

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
INTISARI.....	xiv
ABSTRACT	xv
BAB I	16
1.1. Latar Belakang	16
1.2. Rumusan Masalah	17
1.3. Tujuan Penelitian.....	17
1.4. Manfaat Penelitian.....	17
1.5. Batasan Penelitian	17
1.6. Keaslian Penelitian.....	18
BAB II	20
2.1. Pelat Beton Bertulang.....	20
2.2. Perkerasan Jalan	20
2.3. Studi Terdahulu	26
BAB III.....	31
3.1. Metode Elemen Hingga.....	31
3.2. Modulus Elastisitas Beton.....	34
3.3. Hukum Hooke	36
3.4. Poisson <i>Ratio</i>	36
3.5. Koefisien Reaksi Tanah Dasar	37
3.6. <i>Spring Element</i>	38
3.7. Distribusi Tegangan Boussinesq	38
3.8. Pembebanan Westergaard	39
3.9. Beban Kendaraan	42
3.10. Analisis Numerik.....	43
BAB IV	45
4.1 Lokasi Penelitian	45
4.2 Prosedur Penelitian.....	46
4.3 Alat Penelitian	50
4.4 Parameter Pemodelan	51
BAB V.....	61
5.1. Pemodelan Perkerasan Kaku	61
5.2. Respons Struktur Perkerasan Kaku	62
BAB VI	102
6.1. Kesimpulan.....	102
6.2. Saran.....	103
DAFTAR PUSTAKA	104

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Perbandingan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti	18
Tabel 2.1	Sambungan pada perkerasan kaku (Aly,2004).....	23
Tabel 3.1	Faktor modifikasi λ (SNI 2847:2019).....	36
Tabel 3.2	Persamaan hubungan CBR dan modulus elastisitas tanah (Aulia et al.,2014).....	38
Tabel 3.3	Muatan sumbu kendaraan (Manual Perkerasan Jalan dengan alat Berkelman Beam 01/MN/BM/83)	43
Tabel 4.1	Perhitungan beban tiap sumbu roda tipe truk 1,2-2,2 trailer	47
Tabel 4.2	Parameter material perkerasan kaku.....	54
Tabel 4.3	Parameter material <i>subgrade</i>	55
Tabel 4.4	Metode variasi nilai CBR yang dilakukan pada lapisan tanah dasar	59
Tabel 5.1	Arah tegangan pada output program Abaqus	62
Tabel 5.2	Arah <i>displacement</i> pada output program Abaqus	62
Tabel 5.3	Tegangan normal tarik posisi pembebanan <i>edge</i> dengan berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku.....	65
Tabel 5.4	Tegangan normal tekan posisi pembebanan <i>edge</i> dengan berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku.....	65
Tabel 5.5	Tegangan geser posisi pembebanan <i>edge</i> dengan berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku	66
Tabel 5.6	Displacement akibat beban posisi pembebanan <i>edge</i> dengan berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku.....	66
Tabel 5.7	Tegangan normal tarik posisi pembebanan <i>interior</i> dengan berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku.....	74
Tabel 5.8	Tegangan normal tekan posisi pembebanan <i>interior</i> dengan berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku.....	74
Tabel 5.9	Tegangan geser posisi pembebanan <i>interior</i> dengan berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku	75
Tabel 5.10	Displacement akibat beban posisi pembebanan <i>interior</i> dengan berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku.....	75
Tabel 5.11	Tegangan normal tarik posisi pembebanan <i>corner</i> dengan berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku.....	83
Tabel 5.12	Tegangan normal tekan posisi pembebanan <i>corner</i> dengan berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku.....	83
Tabel 5.13	Tegangan normal tekan posisi pembebanan <i>corner</i> dengan berbagai variasi CBR dari hasil analisis pada perkerasan kaku.....	84
Tabel 5.14	Displacement akibat beban posisi pembebanan <i>corner</i> dengan berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku.....	84
Tabel 5.15	Perbandingan tegangan tarik, tegangan tekan dan tegangan geser antara variasi CBR tak seragam tepi 4B dan seragam 1A posisi pembebanan <i>edge</i>	91
Tabel 5.16	Perbandingan tegangan tarik, tegangan tekan dan tegangan geser antara variasi CBR tak seragam tepi 4C dan seragam 1B posisi pembebanan <i>corner</i>	92



Tabel 5.17	Perbandingan tegangan tarik, tegangan tekan dan tegangan geser antara variasi CBR tak seragam memanjang 3B dan seragam 1A posisi pembebanan <i>interior</i> ..	92
Tabel 5.18	Perbandingan tegangan tarik, tegangan tekan dan tegangan geser antara variasi CBR tak seragam tepi 4B dan seragam 1A posisi pembebanan <i>interior</i>	93
Tabel 5.19	Perbandingan tegangan tarik, tegangan tekan dan tegangan geser antara variasi CBR tak seragam memanjang 3C dan seragam 1B posisi pembebanan <i>interior</i> ..	93
Tabel 5.20	Perbandingan tegangan tarik, tegangan tekan dan tegangan geser antara variasi CBR tak seragam tepi 4C dan seragam 1B posisi pembebanan <i>interior</i>	93
Tabel 5.21	Perbandingan tegangan tarik, tegangan tekan dan tegangan geser antara variasi CBR tak seragam melintang 2B dan seragam 1A posisi pembebanan <i>corner</i>	94
Tabel 5.22	Perbandingan tegangan tarik, tegangan tekan dan tegangan geser antara variasi CBR tak seragam tepi 4B dan seragam 1A posisi pembebanan <i>corner</i>	94
Tabel 5.23	Perbandingan tegangan tarik, tegangan tekan dan tegangan geser antara variasi CBR tak seragam melintang 2C dan seragam 1B posisi pembebanan <i>corner</i>	95
Tabel 5.24	Perbandingan tegangan tarik, tegangan tekan dan tegangan geser antara variasi CBR tak seragam tepi 4C dan seragam 1B posisi pembebanan <i>corner</i>	95
Tabel 5.24	Analisis <i>fatigue</i> akibat tegangan tarik posisi pembebanan <i>edge</i> pada berbagai variasi CBR dari hasil analisis pada perkerasan kaku	97
Tabel 5.25	Analisis <i>fatigue</i> akibat tegangan tekan posisi pembebanan <i>edge</i> pada berbagai variasi CBR dari hasil analisis pada perkerasan kaku	98
Tabel 5.26	Analisis <i>fatigue</i> akibat tegangan tarik posisi pembebanan <i>interior</i> dengan berbagai variasi CBR dari hasil analisis pada perkerasan kaku	99
Tabel 5.27	Analisis <i>fatigue</i> akibat tegangan tekan posisi pembebanan <i>interior</i> dengan berbagai variasi CBR dari hasil analisis pada perkerasan kaku	99
Tabel 5.28	Analisis <i>fatigue</i> akibat tegangan tarik posisi pembebanan <i>corner</i> dengan berbagai variasi CBR dari hasil analisis pada perkerasan kaku	100
Tabel 5.29	Analisis <i>fatigue</i> akibat tegangan tekan posisi pembebanan <i>corner</i> pada berbagai variasi CBR dari hasil analisis pada perkerasan kaku	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lapisan perkerasan lentur (Huang, 2004).....	21
Gambar 2.2	Lapisan perkerasan kaku (Yoder & Witczak, 1975)	22
Gambar 2.3	Skematik sambungan kontraksi: (a)Arah melintang, (b)Arah memanjang (ACPA, 2015).....	23
Gambar 2.4	Skematik sambungan konstruksi: (a)Arah melintang, (b)Arah memanjang (ACPA, 2015).....	24
Gambar 2.5	Contoh pengaplikasian <i>isolation joint</i> untuk objek tertanam (ACPA, 2007b). 24	
Gambar 2.6	Skematik <i>isolation joint</i> dengan ujung yang dipertebal (ACI, 2002).....	24
Gambar 2.7	Skematik sambungan sambungan ekspansi (ACI, 2002)	25
Gambar 2.8	Lapisan perkerasan kaku (Delatte, 2008)	25
Gambar 2.9	Lapisan perkerasan komposit (Flintsch, 2008).....	26
Gambar 2.10	Variasi kondisi lapis tanah dasar (Brand et al., 2013)	27
Gambar 2.11	Idealisasi model: (a) Model 2-dimensi, (b) Model 3-dimensi (Xu & Cebon, 2017).....	28
Gambar 3.1	Elemen segi empat (Suhendro, 2000).....	31
Gambar 3.2	Elemen pelat lentur (Suhendro, 2000)	32
Gambar 3.3	Matriks kekakuan pelat lentur (Suhendro, 2000)	33
Gambar 3.4	Elemen persegi solid 8 <i>node</i> (Suhendro, 2000).....	34
Gambar 3.5	Elemen hexahedral (Suhendro, 2000)	34
Gambar 3.6	Hubungan tegangan – regangan beton (Wang et al., 2007).....	35
Gambar 3.7	Regangan lateral dan aksial pada batang prismatic akibat gaya P: (a)Batang sebelum dilakukan pembebanan; (b)Batang setelah pembebanan (Gere et al., 2009).....	36
Gambar 3.8	<i>Correction of effective modulus of subgrade reaction for potential loss subbase support</i> (AASHTO, 1993).....	37
Gambar 3.9	Grafik distribusi tegangan di bawah beban persegi panjang (Bowless, 1997). 39	
Gambar 3.10	Ilustrasi <i>interior loading</i> (Westergaard, 1926)	40
Gambar 3.11	Ilustrasi <i>corner loading</i> (Westergaard, 1926).....	40
Gambar 3.12	Ilustrasi <i>edge loading</i> (Westergaard, 1926).....	41
Gambar 3.13	Ekuivalensi bidang kontak persegi roda ganda (Huang, 2004)	42
Gambar 3.14	Tampilan awal aplikasi Abaqus CAE 6.14.....	44
Gambar 4.1	Lokasi tinjauan dan pengambilan data perkerasan kaku	45
Gambar 4.2	Rekapitulasi prosentase nilai jalan: (a)Prosentasi IRI; (b)Prosentase PCI (Dokumen Bina Marga PUPR, Jawa Tengah).....	46
Gambar 4.3	Konfigurasi sumbu beban tipe truk 1,2-2,2 trailer (Manual Perkerasan Jalan dengan alat Berkelman Beam 01/MN/BM/83).....	47
Gambar 4.4	Idealisasi bidang kontak ban truk trailer 1,2-2,2 (dalam mm).....	48
Gambar 4.5	Alur penelitian	50
Gambar 4.6	Denah pelat dan sambungan perkerasan kaku (Dinas BM PUPR Jawa Tengah, 2021).....	51
Gambar 4.7	Ukuran pelat perkerasan kaku pada model di aplikasi Abaqus	52
Gambar 4.8	Lapisan perkerasan kaku pada model di aplikasi Abaqus	52
Gambar 4.9	Detail potongan sambungan memanjang perkerasan kaku dengan <i>tie bar</i> pada perkerasan yang diteliti (Dinas BM PUPR Jawa Tengah, 2021).....	52



Gambar 4.10	Detail potongan sambungan melintang perkerasan kaku dengan dowel pada perkerasan yang diteliti (Dinas BM PUPR Jawa Tengah, 2021)	53
Gambar 4.11	Detail potongan sambungan memanjang perkerasan kaku dengan <i>tie bar</i> sebagai referensi proyek yang berbeda (Dinas PUPR Kabupaten Sleman, 2020)	53
Gambar 4.12	Detail potongan sambungan melintang perkerasan kaku dengan dowel sebagai referensi proyek yang berbeda (Dinas PUPR Kabupaten Sleman, 2020)	53
Gambar 4.13	Idealisasi sambungan dowel dan <i>tie bar</i> pelat perkerasan kaku pada model di aplikasi Abaqus.....	54
Gambar 4.14	Peletakan beban kendaraan pada model di aplikasi Abaqus	56
Gambar 4.15	Posisi pembebanan pada pelat perkerasan kaku: (a)Posisi pembebanan <i>edge</i> (tepi); (b)Posisi pembebanan <i>interior</i> (dalam); (c)Posisi pembebanan <i>corner</i> (pojok)	56
Gambar 4.16	Grafik distribusi tegangan di bawah beban persegi panjang untuk <i>global model</i>	57
Gambar 4.17	Grafik distribusi tegangan di bawah beban persegi panjang untuk beban roda terberat	58
Gambar 4.18	Tiga belas (13) variasi CBR yang digunakan dalam analisis metode <i>finite element</i>	60
Gambar 5.1	Pedoman model sumbu global terhadap arah perkerasan.....	63
Gambar 5.2	Grafik tegangan tarik maksimum posisi pembebanan <i>edge</i> dengan berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku	67
Gambar 5.3	Grafik tegangan tekan maksimum posisi pembebanan <i>edge</i> berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku	67
Gambar 5.4	Grafik tegangan geser posisi pembebanan <i>edge</i> berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku.....	68
Gambar 5.5	Grafik perbandingan tegangan tarik arah 1-1 (S11) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>edge</i> hasil analisis pada perkerasan kaku.....	68
Gambar 5.6	Grafik perbandingan tegangan tarik arah 2-2 (S22) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>edge</i> hasil analisis pada perkerasan kaku.....	69
Gambar 5.7	Grafik perbandingan tegangan tarik arah 3-3 (S33) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>edge</i> hasil analisis pada perkerasan kaku.....	69
Gambar 5.8	Grafik perbandingan tegangan tekan arah 1-1 (S11) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR Seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>edge</i> hasil analisis pada perkerasan kaku.....	69
Gambar 5.9	Grafik perbandingan tegangan tekan arah 2-2 (S22) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) pembebanan <i>edge</i> hasil analisis pada perkerasan kaku.....	70
Gambar 5.10	Grafik perbandingan tegangan tekan arah 3-3 (S33) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>edge</i> hasil analisis pada perkerasan kaku.....	70



Gambar 5.11	Grafik perbandingan tegangan geser arah 1-2 (S12) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>edge</i> hasil analisis pada perkerasan kaku.....	70
Gambar 5.12	Grafik perbandingan tegangan geser arah 1-3 (S13) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>edge</i> hasil analisis pada perkerasan kaku.....	71
Gambar 5.13	Grafik perbandingan tegangan geser arah 2-3 (S23) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>edge</i> hasil analisis pada perkerasan kaku.....	71
Gambar 5.14	Tegangan S11 arah memanjang pelat perkerasan kaku posisi pembebanan <i>edge</i> pada variasi CBR dengan tegangan terbesar.....	72
Gambar 5.15	Tegangan S11 arah memanjang pelat perkerasan kaku posisi pembebanan <i>edge</i> pada variasi CBR seragam 1A (6%)	72
Gambar 5.16	Tegangan S22 arah melintang pelat perkerasan kaku posisi pembebanan <i>edge</i> pada variasi CBR dengan tegangan terbesar.....	72
Gambar 5.17	Tegangan S22 arah melintang pelat perkerasan kaku posisi pembebanan <i>edge</i> pada variasi nilai CBR seragam 1A (6%)	72
Gambar 5.18	Grafik tegangan tarik maksimum posisi pembebanan <i>interior</i> dengan berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku.....	76
Gambar 5.19	Grafik tegangan tekan maksimum posisi pembebanan <i>interior</i> dengan berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku.....	76
Gambar 5.20	Grafik tegangan geser posisi pembebanan <i>interior</i> dengan berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku	77
Gambar 5.21	Grafik perbandingan tegangan tarik arah 1-1 (S11) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>interior</i> hasil analisis pada perkerasan kaku	77
Gambar 5.22	Grafik perbandingan tegangan tarik arah 2-2 (S22) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>interior</i> hasil analisis pada perkerasan kaku	78
Gambar 5.23	Grafik perbandingan tegangan tarik arah 3-3 (S33) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>interior</i> hasil analisis pada perkerasan kaku	78
Gambar 5.24	Grafik perbandingan tegangan tekan arah 1-1 (S11) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>interior</i> hasil analisis pada perkerasan kaku	78
Gambar 5.25	Grafik perbandingan tegangan tekan arah 2-2 (S22) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>interior</i> hasil analisis pada perkerasan kaku	79
Gambar 5.26	Grafik perbandingan tegangan tekan arah 3-3 (S33) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>interior</i> hasil analisis pada perkerasan kaku	79
Gambar 5.27	Grafik perbandingan tegangan geser arah 1-2 (S12) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>interior</i> hasil analisis pada perkerasan kaku	79



Gambar 5.28	Grafik perbandingan tegangan geser arah 1-3 (S13) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR Seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>interior</i> hasil analisis pada perkerasan kaku	80
Gambar 5.29	Grafik perbandingan tegangan geser arah 2-3 (S23) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>interior</i> hasil analisis pada perkerasan kaku	80
Gambar 5.30	Tegangan S11 arah memanjang pelat perkerasan kaku posisi pembebanan <i>interior</i> pada variasi CBR dengan tegangan terbesar	81
Gambar 5.31	Tegangan S11 arah memanjang pelat perkerasan kaku posisi pembebanan <i>interior</i> pada variasi CBR seragam 1A (6%).....	81
Gambar 5.32	Tegangan S22 arah melintang pelat perkerasan kaku posisi pembebanan <i>interior</i> pada variasi CBR dengan tegangan terbesar	81
Gambar 5.33	Tegangan S22 arah melintang pelat perkerasan kaku posisi pembebanan <i>interior</i> pada variasi CBR seragam 1A (6%).....	81
Gambar 5.34	Grafik tegangan tarik maksimum posisi pembebanan <i>corner</i> berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku	85
Gambar 5.35	Grafik tegangan tekan maksimum posisi pembebanan <i>corner</i> berbagai variasi CBR dari hasil analisis pada perkerasan kaku.....	85
Gambar 5.36	Grafik tegangan geser posisi pembebanan <i>corner</i> berbagai variasi CBR hasil analisis pada perkerasan kaku.....	86
Gambar 5.37	Grafik perbandingan tegangan tarik arah 1-1 (S11) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>corner</i> hasil analisis pada perkerasan kaku.....	86
Gambar 5.38	Grafik perbandingan tegangan tarik arah 2-2 (S22) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>corner</i> hasil analisis pada perkerasan kaku.....	87
Gambar 5.39	Grafik perbandingan tegangan tarik arah 3-3 (S33) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>corner</i> hasil analisis pada perkerasan kaku.....	87
Gambar 5.40	Grafik perbandingan tegangan tekan arah 1-1 (S11) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>corner</i> hasil analisis pada perkerasan kaku.....	87
Gambar 5.41	Grafik perbandingan tegangan tekan arah 2-2 (S22) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>corner</i> hasil analisis pada perkerasan kaku.....	88
Gambar 5.42	Grafik perbandingan tegangan tekan arah 3-3 (S33) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>corner</i> hasil analisis pada perkerasan kaku.....	88
Gambar 5.43	Grafik perbandingan tegangan geser arah 1-2 (S12) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi nilai CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>corner</i> hasil analisis pada perkerasan kaku	88
Gambar 5.44	Grafik perbandingan tegangan geser arah 1-3 (S13) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>corner</i> hasil analisis pada perkerasan kaku.....	89



Gambar 5.45	Grafik perbandingan tegangan geser arah 2-3 (S23) antara variasi kombinasi CBR dengan variasi CBR seragam 1A (6%) posisi pembebanan <i>corner</i> hasil analisis pada perkerasan kaku.....	89
Gambar 5.46	Tegangan S11 arah memanjang pelat perkerasan kaku posisi pembebanan <i>corner</i> pada variasi CBR dengan tegangan terbesar.....	90
Gambar 5.47	Tegangan S11 arah memanjang pelat perkerasan kaku posisi pembebanan <i>corner</i> dengan variasi nilai CBR seragam 1A (6%).....	90
Gambar 5.48	Tegangan S22 arah melintang pelat perkerasan kaku posisi pembebanan <i>corner</i> pada variasi nilai CBR dengan tegangan terbesar.....	90
Gambar 5.49	Tegangan S22 arah melintang pelat perkerasan kaku posisi pembebanan <i>corner</i> pada variasi CBR seragam 1A (6%)	90