar 5.95	<i>Tower</i> Transmisi SUTT Tipe BB.	69
Gambar 5.96	Kerangka <i>tower</i> SUTT BB+03.	69
Gambar 5.97	Posisi profil baja L120x120x9 mm.	70
Gambar 5.98	Pemodelan bentuk dasar profil baja L120x120x9 mm.	70
Gambar 5.99	Contoh pemodelan profil baja L120x120x9 mm.	71
Gambar 5.100	Pemodelan bentuk dasar plat baja pada <i>SketchUp</i> .	71
Gambar 5.101	Pemodelan plat baja PL6 pada <i>SketchUp</i> .	72
Gambar 5.102	Bentuk baut heksagonal berdasarkan ISO 4016. (ISO 4016, 2011)	73
Gambar 5.103	Pemodelan sekrup baut M16-35 pada <i>SketchUp</i> .	74
Gambar 5.104	Dialog box <i>helix along curve</i> untuk baut M16.	75
Gambar 5.105	Pemodelan sekrup baut M16-35 pada <i>SketchUp</i> .	75
Gambar 5.106	Pemodelan <i>washer</i> baut M16-35 pada <i>SketchUp</i> .	76
Gambar 5.107	Pemodelan baut M16-35 pada <i>SketchUp</i> .	76
Gambar 5.108	Pemodelan sekrup baut M19-70 pada <i>SketchUp</i> .	77

Gambar 5.109 Pemodelan baut M19-70 pada <i>SketchUp</i> . ....	78
Gambar 5.110 Pemodelan sekrup baut M20 pada <i>SketchUp</i> . ....	78
Gambar 5.111 Pemodelan baut M20-40 pada <i>SketchUp</i> . ....	79
Gambar 5.112 Bentuk <i>step bolt</i> menurut ASME B18.5. (ASME B18.5, 2012).....	79
Gambar 5.113 Pemodelan badan <i>step bolt</i> 16x160 pada <i>SketchUp</i> . ....	80
Gambar 5.114 Pemodelan kepala <i>step bolt</i> 16x160 pada <i>SketchUp</i> (a). ....	81
Gambar 5.115 Pemodelan kepala <i>step bolt</i> 16x160 pada <i>SketchUp</i> (b). ....	81
Gambar 5.116 Pemodelan <i>step bolt</i> 16x160 pada <i>SketchUp</i> . ....	81
Gambar 5.117 Pemodelan sekrup baut M18 pada <i>SketchUp</i> . ....	82
Gambar 5.118 Pemodelan baut M18-50 pada <i>SketchUp</i> . ....	83
Gambar 5.119 Pemodelan sekrup baut M22 pada <i>SketchUp</i> . ....	83
Gambar 5.120 Pemodelan baut M22-55 pada <i>SketchUp</i> . ....	84
Gambar 5.121 Bentuk mur heksagonal berdasarkan ISO 4034. (ISO 4034, 1999).....	84
Gambar 5.122 Pemodelan lubang sekrup mur M16 pada <i>SketchUp</i> . ....	85
Gambar 5.123 Pemodelan lubang sekrup mur M16 pada <i>SketchUp</i> . ....	86
Gambar 5.124 Pemodelan mur M16 sebelum dilubangi pada <i>SketchUp</i> . ....	86
Gambar 5.125 Pemodelan mur M16 pada <i>SketchUp</i> . ....	86
Gambar 5.126 Pemodelan lubang sekrup mur M19 pada <i>SketchUp</i> . ....	87
Gambar 5.127 Pemodelan mur M19 pada <i>SketchUp</i> . ....	88
Gambar 5.128 Pemodelan lubang sekrup mur M20 pada <i>SketchUp</i> . ....	88
Gambar 5.129 Pemodelan mur M20 pada <i>SketchUp</i> . ....	89
Gambar 5.130 Hexagon flange <i>lock nuts</i> berdasarkan ISO 7043. (ISO 7043, 2012) .....	89
Gambar 5.131 Pemodelan lubang sekrup <i>lock nuts</i> M16 pada <i>SketchUp</i> . ....	90
Gambar 5.132 Pemodelan <i>lock nuts</i> M16 pada <i>SketchUp</i> . ....	90
Gambar 5.133 Pemodelan lubang sekrup <i>lock nuts</i> M20 pada <i>SketchUp</i> . ....	91
Gambar 5.134 Pemodelan <i>lock nuts</i> M20 pada <i>SketchUp</i> . ....	92
Gambar 5.135 Pemodelan lubang sekrup mur M18 pada <i>SketchUp</i> . ....	93
Gambar 5.136 Pemodelan mur M18 pada <i>SketchUp</i> . ....	93
Gambar 5.137 Pemodelan lubang sekrup mur M22 pada <i>SketchUp</i> . ....	94
Gambar 5.138 Pemodelan mur M22 pada <i>SketchUp</i> . ....	94
Gambar 5.139 Pemodelan bentuk dasar <i>washer</i> M16x6 PW. ....	95



Gambar 5.140 Pemodelan <i>washer</i> M16x6 PW pada <i>SketchUp</i> .....	95
Gambar 5.141 Pemodelan <i>washer</i> M16x8 PW pada <i>SketchUp</i> .....	96
Gambar 5.142 Pemodelan <i>washer</i> M20x5 PW pada <i>SketchUp</i> .....	96
Gambar 5.143 Pemodelan <i>washer</i> M20x6 PW pada <i>SketchUp</i> .....	97
Gambar 5.144 Pemodelan 3D pekerjaan struktur atas pada <i>SketchUp</i> .....	97
Gambar 5.145 Pemodelan tulangan fondasi sumuran menggunakan panjang penyaluran sambungan 40 kali diameter tulangan. ....	103
Gambar 5.146 Pemodelan tulangan <i>pile cap</i> menggunakan panjang kait 40 kali diameter tulangan. ....	103
Gambar 5.147 Pemodelan sengkang <i>pile cap</i> menggunakan panjang kait sengkang 40 kali diameter tulangan. ....	104
Gambar 5.148 Pemodelan tulangan fondasi <i>chimney</i> menggunakan panjang penyaluran sambungan 40 kali diameter tulangan. ....	104
Gambar L.1 Struktur bawah <i>tower</i> SUTT. ....	120
Gambar L.2 <i>Tower leg</i> .....	121
Gambar L.3 <i>Tower body</i> .....	122
Gambar L.4 <i>Tower upper body</i> .....	123
Gambar L.5 <i>Crossarm I</i> .....	124
Gambar L.6 <i>Crossarm II</i> . ....	125
Gambar L.7 <i>Crossarm III</i> . ....	126
Gambar L.8 <i>Earthwire crossarm</i> .....	127
Gambar L.9 Tampak depan <i>tower</i> . ....	128
Gambar L.10 Tampak samping <i>tower</i> . ....	129
Gambar L.11 Tampak 3D <i>tower</i> .....	130