



ANALISIS GAYA JEBAK RADIASI BERDASARKAN MODEL RAPAT MOMENTUM PEIERLS, KLIMA-PETRZILKA, ABRAHAM DAN MINKOWSKI

FAUZAN KOLBIN



JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2003



Halo, saya adalah mahasiswa dari jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Saya sedang mengerjakan tugas kuliah tentang optik. Saya ingin bertanya tentang konsep momentum cahaya dan gaya radiasi. Apakah ada perbedaan antara momentum linear dan momentum sudut? Bagaimana cara menghitungnya? Terima kasih.

RINGKASAN

FAUZAN KOLBI N, Analisis Gaya Jebak Radiasi Berdasarkan Model Rapat Momentum Peierls, Klima-Petrzilka, Abaraham dan Minkowski. Dibimbing Oleh Drs SIDIKRUBADI PRAMUDITO.

Keadaan partikel bola dielektrik dalam suatu pancaran laser tunggal dengan fokus yang tajam, dapat dianalisa gaya-gayanya dengan menghitung momentum yang terdeposisi pada permukaan partikel mikro. Momentum tersebut merupakan selisih antara momentum yang dibawa oleh sinar yang datang dengan momentum sinar yang direfleksikan dan momentum sinar yang direfraksikan. Momentum yang terdeposisi pada permukaan tiap satuan waktu merupakan gaya yang bekerja pada permukaan tersebut. Gaya permukaan tersebut dapat diuraikan menjadi dua jenis gaya yaitu gaya aksial dan gaya radial. Gaya aksial ini akan menyebabkan partikel terdorong kearah yang sesuai dengan penjalaran sinar laser, sedangkan gaya radial akan menyebabkan partikel ditarik ke arah sumbu berkas laser. Gaya radial ini akan menyebabkan partikel dipertahankan berada dalam medan radiasi laser apabila indeks bias partikel lebih besar terhadap indeks bias medium disekitarnya sebab jika tidak maka partikel akan terdorong keluar berkas. Penyebab yang lain seperti distribusi pancaran radiasi laser juga haruslah maksimum di pusat berkas(TEM_{00}), karena jika intensitas laser maksimum dipusat berkas maka jumlah total dari gaya permukaan akan menuju pusat berkas.

Model rapat momentum cahaya adalah sesuatu yang sangat kompleks baik saran Minkowski, Abaraham, Peieris dan Klima-Petrzilka. Hasil perhitungan terhadap keempat model rapat momentum tersebut terdapat perbedaan pada besarnya gaya aksial dan gaya radial. Rapat momentum Minkowski menghitung gaya aksial maupun gaya radial yang paling besar kemudian hasil perhitungan yang lebih rendah lagi berturut-turut yaitu model rapat momentum Peierls, Klima-Petrzilka dan Abraham. Masing-masing model rapat momentum tersebut tidak membentuk kurva yang khas untuk parameter fisika yang sama, tetapi perbedaan untuk setiap model hanya terletak pada besarnya gaya aksial maupun gaya radial.

Jebakan optik dapat digunakan untuk menangkap dan memanipulasi partikel mikro, dengan demikian teknik ini dapat diaplikasikan pada sel-sel biologi dan mikroorganism. Beberapa aplikasi yang telah ditemukan diantaranya ialah bahwa laser dapat memegang bakteri dan beberapa mikroorganism lain tanpa kerusakan yang nyata, untuk memanipulasi sel tanpa terjadi kebocoran pada dinding sel, untuk menggabungkan dua buah sel, untuk pemetaan genome dan untuk mengumpulkan serta mengisolasi kepingan-kepingan kromosom khusus. Teknik ini disebut sebagai *optical tweezers*.

**ANALISIS GAYA JEBAK RADIASI
BERDASARKAN MODEL RAPAT MOMENTUM PEIERLS,
KLIMA-PETRZILKA, ABRAHAM DAN MINKOWSKI**

FAUZAN KOLBI N

Skripsi

Sebagai salah satu syarat tugas akhir untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains

Pada

Pogram Studi Fisika

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

2003




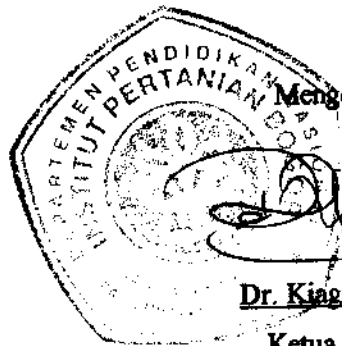
Judul : Analisis Gaya Jebak Radiasi Berdasarkan Model Rapat Momentum Peierls,
Klima-Petrzilka, Abaraham dan Minkowski
Nama : Fauzan Kolbi N
Nrp. : G07498038

Menyetujui,



Drs. Sidikribadi Pramudito
Pembimbing Utama

Mengetahui,

Dr. Kiagus Dahlan
Ketua Jurusan

Tanggal Lulus Ujian Sekripsi:



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sumedang pada tanggal 6 Januari 1979 sebagai anak kedua dari tiga beranda pasangan Drs Agus Salim N M.Ed dan Idah Hamidah.

Setelah Penulis menamatkan pendidikan sekolah menengah umum di SMUN 58 Jakarta, pada tahun 1998 penulis melanjutkan pendidikan melalui jalur UMPTN ke Institut Pertanian Bogor. Di IPB penulis diterima pada program studi Fisika sebagai mahasiswa Fisika.



KATA PENGANTAR

Dengan Nama Allah Yang Maha Pengasih & Maha Penyayang

Segala puji dan syukur hanya bagi Allah SWT, karena berkat rahmatNYA Penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal penelitian ini. Penyusunan karya tulis ini juga dapat diselesaikan atas bantuan dan bimbingan yang sangat berharga dari berbagai pihak. Oleh karena itu Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang kami hormati:

- Bapak Drs. Sidikrubadi Pramudito selaku Pembimbing penelitian ini, yang selalu meluangkan waktu untuk berdiskusi dan mengoreksi tulisan ini.
- Bapak Husin Alatas M.Si dan Bapak M Nur Indro M.Sc selaku Penguji, Bapak Haenedi D S M.S selaku Pembimbing akademik, serta Seluruh Staf Pengajar di jurusan Fisika.
- Bapak dan Mam yang selalu men Do'a kan, atas segala dukungan baik moril maupun materi. Untuk kang Alan, de Ani dengan kang Asepnya serta seluruh keluargaku.
- Teman-teman atas kebersamaannya selama kuliah: Suleman, Ali, Coyan, Udin, Ttir, Ucup, Korn, Taya, Topik, Apri Yessi, Febi, Elavan, Rateh, Indah, Ranti, Tia, Iis, Imel, Ana, Aji, Roci, Bengbeng, Ucup, Korn, Taya, Topik, Askur, Askar, Asri, Ondang, Halidi, Norahmat, serta seluruh teman-teman Fisika angkatan 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 dan 39.
- Teman-teman seperjuangan di laboratorium fisika teori dan komputasi: Ozan (Untuk segala diskusinya) dan Mbak yuli (Untuk karya tulis dan jurnal-jurnalnya).

Penulis menyadari bahwa penyusunan karya tulis ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan masukan baik berupa kritik, saran, maupun koreksi yang membangun. Semoga proposal penelitian ini bermanfaat bagi kita semua.

Depok, 7 Agustus 2003

Fauzan Kolbi N

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR GAMBAR.....	iii
DAFTAR LAMPIRAN.....	iv
I PENDAHULUAN	1
A Latar Belakang.....	2
B Tujuan Penelitian.....	2
II TINJAUAN PUSTAKA	2
A Rapat Momentum pada Penjalaran Gelombang Elektromagnetik.....	3
B Refleksi dan Refraksi pada Permukaan Batas.....	4
C Energi dan Penjalaran Berkas Laser.....	5
D Penurunan Analitik.....	5
III METODE PENELITIAN	7
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	7
A Gaya Aksial.....	9
B Gaya Radial.....	11
C Perbedaan Indeks Bias Partikel.....	11
KESIMPULAN DAN SARAN.....	12
DAFTAR PUSTAKA.....	12
LAMPIRAN.....	14

DAFTAR GAMBAR

			Halaman
Gambar	1.a	Penjalaran sinar pada elemen permukaan dA melalui medium dengan indeks bias yang berbeda.....	4
Gambar	1.b	Momentum Permukaan yang diberikan pada Permukaan Elemen dA....	4
Gambar	1.c	Momentum Permukaan Sebagai Gaya Total yang Dipisahkan Menjadi Komponen Gaya Aksial dan Gaya Radial.....	4
Gambar	2	Model Interaksi Laser dalam Suatu Medium dengan Indek Bias n_1 , Terhadap Partikel Dielektrik dengan Indeks bias n_0	4
Gambar	3	Geometri untuk Menghitung Gaya Jebak yang Berhubungan dengan Hamburan dari Seberkas Sinar Datang.....	5
Gambar	4.a	Gaya Aksial vs Jarak Aksial dan jari-jari Partikel untuk rapat momentum Minkowski.....	8
Gambar	4.b	Gaya Aksial vs Jarak Aksial dan jari-jari Partikel untuk rapat momentum Peierls.....	8
Gambar	4.c	Gaya Aksial vs Jarak Aksial dan jari-jari Partikel untuk rapat momentum Klima-Petrzilka.....	8
Gambar	4.d	Gaya Aksial vs Jarak Aksial dan jari-jari Partikel untuk rapat momentum Abraham.....	8
Gambar	5	Gaya Aksial Maksimum Terhadap Perubahan jari-jari Partikel.....	9
Gambar	6.a	Gaya Radial Fungsi dari Radial Offset dan jari jari Parikel, di Pinggang Berkas $z=0$ untuk rapat momentum Minkowski.....	9
Gambar	6.b	Gaya Radial Fungsi dari Radial Offset dan jari jari Parikel, di Pinggang Berkas $z=0$ untuk rapat momentum Peierls.....	9
Gambar	6.c	Gaya Radial Fungsi dari Radial Offset dan jari jari Parikel, di Pinggang Berkas $z=0$ untuk rapat momentum Klima-Petrzilka.....	9
Gambar	6.d	Gaya Radial Fungsi dari Radial Offset dan jari jari Parikel, di Pinggang Berkas $z=0$ untuk rapat momentum Abraham.....	9
Gambar	7.a	Gaya Radial Fungsi dari Radial Offset dan jari jari Parikel, pada Jarak Aksial $z=96$ dari Pinggang Berkas untuk rapat momentum Minkowski..	10
Gambar	7.b	Gaya Radial Fungsi dari Radial Offset dan jari jari Parikel, pada Jarak Aksial $z=96$ dari Pinggang Berkas untuk rapat momentum Peierls.....	10
Gambar	7.c	Gaya Radial Fungsi dari Radial Offset dan jari jari Parikel, pada Jarak Aksial $z=96$ dari Pinggang Berkas untuk rapat momentum Klima-Petrzilka.....	10
Gambar	7.d	Gaya Radial Fungsi dari Radial Offset dan jari jari Parikel, pada Jarak Aksial $z=96$ dari Pinggang Berkas untuk rapat momentum Abraham....	10
Gambar	8	Partikel Dibawah Pengaruh Radiasi Laser Selain didorong Secara Aksial namun Juga Ditarik Kearah Radial.....	10
Gambar	9	Jari-jari Partikel vs Radial Offset ketika Gaya Radial Maksimum untuk Semua Model Rapat Momentum pada $z=0\mu\text{m}$ dan $z=96\mu\text{m}$	11
Gambar	10	Gaya Radial Fungsi dari Indeks Bias Partikel.....	11
Gambar	11	Gaya Aksial Fungsi dari Jarak Aksial untuk Empat Model Rapat Momentum.....	15
Gambar	12	Gaya Radial Fungsi dari Jarak Radial untuk Empat Model Rapat Momentum.....	16

DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1	Tabel Gaussian Quadrature $n=32$	14
Lampiran 2	Lampiran Gambar	15
Lampiran 3	Listing Program.....	17
Lampiran 4	Data Hasil Numerik.....	22

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Johannes Kepler pada tahun 1619 mempostulatkan bahwa tekanan cahaya matahari mampu memberikan suatu tekanan radiasi yang menyebabkan ekor komet menjauhi matahari. Kemudian pada tahun 1873, Sir William Crookes menemukan tekanan radiasi yang berupa gaya radiometrik. Pada tahun yang sama Maxwell memprediksikan tekanan radiasi berdasarkan teorinya tentang gelombang elektromagnetik. Maxwell memperlihatkan bahwa secara teori semua cahaya dapat melakukan gaya optikal. Konsep ini yang kemudian dikenal sebagai konsep tekanan radiasi. Eksperimen lebih lanjut tentang tekanan radiasi dilakukan pada tahun 1903 oleh Ernest dan Hulls. Mereka membuktikan secara eksperimental melalui percobaannya dengan menggunakan cermin neraca puntiran, hasilnya adalah efek tekanan radiasi ini sangatlah kecil untuk sumber radiasi biasa seperti lampu atau sinar matahari. Kenyataan ini membuat para fisikawan tidak lagi menaruh perhatian terhadap konsep tekanan radiasi untuk kurun waktu yang cukup lama sampai diketemukan laser pada tahun 1960. Penemuan laser membuka keinginan para ilmuwan untuk meneliti kembali konsep tekanan radiasi dengan memanfaatkan karakteristik unik berkas laser (Ashkin, 1972) (Gauthier, 1997).

Percepatan dan jebakan partikel oleh tekanan radiasi pertama kali dilaporkan oleh Ashkin (1970) melalui eksperimennya di AT&T Bell Laboratories dengan menggunakan dua pancaran radiasi laser untuk menangkap partikel dielektrik dalam medium cair. Eksperimen lebih lanjut menunjukkan bahwa partikel tunggal dapat ditahan akibat adanya kesetimbangan antara gaya radiasi keatas dan gaya gravitasi ke bawah, peristiwa ini disebut levitasi optik (Ashkin, 1971). Enam belas tahun kemudian, Ashkin dan teman sejawatnya (Ashkin *et al.*, 1986) memperlihatkan bahwa jebakan optik mungkin terjadi menggunakan pancaran laser tunggal dengan fokus yang tajam. Hal ini menunjukkan bahwa pancaran laser tersebut tidak saja mendorong secara aksial tetapi juga menarik ke arah radial (Erkin & Collins, 1997).

Jebakan optik dapat digunakan untuk menangkap dan memanipulasi partikel mikro, dengan demikian teknik ini dapat diaplikasikan pada sel-sel biologi dan mikroorganisme. Beberapa aplikasi yang telah ditemukan oleh para ilmuwan diantaranya oleh Ashkin dan Dziedzic (1987), ialah bahwa laser dapat memegang bakteri dan beberapa mikroorganisme lain tanpa kerusakan yang nyata, dan juga dapat memanipulasi sel tanpa terjadi kebocoran pada dinding sel. Aplikasi lebih lanjut dari teknik jebakan optik, ialah: untuk menggabungkan dua buah sel, untuk pemetaan genome dan untuk mengumpulkan serta mengisolasi kepingan-kepingan kromosom khusus. Teknik ini disebut sebagai *optical tweezers* (Block, 1992).

Levitasi optik dan jebakan optik telah mengalami perkembangan dalam banyak penelitian, baik secara teori maupun secara eksperimen. Meskipun sudah banyak eksperimen yang dilakukan namun pendekatan teoritik masih diperlukan, seperti yang dilakukan oleh Gauthier dan Wallace (1995) dan juga oleh Gauthier (1997). Analisa teoritis ini berperan penting sebagai suatu pendekatan untuk memprediksi besarnya gaya jebak yang dihasilkan dalam suatu jebakan optik terhadap pengaruh mode berkas laser, bentuk dan ukuran partikel, serta pengaruh indeks bias partikel terhadap indeks bias medium disekitarnya.

Pancaran radiasi laser dalam bentuk gelombang elektromagnetik dalam penjalarnya membawa sejumlah besar energi dan momentum. Untuk tujuan penjebakan optik petukaran momentum di permukaan batas dua medium menimbulkan gaya pada permukaan batas tersebut. Terdapat beberapa macam model rapat momentum dalam suatu medium dielektrik. Model rapat momentum tersebut diantaranya adalah: model rapat momentum Abraham, Minkowski, Peierls dan Klima-Petrzilka.

Lebih lanjut tulisan ini juga akan memprediksi kembali gaya aksial maupun gaya jebak radial akibat interaksi antara laser dengan partikel mikro dielektrik, dan pengaruh keempat model rapat momentum terhadap hasil perhitungan gaya aksial maupun gaya jebak radial.



B. Tujuan Penelitian

1. Menurunkan persamaan gaya-gaya jebak berdasarkan konsep rapat momentum Abraham, Minkowski, Peierls dan Klima-Petrzilka
2. Membandingkan hasil komputasi numerik dari keempat rapat momentum tersebut untuk memperlihatkan gaya-gaya jebak aksial maupun radial dan menuangkannya secara grafis dalam bentuk kurva.
3. Mempelajari pengaruh berbagai parameter terhadap gaya-gaya jebak yaitu ukuran partikel dan lebar berkas.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Momentum pada Penjalaran Gelombang Elektromagnetik.

Pada penjalaran radiasi gelombang elektromagnetik, medan elektromagnetik selain membawa energi juga membawa momentum linier, sehingga dimungkinkan untuk mengarahkan suatu tekanan radasi pada sebuah partikel mikro dengan menyinari partikel tersebut oleh pancaran radiasi gelombang elektromagnetik. Untuk dapat menghitung gaya-gaya radiasi pada partikel mikro diperlukan perhitungan yang melibatkan rapat momentum radiasi elektromagnetik (\bar{g}). Setidaknya terdapat empat model rapat momentum yang berbeda dari gelombang elektromagnetik yang menjalar pada suatu medium yang memiliki indeks bias (n) yaitu:

Model rapat momentum menurut Abraham

$$\bar{g}_A = \frac{1}{c^2} \bar{E} \otimes \bar{H} \quad (1)$$

Model rapat momentum menurut Minkowski

$$\bar{g}_M = \frac{n^2}{c^2} \bar{E} \otimes \bar{H} \quad (2)$$

Model rapat momentum menurut Peierls

$$\bar{g}_P = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{n} + n - \frac{1}{5} \frac{(n^2 - 1)^2}{n} \right) \frac{n}{c^2} \bar{E} \otimes \bar{H} \quad (3)$$

Model rapat momentum menurut Klima-Petrzilka

$$\bar{g}_K = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{n} + n - \frac{1}{3} \frac{(n^2 - 1)^2}{n} \right) \frac{n}{c^2} \bar{E} \otimes \bar{H} \quad (4)$$

dengan \bar{E} dan \bar{H} berturut-turut adalah intensitas medan listrik dan kekuatan medan magnet.

Hal yang terpenting pada penjalaran gelombang elektromagnetik bahwa radiasi gelombang elektromagnetik dapat membawa energi dari satu titik ke titik lain. Untuk menjelaskan penjalaran energi gelombang elektromagnetik tersebut digambarkan oleh vektor Poynting (\bar{S}), yaitu banyaknya aliran energi persatuan waktu persatuan luas,

$$\bar{S} = \frac{1}{\mu} \bar{E} \otimes \bar{B} = \bar{E} \otimes \bar{H} \quad (5)$$

dengan vektor \bar{E} dan \bar{B} berturut-turut merupakan nilai sesaat intensitas medan listrik dan medan magnet di titik yang ditinjau, sedangkan $\bar{E} \otimes \bar{B}$ menunjukkan besar dan arah vektor \bar{S} . Sehingga rapat momentum masing-masing model dapat dituliskan sebagai.

$$\bar{g}_A = \frac{1}{c^2} \bar{S} \quad (6)$$

$$\bar{g}_M = \frac{n^2}{c^2} \bar{S} \quad (7)$$

$$\bar{g}_P = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{n} + n - \frac{1}{5} \frac{(n^2 - 1)^2}{n} \right) \frac{n}{c^2} \bar{S} \quad (8)$$

$$\bar{g}_K = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{n} + n - \frac{1}{3} \frac{(n^2 - 1)^2}{n} \right) \frac{n}{c^2} \bar{S} \quad (9)$$

Didefinisikan rapat fluks momentum yaitu rapat momentum dikalikan dengan laju cahaya didalam medium berindeks bias n . Rapat fluks momentum masing-masing model adalah.

$$\bar{G}_A = \bar{g}_A \times \frac{c}{n} = \frac{1}{cn} \bar{S} \quad (10)$$

$$\bar{G}_M = \bar{g}_M \times \frac{c}{n} = \frac{n}{c} \bar{S} \quad (11)$$

$$\bar{G}_P = \bar{g}_P \times \frac{c}{n} = \frac{1}{2c} \left(\frac{1}{n} + n - \frac{1}{5} \frac{(n^2 - 1)^2}{n} \right) \bar{S} \quad (12)$$



$$\vec{G}_{kr} = \vec{g}_{kr} \times \frac{c}{n} = \frac{1}{2c} \left(\frac{1}{n} + n - \frac{1}{3} \frac{(n^2 - 1)^2}{n} \right) \vec{S} \quad (13)$$

Besarnya aliran momentum (momentum persatuan waktu) yang melewati suatu permukaan dA dapat dituliskan sebagai

$$dF_A = \frac{1}{cn} \vec{S} \cdot d\vec{A} \quad (14)$$

$$dF_M = \frac{n}{c} \vec{S} \cdot d\vec{A} \quad (15)$$

$$dF_P = \frac{1}{2c} \left(\frac{1}{n} + n - \frac{1}{5} \frac{(n^2 - 1)^2}{n} \right) \vec{S} \cdot d\vec{A} \quad (16)$$

$$dF_{k-p} = \frac{1}{2c} \left(\frac{1}{n} + n - \frac{1}{3} \frac{(n^2 - 1)^2}{n} \right) \vec{S} \cdot d\vec{A} \quad (17)$$

atau secara umum adalah $dF = C \vec{S} \cdot d\vec{A}$, dengan C sebagai konstanta untuk masing masing model adalah.

$$C_A = \frac{1}{nc} \quad (18)$$

$$C_M = \frac{n}{c} \quad (19)$$

$$C_P = \frac{1}{2c} \left(\frac{1}{n} + n - \frac{1}{5} \frac{(n^2 - 1)^2}{n} \right) \quad (20)$$

$$C_{k-p} = \frac{1}{2c} \left(\frac{1}{n} + n - \frac{1}{3} \frac{(n^2 - 1)^2}{n} \right) \quad (21)$$

B. Refleksi dan Refraksi pada Permukaan Batas

Apabila cahaya yang datang dari medium berindeks bias n_1 ke medium dengan indeks bias n_2 maka akan terjadi refraksi dan refleksi pada permukaan batas, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1a. Sehingga berlaku hukum Fresnel yaitu.

$$n_1 \sin \theta = n_2 \sin r \quad (22)$$

Perbandingan antara amplitudo sinar yang dipantulkan terhadap amplitudo sinar datang (r) dan perbandingan antara amplitudo sinar yang direfraksikan dengan sinar datang (t) berturut turut disebut sebagai koefisien reflektansi dan transmitansi fresnel. Untuk cahaya yang terpolarisasi bidang vektor medan listrik, akan membentuk dua komponen polarisasi yaitu komponen sejajar (TM) dan tegak lurus (TE) terhadap bidang datang. Masing-masing perbandingan amplitudo untuk komponen yang sejajar dan tegak lurus dengan persamaannya dinyatakan oleh.

$$r_{TE} = \frac{n_2 \cos \theta - n_1 \cos r}{n_2 \cos \theta + n_1 \cos r} \quad (23)$$

$$r_{TM} = \frac{n_1 \cos \theta - n_2 \cos r}{n_1 \cos \theta + n_2 \cos r} \quad (24)$$

$$t_{TE} = \frac{2n_1 \cos \theta}{n_2 \cos \theta + n_1 \cos r} \quad (25)$$

$$t_{TM} = \frac{2n_1 \cos \theta}{n_1 \cos \theta + n_2 \cos r} \quad (26)$$

Didefinisikan Reflektansi (R) sebagai perbandingan antara fluks energi yang dipantulkan dengan fluks energi yang datang. Reflektansi dinyatakan dengan $R = |r|^2$

Didefinisikan transmitansi (T) sebagai perbandingan antara fluks energi yang diteruskan dengan fluks energi yang datang. Berkas sinar yang datang dan berkas sinar yang diteruskan terietak pada medium yang berbeda, Transmitansi dinyatakan dengan

$$T = \frac{n_2 \cos r}{n_1 \cos \theta} |t|^2 = n \frac{\cos r}{\cos \theta} |t|^2$$

dengan $n = n_2/n_1$ merupakan indeks bias relatif suatu medium terhadap medium disekitarnya. Untuk berkas jatuh tegak lurus bidang antar muka yang memisahkan dua medium maka.

$$r = \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \quad (26)$$

$$t = \frac{2n_1}{n_2 + n_1} \quad (27)$$

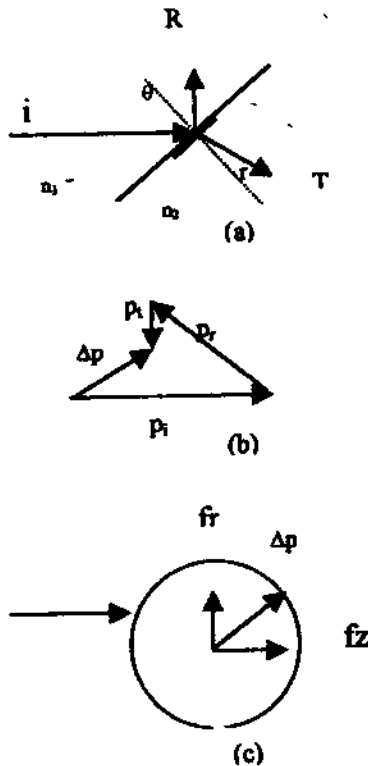


Sehingga dari persamaan (26) dan (27) didapat persamaan yang menunjukkan kekekalan energi pada permukaan untuk medium *nonabsorptif* yaitu.

$$R + T = 1 \tag{28}$$

Untuk polarisasi sirkular transmisi dan reflektansinya merupakan jumlah nilai rata-rata dari polarisasi liniernya, dengan reflektansi dinyatakan oleh.

$$|r|^2 = \left| \frac{r_{TE} + r_{TM}}{2} \right|^2 \tag{29}$$



Gambar 1. Penjalaran Sinar Pada Permukaan Elemen dA. (a)Penjalaran Sinar Melalui Indeks Bias Medium yang Berbeda. (b)Pertukaran Momentum Terhadap Permukaan Elemen dA. (c)Momentum Permukaan Tiap Satuan Waktu Sebagai Gaya Permukaan yang Dipisahkan Menjadi Komponen Gaya Aksial dan Gaya Radial

Apabila sinar datang dengan membawa momentum menuju ke permukaan suatu medium, maka akan terjadi refleksi dan refraksi, sehingga akan terjadi pertukaran momentum yang terdposisi pada permukaan. Momentum

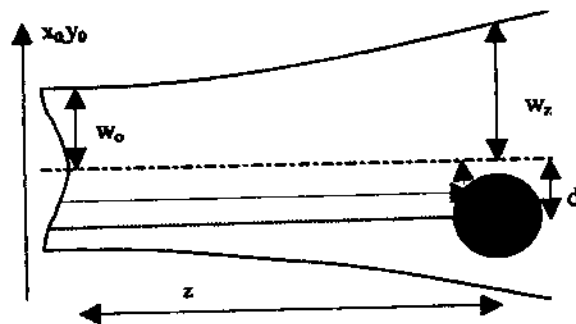
tersebut timbul akibat dari selisih momentum sinar yang datang (\overline{P}_i) dengan momentum sinar yang direfleksikan (\overline{P}_R) dan momentum sinar yang direfraksikan (\overline{P}_T) sehingga terdapat momentum sinar yang diberikan pada permukaan partikel mikro ($\overline{\Delta P}$), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1b. Sehingga diberikan oleh persamaan berikut.

$$\overline{\Delta P} = \overline{P}_i - \overline{P}_R - \overline{P}_T \tag{30}$$

Momentum permukaan tiap satuan waktu merupakan gaya yang bekerja pada permukaan tersebut. Gaya permukaan tersebut dalam tulisan ini diuraikan kedalam dua komponen gaya, yaitu gaya yang menuju arah radial yang disebut sebagai gaya radial dan gaya yang menuju arah aksial yang disebut sebagai gaya aksial. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1c.

C. Energi dan Penjalaran Berkas Laser

Sebuah berkas laser akan membentuk muka-muka gelombang hampir sferis dengan medan listrik memperlihatkan distribusi iradiansi gaussian transvers yang terlokalisasi pada sumbu propagasi. Dalam penelitian ini moda berkas laser yang digunakan adalah moda fundamental TEM₀₀ (Transverse Electric Magnetic). Suatu berkas laser dengan input TEM₀₀ memiliki mode pancaran gaussian. Moda ini memiliki intensitas yang maksimum di pusat berkas laser, sehingga diharapkan partikel mikro dapat tertarik menuju arah radial ke pusat berkas.



Gambar 2. Model Interaksi Laser dalam Suatu Medium dengan Indeks Bias n1, Terhadap Partikel Dielektrik dengan Indeks bias n2.



Gambar 2, memperlihatkan partikel dielektrik dengan jari-jari r_0 berada dalam berkas laser. Indeks bias partikel n_2 dan indeks bias medium disekitarnya n_1 . w_0 menunjukkan ukuran spot laser yang merupakan pinggang berkas laser. Gambar tersebut menunjukkan partikel berada pada jarak aksial z dari pinggang berkas laser (w_0) dan jarak radial ρ dari pusat maksimum berkas laser (sumbu berkas laser), sedangkan ρ adalah jarak suatu titik yang ditinjau relatif terhadap sumbu berkas laser, $w(z)$ menunjukkan lebar pancaran berkas laser pada posisi z dari pinggang berkas. Medan listrik dan medan magnet untuk berkas laser moda TEM_{00} adalah.

$$E = E_0 e^{\left(-\frac{\rho^2}{w(z)^2} + i(kz - \omega t)\right)} \hat{i} \quad (31)$$

$$B = -\frac{n}{c} E_0 e^{\left(-\frac{\rho^2}{w(z)^2} + i(kz - \omega t)\right)} \hat{j} \quad (32)$$

Aliran energi pada penjalaran gelombang elektromagnetik digambarkan dengan vektor Poynting. Dengan mengacu pada Pers.(5), maka rapat fluks energi rata-rata yang dibawa oleh laser adalah.

$$\bar{S} = \frac{1}{2} \frac{c}{n} \epsilon E_0^2 e^{\left[-\frac{2\rho^2}{w(z)^2}\right]} \hat{k} \quad (33)$$

Ekspresi pada persamaan (33) juga dituliskan juga sebagai fungsi daya total laser P , dengan memanfaatkan hubungan dengan amplitudo kuadrat dari intensitas medan listrik, yaitu.

$$E_0^2 = \frac{4nP}{\pi c \epsilon w(z)^2} \quad (34)$$

sehingga didapatkan.

$$\bar{S} = \frac{2P}{\pi w(z)^2} e^{\left[-\frac{2\rho^2}{w(z)^2}\right]} \hat{k} \quad (35)$$

$$w(z)^2 = w_0^2 \left[1 + \left(\frac{z}{z_R}\right)^2 \right] \quad (36)$$

Dengan z_R (Rayleigh range) menyatakan posisi pada sumbu berkas pada keadaan intensitas berkas sama dengan setengah kali intensitas maksimum dinyatakan oleh.

$$z_R = \frac{\pi n w_0^2}{\lambda_0} \quad (37)$$

λ_0 menyatakan panjang gelombang laser dalam vakum,

Konstanta ρ adalah jarak radial suatu titik dari sumbu berkas yang merupakan posisi relatif elemen luasan dA terhadap koordinat sumbu berkas dinyatakan sebagai.

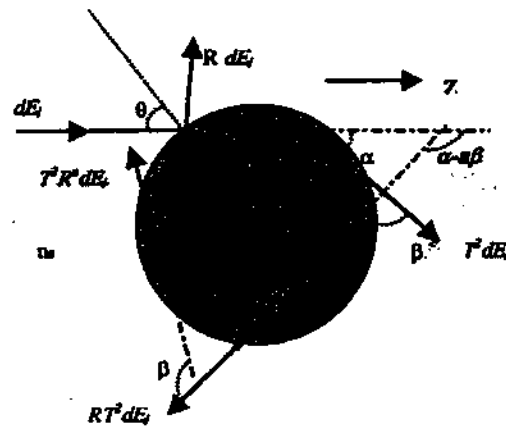
$$\rho^2 = d^2 + r_0^2 \sin^2 \theta - 2r_0 d \sin \theta \cos \phi \quad (38)$$

dan elemen luas dA terhadap vektor normal permukaan \hat{n} adalah.

$$dA = r_0^2 \sin \theta d\theta d\phi \hat{n} \quad (39)$$

D. Penurunan Analitik

Penurunan persamaan gaya-gaya dengan mempertimbangkan interaksi suatu pancaran sinar tunggal yang menumbuk permukaan partikel bola dielektrik *non-absorptif*, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Geometri untuk Menghitung Gaya Jebak yang Berhubungan dengan Hamburan dari Seberkas Sinar Datang dengan Laju Energi dE_0 Terhadap Partikel Bola Dielektrik.



Seberkas cahaya datang dengan energi per satuan waktu dE_i mengalami refleksi dan refraksi beruntun pada sebuah permukaan bola. Total gaya yang bekerja pada permukaan bola adalah jumlah seluruh dari kontribusi berkas sesuai untuk gaya yang terefleksi dengan energi per unit waktu dan untuk berkas yang terefraksi dan terefleksi beruntun dengan energi per satuan waktu dari berkurangnya gaya yang datang berturut-turut mengikuti deret $R dE_i, T^2 dE_i, RT^2 dE_i, \dots, T^n R^n dE_i$. (Ashkin, 1991). Total gaya yang bekerja yaitu:

$$dF_{total} = C(dE_i - R dE_i - T^2 dE_i - \dots - R^n T^n dE_i) \quad (40)$$

$$dF_{total} = C dE_i - (C R dE_i + \sum_{n=0}^{\infty} R^n T^n dE_i) \quad (41)$$

Dimana $C dE_i$ merupakan momentum perdetik yang datang dalam arah z . dan kuantitas R serta T masing masing adalah reflektans dan transmitans Fresnel yang berlaku untuk polarisasi sirkular. Total gaya yang bekerja melalui titik asal O dapat dipecahkan menjadi dua komponen gaya, yaitu gaya aksial dF_z dan gaya radial dF_r . Berkas datang, berkas yang direfleksikan serta berkas yang direfraksikan disesuaikan dengan arah sudutnya masing-masing yaitu, $\pi - 2\theta, 2\pi - \alpha, 2\pi - (\alpha + \beta), 2\pi - (\alpha + 2\beta), 2\pi - (\alpha + 3\beta), \dots, 2\pi - (\alpha + n\beta)$. Sehingga persamaan gaya aksial dan gaya radialnya adalah:

$$dF_z = C dE_i - \{ C R dE_i \cos(\pi - 2\theta) + C T^2 \sum_{n=0}^{\infty} R^n dE_i \cos[2\pi - (\alpha + n\beta)] \} \quad (42)$$

$$dF_r = 0 - \{ C R dE_i \sin(\pi - 2\theta) + C T^2 \sum_{n=0}^{\infty} R^n dE_i \sin[2\pi - (\alpha + n\beta)] \} \quad (43)$$

Untuk bentuk pancaran yang kompleks seperti pancaran konvergen yang tinggi, seperti telah dikerjakan oleh Roosen *et al.*, gaya-gaya tersebut dipertimbangkan berada pada bidang kompleks, $dF_z + i dF_r$, sehingga gaya totalnya menjadi.

$$dF_{Total} = C dE_i [1 + R \cos 2\theta] + i C dE_i R \sin 2\theta - C dE_i T^2 \sum_{n=0}^{\infty} R^n e^{-i(\alpha + n\beta)} \quad (44)$$

Suku terakhir persamaan (44) yang mengandung deret geometri dapat diselesaikan dengan menjumlahkan semua n sehingga didapatkan gaya totalnya.

$$dF_{Total} = C dE_i [1 + R \cos 2\theta] + i C dE_i R \sin 2\theta - C dE_i T^2 e^{-i\alpha} \left[\frac{1}{1 - R \cdot e^{-i\beta}} \right] \quad (45)$$

Penguraian pada suku eksponensial persamaan (45) dalam bentuk trigonometrinya, lalu dirasionalisasikan kemudian dipisahkan dalam bentuk komponen real dan imajiner. Untuk selanjutnya digunakan hubungan geometri untuk $\alpha = 2\theta - 2r$ dan $\beta = \pi - 2r$ (Ashkin, 1991), maka didapatkan persamaan gaya aksial dan gaya radialnya, yaitu:

$$dF_z = C dE_i \left\{ 1 + R \cos 2\theta + \frac{T^2 [\cos(2\theta - 2r) + R \cos 2\theta]}{1 + R^2 + 2R \cos 2r} \right\} \quad (46)$$

$$dF_r = C dE_i \cos \phi \left\{ -R \sin 2\theta + \frac{T^2 [\sin(2\theta - 2r) + R \sin 2\theta]}{1 + R^2 + 2R \cos 2r} \right\} \quad (47)$$

Penambahan $\cos \phi$ pada persamaan (47) menunjukkan komponen arah radial yang menuju ke sumbu berkas, sedangkan komponen radial yang mengandung $\sin \phi$ saling menghilangkan (Herbani, 2002). dE_i pada persamaan (46) dan persamaan (47) adalah energi cahaya yang datang persatuan waktu yaitu.

$$dE_i = \bar{S} \cdot dA \quad (48)$$

Dimana \bar{S} adalah vektor Poynting sesuai dengan persamaan (35) dan dA adalah luas dari permukaan bola sesuai dengan persamaan (39).

Untuk penelitian ini hanya mempertimbangkan gaya yang bekerja pada partikel yakni gaya radiasi dari laser. Beberapa hal yang diabaikan yaitu gaya gravitasi serta efek termal. Partikel yang ditinjau adalah partikel dielektrik bersifat *non-absorptif* dengan indeks bias yang seragam diseluruh permukaan bola. Partikel bola berbentuk sferis sempurna.

Halaman ini merupakan bagian dari publikasi ilmiah yang diterbitkan oleh Institut Pertanian Bogor (IPB) dan tidak boleh disalin, diperjualbelikan, atau digunakan untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor. Untuk informasi lebih lanjut, silakan kunjungi website resmi IPB di www.ipb.ac.id.

METODA PENELITIAN

Perhitungan secara numerik digunakan untuk menyelesaikan persamaan (46) dan (47), menggunakan program Visual Basic 6.0 dilakukan dengan memakai metoda *Gaussian-Legendre Quadrature* dengan jumlah titik rajah sampai n=32 buah. Kemudian data yang diperoleh diplot dalam grafik dengan menggunakan program Microsoft Exel. Formula integral untuk metoda *Gaussian-Legendre Quadrature* terhadap suatu fungsi $f(\theta, \varphi)$ adalah.

$$\int_{-1}^1 \int_{-1}^1 f(\theta, \varphi) d\theta d\varphi = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i a_j f(\theta_i, \varphi_j) \quad (49)$$

dimana a merupakan faktor pembobot. Fungsi $f(\theta, \varphi)$ adalah fungsi yang akan diintegrasikan dari persamaan (46) dan (47). Batas integrasi pada persamaan (49) adalah -1 sampai 1 sehingga diperlukan perubahan batas-batas integrasi. Perubahan batas ini dilakukan dengan menganggap bahwa semua variable baru x dihubungkan dengan variable semua x_0 dalam suatu bentuk linier. Formula untuk perubahan batas integral adalah.

$$x_i = \frac{(c + d) + (c - d)x}{2} \quad (50)$$

dengan c menunjukkan batas atas dan d menunjukkan batas bawah dari suatu fungsi yang akan diintegrasikan. Perubahan variabel ini masing-masing untuk θ (dari 0 sampai $\pi/2$) dan φ (dari 0 sampai π) yaitu.

$$\theta = \frac{(\frac{\pi}{2} + 0) + (\frac{\pi}{2} - 0)x}{2} \quad (51)$$

persamaan (51) dapat didiferensialkan yaitu.

$$d\theta = \frac{\pi}{4} dx \quad (52)$$

dan

$$\varphi = \frac{(\pi + 0) + (\pi - 0)x}{2}$$

$$\varphi = \frac{\pi}{2}(x + 1) \quad (53)$$

persamaan (53) dapat didiferensialkan yaitu.

$$d\varphi = \frac{\pi}{2} dx \quad (54)$$

sehingga integrasi persamaan (49) menjadi.

$$I = \frac{\pi^2}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i a_j f\left(\frac{\pi}{4}(x_i + 1), \frac{\pi}{2}(x_j + 1)\right) \quad (55)$$

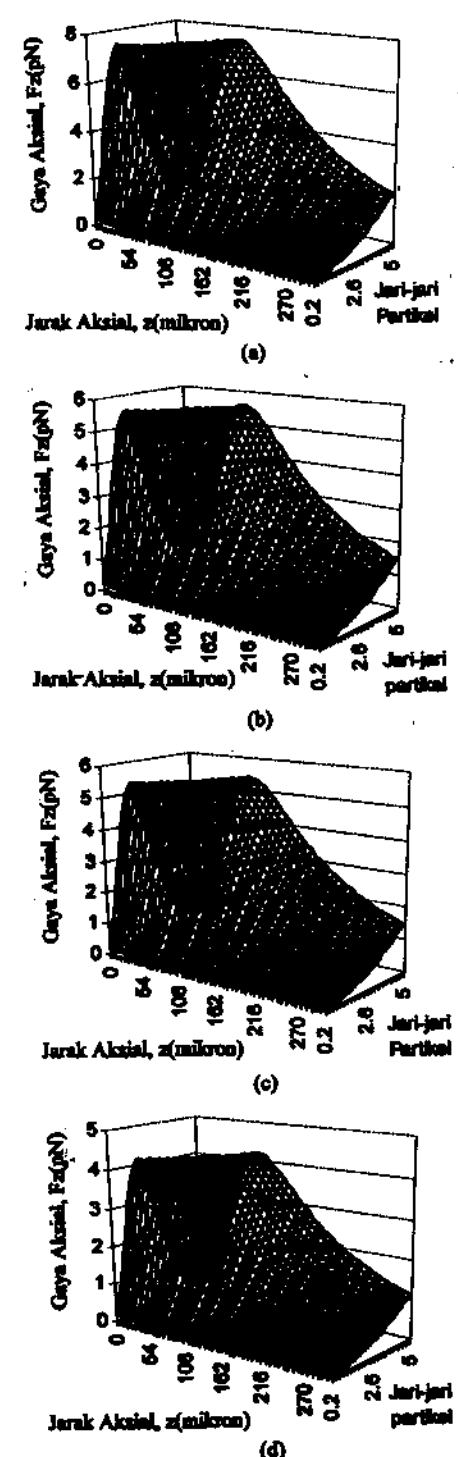
Penambahan faktor 2 masing-masing terhadap θ dan φ ditujukan agar terjadi kesimetrian. Untuk nilai-nilai pembobot a dan argumen-argumen fungsi x terdapat pada tabel nilai Gaussian Quadrature yang terdapat pada Lampiran 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan pancaran tunggal laser argon dengan panjang gelombang $\lambda_0=0.5154\mu\text{m}$ dan daya laser sebesar $P=20\text{mW}$. Parameter fisika lainnya yang digunakan yaitu indeks bias medium air $n_1=1.333$, indeks bias partikel bola polistiren $n_2=1.5468$, lebar pinggang berkas $w_0=2.0\mu\text{m}$ serta variabel yang telah dipilih nilai-nilainya yaitu untuk jari-jari partikel(r_0), radial offset(d) dan jarak aksial(z).

A. Gaya Aksial

Gaya aksial yang dibangkitkan, arahnya sama dengan arah propagasi laser dan besarnya akan proposional terhadap kenaikan intensitas optikal. Gaya aksial yang dialami oleh partikel sebagai fungsi dari jarak propagasi laser dan jari-jari partikel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Partikel dengan radial offset $d=0\mu\text{m}$, menunjukkan partikel tersebut berada di pusat sumbu berkas laser. Perhitungan ini dengan menggunakan beberapa model rapat momentum yaitu Abraham, Minkowski, Peierls dan Klima-Petrzilka.

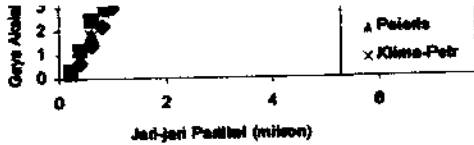


Gambar 4. Gaya Aksial Fungsi dari Jarak Aksial dan jari jari Partikel, dengan Beberapa Rapat Momentum yang Berbeda. (a)Minkowski. (b)Peierls. (c)Klima-Petrzilka. (d)Abraham.

Gambar 4a menunjukkan grafik hasil perhitungan terhadap model rapat momentum Minkowski. Partikel bola dengan jari-jari $0.2\mu\text{m} \leq r_p \leq 1.6\mu\text{m}$, pada jarak aksial $z=0\mu\text{m}$ menghasilkan perhitungan gaya aksial yang bernilai maksimum. Kemudian gaya aksial cenderung turun menuju nol sesuai dengan pertambahan jarak aksial. Hal yang sama juga terjadi untuk hasil perhitungan terhadap model rapat momentum Peierls (Gambar 4b), Klima-Petrzilka (Gambar 4c) dan Abraham (Gambar 4d). Partikel bola dengan jari-jari $0.2\mu\text{m} \leq r_p \leq 1.6\mu\text{m}$, gaya aksial akan bernilai maksimum pada $z=0\mu\text{m}$ dan kemudian cenderung turun menuju nol dengan pertambahan jarak aksial. Hasil perhitungan terhadap keempat model rapat momentum menunjukkan hal yang sama terhadap partikel dengan ukuran $r_p > 1.6\mu\text{m}$, dengan gaya aksial maksimum tidak lagi berada pada $z=0\mu\text{m}$. Misalnya partikel dengan ukuran $r_p=1.8\mu\text{m}$, gaya aksial maksimum berada pada $z=12\mu\text{m}$. Perubahan kurva yang tampak jelas juga terjadi pada partikel dengan ukuran yang lebih besar yaitu $r_p=5\mu\text{m}$, partikel ini di $z=0\mu\text{m}$ gaya aksialnya cenderung nol dan besarnya gaya aksial akan mengalami kenaikan sampai maksimum di $z=96\mu\text{m}$ kemudian menurun kembali menuju nol.

Hasil perhitungan untuk semua model rapat momentum merunjukkan bahwa gaya aksial maksimum berada pada posisi jarak aksial yang sama. Perbedaannya terletak hanya pada besarnya gaya aksial saja, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11(Lampiran 2). Dari kurva tersebut tampak bahwa model rapat momentum Minkowski menghitung gaya aksial yang lebih besar dari pada model rapat momentum Peierls dan Klima-Petrzilka sedangkan model rapat momentum Abraham menghitung gaya aksial yang paling kecil.

Gaya aksial bernilai nol artinya tidak ada gaya aksial yang bekerja pada partikel mikro sehingga partikel tidak didorong secara aksial ini merupakan keadaan setimbang bagi partikel. Untuk gaya aksial yang bekerja pada partikel tersebut sangat kecil, mungkin gaya aksial menyebabkan partikel tersebut terdorong sangat lemah. Sedangkan posisi untuk gaya aksial yang maksimum akan menyebabkan partikel terdorong sangat kuat sesuai dengan arah propagasi laser.



Gambar 5. Gaya Aksial Maksimum Fungsi jari jari Partikel, untuk Keempat Model Rapat Momentum.

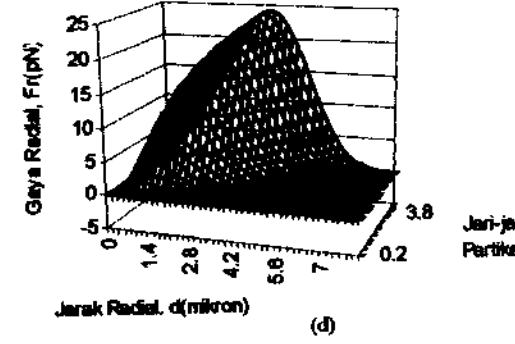
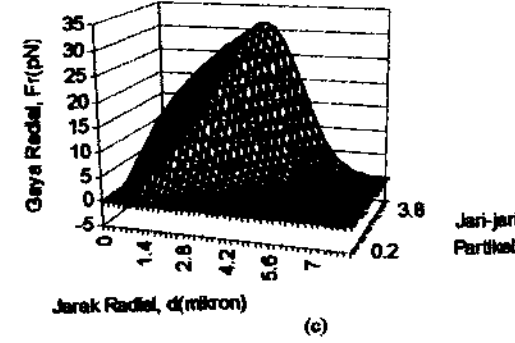
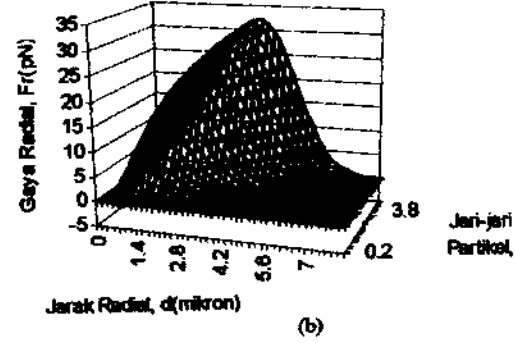
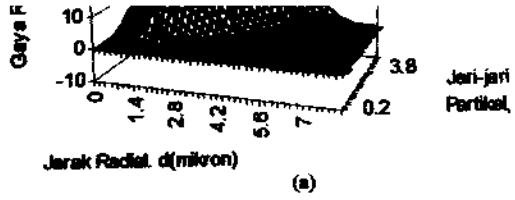
Perbedaan ukuran partikel dengan jari-jari antara $0.2\mu\text{m}$ sampai dengan $1.6\mu\text{m}$ menghasilkan perhitungan gaya aksial maksimum yang berbeda. Semakin besar jari-jari maka semakin besar gaya aksial maksimumnya. Sedangkan perbedaan partikel dengan ukuran lebih besar dari $1.6\mu\text{m}$ akan menghasilkan perhitungan gaya aksial maksimum yang relatif sama, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Gambar tersebut juga menunjukkan bahwa model rapat momentum Minkowski menghitung gaya aksial maksimum yang lebih besar dari pada model rapat momentum Peierls dan Klima-Petrzilka sedangkan model rapat momentum Abraham menghitung gaya aksial maksimum yang lebih kecil.

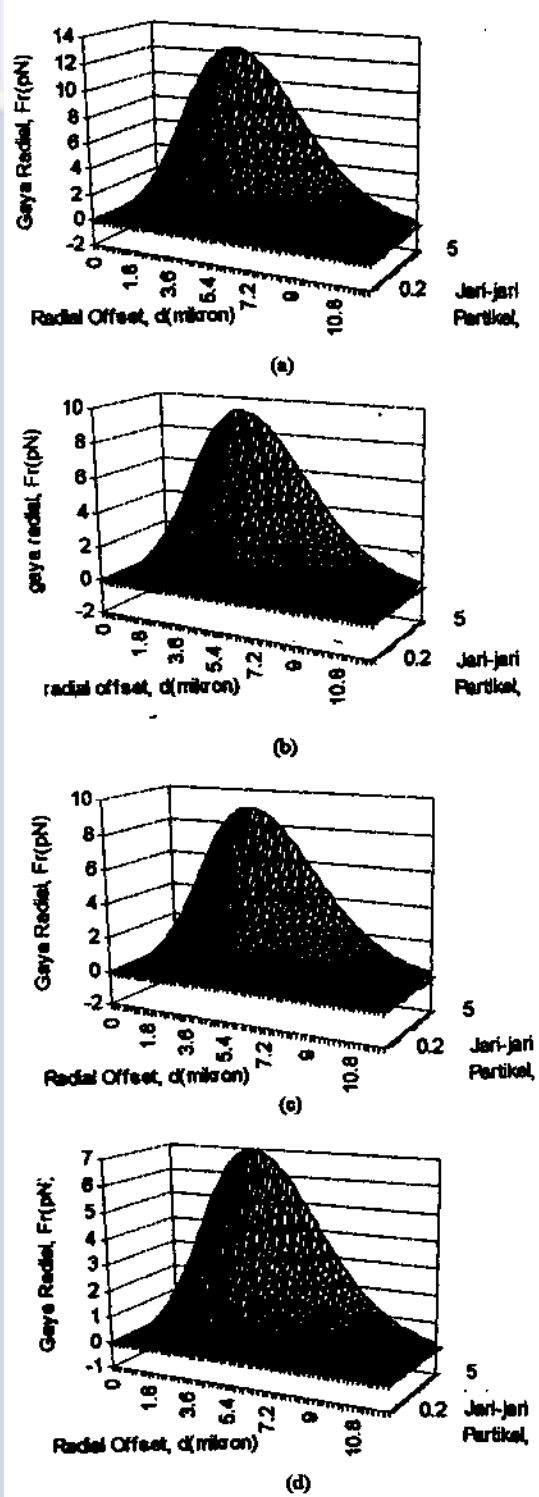
B. Gaya Radial

Gaya ini memiliki arah radial. Gaya radial ini merupakan fungsi dari jarak radial dan jari-jari partikel, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. dan Gambar 7.

Gambar 6, menunjukkan gaya radial suatu partikel yang berada di pinggang berkas $z=0$. Hasil perhitungan dengan menggunakan model rapat momentum Minkowski (Gambar 6a), Peierls (Gambar 6b), Klima-Petrzilka (Gambar 6c) serta Abraham (Gambar 6d). Untuk partikel dengan ukuran $r_0=0.2\mu\text{m}$ memiliki gaya radial bernilai maksimum di $d=1\mu\text{m}$. Untuk partikel yang besarnya sama dengan pinggang berkas $w_0=r_0=2\mu\text{m}$ gaya radial bernilai maksimum $d=1.4\mu\text{m}$. Sedangkan untuk partikel yang lebih besar ($r_0 \gg w_0$), partikel dengan ukuran $r_0=5\mu\text{m}$ gaya radial bernilai maksimum di $d=3.8\mu\text{m}$. Sehingga semakin besar ukuran partikel maka semakin besar jarak radial agar ditemukan gaya radial yang maksimum.



Gambar 6. Gaya Radial Fungsi dari Jarak Radial dan jari-jari Partikel, di Pinggang Berkas $z=0$, dengan Beberapa Model Rapat Momentum. (a)Minkowski. (b)Peierls. (c)Klima-Petrzilka. (d)Abraham.

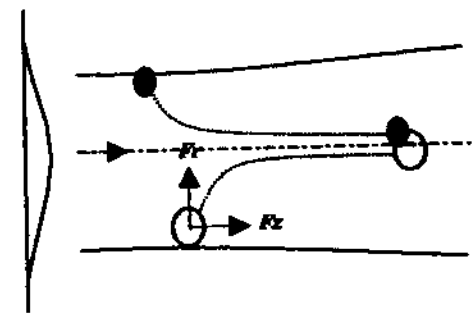


Gambar 7. Gaya Radial Fungsi dari Jarak Radial dan jari-jari Partikel, pada Jarak Aksial $z=96$ dari Pinggang Berkas, dengan Beberapa Model Rapat Momentum. (a)Minkowski, (b)Peierls, (c)Klins-Petzilka, (d)Abanham.

Gambar 7 menunjukkan keadaan partikel yang berada pada jarak tertentu dari pinggang berkas laser yaitu dengan $z=96\mu\text{m}$. Partikel dengan ukuran $r_p=0.2\mu\text{m}$ gaya radialnya bernilai maksimum pada $d=3\mu\text{m}$ dan $r_p=2\mu\text{m}$ memiliki gaya radial maksimum pada $d=3.3\mu\text{m}$ sedangkan untuk partikel yang lebih besar $r_p=5\mu\text{m}$ memiliki gaya radial maksimum pada $d=3.9\mu\text{m}$.

Mengamati Gambar 6 dan Gambar 7 terlihat bahwa pengaruh jarak aksial akan merubah besarnya gaya radial. Partikel yang berada pada pinggang berkas di $z=0\mu\text{m}$ (Gambar 6) menghitung gaya radial yang lebih besar dibandingkan dengan partikel yang berada jauh dari pinggang berkas misalnya di $z=96\mu\text{m}$ (Gambar 7). Hal ini disebabkan karena penjalaran berkas laser pada jarak aksial tertentu terjadi penyebaran berkas sehingga partikel bola tidak difokuskan dengan tajam.

Gaya radial ini akan bernilai nol bila partikel berada tepat di pusat sumbu berkas laser yaitu tepatnya di $d=0\mu\text{m}$, berapapun besarnya partikel tersebut gaya radial ini tetap nol. Hal ini disebabkan jumlah dari semua komponen radial akan saling menghilangkan. Gaya radial juga bernilai nol bila partikel berada diluar distribusi pancaran radiasi laser, yaitu dengan radial offset yang cukup besar sehingga tidak ada permukaan partikel yang terliput oleh sinar laser. Antara dua titik nol tersebut terdapat gaya radial bernilai maksimum. Gaya radial maksimum menyebabkan partikel ditarik cukup kuat menuju sumbu berkas.

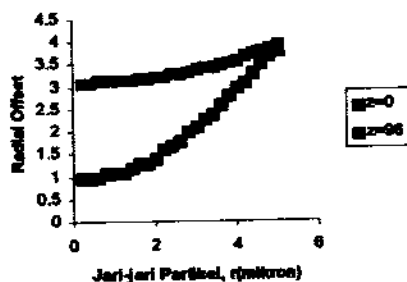


Gambar 8. Partikel Dibawah Pengaruh Radiasi Laser Selain didorong Kearah Aksial namun Juga Ditarik Kearah Radial.

Gambar 8 mengilustrasikan sebuah partikel dalam pancaran radiasi yang ditarik menuju sumbu berkas laser yang merupakan pusat maksimum dari profil pancaran radiasi laser.

bahwa perubahan ukuran jari-jari partikel bola akan mengakibatkan perubahan gaya radial. Semakin besar ukuran partikel maka akan semakin besar gaya radial yang terima oleh partikel. Hal ini karena ukuran partikel yang besar akan menyebabkan semakin besar momentum yang terdeposisi terhadap permukaan partikel, sehingga gaya radial akan semakin besar. Perubahan ukuran partikel ini juga mempengaruhi jarak radial agar diperoleh gaya radial yang maksimum.

Gaya radial sebagai fungsi radial offset untuk model rapat momentum Minkowski, Peierls, Klima-Petrzilka dan Abraham ditunjukkan pada Gambar 12 (Lampiran 2). Gambar tersebut memperlihatkan partikel yang berada pada pinggang berkas $z=0\mu\text{m}$. Untuk ukuran partikel yang berbeda, tampak bahwa setiap model rapat momentum akan menghitung gaya radial maksimum yang berada pada radial offset yang sama. Perbedaannya bahwa model rapat momentum Minkowski akan menghitung gaya radial maksimum yang lebih besar dari pada model rapat momentum Peierls dan Klima-Petrzilka sedangkan model rapat momentum Abraham menghitung gaya radial maksimum yang lebih kecil.



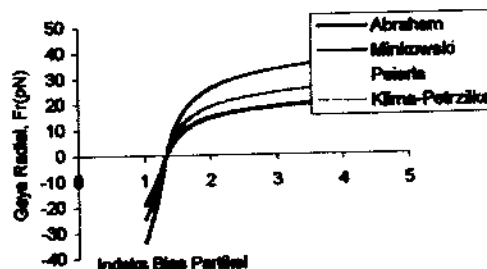
Gambar 9. Jari-jari Partikel vs Jarak Radial ketika Gaya Radial Maksimum untuk Semua Model Rapat Momentum pada $z=0\mu\text{m}$ dan $z=96\mu\text{m}$.

Dengan mengamati grafik maksimum pada Gambar 6 dan Gambar 7 kemudian dituangkan kembali pada Gambar 9. Terlihat bahwa untuk keempat model rapat momentum pada $z=0\mu\text{m}$, perubahan ukuran partikel $2\mu\text{m} \leq r_p \leq 5\mu\text{m}$ agar diperoleh gaya radial yang maksimum akan terjadi pergeseran radial offset dalam jarak

akibat adanya penyebaran berkas laser sehingga partikel dengan jarak $z=96\mu\text{m}$ tidak difokuskan dengan tajam.

C. Perbedaan Indeks Bias Partikel

Indeks bias partikel terhadap indeks bias medium disekelilingnya akan mempengaruhi gaya-gaya yang bekerja pada partikel tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Gaya Radial Fungsi dari Indeks Bias Partikel.

Gambar tersebut merupakan fungsi gaya radial terhadap variasi indeks bias. Indeks bias medium yang digunakan adalah air $n=1.33$

Partikel dengan indeks bias lebih besar daripada indeks bias medium memiliki gaya radial yang positif, dengan arah gaya radial menuju sumbu berkas sehingga partikel akan tetap dipertahankan didalam berkas laser. Sedangkan partikel dengan indeks bias lebih kecil dibandingkan dengan indeks bias medium akan memiliki gaya radial yang negatif. Gaya radial yang negatif berarti arah gaya berlawanan dengan yang diasumsikan dari perhitungan ini, sehingga partikel akan didorong keluar berkas. Hal ini disebabkan karena jika indeks bias partikel lebih rendah dari indeks bias medium, maka berkas laser yang direfraksikan kedalam partikel bola akan menjauhi garis normal permukaan sehingga arah total vektor momentum permukaan menuju keluar berkas.

Masing-masing model rapat momentum tersebut tidak membentuk khas. Perbedaan keempat model rapat momentum hanya terletak dari nilai gayanya saja.

KESIMPULAN DAN SARAN

Keadaan partikel bola dielektrik dalam suatu pancaran laser tunggal dengan fokus yang tajam, dapat dianalisa gaya-gayanya dengan menghitung momentum yang terdeposisi pada permukaan partikel mikro. Momentum tersebut merupakan selisih dari momentum yang dibawa oleh sinar yang datang dengan momentum sinar yang didefleksikan (direfleksikan dan direfraksikan) pada suatu permukaan. Momentum yang terdeposisi pada permukaan tiap satuan waktu merupakan gaya yang bekerja pada permukaan tersebut. Gaya permukaan tersebut dapat diuraikan menjadi dua jenis gaya yaitu gaya aksial dan gaya radial. Gaya aksial ini akan menyebabkan partikel terdorong ke arah yang sesuai dengan penjalaran sinar laser, sedangkan gaya radial akan menyebabkan partikel ditarik ke arah sumbu berkas laser. Gaya radial ini akan menyebabkan partikel dipertahankan berada dalam medan radiasi laser apabila indeks bias partikel lebih besar terhadap indeks bias medium disekitarnya sebab jika tidak maka partikel akan terdorong keluar berkas. Penyebab lainnya agar partikel dipertahankan di dalam berkas yaitu distribusi pancaran radiasi laser juga haruslah maksimum di pusat berkas (TEM_{00}), karena jika intensitas laser maksimum dipusat berkas maka jumlah total dari gaya permukaan akan menuju pusat berkas.

Model rapat momentum cahaya adalah sesuatu yang sangat kompleks baik saran Minkowski, Abraham, Peierls dan Klima-Petrzilka. Dari hasil perhitungan terhadap keempat model rapat momentum tersebut terdapat perbedaan pada besarnya gaya aksial dan gaya radial. Rapat momentum Minkowski menghitung gaya aksial maupun gaya radial yang paling besar kemudian hasil perhitungan yang lebih rendah lagi berturut-turut yaitu model rapat momentum Peierls, Klima-Petrzilka dan Abraham. Masing-masing model rapat momentum tersebut tidak membentuk kurva khas untuk parameter fisika yang sama, tetapi perbedaan untuk setiap model hanya terletak pada besarnya gaya aksial maupun gaya radial. Perbedaan model rapat momentum tidak membedakan posisi jarak aksial agar ditemukan gaya aksial yang maksimum dan tidak pula membedakan posisi jarak radial agar ditemukan gaya radial yang maksimum. Hal ini mungkin

karena model rapat momentum tersebut dalam persamaan ini digunakan sebagai konstanta.

Penelitian lebih lanjut diharapkan dapat memperhitungkan pengaruh medan grafitasi dan mengevaluasi kembali adanya efek termal, serta bagaimana pengaruhnya terhadap partikel yang sedang bergerak dengan kecepatan tertentu. Selain itu juga diharapkan dapat memodelkan partikel dalam bentuk yang lain misalnya bentuk selinder dan bentuk cincin hal ini terkait dengan bentuk-bentuk sel biologi seperti sel darah merah, sel sperma manusia yang tidak berbentuk bola.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashkin, A. 1970. *Acceleration and trapping of particles by radiation pressure. Phys. Rev. Lett.*, 24(4):156-159.
- Ashkin, A and J.M. Dziedzic. 1971. *Optical levitation by radiation pressure. Phys. Rev. Lett.*, 19(8):283-285.
- Ashkin, A. 1972. *The pressure of laser light. Sci. Am.*, 226(63):63-71.
- Ashkin, A, J.M. Dziedzic and T.Yamane. 1987. *Force generation of organelle transport measured in vivo by an infrared laser trap. Nature*, vol 348.
- Ashkin, A, J.M. Dziedzic, schultze, Euteneur and Schilwa . 1987. *Optical trapping and manipulation of single cell using infrared laser beams. Nature*, vol330.
- Ashkin, A. 1992. *Forces of single-beam gradient laser Trap on a dielectric sphere in the ray optics regime. Biophys. J.*, 61:589-582.
- Block, Steven. *Making light work with optical tweezers. Nature*, vol 360.
- Chu, Steven. 1992. *Laser trapping of neutral particle. Scientific america.*
- Erkin, S. Scott, D. Collins and Knosen, A. 1997. *Trapping Forces in multiple beam fiber-optic trap. Appl. Opt.*, 36(25): 6423-6433.
- Gauthier, R. C., and S. Wallace. 1995. *Optical levitation of sphere: analytical development and numerical computation of the force equation. J.Opt. Soc. Am. B*, 14(9):1680-1686.
- Gauthier, R C. 1997. *Theoretical investigation of the optical trapping force and torque on cylindrical micro-object. J.Opt. Soc. Am. B*, 14(12):3323-3333.



- Gordon, James P.** 1973. *Radiation force and momenta in dielectric media*. Physical Review A:8-21
- Gusgard, R.,T. Lindmo and I. Brevik.** 1992. *Calculation of trapping force in a strongly focused laser beam*. J.Opt. Soc. Am. B,9(10):1922-1930.
- Steven C. Chupra and Raymond P Canale.** 1991. *Metoda numerik untuk teknik*. UI-Press. 1991.
- Herbani, Yuliati.** *Jebakan optis partikel bola:Investigasi teoritis gaya-gaya jebak berdasarkan rapat momentum Peierls*. Skripsi S-1 jurusan Fisika IPB,Bogor. 2002.
- Griffith, David J.** *Introduction to electrodynamics*. Prentice-Hall of India, New Delhi.1989.
- Pedrotti, William.** 1993. *An Intoduction to optics*. Prentice-Hall. India. 1993.
- Pramudito, Sidikrubadi.** 2001.*deciston amongst the Abraham,Minkowski,Peierls and Klima-Petrzilka dispersion by Ashkin experiment*. Seminar Fisika Nasional, 3 Agustus 2001. ITB,Bandung.
- Wong, Hung-kit and Kenneth Young.** 1977. *Momentum light in a refraction medium*. Am. J. Phys.,45(2):195-198.

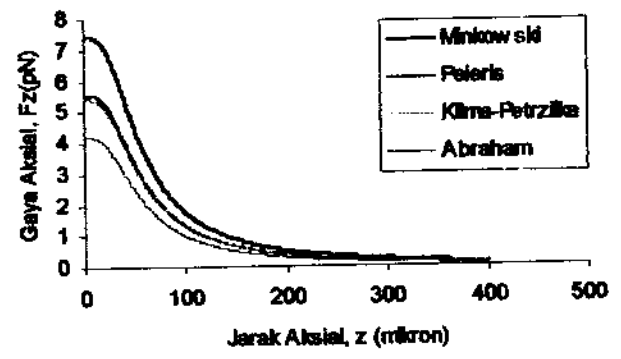
Lampiran 1.

Tabel nilai Gaussian Quadrature dengan titik rajah $n=32$ buah.

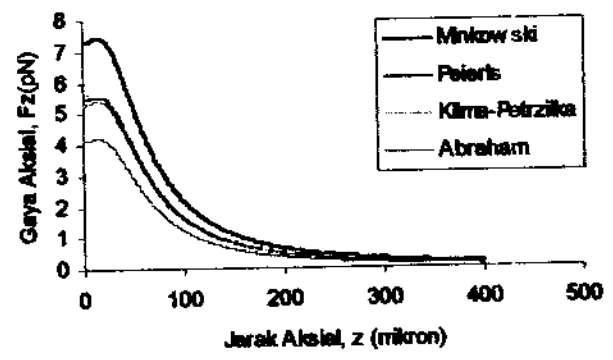
Argumen-argumen fungsi	Faktor pembobot
$X(1) = -0.997263861849482$	$W(1) = 7.0186100094701E-03$
$X(2) = -0.985611511545268$	$W(2) = 1.62743947309057E-02$
$X(3) = -0.964762255587506$	$W(3) = 2.53920653092621E-02$
$X(4) = -0.93490607593774$	$W(4) = 3.42738629130214E-02$
$X(5) = -0.896321155766052$	$W(5) = 4.28358980222267E-02$
$X(6) = -0.84936761373257$	$W(6) = 5.09980592623762E-02$
$X(7) = -0.794483795967942$	$W(7) = 5.86840934785355E-02$
$X(8) = -0.73218211874029$	$W(8) = 6.58222227763618E-02$
$X(9) = -0.663044266930215$	$W(9) = 7.23457941088485E-02$
$X(10) = -0.587715757240762$	$W(10) = 7.81938957870703E-02$
$X(11) = -0.506899908932229$	$W(11) = 8.33119242269467E-02$
$X(12) = -0.421351276130635$	$W(12) = 8.76520930044038E-02$
$X(13) = -0.331868602282128$	$W(13) = 9.11738786957639E-02$
$X(14) = -0.239287362252137$	$W(14) = 9.38443990808046E-02$
$X(15) = -0.144471961582796$	$W(15) = 9.56387200792749E-02$
$X(16) = -4.83076656877383E-02$	$W(16) = 9.65400895147278E-02$
$X(17) = 4.83076656877383E-02$	$W(17) = 9.65400895147278E-02$
$X(18) = 0.144471961582796$	$W(18) = 9.56387200792749E-02$
$X(19) = 0.239287362252137$	$W(19) = 9.38443990808046E-02$
$X(20) = 0.331868602282128$	$W(20) = 9.11738786957639E-02$
$X(21) = 0.421351276130635$	$W(21) = 8.76520930044038E-02$
$X(22) = 0.506899908932229$	$W(22) = 8.33119242269467E-02$
$X(23) = 0.587715757240762$	$W(23) = 7.81938957870703E-02$
$X(24) = 0.663044266930215$	$W(24) = 7.23457941088485E-02$
$X(25) = 0.73218211874029$	$W(25) = 6.58222227763618E-02$
$X(26) = 0.794483795967942$	$W(26) = 5.86840934785355E-02$
$X(27) = 0.84936761373257$	$W(27) = 5.09980592623762E-02$
$X(28) = 0.896321155766052$	$W(28) = 4.28358980222267E-02$
$X(29) = 0.93490607593774$	$W(29) = 3.42738629130214E-02$
$X(30) = 0.964762255587506$	$W(30) = 2.53920653092621E-02$
$X(31) = 0.985611511545268$	$W(31) = 1.62743947309057E-02$
$X(32) = 0.997263861849482$	$W(32) = 7.0186100094701E-03$

Untuk titik rajah yang lainnya dapat dilihat dalam *Handbook of Mathematical Function with Formula, Graphs and Mathematical Tables*, Dover Publication, inc., New York, 1972.

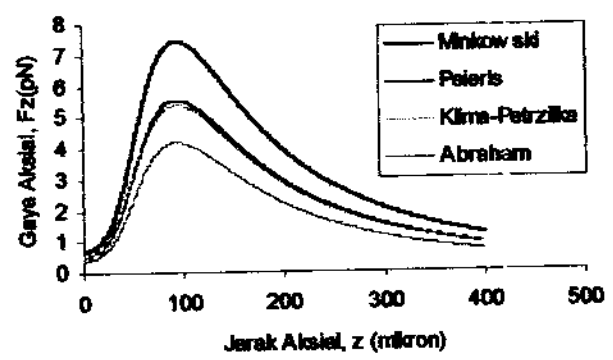
Lampiran 2.



(a)

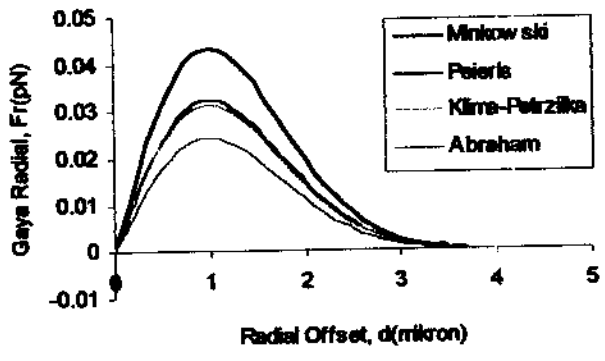


(b)

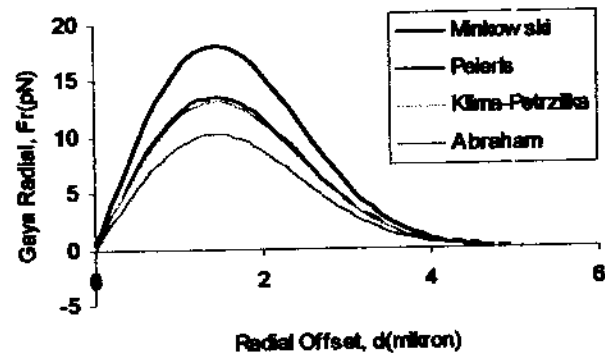


(c)

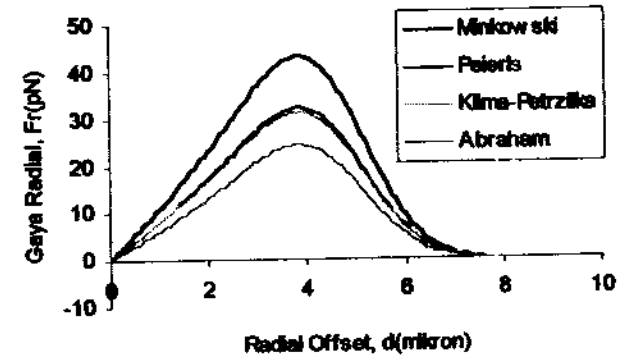
Gambar 11. Gaya Aksial Fungsi dari Jarak Aksial pada Sumbu Berkas $d=0$, $w_0=2$, untuk Keempat Model Rapat Momentum yang Berbeda dengan Ukuran Partikel (a) $r_0 = 1.6$ mikron (b) $r_0 = 1.8$ mikron (c) $r_0 = 5$ mikron.



(a)



(b)



(c)

Gambar 12. Gaya Radial Fungsi dari Radial Offset pada Pinggong Berkas $z=0$, $w_0=2$, untuk Keempat Model Rapat Momentum yang Berbeda dengan Ukuran Partikel (a) $r_0 = 1$ mikron (b) $r_0 = 2$ mikron (c) $r_0 = 5$ mikron

Lampiran 3.

Listing Program untuk Menghitung Gaya Radial vs jarak radial dan jarijari partikel

```
Dim A, B, C, D, GAUSSQ(50, 50), Fr As Double
Dim P, U, Ro, Wo, Z As Single
Dim X(32), W(32) As Single
Dim SA, SE, SI, SO, H1, H2, Sum As Single
Dim NTREM, I, J, K, bus, bis As Integer
Dim PHI, C1, LAMDA, N1, N2, NN As Single
Dim Zo, WZ, KA, DA, S, TR, RS, RP, R, T, F2 As Single
```

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
NTERM = 32
P = Val(Text3.Text) 'daya laser (mW)
Z = Val(Text4.Text) 'jarak aksial
Wo = Val(Text6.Text) 'ukuran pinggang berkas laser
```

```
A = 0#
B = 1.570796327
C = 0#
D = 3.141592654
```

```
For bis = 1 To 41
U = (bis - 1) * 0.2
```

```
For bus = 1 To 25
Ro = bus * 0.2
```

```
X(1) = -0.997263861849482
X(2) = -0.985611511545268
X(3) = -0.964762255587506
X(4) = -0.93490607593774
X(5) = -0.896321155766052
X(6) = -0.84936761373257
X(7) = -0.794483795967942
X(8) = -0.73218211874029
X(9) = -0.663044266930215
X(10) = -0.587715757240762
X(11) = -0.506899908932229
X(12) = -0.421351276130635
X(13) = -0.331868602282128
X(14) = -0.239287362252137
X(15) = -0.144471961582796
X(16) = -4.83076656877383E-02
X(17) = -X(16)
X(18) = -X(15)
X(19) = -X(14)
X(20) = -X(13)
X(21) = -X(12)
X(22) = -X(11)
X(23) = -X(10)
X(24) = -X(9)
X(25) = -X(8)
X(26) = -X(7)
X(27) = -X(6)
X(28) = -X(5)
X(29) = -X(4)
X(30) = -X(3)
X(31) = -X(2)
X(32) = -X(1)
W(1) = 7.0186100094701E-03
W(2) = 1.62743947309057E-02
```

```

W(3) = 2.53920653092621E-02
W(4) = 3.42738629130214E-02
W(5) = 4.28358980222267E-02
W(6) = 5.09980592623762E-02
W(7) = 5.86840934785355E-02
W(8) = 6.58222227763618E-02
W(9) = 7.23457941088485E-02
W(10) = 7.81938957870703E-02
W(11) = 8.33119242269467E-02
W(12) = 8.76520930044038E-02
W(13) = 9.11738786957639E-02
W(14) = 9.38443990808046E-02
W(15) = 9.56387200792749E-02
W(16) = 9.65400895147278E-02
W(17) = W(16)
W(18) = W(15)
W(19) = W(14)
W(20) = W(13)
W(21) = W(12)
W(22) = W(11)
W(23) = W(10)
W(24) = W(9)
W(25) = W(8)
W(26) = W(7)
W(27) = W(6)
W(28) = W(5)
W(29) = W(4)
W(30) = W(3)
W(31) = W(2)
W(32) = W(1)
    
```

```

SA = (B - A) / 2#
SI = (B + A) / 2#
SE = (D - C) / 2#
SO = (D + C) / 2#
    
```

```

Sum = 0#
For I = 1 To NTERM
    H1 = SA * X(I) + SI
    For J = 1 To NTERM
        H2 = SE * X(J) + SO
        Call Func
        Sum = Sum + (W(I) * W(J) * Fr)
    Next
Next
    
```

```

GAUSSQ(bis, bus) = 4# * SA * SE * Sum * 1000000000000#
    
```

```

Next
Next
For I = 1 To 11
    For J = 1 To 25
        Text1.Text = Text1.Text & GAUSSQ(I, J) & " "
        If J = 25 Then GoTo 5
    Next
5. Text1.Text = Text1.Text & Chr(13) & Chr(10)
Next
End Sub
    
```

Sub Func()

```
PHI = 3.141592654
C1 = 3000000000000000#
LAMDA = 0.5154
N1 = 1.333 'indeksbias medium
N2 = 1.5468 'indeksbias partikel
NN = N2 / N1
Zo = ((Wo ^ 2#) * PHI * N1) / LAMDA 'pers 37
WZ = (Wo ^ 2#) * (1 + (Z / Zo) ^ 2#) 'pers 36

If Option1.Value = True Then
    KA = 1 / (N1 * C1) 'abraham
Elseif Option2.Value = True Then
    KA = ((N1 ^ 2#) + 1# - 0.2 * (N1 ^ 2# - 1#) ^ 2#) / (2# * C1 * N1) 'pierls
Elseif Option3.Value = True Then
    KA = ((N1 ^ 2#) + 1# - ((N1 ^ 2# - 1#) ^ 2#) / 3#) / (2# * C1 * N1) 'klima-petrzlika
Else
    KA = N1 / C1 'minkowaki
End If

DA = (Ro ^ 2#) * Sin(H1) * Cos(H1) 'pers 39
S = (U ^ 2# + (Ro * Sin(H1)) ^ 2# - 2# * U * Ro * Sin(H1) * Cos(H2)) 'pers 38
E = (2# * P / (WZ * PHI)) * Exp(-2# * S / WZ) 'pers 35

If (Sin(H1) / NN < 1#) Then
    TR = Atn((Sin(H1) / NN) / Sqr(-(Sin(H1) / NN) * (Sin(H1) / NN) + 1))
    RS = (Cos(H1) - NN * Cos(TR)) / (Cos(H1) + NN * Cos(TR)) 'pers 23
    RP = (NN * Cos(H1) - Cos(TR)) / (NN * Cos(H1) + Cos(TR)) 'pers 24
    R = (0.5 * (RP + RS)) ^ 2# 'pers 29
Else
    R = 1#
End If

T = 1# - R 'pers 28
F2 = (Sin(2# * (H1 - TR)) + R * Sin(2# * H1)) / (1# + 2# * R * Cos(2# * TR) + R ^ 2#)
Fr = KA * DA * E * Cos(H2) * (((-R) * Sin(2# * H1)) + ((T ^ 2#) * F2)) 'pers 47

End Sub
```

Listing Program untuk Menghitung Gaya Aksial vs jarak aksial

```
Dim A, B, C, D, GAUSSQ, Fz As Double
Dim P, U, Ro, Wo, Z As Single
Dim X(32), W(32) As Single
Dim SA, SE, SI, SO, H1, H2, Sum As Single
Dim NTREM, I, J, K As Integer
Dim PHI, C1, LAMDA, N1, N2, NN As Single
Dim Zo, WZ, KA, DA, S, TR, RS, RP, R, T, F1 As Single
```

Private Sub Command1_Click()

```
NTERM = 32
P = Val(Text3.Text) 'daya laser (mW)
U = Val(Text4.Text) 'jarak radial
Ro = Val(Text5.Text) 'jari jari partikel
Wo = Val(Text6.Text) 'ukuran pinggang berkas laser
```

```
A = 0#
B = 1.570796327
C = 0#
D = 3.141592654
```

For Z = 0# To 400# Step 1

X(1) = -0.997263861849482
X(2) = -0.985611511545268
X(3) = -0.964762255587506
X(4) = -0.93490607593774
X(5) = -0.896321155766052
X(6) = -0.84936761373257
X(7) = -0.794483795967942
X(8) = -0.73218211874029
X(9) = -0.663044266930215
X(10) = -0.587715757240762
X(11) = -0.506899908932229
X(12) = -0.421351276130635
X(13) = -0.331868602282128
X(14) = -0.239287362252137
X(15) = -0.144471961582796
X(16) = -4.83076656877383E-02
X(17) = -X(16)
X(18) = -X(15)
X(19) = -X(14)
X(20) = -X(13)
X(21) = -X(12)
X(22) = -X(11)
X(23) = -X(10)
X(24) = -X(9)
X(25) = -X(8)
X(26) = -X(7)
X(27) = -X(6)
X(28) = -X(5)
X(29) = -X(4)
X(30) = -X(3)
X(31) = -X(2)
X(32) = -X(1)
W(1) = 7.0186100094701E-03
W(2) = 1.62743947309057E-02
W(3) = 2.53920653092621E-02
W(4) = 3.42738629130214E-02
W(5) = 4.28358980222267E-02
W(6) = 5.09980592623762E-02
W(7) = 5.86840934785355E-02
W(8) = 6.5822227763618E-02
W(9) = 7.23457941088485E-02
W(10) = 7.81938957870703E-02
W(11) = 8.33119242269467E-02
W(12) = 8.76520930044038E-02
W(13) = 9.11738786957639E-02
W(14) = 9.38443990808046E-02
W(15) = 9.56387200792749E-02
W(16) = 9.65400895147278E-02
W(17) = W(16)
W(18) = W(15)
W(19) = W(14)
W(20) = W(13)
W(21) = W(12)
W(22) = W(11)
W(23) = W(10)
W(24) = W(9)
W(25) = W(8)
W(26) = W(7)
W(27) = W(6)
W(28) = W(5)
W(29) = W(4)
W(30) = W(3)
W(31) = W(2)
W(32) = W(1)

SA = (B - A) / 2#
 SI = (B + A) / 2#
 SE = (D - C) / 2#
 SO = (D + C) / 2#
 Sum = 0#

For I = 1 To NTERM
 H1 = SA * X(I) + SI
 For J = 1 To NTERM
 H2 = SE * X(J) + SO
 Call Func
 Sum = Sum + (W(I) * W(J) * Fz)
 Next
 Next

GAUSSQ = 4# * SA * SE * Sum * 1000000000000#

Text1.Text = Text1.Text & GAUSSQ
 Text1.Text = Text1.Text & Chr(13) & Chr(10)

Next
 End Sub

Sub Func()

PHI = 3.141592654
 C1 = 3000000000000000#
 LAMDA = 0.5154
 N1 = 1.333
 N2 = 1.5468
 NN = N2 / N1
 Zo = ((Wo ^ 2#) * PHI * N1) / LAMDA
 WZ = (Wo ^ 2#) * (1 + (Z / Zo) ^ 2#)

If Option1.Value = True Then
 KA = 1 / (N1 * C1) 'abraham
 ElseIf Option2.Value = True Then
 KA = ((N1 ^ 2#) + 1# - 0.2 * (N1 ^ 2# - 1#) ^ 2#) / (2# * C1 * N1) 'pierre
 ElseIf Option3.Value = True Then
 KA = ((N1 ^ 2#) + 1# - ((N1 ^ 2# - 1#) ^ 2#) / 3#) / (2# * C1 * N1) 'klima-petrzilka
 Else
 KA = N1 / C1 'minkowski
 End If

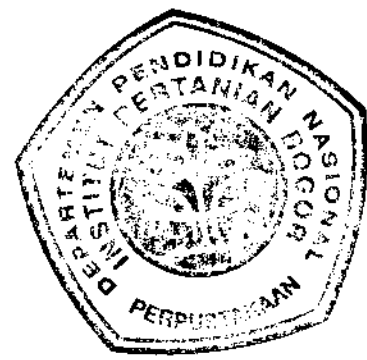
DA = (Ro ^ 2#) * Sin(H1) * Cos(H1)
 S = (U ^ 2# + (Ro * Sin(H1)) ^ 2# - 2# * U * Ro * Sin(H1) * Cos(H2))
 E = (2# * P / (WZ * PHI)) * Exp(-2# * S / WZ)

If (Sin(H1) / NN < 1#) Then
 TR = Atn((Sin(H1) / NN) / Sqr(-(Sin(H1) / NN) * (Sin(H1) / NN) + 1))
 RS = (Cos(H1) - NN * Cos(TR)) / (Cos(H1) + NN * Cos(TR))
 RP = (NN * Cos(H1) - Cos(TR)) / (NN * Cos(H1) + Cos(TR))
 R = (0.5 * (RP + RS)) ^ 2#
 Else
 R = 1#
 End If

T = 1# - R

F1 = (Cos(2# * (H1 - TR)) + R * Cos(2# * H1)) / (1# + 2# * R * Cos(2# * TR) + R ^ 2#)
 Fz = KA * DA * E * (1# + R * Cos(2# * H1) - (T ^ 2#) * F1)

End Sub



Lampiran 4

I. Data Hasil Perhitungan Gaya Aksial, F_z (pN) vs jari-jari Partikel, r_0 (μm) dan Jarak Aksial z (μm).

A. Data Hasil Perhitungan Model Rapat Momentum Minkowski (Gambar 4a)

Z, μm	Gaya aksial (pN)																								
	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.2	4.4	4.6	4.8	5
0	0.3082	1.1777	2.4484	3.8914	5.2761	6.30063	7.131	7.423	7.3024	6.853	6.183	5.403	4.605	3.855	3.195	2.630	2.18	1.815	1.53	1.3	1.122	0.979	0.864	0.77	0.691
2	0.2986	1.1413	2.377	3.7947	5.16864	6.30366	7.0584	7.409	7.3438	6.940	6.317	5.563	4.775	4.024	3.35	2.774	2.299	1.915	1.61	1.37	1.170	1.028	0.905	0.805	0.722
4	0.2724	1.0444	2.1903	3.5303	4.85723	6.02201	6.8672	7.333	7.4102	7.164	6.658	5.989	5.246	4.502	3.800	3.189	2.663	2.227	1.87	1.589	1.363	1.182	1.038	0.917	0.816
6	0.2373	0.9140	1.9364	3.1608	4.4283	5.58046	6.513	7.13	7.4006	7.368	7.055	6.54	5.9	5.205	4.51	3.859	3.274	2.768	2.34	1.988	1.7	1.466	1.277	1.122	0.998
8	0.2011	0.7700	1.6656	2.7544	3.82364	5.0400	6.0256	6.771	7.2412	7.426	7.344	7.04	6.567	5.985	5.35	4.707	4.091	3.526	3.02	2.691	2.224	1.916	1.662	1.462	1.278
10	0.1661	0.665	1.4113	2.3610	3.41587	4.47753	5.4576	6.282	6.9996	7.282	7.427	7.352	7.088	6.678	6.187	5.569	5.008	4.43	3.88	3.385	2.941	2.553	2.221	1.938	1.7
12	0.14	0.5479	1.1892	2.0104	2.94528	3.92143	4.9076	5.72	6.4267	6.958	7.291	7.425	7.375	7.164	6.823	6.385	5.895	5.383	4.82	4.295	3.805	3.355	2.951	2.594	2.283
14	0.1166	0.4592	1.0025	1.709	2.5305	3.4128	4.3005	5.141	5.8906	6.51	6.978	7.281	7.419	7.4	7.243	6.968	6.603	6.171	5.7	5.21	4.722	4.240	3.803	3.39	3.016
16	0.0982	0.3860	0.8488	1.4567	2.17543	2.9647	3.7816	4.585	5.3348	5.900	6.562	6.975	7.26	7.406	7.410	7.311	7.098	6.799	6.43	6.023	5.584	5.134	4.687	4.255	3.844
18	0.0831	0.3283	0.723	1.2476	1.8762	2.57863	3.3219	4.073	4.7999	5.474	6.07	6.57	6.99	7.233	7.388	7.429	7.364	7.205	6.97	6.661	6.309	5.922	5.515	5.101	4.69
20	0.071	0.2808	0.6203	1.0751	1.62577	2.24083	2.9214	3.615	4.3043	4.965	5.575	6.116	6.573	6.936	7.2	7.353	7.428	7.4	7.20	7.101	6.852	6.563	6.217	5.855	5.477
22	0.0611	0.242	0.5361	0.9324	1.41852	1.97096	2.5763	3.212	3.8566	4.49	5.093	5.65	6.146	6.567	6.909	7.165	7.335	7.418	7.42	7.347	7.209	7.006	6.757	6.496	6.16
24	0.053	0.2103	0.4667	0.8141	1.24138	1.7351	2.2801	2.86	3.4579	4.057	4.641	5.195	5.706	6.182	6.555	6.879	7.128	7.302	7.4	7.429	7.389	7.289	7.129	6.924	6.679
26	0.0463	0.184	0.4092	0.7154	1.0942	1.53514	2.0262	2.554	3.1062	3.667	4.225	4.785	5.276	5.748	6.172	6.54	6.847	7.09	7.27	7.379	7.427	7.414	7.345	7.224	7.058
28	0.0408	0.1622	0.3614	0.6326	0.96996	1.36507	1.8094	2.289	2.7972	3.32	3.847	4.366	4.868	5.342	5.781	6.176	6.523	6.816	7.05	7.232	7.353	7.417	7.427	7.385	7.268
30	0.0362	0.1438	0.3206	0.5626	0.86449	1.21082	1.6209	2.059	2.6261	3.012	3.507	4.001	4.487	4.954	5.396	5.808	6.177	6.504	6.78	7.015	7.195	7.323	7.401	7.429	7.411
32	0.0322	0.1283	0.2893	0.5031	0.77440	1.09516	1.4591	1.859	2.2884	2.739	3.202	3.67	4.135	4.59	5.028	5.441	5.825	6.175	6.49	6.754	6.979	7.168	7.292	7.38	7.424
34	0.0286	0.1151	0.257	0.4522	0.69715	0.98771	1.3186	1.685	2.0797	2.467	2.829	3.271	3.814	4.253	4.68	5.091	5.479	5.841	6.17	6.465	6.725	6.944	7.122	7.259	7.356
36	0.026	0.1037	0.2318	0.4063	0.6304	0.89467	1.1907	1.532	1.8959	2.282	2.686	3.101	3.521	3.941	4.355	4.769	5.146	5.511	5.85	6.166	6.448	6.696	6.91	7.085	7.226
38	0.0236	0.0939	0.2101	0.3704	0.57245	0.81346	1.09	1.398	1.7336	2.092	2.469	2.858	3.256	3.656	4.054	4.446	4.827	5.192	5.54	5.882	6.16	6.429	6.689	6.877	7.022
40	0.0214	0.0854	0.1912	0.3373	0.52198	0.74246	0.9903	1.28	1.5903	1.923	2.274	2.639	3.015	3.395	3.777	4.166	4.527	4.888	5.23	5.562	5.889	6.163	6.412	6.643	6.845
42	0.0196	0.078	0.1747	0.3084	0.47752	0.6891	0.9137	1.176	1.4626	1.772	2.1	2.443	2.796	3.157	3.522	3.885	4.246	4.599	4.94	5.27	5.582	5.875	6.148	6.394	6.616
44	0.0179	0.0715	0.1602	0.2829	0.43844	0.62802	0.8406	1.083	1.3496	1.637	1.944	2.265	2.608	2.94	3.288	3.637	3.985	4.328	4.66	4.99	5.303	5.6	5.879	6.139	6.378
46	0.0165	0.0658	0.1474	0.2604	0.40395	0.57818	0.7757	1	1.2482	1.517	1.803	2.105	2.410	2.742	3.073	3.407	3.742	4.074	4.4	4.723	5.033	5.331	5.615	5.883	6.132
48	0.0152	0.0607	0.136	0.2405	0.37311	0.53299	0.7178	0.927	1.1574	1.408	1.678	1.969	2.266	2.602	2.876	3.195	3.516	3.838	4.16	4.47	4.776	5.072	5.357	5.629	5.885



150	0.0141	0.0552	0.1250	0.2227	0.34557	0.49384	0.6650	0.86	1.0758	1.31	1.562	1.828	2.107	2.397	2.695	3	3.308	3.617	3.93	4.231	4.531	4.824	5.10	5.381	5.641
156	0.0131	0.0521	0.1168	0.2087	0.32109	0.45899	0.6193	0.801	1.0022	1.222	1.468	1.709	1.972	2.246	2.53	2.82	3.114	3.412	3.71	4.006	4.299	4.587	4.864	5.14	5.402
162	0.0121	0.0485	0.1087	0.1924	0.290	0.42763	0.5774	0.747	0.9357	1.142	1.363	1.6	1.849	2.109	2.376	2.654	2.938	3.221	3.51	3.795	4.081	4.362	4.639	4.908	5.17
168	0.0113	0.0462	0.1014	0.1795	0.27908	0.39932	0.5394	0.698	0.8754	1.069	1.278	1.501	1.736	1.982	2.238	2.501	2.77	3.044	3.32	3.598	3.875	4.15	4.421	4.686	4.945
174	0.0105	0.0422	0.0946	0.1679	0.26105	0.37387	0.505	0.654	0.8205	1.003	1.2	1.41	1.633	1.868	2.109	2.36	2.617	2.88	3.15	3.413	3.681	3.949	4.213	4.474	4.73
180	0.0099	0.0396	0.0888	0.1573	0.24465	0.35036	0.4738	0.614	0.7706	0.942	1.128	1.327	1.538	1.759	1.99	2.229	2.475	2.727	2.98	3.24	3.5	3.759	4.017	4.273	4.524
186	0.0093	0.0371	0.0834	0.1477	0.22979	0.32917	0.4453	0.577	0.725	0.887	1.063	1.251	1.451	1.661	1.881	2.109	2.344	2.585	2.83	3.078	3.329	3.581	3.832	4.081	4.328
192	0.0087	0.0349	0.0784	0.1389	0.2182	0.3098	0.4192	0.544	0.6932	0.838	1.002	1.181	1.37	1.57	1.78	1.997	2.222	2.452	2.69	2.927	3.166	3.413	3.656	3.9	4.141
198	0.0082	0.0329	0.0739	0.1306	0.20377	0.29207	0.3954	0.513	0.6448	0.79	0.947	1.118	1.299	1.487	1.688	1.894	2.108	2.329	2.56	2.785	3.019	3.255	3.491	3.728	3.963
204	0.0078	0.031	0.0697	0.1236	0.19236	0.2756	0.3735	0.485	0.6066	0.747	0.898	1.057	1.228	1.409	1.599	1.797	2.003	2.214	2.43	2.653	2.878	3.106	3.335	3.565	3.794
210	0.0073	0.0293	0.0659	0.1168	0.18188	0.26083	0.3533	0.469	0.577	0.707	0.849	1.002	1.165	1.337	1.519	1.708	1.904	2.107	2.32	2.529	2.745	2.966	3.188	3.411	3.634
216	0.0069	0.0278	0.0624	0.1106	0.17223	0.24704	0.3347	0.436	0.547	0.671	0.805	0.951	1.106	1.271	1.444	1.625	1.813	2.007	2.21	2.413	2.622	2.834	3.049	3.265	3.483
222	0.0065	0.0263	0.0591	0.1048	0.16331	0.2343	0.3175	0.413	0.5192	0.637	0.765	0.904	1.052	1.209	1.374	1.547	1.727	1.914	2.11	2.304	2.505	2.71	2.916	3.128	3.339
228	0.0063	0.025	0.0561	0.0995	0.15505	0.22251	0.3016	0.392	0.4935	0.606	0.728	0.86	1.001	1.151	1.309	1.475	1.648	1.827	2.01	2.201	2.396	2.594	2.795	2.998	3.203
234	0.0059	0.0237	0.0533	0.0948	0.14742	0.21158	0.2888	0.373	0.4666	0.578	0.693	0.819	0.954	1.097	1.249	1.407	1.573	1.745	1.92	2.105	2.293	2.494	2.679	2.875	3.074
240	0.0057	0.0228	0.0508	0.09	0.14032	0.20143	0.2731	0.355	0.4473	0.549	0.661	0.781	0.91	1.047	1.192	1.344	1.503	1.668	1.84	2.015	2.195	2.38	2.568	2.759	2.952
246	0.0054	0.0215	0.0484	0.0858	0.13372	0.19198	0.2594	0.339	0.4266	0.524	0.63	0.748	0.869	1	1.139	1.285	1.438	1.596	1.76	1.93	2.104	2.282	2.464	2.649	2.838
252	0.0051	0.0205	0.0461	0.0818	0.12758	0.18318	0.2485	0.323	0.4073	0.5	0.602	0.712	0.83	0.956	1.089	1.23	1.376	1.529	1.69	1.85	2.018	2.19	2.366	2.544	2.726
258	0.0048	0.0196	0.044	0.0782	0.12184	0.17497	0.2374	0.309	0.3893	0.478	0.575	0.681	0.794	0.915	1.043	1.177	1.318	1.465	1.62	1.775	1.937	2.103	2.273	2.446	2.622
264	0.0047	0.0187	0.0421	0.0747	0.11648	0.16726	0.227	0.295	0.3724	0.458	0.551	0.652	0.761	0.877	0.999	1.129	1.264	1.405	1.55	1.704	1.86	2.021	2.185	2.353	2.523
270	0.0045	0.0179	0.0403	0.0715	0.11146	0.1601	0.2173	0.283	0.3585	0.438	0.529	0.625	0.729	0.84	0.958	1.083	1.213	1.349	1.49	1.637	1.788	1.943	2.102	2.264	2.429
276	0.0043	0.0172	0.0388	0.0685	0.10676	0.15336	0.2081	0.271	0.3417	0.42	0.505	0.599	0.699	0.806	0.92	1.039	1.165	1.296	1.43	1.573	1.719	1.869	2.023	2.18	2.34
282	0.0041	0.0164	0.037	0.0656	0.10235	0.14704	0.1996	0.26	0.3277	0.403	0.485	0.575	0.671	0.774	0.883	0.998	1.119	1.246	1.38	1.513	1.654	1.799	1.948	2.1	2.256
288	0.0039	0.0158	0.0355	0.063	0.0982	0.1411	0.1915	0.249	0.3146	0.387	0.469	0.562	0.645	0.744	0.849	0.95	1.078	1.198	1.33	1.457	1.593	1.733	1.877	2.025	2.178
294	0.0038	0.0151	0.0341	0.0605	0.0943	0.1355	0.184	0.24	0.3022	0.372	0.446	0.531	0.62	0.716	0.816	0.923	1.036	1.153	1.28	1.403	1.535	1.67	1.81	1.953	2.099
300	0.0036	0.0146	0.0327	0.0581	0.09063	0.13024	0.1788	0.23	0.2906	0.357	0.431	0.511	0.596	0.688	0.786	0.889	0.997	1.111	1.23	1.352	1.48	1.611	1.746	1.885	2.027

B. Data Hasil Perhitungan Model Rapat Momentum Peierls (Gambar 4b)

jari-jari, μm	Gaya aksial (pN)																									
	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.2	4.4	4.6	4.8	5	
Z, μm																										



0	0.2309	0.8803	1.8285	2.9085	3.94340	4.78324	5.3209	5.548	5.458	5.122	4.822	4.038	3.442	2.992	2.398	1.97	1.629	1.357	1.14	0.934	0.732	0.546	0.372	0.517
6	0.2234	0.8531	1.7765	2.8363	3.85310	4.71153	5.2631	5.538	5.4880	5.192	4.722	4.158	3.559	3.007	2.504	2.074	1.718	1.431	1.2	1.024	0.861	0.708	0.577	0.54
12	0.2036	0.7806	1.6371	2.6367	3.63787	4.50106	5.1327	5.481	5.543	5.355	4.978	4.476	3.921	3.365	2.844	2.393	1.99	1.684	1.4	1.188	1.019	0.883	0.774	0.662
18	0.1774	0.6839	1.4473	2.3624	3.30981	4.17547	4.886	5.329	5.5381	5.507	5.273	4.8881	4.41	3.89	3.371	2.864	2.447	2.065	1.75	1.488	1.271	1.086	0.954	0.834
24	0.1503	0.5827	1.2448	2.0587	2.93262	3.77441	4.5037	5.081	5.4122	5.55	5.489	5.262	4.908	4.474	3.998	3.518	3.058	2.636	2.26	1.937	1.662	1.432	1.242	1.085
30	0.1256	0.4895	1.0548	1.7853	2.5531	3.34661	4.0701	4.805	5.1500	5.443	5.551	5.405	5.208	4.901	4.609	4.184	3.743	3.316	2.9	2.53	2.188	1.908	1.66	1.446
36	0.1046	0.4005	0.8868	1.5026	2.20137	2.93097	3.6382	4.275	4.8049	5.201	5.440	5.55	5.512	5.365	5.1	4.772	4.399	4.001	3.6	3.21	2.844	2.508	2.200	1.930
42	0.0874	0.3432	0.7493	1.2774	1.89136	2.55081	3.2143	3.843	4.402	4.886	5.215	5.442	5.545	5.531	5.413	5.208	4.935	4.613	4.26	3.894	3.526	3.178	2.842	2.534
48	0.0734	0.2892	0.6344	1.0887	1.62597	2.21589	2.8295	3.427	3.9874	4.484	4.897	5.213	5.427	5.536	5.545	5.464	5.305	5.082	4.81	4.501	4.174	3.837	3.504	3.18
54	0.0621	0.2454	0.5404	0.9325	1.40231	1.92725	2.4826	3.044	3.5875	4.091	4.537	4.91	5.202	5.406	5.522	5.552	5.504	5.385	5.21	4.970	4.715	4.426	4.122	3.813
60	0.053	0.2098	0.4638	0.8035	1.21614	1.68142	2.1836	2.702	3.2171	3.711	4.187	4.571	4.913	5.184	5.382	5.504	5.552	5.531	5.45	5.307	5.121	4.898	4.647	4.375
66	0.0467	0.1806	0.4007	0.6999	1.05874	1.47314	1.6258	2.401	2.8825	3.356	3.807	4.223	4.593	4.908	5.164	5.355	5.482	5.545	5.55	5.462	5.386	5.237	5.05	4.835
72	0.0399	0.1572	0.3488	0.6085	0.92782	1.29695	1.7042	2.138	2.5945	3.032	3.489	3.883	4.285	4.605	4.9	5.141	5.328	5.458	5.53	5.553	5.523	5.448	5.328	5.175
78	0.0346	0.1375	0.3058	0.5347	0.81783	1.1474	1.5142	1.909	2.3216	2.741	3.158	3.561	3.944	4.298	4.613	4.888	5.118	5.3	5.43	5.516	5.551	5.542	5.46	5.394
84	0.0305	0.1212	0.2699	0.4728	0.72497	1.02028	1.3516	1.711	2.0907	2.482	2.875	3.263	3.638	3.993	4.321	4.616	4.875	5.094	5.27	5.405	5.496	5.544	5.551	5.52
90	0.027	0.1075	0.2396	0.4205	0.64615	0.91173	1.2112	1.539	1.8881	2.251	2.621	2.991	3.354	3.703	4.033	4.336	4.617	4.861	5.07	5.243	5.378	5.474	5.532	5.553
96	0.0241	0.0959	0.214	0.376	0.57885	0.81956	1.0909	1.39	1.7104	2.047	2.393	2.743	3.091	3.431	3.758	4.067	4.354	4.616	4.85	5.048	5.216	5.35	5.46	5.516
102	0.0216	0.086	0.1921	0.338	0.52107	0.73823	0.9857	1.259	1.5544	1.865	2.19	2.519	2.851	3.178	3.498	3.805	4.095	4.365	4.61	4.833	5.026	5.19	5.323	5.426
108	0.0195	0.0778	0.1733	0.3052	0.47117	0.66882	0.8942	1.146	1.4171	1.706	2.008	2.318	2.632	2.946	3.255	3.556	3.848	4.119	4.37	4.608	4.819	5.005	5.164	5.297
114	0.0178	0.0702	0.157	0.2788	0.42786	0.606	0.8147	1.045	1.2959	1.564	1.845	2.136	2.433	2.733	3.03	3.323	3.608	3.891	4.14	4.381	4.604	4.805	4.984	5.14
120	0.016	0.0639	0.1429	0.2521	0.39005	0.55406	0.7447	0.957	1.1688	1.437	1.7	1.973	2.253	2.538	2.822	3.106	3.384	3.653	3.91	4.157	4.387	4.599	4.792	4.965
126	0.0146	0.0583	0.1306	0.2305	0.35991	0.50833	0.6829	0.879	1.0934	1.325	1.57	1.825	2.09	2.35	2.632	2.904	3.174	3.438	3.69	3.939	4.172	4.391	4.594	4.779
132	0.0134	0.0535	0.1197	0.2115	0.3277	0.46716	0.6283	0.809	1.0066	1.224	1.453	1.693	1.942	2.198	2.457	2.718	2.978	3.236	3.48	3.73	3.963	4.185	4.394	4.589
138	0.0123	0.0492	0.1101	0.1947	0.30185	0.43065	0.5796	0.748	0.9329	1.133	1.348	1.573	1.808	2.05	2.297	2.546	2.797	3.045	3.29	3.53	3.762	3.985	4.197	4.397
144	0.0114	0.0454	0.1017	0.1797	0.27887	0.39815	0.5362	0.693	0.865	1.052	1.253	1.465	1.688	1.915	2.15	2.388	2.628	2.868	3.11	3.341	3.57	3.791	4.004	4.207
150	0.0105	0.042	0.0941	0.1664	0.25836	0.36911	0.4977	0.643	0.804	0.979	1.167	1.365	1.575	1.792	2.015	2.242	2.472	2.703	2.93	3.152	3.387	3.606	3.818	4.022
156	0.0099	0.0389	0.0873	0.1545	0.23999	0.34306	0.4629	0.599	0.7491	0.913	1.09	1.277	1.474	1.679	1.891	2.108	2.328	2.55	2.77	2.994	3.213	3.429	3.638	3.842
162	0.0091	0.0362	0.0813	0.1438	0.22346	0.31982	0.4315	0.568	0.6993	0.863	1.019	1.196	1.382	1.575	1.777	1.984	2.194	2.408	2.62	2.837	3.05	3.261	3.467	3.669
168	0.0085	0.0338	0.0758	0.1342	0.20899	0.29846	0.4032	0.522	0.6543	0.799	0.955	1.122	1.297	1.481	1.673	1.865	2.071	2.275	2.48	2.699	2.905	3.102	3.304	3.503
174	0.0079	0.0318	0.0709	0.1255	0.19611	0.27926	0.3775	0.489	0.6133	0.746	0.897	1.054	1.22	1.395	1.578	1.764	1.959	2.152	2.35	2.551	2.752	2.951	3.149	3.344
180	0.0074	0.0298	0.0664	0.1178	0.18288	0.26189	0.3541	0.459	0.578	0.704	0.843	0.992	1.149	1.315	1.488	1.665	1.85	2.036	2.23	2.422	2.616	2.81	3.003	3.194



186	0.0069	0.0278	0.0623	0.1104	0.17176	0.24603	0.3328	0.432	0.5419	0.653	0.794	0.935	1.084	1.242	1.406	1.576	1.752	1.933	2.12	2.3.1	2.488	2.676	2.864	3.05	3.235
192	0.0065	0.0261	0.0589	0.1038	0.16159	0.23155	0.3132	0.407	0.5106	0.625	0.749	0.883	1.024	1.174	1.33	1.493	1.661	1.833	2.01	2.188	2.369	2.551	2.733	2.915	3.095
198	0.0062	0.0246	0.0552	0.0976	0.1523	0.2183	0.2956	0.384	0.482	0.59	0.708	0.834	0.969	1.111	1.26	1.415	1.576	1.741	1.91	2.082	2.256	2.432	2.609	2.786	2.962
204	0.0058	0.0232	0.0521	0.0923	0.14378	0.20614	0.2791	0.362	0.4556	0.556	0.67	0.79	0.918	1.053	1.195	1.343	1.497	1.655	1.82	1.983	2.151	2.321	2.493	2.664	2.836
210	0.0055	0.0219	0.0492	0.0873	0.13594	0.19495	0.2641	0.343	0.4313	0.528	0.635	0.746	0.871	1	1.135	1.277	1.423	1.575	1.73	1.89	2.052	2.217	2.383	2.549	2.716
216	0.0052	0.0206	0.0466	0.0826	0.12873	0.18464	0.2502	0.325	0.4089	0.501	0.602	0.711	0.827	0.95	1.079	1.214	1.355	1.5	1.65	1.803	1.96	2.118	2.279	2.441	2.603
222	0.0049	0.0197	0.0442	0.0784	0.12206	0.17512	0.2373	0.308	0.3881	0.476	0.572	0.675	0.786	0.903	1.027	1.156	1.291	1.431	1.57	1.722	1.872	2.026	2.181	2.336	2.495
228	0.0047	0.0187	0.0419	0.0744	0.1155	0.16531	0.2254	0.293	0.3688	0.453	0.544	0.643	0.748	0.86	0.979	1.102	1.232	1.365	1.5	1.646	1.791	1.938	2.086	2.241	2.394
234	0.0044	0.0177	0.0399	0.0707	0.11019	0.15814	0.2144	0.279	0.351	0.431	0.518	0.612	0.713	0.82	0.933	1.052	1.176	1.304	1.44	1.574	1.713	1.856	2.002	2.146	2.297
240	0.0042	0.0169	0.0379	0.0673	0.10489	0.15055	0.2041	0.265	0.3344	0.411	0.494	0.584	0.68	0.783	0.891	1.006	1.123	1.247	1.37	1.506	1.641	1.779	1.919	2.062	2.205
246	0.004	0.0161	0.0361	0.0641	0.09995	0.14349	0.1946	0.253	0.3189	0.392	0.471	0.557	0.649	0.748	0.851	0.95	1.074	1.183	1.32	1.443	1.573	1.706	1.842	1.98	2.119
252	0.0038	0.0153	0.0345	0.0612	0.09636	0.13691	0.1857	0.242	0.3044	0.374	0.45	0.532	0.621	0.715	0.814	0.919	1.029	1.143	1.26	1.383	1.508	1.637	1.768	1.902	2.037
258	0.0037	0.0146	0.0329	0.0584	0.09107	0.13077	0.1774	0.231	0.2909	0.357	0.43	0.509	0.594	0.684	0.78	0.88	0.985	1.095	1.21	1.329	1.448	1.572	1.699	1.828	1.96
264	0.0035	0.014	0.0315	0.0558	0.08706	0.12503	0.1697	0.221	0.2783	0.342	0.412	0.487	0.569	0.655	0.747	0.843	0.946	1.05	1.16	1.273	1.39	1.51	1.633	1.758	1.886
270	0.0034	0.0134	0.0301	0.0534	0.08331	0.11966	0.1624	0.211	0.2665	0.328	0.394	0.467	0.545	0.628	0.716	0.809	0.907	1.008	1.11	1.223	1.335	1.452	1.571	1.692	1.816
276	0.0032	0.0128	0.0289	0.0512	0.07976	0.11463	0.1556	0.203	0.2554	0.314	0.378	0.448	0.523	0.603	0.687	0.777	0.871	0.968	1.07	1.175	1.285	1.397	1.512	1.629	1.749
282	0.0031	0.0123	0.0276	0.0491	0.0765	0.1099	0.1492	0.194	0.2449	0.301	0.363	0.43	0.502	0.576	0.66	0.746	0.837	0.931	1.03	1.131	1.236	1.345	1.456	1.57	1.686
288	0.003	0.0118	0.0265	0.0471	0.0734	0.10549	0.1432	0.186	0.2351	0.289	0.348	0.413	0.482	0.556	0.634	0.717	0.804	0.895	0.99	1.089	1.191	1.295	1.403	1.513	1.626
294	0.0028	0.0113	0.0255	0.0452	0.07048	0.10128	0.1375	0.179	0.2259	0.278	0.335	0.397	0.463	0.535	0.61	0.69	0.774	0.862	0.95	1.049	1.147	1.249	1.353	1.46	1.569
300	0.0027	0.0109	0.0246	0.0434	0.06774	0.09734	0.1322	0.172	0.2172	0.267	0.322	0.382	0.448	0.514	0.587	0.664	0.746	0.83	0.92	1.011	1.106	1.204	1.305	1.409	1.515

C. Data Hasil Perhitungan Model Rapat Momentum Klima-Perzilka (Gambar 4c)

Z, μm	Gaya aksial (pN)																							
	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.2	4.4	4.6	4.8
0	0.2239	0.8536	1.7731	2.8204	3.82401	4.63832	5.1694	5.38	5.2928	4.967	4.462	3.916	3.338	2.795	2.315	1.91	1.69	1.316	1.11	0.943	0.813	0.71	0.626	0.558
6	0.2107	0.8272	1.7226	2.7503	3.74612	4.56979	5.123	5.37	5.3226	5.034	4.576	4.032	3.491	2.915	2.428	2.011	1.665	1.388	1.17	0.993	0.855	0.746	0.656	0.584
12	0.1974	0.787	1.6876	2.6587	3.62766	4.36528	4.9772	5.316	5.3761	5.193	4.826	4.341	3.802	3.283	2.768	2.311	1.93	1.614	1.36	1.152	0.988	0.855	0.751	0.685
18	0.172	0.6631	1.4934	2.2909	3.20934	4.04897	4.7205	5.166	5.3703	5.34	5.113	4.74	4.276	3.772	3.289	2.797	2.373	2.006	1.7	1.441	1.232	1.063	0.925	0.813
24	0.1457	0.565	1.2071	1.9983	2.84377	3.66006	4.3672	4.908	5.2482	5.392	5.323	5.102	4.76	4.336	3.877	3.411	2.965	2.568	2.19	1.878	1.612	1.389	1.204	1.052
30	0.1218	0.4747	1.0228	1.7118	2.47575	3.24622	3.9666	4.553	5.0007	5.278	5.383	5.328	5.137	4.84	4.47	4.057	3.63	3.21	2.81	2.463	2.131	1.851	1.606	1.405



36	0.1014	0.3071	0.8519	1.4571	2.13468	2.84217	3.5279	4.145	4.694	5.043	5.284	5.382	5.345	5.192	4.944	4.624	4.254	3.86	3.45	3.113	2.758	2.432	2.130	1.88
42	0.0647	0.3328	0.7288	1.2387	1.83408	2.47353	3.1189	3.728	4.2886	4.718	5.057	5.277	5.377	5.364	5.249	5.051	4.785	4.473	4.13	3.776	3.422	3.079	2.756	2.457
48	0.0712	0.2804	0.8152	1.0558	1.57871	2.14875	2.741	3.323	3.8668	4.348	4.749	5.055	5.282	5.368	5.377	5.290	5.144	4.928	4.68	4.365	4.047	3.721	3.397	3.084
54	0.0603	0.2379	0.524	0.9042	1.35983	1.88886	2.4076	2.952	3.4789	3.967	4.399	4.762	5.044	5.242	5.354	5.384	5.337	5.222	5.05	4.828	4.572	4.292	3.997	3.697
60	0.0514	0.2035	0.4498	0.7792	1.17832	1.63048	2.1174	2.62	3.1197	3.598	4.044	4.433	4.764	5.027	5.219	5.337	5.384	5.383	5.28	5.146	4.968	4.75	4.506	4.243
66	0.0443	0.1754	0.3888	0.6758	1.02668	1.42851	1.8672	2.328	2.7951	3.254	3.692	4.095	4.453	4.78	5.007	5.193	5.318	5.377	5.38	5.325	5.223	5.078	4.897	4.698
72	0.0384	0.1524	0.3383	0.59	0.89974	1.25756	1.6526	2.073	2.5082	2.94	3.364	3.765	4.135	4.466	4.751	4.985	5.168	5.293	5.36	5.364	5.355	5.281	5.167	5.018
78	0.0336	0.1334	0.2865	0.5185	0.79308	1.11294	1.4898	1.951	2.2513	2.658	3.052	3.453	3.824	4.166	4.473	4.74	4.993	5.139	5.27	5.348	5.383	5.374	5.323	5.236
84	0.0298	0.1175	0.2617	0.4685	0.70301	0.98937	1.3107	1.659	2.0273	2.408	2.788	3.165	3.528	3.872	4.19	4.478	4.727	4.94	5.11	5.244	5.329	5.376	5.383	5.353
90	0.0262	0.1042	0.2323	0.4077	0.62657	0.8841	1.1748	1.483	1.8309	2.183	2.542	2.9	3.252	3.591	3.911	4.208	4.477	4.714	4.92	5.085	5.215	5.308	5.364	5.389
96	0.0234	0.093	0.2075	0.3648	0.56434	0.79376	1.0576	1.348	1.6688	1.985	2.321	2.66	2.997	3.327	3.644	3.944	4.222	4.475	4.7	4.904	5.058	5.188	5.288	5.349
102	0.0209	0.0834	0.1883	0.3277	0.50528	0.71587	0.9559	1.221	1.5073	1.81	2.123	2.443	2.764	3.082	3.392	3.69	3.971	4.233	4.47	4.687	4.874	5.033	5.162	5.262
108	0.0189	0.0752	0.168	0.2959	0.4686	0.64837	0.8674	1.111	1.3741	1.654	1.947	2.247	2.552	2.857	3.157	3.449	3.725	3.994	4.24	4.489	4.673	4.853	5.008	5.136
114	0.0171	0.0681	0.1523	0.2684	0.4149	0.58958	0.79	1.013	1.2588	1.518	1.789	2.071	2.36	2.65	2.939	3.223	3.498	3.763	4.01	4.246	4.464	4.66	4.833	4.984
120	0.0155	0.0619	0.1388	0.2446	0.37824	0.53814	0.7221	0.928	1.1526	1.394	1.648	1.913	2.185	2.461	2.737	3.012	3.281	3.542	3.79	4.031	4.254	4.46	4.647	4.814
126	0.0142	0.0565	0.1269	0.2235	0.3461	0.49262	0.6623	0.862	1.0603	1.284	1.522	1.77	2.027	2.288	2.552	2.817	3.078	3.334	3.58	3.82	4.046	4.258	4.456	4.635
132	0.013	0.0518	0.1181	0.2051	0.31777	0.463	0.6093	0.785	0.9781	1.187	1.409	1.642	1.883	2.131	2.383	2.636	2.888	3.137	3.38	3.617	3.843	4.059	4.261	4.45
138	0.0119	0.0477	0.1088	0.1888	0.2927	0.4176	0.5622	0.725	0.9048	1.099	1.307	1.525	1.753	1.988	2.227	2.469	2.712	2.953	3.19	3.423	3.648	3.864	4.07	4.264
144	0.011	0.044	0.0988	0.1743	0.27042	0.38809	0.5202	0.672	0.8388	1.02	1.215	1.42	1.635	1.857	2.084	2.316	2.549	2.781	3.01	3.239	3.461	3.678	3.883	4.08
150	0.0102	0.0407	0.0912	0.1614	0.25053	0.36792	0.4828	0.624	0.7797	0.95	1.132	1.325	1.527	1.737	1.954	2.174	2.397	2.621	2.85	3.066	3.284	3.495	3.702	3.9
156	0.0095	0.0378	0.0847	0.1499	0.23272	0.33287	0.4469	0.58	0.7284	0.885	1.057	1.238	1.429	1.628	1.833	2.044	2.257	2.473	2.69	2.904	3.119	3.325	3.528	3.725
162	0.0088	0.0351	0.0798	0.1395	0.21871	0.30994	0.4185	0.542	0.6782	0.827	0.988	1.159	1.34	1.528	1.723	1.924	2.128	2.336	2.54	2.751	2.959	3.162	3.362	3.557
168	0.0082	0.0328	0.0736	0.1301	0.20227	0.28942	0.391	0.506	0.6344	0.775	0.926	1.088	1.258	1.437	1.622	1.813	2.008	2.206	2.41	2.606	2.808	3.008	3.204	3.397
174	0.0077	0.0306	0.0697	0.1217	0.1892	0.27083	0.366	0.474	0.5947	0.727	0.869	1.022	1.183	1.352	1.529	1.71	1.897	2.087	2.28	2.474	2.668	2.862	3.054	3.243
180	0.0072	0.0287	0.0644	0.114	0.17734	0.25995	0.3434	0.446	0.5585	0.683	0.816	0.962	1.115	1.276	1.443	1.616	1.794	1.976	2.16	2.348	2.537	2.725	2.912	3.097
186	0.0067	0.0269	0.0604	0.107	0.16665	0.23858	0.3227	0.419	0.5254	0.643	0.77	0.907	1.051	1.204	1.363	1.528	1.698	1.873	2.05	2.231	2.413	2.595	2.777	2.958
192	0.0063	0.0253	0.0568	0.1007	0.1567	0.22464	0.3038	0.394	0.4951	0.606	0.727	0.856	0.993	1.138	1.29	1.447	1.61	1.777	1.95	2.122	2.297	2.473	2.65	2.826
198	0.006	0.0238	0.0535	0.0946	0.14789	0.21189	0.2899	0.372	0.4674	0.572	0.686	0.809	0.94	1.078	1.222	1.372	1.528	1.688	1.85	2.019	2.188	2.356	2.53	2.702
204	0.0058	0.0225	0.0506	0.0896	0.13942	0.19986	0.2707	0.351	0.4418	0.541	0.65	0.766	0.89	1.021	1.169	1.303	1.462	1.605	1.76	1.923	2.088	2.251	2.417	2.584
210	0.0053	0.0213	0.0477	0.0847	0.13182	0.18904	0.2581	0.333	0.4182	0.513	0.616	0.726	0.844	0.966	1.101	1.238	1.36	1.527	1.68	1.833	1.99	2.15	2.31	2.472
216	0.005	0.0201	0.0452	0.0801	0.12483	0.17906	0.2426	0.315	0.3985	0.488	0.584	0.689	0.802	0.921	1.048	1.178	1.314	1.465	1.6	1.746	1.9	2.054	2.21	2.367



222	0.0046	0.0191	0.0428	0.076	0.11836	0.16991	0.2301	0.299	0.3763	0.462	0.554	0.655	0.774	0.909	1.121	1.252	1.387	1.53	1.67	1.816	1.964	2.115	2.267	
228	0.0045	0.0181	0.0407	0.0721	0.11239	0.16127	0.2186	0.284	0.3577	0.439	0.528	0.623	0.726	0.834	0.949	1.069	1.194	1.324	1.46	1.596	1.736	1.88	2.025	2.173
234	0.0043	0.0172	0.0387	0.0686	0.10685	0.15335	0.2079	0.27	0.3403	0.419	0.502	0.594	0.691	0.795	0.905	1.02	1.14	1.265	1.39	1.526	1.662	1.8	1.944	2.084
240	0.0041	0.0164	0.0368	0.0653	0.1017	0.14599	0.198	0.257	0.3242	0.398	0.476	0.566	0.659	0.756	0.864	0.974	1.088	1.206	1.33	1.46	1.591	1.726	1.861	1.999
246	0.0039	0.0156	0.034	0.0622	0.09692	0.13914	0.1887	0.245	0.3092	0.38	0.457	0.54	0.63	0.726	0.826	0.931	1.042	1.157	1.28	1.399	1.526	1.654	1.786	1.92
252	0.0037	0.0149	0.0334	0.0593	0.09296	0.13275	0.1801	0.234	0.2952	0.363	0.436	0.516	0.602	0.693	0.79	0.891	0.997	1.108	1.22	1.341	1.463	1.587	1.716	1.844
258	0.0035	0.0142	0.0319	0.0566	0.08831	0.12681	0.172	0.224	0.2821	0.347	0.417	0.494	0.576	0.663	0.756	0.853	0.956	1.062	1.17	1.286	1.404	1.524	1.647	1.773
264	0.0034	0.0136	0.0305	0.0541	0.08442	0.12125	0.1645	0.214	0.2699	0.332	0.399	0.473	0.551	0.635	0.724	0.818	0.916	1.016	1.12	1.235	1.348	1.464	1.584	1.705
270	0.0032	0.013	0.0292	0.0519	0.08076	0.11804	0.1575	0.205	0.2584	0.318	0.382	0.453	0.528	0.606	0.694	0.785	0.879	0.976	1.08	1.186	1.295	1.406	1.523	1.641
276	0.0031	0.0124	0.028	0.0496	0.07738	0.11115	0.1506	0.195	0.2476	0.304	0.367	0.434	0.507	0.584	0.666	0.753	0.844	0.939	1.04	1.14	1.246	1.355	1.466	1.58
282	0.003	0.0119	0.0268	0.0476	0.07418	0.10857	0.1447	0.186	0.2375	0.292	0.352	0.417	0.486	0.557	0.64	0.724	0.811	0.903	1	1.097	1.199	1.304	1.412	1.522
288	0.0029	0.0114	0.0257	0.0456	0.07117	0.10226	0.1388	0.181	0.228	0.28	0.338	0.4	0.467	0.539	0.615	0.696	0.78	0.868	0.96	1.056	1.155	1.256	1.361	1.468
294	0.0027	0.011	0.0247	0.0438	0.06635	0.09821	0.1333	0.174	0.2191	0.269	0.326	0.385	0.449	0.518	0.592	0.669	0.751	0.836	0.92	1.017	1.112	1.211	1.312	1.416
300	0.0026	0.0106	0.0237	0.0421	0.06556	0.09439	0.1282	0.167	0.2106	0.259	0.312	0.37	0.432	0.499	0.57	0.644	0.723	0.805	0.89	0.98	1.072	1.168	1.266	1.366

D. Data Hasil Perhitungan Model Rapat Momentum Abraham (Gambar 4d)

Z, μm	Gaya aksial (pN)																								
	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.2	4.4	4.6	4.8	5
0	0.1739	0.6629	1.3798	2.19	2.96929	3.60159	4.0132	4.177	4.1007	3.857	3.48	3.041	2.592	2.17	1.798	1.483	1.227	1.021	0.86	0.732	0.631	0.551	0.489	0.433	0.386
6	0.1692	0.6423	1.3377	2.1358	2.90681	3.5475	3.978	4.17	4.1329	3.909	3.565	3.131	2.688	2.264	1.886	1.561	1.294	1.078	0.91	0.771	0.664	0.578	0.509	0.453	0.406
12	0.1633	0.5878	1.2327	1.9688	2.73918	3.38958	3.8647	4.127	4.1737	4.032	3.747	3.371	2.953	2.533	2.142	1.795	1.498	1.253	1.05	0.894	0.767	0.666	0.583	0.516	0.461
18	0.1336	0.5146	1.0897	1.7789	2.49217	3.14397	3.6654	4.013	4.17	4.146	3.97	3.691	3.321	2.929	2.539	2.171	1.842	1.556	1.32	1.119	0.957	0.825	0.718	0.632	0.56
24	0.1132	0.4387	0.9373	1.5501	2.20816	2.84199	3.3911	3.811	4.0752	4.179	4.133	3.862	3.608	3.368	3.011	2.646	2.302	1.985	1.7	1.458	1.251	1.078	0.936	0.817	0.72
30	0.0946	0.3686	0.7942	1.3262	1.92239	2.51987	3.0714	3.535	3.893	4.098	4.16	4.137	3.959	3.759	3.471	3.15	2.819	2.493	2.19	1.905	1.665	1.437	1.25	1.091	0.957
36	0.0788	0.3083	0.6592	1.1314	1.65755	2.20991	2.7394	3.219	3.6179	3.916	4.103	4.179	4.151	4.032	3.84	3.693	3.312	3.013	2.71	2.417	2.141	1.888	1.661	1.46	1.285
42	0.0658	0.2584	0.5642	0.9618	1.42412	1.92065	2.4202	2.893	3.3145	3.664	3.927	4.098	4.175	4.165	4.076	3.922	3.716	3.473	3.21	2.932	2.657	2.391	2.14	1.906	1.697
48	0.0553	0.2177	0.4777	0.8198	1.22429	1.68848	2.1283	2.58	3.0023	3.376	3.687	3.925	4.089	4.168	4.175	4.115	3.995	3.826	3.62	3.385	3.143	2.899	2.638	2.394	2.164
54	0.0468	0.1848	0.4069	0.7021	1.05689	1.45115	1.8696	2.292	2.7013	3.081	3.416	3.697	3.917	4.07	4.158	4.181	4.144	4.055	3.92	3.749	3.55	3.333	3.104	2.871	2.64
60	0.0399	0.158	0.3491	0.605	0.91495	1.29905	1.6441	2.034	2.4224	2.794	3.137	3.442	3.699	3.904	4.052	4.144	4.16	4.164	4.1	3.996	3.866	3.688	3.499	3.295	3.083
66	0.0344	0.1382	0.3017	0.5248	0.79719	1.10922	1.4499	1.808	2.1704	2.527	2.895	3.16	3.456	3.696	3.888	4.032	4.128	4.175	4.16	4.136	4.056	3.943	3.803	3.64	3.481

258	0.0028	0.011	0.0248	0.044	0.06957	0.09847	0.1336	0.174	0.2191	0.269	0.324	0.383	0.444	0.510	0.587	0.663	0.742	0.824	0.91	0.996	1.09	1.183	1.279	1.377	1.475
264	0.0028	0.0105	0.0237	0.042	0.06555	0.09415	0.1277	0.168	0.2095	0.258	0.31	0.367	0.429	0.493	0.562	0.635	0.711	0.791	0.87	0.959	1.047	1.137	1.23	1.324	1.42
270	0.0025	0.0101	0.0227	0.0402	0.06273	0.0901	0.1223	0.160	0.2006	0.247	0.297	0.352	0.41	0.473	0.539	0.609	0.683	0.759	0.84	0.921	1.006	1.093	1.183	1.274	1.367
276	0.0024	0.0097	0.0217	0.0385	0.06008	0.08631	0.1171	0.152	0.1923	0.236	0.285	0.337	0.394	0.454	0.518	0.586	0.655	0.726	0.81	0.885	0.967	1.052	1.138	1.227	1.317
282	0.0023	0.0093	0.0205	0.0369	0.0576	0.08275	0.1123	0.146	0.1844	0.227	0.273	0.324	0.378	0.436	0.497	0.562	0.63	0.701	0.78	0.852	0.931	1.013	1.096	1.182	1.27
288	0.0022	0.0089	0.02	0.0354	0.05527	0.07941	0.1076	0.14	0.177	0.218	0.262	0.311	0.363	0.419	0.478	0.54	0.606	0.674	0.75	0.82	0.896	0.976	1.059	1.14	1.224
294	0.0021	0.0085	0.0192	0.034	0.05307	0.07626	0.1035	0.135	0.1701	0.209	0.252	0.299	0.348	0.403	0.459	0.52	0.583	0.648	0.72	0.79	0.864	0.94	1.019	1.095	1.181
300	0.002	0.0082	0.0184	0.0327	0.051	0.07328	0.0996	0.13	0.1635	0.201	0.242	0.287	0.336	0.387	0.442	0.5	0.561	0.624	0.69	0.761	0.833	0.907	0.983	1.061	1.141

II. Data Hasil Perhitungan Gaya Radial, $Fr(pN)$ vs jari-jari Partikel $r_0 (\mu m)$ dan jarak radial, $d (\mu m)$, pada jarak aksial $z=0 \mu m$.

A. Data Hasil Perhitungan Model Rapat Momentum Minkowski (Gambar 6a).

jari-jari, μm	Gaya Radial (pN)																								
	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.2	4.4	4.6	4.8	5
0	3E-09	8E-09	8E-09	4E-08	9E-08	6E-08	2E-07	2E-07	6E-08	0	1E-07	0	1E-08	9E-08	4E-08	1E-07	1E-07	2E-08	0	0	5E-08	1E-08	3E-08	2E-08	0
0.2	0.014	0.1072	0.338	0.7289	1.2625	1.888	2.536	3.1342	3.628	3.978	4.174	4.231	4.173	4.031	3.837	3.618	3.393	3.175	2.973	2.79	2.625	2.478	2.347	2.23	2.124
0.4	0.0263	0.2023	0.6391	1.392	2.402	3.6068	4.967	6.493	7.033	7.753	8.183	8.338	8.262	8.013	7.653	7.234	6.796	6.369	5.967	5.6	5.299	4.973	4.709	4.472	4.26
0.6	0.0357	0.2753	0.8727	1.8961	3.3148	5.0117	6.815	8.6377	10.02	11.14	11.87	12.19	12.17	11.89	11.42	10.84	10.22	9.593	8.999	8.45	7.951	7.503	7.101	6.741	6.418
0.8	0.0415	0.3204	1.0203	2.2313	3.9324	6.0022	8.249	10.454	12.42	13.98	15.07	15.68	15.81	15.58	15.08	14.41	13.64	12.85	12.08	11.35	10.69	10.08	9.538	9.05	8.61
1	0.0434	0.3382	1.0772	2.3751	4.2292	6.5331	9.1	11.7	14.11	16.13	17.65	18.62	19.04	18.99	18.57	17.89	17.05	16.14	15.21	14.32	13.49	12.73	12.03	11.41	10.85
1.2	0.0418	0.3257	1.0514	2.3415	4.2217	6.4181	8.354	12.249	15.04	17.51	19.51	20.93	21.75	22.01	21.8	21.22	20.39	19.42	18.38	17.36	16.37	15.45	14.6	13.84	13.15
1.4	0.0377	0.2951	0.9609	2.1654	3.9608	6.3113	8.099	12.139	15.21	18.08	20.65	22.49	23.91	24.51	24.63	24.29	23.59	22.64	21.59	20.49	19.31	18.25	17.28	16.35	15.52
1.6	0.032	0.2519	0.8284	1.8921	3.518	5.7122	8.407	11.464	14.69	17.87	20.78	23.24	25.12	26.35	26.95	26.97	26.53	25.72	24.69	23.52	22.32	21.13	20	18.94	17.97
1.8	0.0257	0.2036	0.6771	1.6099	2.9724	4.6274	7.418	10.36	13.81	16.97	20.22	23.15	25.81	27.44	28.62	29.14	29.09	28.58	27.66	26.57	25.34	24.06	22.82	21.63	20.52
2	0.0195	0.1583	0.5264	1.2407	2.3983	4.0529	6.267	8.9811	12.11	15.51	18.98	22.3	25.28	27.71	29.52	30.65	31.12	31.01	30.42	29.49	28.31	27.02	25.7	24.4	23.19
2.2	0.0142	0.1143	0.3901	0.9392	1.8474	3.2087	5.08	7.4898	10.37	13.66	17.18	20.75	24.13	27.14	29.59	31.39	32.5	32.93	32.77	32.14	31.15	29.93	28.6	27.23	25.88
2.4	0.0099	0.0797	0.2761	0.6755	1.3639	2.4305	3.955	5.993	8.559	11.6	15.03	18.87	22.32	25.78	28.82	31.29	33.09	34.18	34.59	34.4	33.73	32.71	31.45	30.08	28.67
2.6	0.0065	0.0531	0.1988	0.4665	0.9654	1.7674	2.96	4.8204	6.8	9.505	12.89	16.24	19.99	23.73	27.25	30.34	32.84	34.65	35.74	36.13	35.82	35.23	34.17	32.88	31.48
2.8	0.0041	0.0338	0.121	0.3096	0.6557	1.2347	2.13	3.4294	5.207	7.511	10.34	13.65	17.32	21.17	25	28.59	31.73	34.28	36.09	37.16	37.67	37.34	36.62	35.55	34.24
3	0.0024	0.0206	0.0751	0.1961	0.4278	0.829	1.475	2.4611	3.843	5.725	8.142	11.09	14.51	18.29	22.24	26.15	29.81	33	35.57	37.42	38.52	38.91	38.57	37.94	36.85



3.2	0.0014	0.012	0.0446	0.1195	0.2678	0.5352	0.983	1.657	2.734	4.204	6.185	8.702	11.76	15.28	19.36	23.2	27.2	30.92	34.17	36.78	38.65	39.77	40.16	39.93	39.19
3.4	0.0009	0.0067	0.0254	0.0699	0.1612	0.3322	0.63	1.1182	1.874	2.983	4.533	6.594	9.204	12.38	15.98	19.95	24.08	28.16	31.95	35.25	37.9	39.8	40.94	41.34	41.11
3.6	0.0004	0.0036	0.0139	0.0392	0.0932	0.1984	0.389	0.7137	1.237	2.039	3.205	4.822	6.96	9.655	12.9	16.61	20.67	24.86	29.04	32.9	36.25	38.65	40.69	42.04	42.46
3.8	0.0002	0.0018	0.0073	0.0212	0.0518	0.1139	0.231	0.4387	0.787	1.343	2.185	3.403	5.081	7.289	10.06	13.39	17.19	21.33	25.63	29.88	33.78	37.19	39.93	41.9	43.08
4	0.0001	0.0009	0.0037	0.011	0.0277	0.0629	0.132	0.2506	0.463	0.852	1.437	2.316	3.58	5.314	7.586	10.43	13.83	17.72	21.94	26.31	30.81	34.6	38.05	40.85	42.66
4.2	5E-05	0.0004	0.0018	0.0055	0.0142	0.0334	0.073	0.1476	0.285	0.521	0.91	1.52	2.433	3.739	5.524	7.856	10.77	14.24	18.2	22.5	26.95	31.31	35.36	38.88	41.71
4.4	2E-05	0.0002	0.0008	0.0026	0.007	0.0171	0.038	0.0812	0.162	0.307	0.556	0.902	1.595	2.539	3.883	5.715	8.101	11.07	14.82	18.64	23.02	27.53	31.97	36.06	39.65
4.6	9E-06	6E-05	0.0004	0.0012	0.0033	0.0084	0.02	0.0429	0.089	0.174	0.327	0.587	1.008	1.663	2.634	4.014	5.888	8.325	11.36	14.96	19.05	23.49	28.08	32.57	36.74
4.8	4E-06	4E-05	0.0002	0.0005	0.0015	0.004	0.01	0.0218	0.047	0.095	0.185	0.345	0.614	1.05	1.724	2.72	4.132	6.048	8.629	11.81	15.28	19.43	23.94	28.69	33.14
5	1E-06	1E-05	7E-05	0.0002	0.0007	0.0018	0.005	0.0107	0.024	0.05	0.101	0.195	0.361	0.639	1.088	1.779	2.798	4.24	6.19	8.717	11.85	15.57	19.78	24.35	29.06
5.2	5E-07	5E-06	3E-06	9E-06	0.0003	0.0008	0.002	0.005	0.012	0.025	0.053	0.106	0.204	0.375	0.662	1.122	1.829	2.97	4.398	6.322	8.989	12.07	15.84	20.11	24.73
5.4	2E-07	2E-06	1E-06	4E-06	0.0001	0.0003	9E-06	0.0023	0.005	0.012	0.027	0.056	0.111	0.212	0.389	0.682	1.152	1.874	2.935	4.428	6.443	9.047	12.27	16.09	20.41
5.6	7E-08	7E-07	4E-07	1E-06	4E-06	0.0001	4E-06	0.001	0.002	0.008	0.013	0.028	0.058	0.115	0.219	0.399	0.7	1.18	1.916	2.994	4.51	6.554	9.193	12.46	16.32
5.8	2E-08	2E-07	1E-06	5E-06	2E-06	5E-06	2E-06	0.0004	0.001	0.003	0.008	0.014	0.029	0.061	0.119	0.226	0.41	0.717	1.206	1.953	3.048	4.596	6.665	9.328	12.63
6	7E-09	8E-08	4E-07	2E-06	6E-06	2E-06	6E-06	0.0002	4E-06	0.001	0.003	0.006	0.014	0.031	0.063	0.123	0.231	0.42	0.732	1.229	1.988	3.098	4.655	6.75	9.452
6.2	2E-09	3E-08	1E-07	5E-07	2E-06	7E-06	2E-06	7E-06	2E-06	5E-06	0.001	0.003	0.007	0.015	0.032	0.064	0.126	0.237	0.428	0.748	1.25	2.019	3.143	4.719	6.837
6.4	7E-10	9E-09	4E-08	2E-07	7E-07	2E-06	8E-06	2E-06	7E-06	2E-06	5E-06	0.001	0.003	0.007	0.015	0.032	0.066	0.129	0.241	0.436	0.758	1.269	2.049	3.185	4.778
6.6	2E-10	2E-09	1E-08	5E-08	2E-07	8E-07	3E-06	9E-06	3E-06	7E-06	2E-06	5E-06	0.001	0.003	0.007	0.018	0.033	0.067	0.131	0.246	0.443	0.77	1.267	2.074	3.223
6.8	5E-11	9E-10	4E-09	2E-08	7E-08	3E-07	9E-07	3E-06	9E-06	3E-06	8E-06	2E-06	5E-06	0.001	0.003	0.007	0.016	0.034	0.069	0.133	0.25	0.46	0.78	1.303	2.099
7	1E-11	2E-10	1E-09	5E-09	2E-08	8E-08	3E-07	1E-06	3E-06	1E-06	3E-06	8E-06	2E-06	5E-06	0.001	0.003	0.008	0.016	0.035	0.07	0.136	0.253	0.466	0.79	1.318
7.2	3E-12	4E-11	3E-10	1E-09	6E-09	2E-08	9E-08	3E-07	1E-06	3E-06	1E-06	3E-06	8E-06	2E-06	5E-06	0.001	0.003	0.008	0.017	0.036	0.071	0.137	0.257	0.461	0.798
7.4	8E-13	1E-11	7E-11	4E-10	2E-09	7E-09	3E-08	1E-07	3E-07	1E-06	4E-06	1E-06	3E-06	8E-06	2E-06	5E-06	0.001	0.003	0.008	0.017	0.036	0.072	0.139	0.26	0.466
7.6	2E-13	2E-12	2E-11	6E-11	4E-10	2E-09	8E-09	3E-08	1E-07	4E-07	1E-06	4E-06	1E-06	3E-06	9E-06	2E-06	5E-06	0.001	0.004	0.008	0.017	0.036	0.073	0.141	0.282
7.8	4E-14	6E-13	4E-12	2E-11	1E-10	5E-10	2E-09	8E-09	3E-08	1E-07	4E-07	1E-06	4E-06	1E-06	3E-06	9E-06	2E-06	5E-06	0.002	0.004	0.008	0.016	0.037	0.074	0.142
8	9E-15	1E-13	9E-13	6E-12	3E-11	1E-10	5E-10	2E-09	8E-09	3E-08	1E-07	4E-07	1E-06	4E-06	1E-06	3E-06	9E-06	2E-06	5E-06	0.002	0.004	0.008	0.016	0.037	0.074

B. Data Hasil Perhitungan Model Rapat Momentum Peierls (Gambar 6b)

jari-jari, μm	Gaya Radial (pN)																								
	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.2	4.4	4.6	4.8	
0	5E-10	6E-09	1E-08	-1E-09	5E-08	-7E-09	-7E-09	-4E-08	-9	-9	5E-08	2E-08	1E-07	-6E-08	1E-07	-9	-4E-08	-9	-9	-9	-9	-9	-9	6E-08	-9

0.2	0.0104	0.0801	0.2627	0.5448	0.9436	1.4111	1.895	2.3429	2.74	2.972	3.12	3.163	3.119	3.013	2.896	2.704	2.536	2.373	2.222	2.085	1.962	1.852	1.754	1.666	1.588
0.4	0.0167	0.1512	0.4776	1.0329	1.7953	2.6958	3.636	4.5191	5.256	5.795	6.116	6.233	6.175	5.999	5.72	5.407	5.08	4.76	4.46	4.196	3.939	3.717	3.52	3.343	3.181
0.6	0.0287	0.2058	0.6523	1.4172	2.4776	3.7459	5.094	6.3813	7.488	8.33	8.87	9.113	9.1	8.885	8.533	8.101	7.636	7.17	6.726	6.316	5.943	5.608	5.307	5.038	4.797
0.8	0.031	0.2395	0.7826	1.6677	2.9392	4.4862	6.105	7.8138	9.28	10.45	11.26	11.71	11.81	11.55	11.27	10.77	10.2	9.666	9.026	8.436	7.987	7.536	7.129	6.764	6.436
1	0.0324	0.2513	0.8051	1.7752	3.161	4.883	6.801	8.7452	10.54	12.06	13.19	13.91	14.23	14.2	13.88	13.37	12.75	12.06	11.37	10.7	10.08	9.512	8.995	8.529	8.11
1.2	0.0313	0.2434	0.7858	1.7502	3.1654	4.945	6.999	9.1553	11.24	13.06	14.58	15.84	16.26	16.46	16.29	15.86	15.24	14.51	13.74	12.97	12.23	11.56	10.92	10.34	9.826
1.4	0.0282	0.2205	0.7182	1.6184	2.9602	4.7172	6.801	9.0727	11.37	13.51	15.36	16.81	17.79	18.32	18.41	18.15	17.63	16.92	16.12	15.27	14.44	13.64	12.9	12.22	11.6
1.6	0.0239	0.1883	0.6192	1.4142	2.6294	4.2694	6.283	8.5883	10.98	13.36	15.53	17.37	18.77	19.7	20.14	20.16	19.83	19.23	18.46	17.58	16.68	15.79	14.94	14.16	13.45
1.8	0.0192	0.1622	0.6061	1.1734	2.2216	3.6828	5.544	7.7432	10.17	12.68	15.11	17.31	19.14	20.51	21.39	21.78	21.74	21.34	20.69	19.96	19.14	17.99	17.05	16.16	15.34
2	0.0146	0.1168	0.3934	0.9273	1.7911	3.0367	4.684	6.7127	9.053	11.59	14.18	16.66	18.88	20.71	22.06	22.91	23.26	23.16	22.74	22.03	21.16	20.2	19.21	18.23	17.31
2.2	0.0109	0.0854	0.2916	0.6997	1.3908	2.3983	3.797	5.5913	7.753	10.21	12.84	15.51	18.04	20.28	22.12	23.46	24.29	24.61	24.46	24.02	23.28	22.37	21.37	20.35	19.36
2.4	0.0073	0.0596	0.2083	0.5046	1.0194	1.8166	2.956	4.4793	6.395	8.672	11.23	13.95	16.68	19.27	21.54	23.39	24.74	25.56	25.86	25.71	25.21	24.42	23.51	22.48	21.46
2.6	0.0048	0.0397	0.1396	0.3486	0.7216	1.321	2.212	3.4534	5.082	7.104	9.483	12.14	14.94	17.74	20.37	22.66	24.56	25.9	26.71	27.01	26.85	26.33	25.54	24.56	23.56
2.8	0.003	0.0253	0.0904	0.2306	0.4901	0.9228	1.592	2.6632	3.692	5.614	7.732	10.2	12.94	15.62	18.69	21.37	23.71	25.61	26.97	27.79	28.08	27.91	27.37	26.57	25.56
3	0.0018	0.0154	0.0591	0.1466	0.3196	0.8196	1.103	1.932	2.873	4.279	6.065	8.269	10.85	13.67	16.62	19.55	22.28	24.96	26.58	27.97	28.79	29.06	28.91	28.36	27.54
3.2	0.0011	0.009	0.0334	0.0893	0.2002	0.4	0.735	1.2609	2.043	3.146	4.623	6.504	8.787	11.42	14.32	17.34	20.33	23.11	25.54	27.49	28.89	29.72	30.02	29.84	29.21
3.4	0.0006	0.005	0.019	0.0522	0.1205	0.2483	0.471	0.8358	1.4	2.23	3.388	4.926	6.879	9.235	11.95	14.91	18	21.05	23.88	26.36	28.33	29.75	30.6	30.9	30.72
3.6	0.0003	0.0027	0.0104	0.0293	0.0697	0.1483	0.291	0.5338	0.925	1.524	2.396	3.604	5.202	7.216	9.634	12.42	15.46	18.6	21.71	24.59	27.1	29.11	30.58	31.42	31.74
3.8	0.0002	0.0014	0.0055	0.0158	0.0387	0.0851	0.173	0.3279	0.588	1.004	1.633	2.543	3.798	5.448	7.521	10.01	12.85	15.95	19.16	22.32	25.26	27.8	29.84	31.32	32.2
4	8E-05	0.0007	0.0028	0.0082	0.0207	0.047	0.099	0.1941	0.361	0.637	1.074	1.731	2.676	3.972	5.67	7.797	10.34	13.24	16.4	19.67	22.88	25.86	28.46	30.53	32.02
4.2	4E-05	0.0003	0.0013	0.0041	0.0106	0.026	0.054	0.1106	0.213	0.39	0.68	1.136	1.819	2.795	4.129	5.872	8.048	10.64	13.6	16.82	20.14	23.4	26.43	29.06	31.16
4.4	2E-05	0.0001	0.0006	0.002	0.0053	0.0128	0.029	0.0607	0.121	0.23	0.416	0.719	1.192	1.898	2.902	4.271	6.055	8.277	10.92	13.94	17.2	20.58	23.89	26.96	29.61
4.6	7E-06	6E-06	0.0003	0.0009	0.0025	0.0063	0.016	0.032	0.066	0.13	0.244	0.439	0.754	1.243	1.964	3	4.401	6.222	8.487	11.16	14.24	17.56	20.99	24.36	27.46
4.8	3E-06	3E-06	0.0001	0.0004	0.0011	0.003	0.007	0.0163	0.035	0.071	0.139	0.258	0.469	0.785	1.288	2.033	3.088	4.519	6.375	8.68	11.42	14.52	17.89	21.37	24.77
5	1E-06	1E-06	5E-07	0.0002	0.0006	0.0014	0.003	0.008	0.018	0.037	0.076	0.146	0.27	0.478	0.813	1.329	2.092	3.199	4.626	6.515	8.857	11.64	14.79	18.2	21.72
5.2	4E-07	4E-06	2E-06	7E-06	0.0002	0.0006	0.002	0.0037	0.009	0.019	0.04	0.08	0.153	0.28	0.494	0.838	1.367	2.146	3.242	4.725	6.644	9.02	11.84	15.03	18.4
5.4	1E-07	2E-06	7E-06	3E-06	9E-06	0.0002	7E-04	0.0017	0.004	0.009	0.02	0.042	0.083	0.158	0.29	0.51	0.891	1.401	2.193	3.399	4.816	6.762	9.171	12.02	15.21
5.6	5E-08	5E-07	3E-06	1E-06	3E-06	0.0001	3E-04	0.0007	0.002	0.004	0.01	0.021	0.044	0.086	0.164	0.299	0.523	0.892	1.432	2.236	3.371	4.899	6.971	9.31	12.2
5.8	2E-08	2E-07	9E-07	4E-06	1E-06	4E-06	1E-04	0.0003	8E-04	0.002	0.005	0.01	0.022	0.046	0.086	0.166	0.306	0.536	0.901	1.46	2.278	3.428	4.975	6.972	9.436
6	6E-09	6E-08	3E-07	1E-06	5E-06	1E-06	4E-05	0.0001	3E-04	9E-04	0.002	0.005	0.011	0.023	0.047	0.092	0.173	0.314	0.547	0.916	1.486	2.316	3.476	5.046	7.081
6.2	2E-09	2E-08	1E-07	4E-07	2E-06	6E-06	2E-06	6E-06	1E-04	4E-04	9E-04	0.002	0.005	0.011	0.024	0.048	0.094	0.177	0.32	0.557	0.934	1.509	2.349	3.527	5.11

6.4	5E-10	6E-09	3E-08	1E-07	1E-07	1E-06	6E-06	2E-05	5E-05	1E-04	4E-04	9E-04	0.002	0.005	0.011	0.024	0.049	0.099	0.18	0.326	0.567	0.946	1.531	2.38	3.577
6.6	1E-10	2E-09	1E-08	4E-08	2E-07	6E-07	2E-06	7E-06	2E-05	6E-05	2E-04	4E-04	1E-03	0.002	0.005	0.012	0.025	0.05	0.098	0.194	0.331	0.576	0.962	1.55	2.406
6.8	4E-11	5E-10	3E-09	1E-08	5E-08	2E-07	7E-07	2E-06	7E-06	2E-05	6E-05	2E-04	4E-04	0.001	0.002	0.005	0.012	0.025	0.051	0.1	0.187	0.336	0.583	0.974	1.566
7	1E-11	1E-10	8E-10	4E-09	2E-08	6E-08	2E-07	7E-07	2E-06	7E-06	2E-05	6E-05	2E-04	4E-04	0.001	0.002	0.005	0.012	0.025	0.052	0.101	0.189	0.341	0.58	0.985
7.2	3E-12	3E-11	2E-10	1E-09	4E-09	2E-08	7E-08	2E-07	8E-07	3E-06	8E-06	2E-05	6E-05	2E-04	4E-04	0.001	0.003	0.006	0.013	0.025	0.053	0.103	0.192	0.345	0.597
7.4	6E-13	6E-12	5E-11	3E-10	1E-09	5E-09	2E-08	7E-08	3E-07	9E-07	3E-06	8E-06	2E-05	7E-05	2E-04	4E-04	0.001	0.003	0.006	0.013	0.027	0.054	0.104	0.194	0.346
7.6	1E-13	2E-12	1E-11	7E-11	3E-10	1E-09	6E-09	2E-08	8E-08	3E-07	9E-07	3E-06	8E-06	2E-05	7E-05	2E-04	5E-04	0.001	0.003	0.006	0.013	0.027	0.054	0.105	0.196
7.8	3E-14	4E-13	3E-12	2E-11	8E-11	4E-10	2E-09	6E-09	2E-08	8E-08	3E-07	9E-07	3E-06	9E-06	3E-05	7E-05	2E-04	5E-04	0.001	0.003	0.006	0.013	0.027	0.055	0.106
8	7E-15	9E-14	7E-13	4E-12	2E-11	9E-11	4E-10	2E-09	7E-09	2E-08	9E-08	3E-07	1E-06	3E-06	9E-06	3E-05	7E-05	2E-04	5E-04	0.001	0.003	0.006	0.013	0.028	0.056

C. Data Hasil Perhitungan Model Rapat Momentum Klima-Petrzilka (Gambar 6c).

jari-jari, μm	Gaya Radial (μN)																								
	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.2	4.4	4.6	4.8	5
0.2	1E-09	6E-09	-8E-09	-3E-08	-2E-08	-3E-08	-7E-08	7E-08	7E-08	7E-08	0	1E-08	1E-08	-5E-08	7E-08	6E-08	2E-08	5E-08	0	6E-08	2E-08	0	3E-08	6E-08	0
0.4	0.0101	0.0777	0.245	0.5293	0.9151	1.3684	1.838	2.2716	2.628	2.892	3.025	3.067	3.024	2.922	2.764	2.622	2.459	2.301	2.155	2.022	1.903	1.795	1.701	1.615	1.54
0.6	0.0191	0.1486	0.4832	1.0016	1.7409	2.6141	3.627	4.3822	5.097	5.82	6.931	6.043	6.969	5.806	5.547	5.243	4.026	4.616	4.325	4.052	3.819	3.605	3.413	3.241	3.087
0.8	0.0259	0.1995	0.6325	1.3742	2.4025	3.6324	4.939	6.1679	7.261	8.077	8.804	8.837	8.624	6.615	6.275	7.855	7.404	6.953	6.522	6.124	5.763	5.438	5.147	4.888	4.651
0.8	0.0301	0.2322	0.7395	1.6172	2.8501	4.3503	5.979	7.5769	8.999	10.13	10.92	11.35	11.46	11.29	10.93	10.44	9.888	9.315	8.756	8.229	7.746	7.307	6.913	6.556	6.241
1	0.0314	0.2439	0.7907	1.7214	3.0952	4.7351	6.595	8.4802	10.22	11.86	12.79	13.46	13.6	13.77	13.46	12.97	12.36	11.7	11.03	10.38	9.777	9.224	8.722	8.271	7.894
1.2	0.0303	0.2361	0.762	1.6972	3.0598	4.7952	6.787	8.8779	10.9	12.65	14.14	15.17	15.79	15.95	15.8	15.38	14.78	14.07	13.32	12.58	11.86	11.2	10.58	10.03	9.63
1.4	0.0273	0.2139	0.6984	1.5694	2.8709	4.5743	6.595	8.7978	11.02	13.1	14.9	16.3	17.26	17.76	17.85	17.6	17.09	16.41	15.63	14.81	14	13.23	12.51	11.85	11.25
1.6	0.0232	0.1826	0.6004	1.3714	2.5497	4.1401	6.093	8.3088	10.66	12.96	15.06	16.84	18.2	19.1	19.53	19.35	19.23	18.64	17.89	17.06	16.18	15.31	14.49	13.73	13.03
1.8	0.0186	0.1476	0.4908	1.1378	2.1543	3.5713	5.376	7.5088	9.863	12.3	14.66	16.74	18.56	19.89	20.74	21.12	21.08	20.7	20.06	19.25	18.36	17.44	16.54	15.67	14.87
2	0.0142	0.1133	0.3815	0.8992	1.7369	2.9447	4.543	6.5093	8.778	11.24	13.75	16.16	18.31	20.08	21.4	22.21	22.59	22.47	22.05	21.37	20.52	19.58	18.62	17.68	16.78
2.2	0.0103	0.0828	0.2827	0.6785	1.3389	2.3256	3.682	5.4219	7.519	9.901	12.46	15.04	17.46	19.67	21.46	22.75	23.55	23.87	23.76	23.29	22.58	21.7	20.73	19.73	18.76
2.4	0.0071	0.0578	0.2001	0.4896	0.9895	1.7516	2.867	4.3436	6.202	8.499	10.99	13.63	16.18	18.69	20.86	22.66	23.99	24.76	25.07	24.94	24.45	23.71	22.6	21.6	20.78
2.6	0.0047	0.0385	0.1354	0.3382	0.6907	1.281	2.145	3.3486	4.928	6.899	9.199	11.77	14.49	17.2	19.75	21.96	23.6	25.12	25.6	26.15	26.04	25.53	24.77	23.83	22.81
2.8	0.0029	0.0245	0.0877	0.2239	0.4753	0.8949	1.544	2.4956	3.774	5.444	7.497	9.894	12.54	15.34	18.12	20.72	23	24.83	26.15	26.99	27.23	27.08	26.55	25.76	24.81
3	0.0018	0.0149	0.0544	0.1422	0.3099	0.6008	1.069	1.7785	2.786	4.16	5.901	8.038	10.52	13.25	16.12	18.95	21.5	23.92	25.78	27.12	27.92	28.2	28.03	27.5	26.71
3.2	0.001	0.0087	0.0323	0.0869	0.1941	0.3879	0.712	1.2227	1.981	3.05	4.482	6.307	8.521	11.08	13.94	16.82	19.71	22.41	24.75	26.65	28.01	28.82	29.11	28.94	28.4



3.4	0.0003	0.0043	0.0113	0.0284	0.0719	0.1818	0.457	0.1104	0.258	2.182	3.285	4.779	6.674	8.955	11.58	14.46	17.40	20.41	23.16	25.65	27.47	28.65	29.57	29.97	29.6		
3.6	0.0003	0.0026	0.0101	0.0284	0.0679	0.1438	0.282	0.5173	0.867	1.478	2.323	3.465	5.044	6.998	9.347	12.04	14.98	19.04	21.05	23.64	26.28	28.23	29.63	30.47	30.77		
3.8	0.0002	0.0013	0.0053	0.0153	0.0378	0.0828	0.157	0.318	0.571	0.973	1.584	2.455	3.683	5.283	7.293	9.703	12.45	15.46	18.58	21.54	24.48	26.95	28.94	30.37	31.23		
4	7E-05	0.0007	0.0027	0.0079	0.0201	0.0456	0.096	0.1862	0.35	0.618	1.041	1.678	2.595	3.851	5.499	7.581	10.03	12.84	15.9	19.07	22.19	25.08	27.59	29.61	31.08		
4.2	3E-05	0.0003	0.0013	0.004	0.0103	0.0242	0.053	0.1072	0.206	0.378	0.66	1.102	1.764	2.71	4.004	5.694	7.804	10.32	13.19	16.31	19.63	22.89	25.63	28.18	30.23		
4.4	2E-05	0.0001	0.0006	0.0019	0.0051	0.0124	0.028	0.0588	0.117	0.223	0.403	0.697	1.155	1.84	2.814	4.142	5.872	8.027	10.59	13.51	16.68	19.95	23.17	26.15	28.74		
4.6	6E-06	6E-05	0.0003	0.0009	0.0024	0.0061	0.014	0.0311	0.064	0.125	0.237	0.425	0.731	1.205	1.909	2.904	4.267	6.034	8.23	10.84	13.81	17.03	20.35	23.61	26.63		
4.8	3E-06	3E-05	0.0001	0.0004	0.0011	0.0029	0.007	0.0158	0.034	0.069	0.134	0.25	0.445	0.781	1.249	1.972	2.995	4.382	6.182	8.417	11.07	14.08	17.39	20.72	24.02		
5	1E-06	1E-05	6E-06	0.0002	0.0005	0.0013	0.003	0.0077	0.017	0.035	0.073	0.141	0.261	0.463	0.788	1.290	2.028	3.073	4.485	6.315	8.589	11.28	14.34	17.65	21.06		
5.2	4E-07	4E-06	2E-06	7E-06	0.0002	0.0005	0.001	0.0038	0.008	0.018	0.038	0.077	0.148	0.272	0.46	0.813	1.325	2.08	3.144	4.562	6.442	8.747	11.48	14.58	17.93		
5.4	1E-07	1E-06	7E-06	3E-06	8E-06	0.0002	7E-06	0.0019	0.004	0.009	0.02	0.041	0.081	0.154	0.281	0.494	0.835	1.356	2.127	3.269	4.67	6.557	8.993	11.66	14.79		
5.6	5E-08	5E-07	3E-06	1E-06	3E-06	1E-06	3E-06	0.0007	0.002	0.004	0.01	0.02	0.042	0.084	0.156	0.29	0.507	0.856	1.389	2.17	3.289	4.75	6.693	9.028	11.83		
5.8	2E-08	2E-07	9E-07	4E-06	1E-06	4E-06	1E-06	0.0003	8E-06	0.002	0.004	0.01	0.021	0.044	0.086	0.163	0.297	0.52	0.874	1.416	2.209	3.324	4.824	6.76	9.153		
6	6E-09	6E-08	3E-07	1E-06	4E-06	1E-06	4E-06	0.0001	3E-06	8E-06	0.002	0.005	0.01	0.022	0.046	0.092	0.168	0.304	0.53	0.891	1.441	2.245	3.374	4.893	6.851		
6.2	2E-09	2E-08	1E-07	4E-07	2E-06	5E-06	2E-06	6E-06	2E-06	5E-06	1E-06	4E-06	9E-06	0.002	0.005	0.011	0.023	0.047	0.091	0.172	0.31	0.54	0.906	1.463	2.278	3.42	4.958
6.4	5E-10	5E-09	3E-08	1E-07	4E-07	2E-06	6E-06	2E-06	5E-06	1E-06	4E-06	9E-06	0.002	0.005	0.011	0.024	0.048	0.093	0.175	0.316	0.55	0.92	1.484	2.308	3.463		
6.6	1E-10	2E-09	9E-09	4E-08	2E-07	6E-07	2E-06	6E-06	2E-06	5E-06	1E-06	4E-06	1E-06	0.002	0.005	0.011	0.024	0.048	0.095	0.178	0.321	0.558	0.933	1.503	2.338		
6.8	4E-11	4E-10	3E-09	1E-08	5E-08	2E-07	7E-07	2E-06	7E-06	2E-06	6E-06	2E-06	5E-06	1E-06	4E-06	1E-06	0.002	0.005	0.012	0.025	0.05	0.097	0.181	0.328	0.562	0.945	1.521
7	1E-11	1E-10	7E-10	4E-09	2E-08	6E-08	2E-07	7E-07	2E-06	7E-06	2E-06	6E-06	2E-06	5E-06	1E-06	4E-06	0.001	0.002	0.005	0.012	0.025	0.051	0.098	0.184	0.33	0.572	0.955
7.2	2E-12	3E-11	2E-10	1E-09	4E-09	2E-08	7E-08	2E-07	8E-07	2E-06	8E-06	2E-06	6E-06	2E-06	5E-06	1E-06	4E-06	0.001	0.002	0.006	0.012	0.026	0.051	0.1	0.185	0.334	0.579
7.4	6E-13	8E-12	5E-11	3E-10	1E-09	6E-09	2E-08	7E-08	2E-07	8E-07	3E-06	8E-06	2E-06	6E-06	2E-06	5E-06	2E-06	4E-06	0.001	0.003	0.006	0.012	0.028	0.052	0.101	0.188	0.336
7.6	1E-13	2E-12	1E-11	7E-11	3E-10	1E-09	6E-09	2E-08	8E-08	3E-07	9E-07	3E-06	8E-06	2E-06	6E-06	2E-06	5E-06	2E-06	4E-06	0.001	0.003	0.006	0.013	0.029	0.053	0.102	0.19
7.8	3E-14	4E-13	3E-12	2E-11	8E-11	4E-10	2E-09	8E-09	2E-08	8E-08	3E-07	9E-07	3E-06	8E-06	2E-06	6E-06	2E-06	5E-06	2E-06	4E-06	0.001	0.003	0.006	0.013	0.027	0.063	0.109
8	6E-15	9E-14	6E-13	4E-12	2E-11	9E-11	4E-10	2E-09	8E-09	2E-08	8E-08	3E-07	9E-07	3E-06	9E-06	3E-06	7E-06	2E-06	5E-06	0.001	0.003	0.006	0.013	0.027	0.064	0.115	

D. Data Hasil Perhitungan Model Rapat Momentum Abraham (Gambar 6d)

jari-jari, μm	Gaya Radial (pN)																								
	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.2	4.4	4.6	4.8	5
0	2E-09	3E-09	3E-11	3E-08	3E-08	6E-09	4E-09	1E-09	0	8E-08	0	3E-08	4E-08	6E-09	4E-08	3E-08	4E-08	4E-08	4E-08	2E-08	4E-08	1E-08	0	5E-10	0
0.2	0.0079	0.0603	0.1602	0.4102	0.7108	1.0628	1.427	1.7639	2.041	2.238	2.340	2.361	2.348	2.289	2.190	2.038	1.808	1.787	1.673	1.57	1.477	1.365	1.321	1.285	1.165
0.4	0.0148	0.1138	0.3368	0.7777	1.3819	2.0269	2.739	3.4027	3.958	4.384	4.608	4.682	4.540	4.21	4.307	4.074	3.628	3.684	3.368	3.182	2.968	2.799	2.68	2.617	2.397



0.8	0.0235	0.1602	0.5917	1.3178	2.3759	3.7254	5.27	6.9936	8.462	9.854	10.98	11.78	12.24	12.39	12.27	11.94	11.48	10.93	10.35	9.785	9.211	8.693	8.210	7.760	7.4	
1	0.0244	0.1692	0.6062	1.3387	2.3901	3.8787	5.421	6.9948	8.54	9.98	10.93	11.67	12.06	12.34	12.39	12.27	11.94	11.48	10.93	10.35	9.785	9.211	8.693	8.210	7.760	7.4
1.2	0.0236	0.1693	0.6017	1.3178	2.3759	3.7254	5.27	6.9936	8.462	9.854	10.98	11.78	12.24	12.39	12.27	11.94	11.48	10.93	10.35	9.785	9.211	8.693	8.210	7.760	7.4	
1.4	0.0212	0.1681	0.5408	1.2186	2.2289	3.5610	5.121	6.8314	8.350	10.17	11.67	12.66	13.4	13.79	13.98	13.67	13.27	12.74	12.13	11.5	10.87	10.27	9.711	9.2	8.735	
1.6	0.018	0.1418	0.4682	1.0646	1.9796	3.2147	4.731	6.4516	8.265	10.06	11.59	13.06	14.14	14.83	15.17	15.18	14.93	14.48	13.99	13.24	12.58	11.89	11.25	10.66	10.12	
1.8	0.0144	0.1148	0.3811	0.8838	1.6728	2.773	4.175	5.9303	7.656	9.549	11.38	13.03	14.41	15.44	16.1	16.4	16.37	16.07	15.58	14.95	14.28	13.54	12.84	12.17	11.55	
2	0.011	0.089	0.2982	0.6982	1.3486	2.2885	3.627	5.0544	6.816	8.728	10.68	12.55	14.22	15.59	16.51	17.25	17.51	17.45	17.12	16.59	15.93	15.21	14.46	13.73	13.03	
2.2	0.008	0.0643	0.2195	0.5268	1.0307	1.8058	2.859	4.2101	5.636	7.688	9.671	11.68	13.58	15.27	16.65	17.67	18.25	18.53	18.44	18.09	17.53	16.85	16.09	15.32	14.57	
2.4	0.0055	0.0448	0.1564	0.3801	0.7676	1.3678	2.226	3.3727	4.815	6.83	8.457	10.31	12.56	14.51	16.22	17.61	18.63	19.24	19.47	19.38	18.98	18.41	17.7	16.93	16.14	
2.6	0.0038	0.0299	0.1051	0.2628	0.5433	0.9547	1.688	2.6003	3.827	5.349	7.141	9.198	11.28	13.38	15.34	17.08	18.48	19.5	20.11	20.34	20.22	19.82	19.23	18.51	17.71	
2.8	0.0029	0.019	0.0681	0.1736	0.389	0.6949	1.199	1.93	2.931	4.227	5.822	7.683	9.746	11.91	14.07	16.09	17.66	18.28	20.31	20.92	21.14	21.02	20.61	20.01	19.27	
3	0.0014	0.0118	0.0422	0.1104	0.2408	0.4665	0.83	1.3794	2.183	3.222	4.582	6.241	8.167	10.29	12.61	14.72	16.77	18.57	20.02	21.06	21.68	21.9	21.76	21.38	20.74	
3.2	0.0008	0.0068	0.0251	0.0672	0.1507	0.3012	0.553	0.9464	1.538	2.369	3.461	4.898	6.617	8.802	10.78	13.08	15.31	17.4	19.23	20.7	21.75	22.38	22.6	22.47	22.06	
3.4	0.0004	0.0038	0.0143	0.0363	0.0807	0.167	0.356	0.6293	1.064	1.679	2.551	3.711	5.18	6.954	8.994	11.23	13.55	15.88	17.98	19.84	21.33	22.4	23.04	23.27	23.14	
3.6	0.0002	0.002	0.0078	0.0221	0.0526	0.1116	0.219	0.4017	0.698	1.147	1.804	2.714	3.917	5.434	7.258	9.35	11.63	14.01	16.34	18.51	20.4	21.92	23.01	23.68	23.9	
3.8	0.0001	0.001	0.0041	0.0119	0.0292	0.0641	0.13	0.2469	0.443	0.756	1.23	1.915	2.952	4.102	5.693	7.534	9.674	12.01	14.42	16.8	19.01	20.93	22.47	23.68	24.25	
4	0E-05	0.0005	0.0021	0.0082	0.0198	0.0484	0.074	0.1461	0.272	0.48	0.806	1.304	2.015	2.991	4.27	5.871	7.786	9.971	12.36	14.81	17.23	19.47	21.42	22.69	24.12	
4.2	3E-08	0.0002	0.001	0.0031	0.008	0.0188	0.041	0.0833	0.16	0.293	0.512	0.866	1.37	2.104	3.199	4.421	6.08	8.016	10.24	12.66	15.17	17.62	19.9	21.98	23.48	
4.4	1E-06	0.0001	0.0005	0.0016	0.004	0.0096	0.022	0.0467	0.091	0.173	0.313	0.541	0.898	1.429	2.195	3.216	4.569	6.233	8.226	10.46	12.95	15.6	17.69	20.3	22.31	
4.6	8E-06	8E-06	0.0002	0.0007	0.0019	0.0047	0.011	0.0241	0.05	0.098	0.184	0.33	0.567	0.936	1.482	2.299	3.314	4.685	6.391	8.419	10.72	13.22	15.8	18.33	20.89	
4.8	2E-06	2E-06	9E-06	0.0003	0.0009	0.0022	0.006	0.0123	0.026	0.054	0.104	0.194	0.346	0.561	0.87	1.331	2.328	3.402	4.8	6.536	8.597	10.94	13.47	16.09	18.65	
5	9E-07	8E-06	4E-06	0.0001	0.0004	0.001	0.003	0.006	0.013	0.028	0.057	0.11	0.205	0.36	0.612	1.001	1.576	2.389	3.483	4.906	6.669	8.761	11.13	13.7	16.35	
5.2	3E-07	3E-06	1E-06	8E-06	0.0002	0.0004	0.001	0.0028	0.007	0.014	0.03	0.06	0.118	0.211	0.372	0.631	1.029	1.616	2.441	3.568	5.002	6.782	8.913	11.32	13.92	
5.4	1E-07	1E-06	6E-06	2E-06	8E-06	0.0002	6E-04	0.0013	0.003	0.007	0.016	0.031	0.063	0.119	0.218	0.384	0.649	1.065	1.651	2.492	3.628	5.091	6.905	9.054	11.46	
5.6	4E-06	4E-07	2E-06	8E-06	3E-06	8E-06	2E-04	0.0006	0.001	0.003	0.007	0.016	0.033	0.068	0.123	0.228	0.364	0.664	1.078	1.689	2.536	3.698	5.174	7.01	9.185	
5.8	1E-06	1E-07	7E-07	3E-06	6E-06	3E-06	9E-06	0.0002	6E-04	0.001	0.003	0.008	0.017	0.034	0.067	0.127	0.231	0.403	0.679	1.099	1.718	2.581	3.748	5.249	7.107	
6	4E-06	4E-06	2E-07	1E-06	3E-06	1E-06	3E-06	9E-06	3E-04	6E-04	0.002	0.004	0.008	0.017	0.035	0.069	0.13	0.238	0.412	0.662	1.119	1.743	2.62	3.799	5.319	
6.2	1E-06	1E-06	9E-06	3E-07	1E-06	4E-06	1E-06	4E-06	1E-04	3E-04	7E-04	0.002	0.004	0.009	0.019	0.038	0.071	0.133	0.241	0.42	0.704	1.138	1.766	2.585	3.646	
6.4	4E-10	4E-06	2E-06	1E-07	4E-07	1E-06	4E-06	1E-06	4E-06	1E-04	3E-04	7E-04	0.002	0.004	0.009	0.019	0.037	0.072	0.136	0.248	0.427	0.714	1.162	1.792	2.689	
6.6	1E-10	1E-06	7E-06	3E-06	1E-07	8E-07	2E-06	5E-06	1E-06	4E-06	1E-04	3E-04	7E-04	0.002	0.004	0.009	0.019	0.038	0.074	0.138	0.249	0.433	0.724	1.167	1.814	



3.4	0.0008	0.0034	0.0114	0.0406	0.1168	0.2409	0.457	0.8104	1.358	2.162	3.285	4.776	6.671	8.956	11.58	14.46	17.46	20.44	23.16	25.65	27.47	28.85	29.67	29.97	29.8	
3.6	0.0003	0.0026	0.0101	0.0284	0.0676	0.1438	0.282	0.5173	0.897	1.478	2.323	3.465	5.044	6.998	9.347	12.04	14.98	18.04	21.05	23.84	26.28	28.23	29.63	30.47	30.77	
3.8	0.0002	0.0013	0.0053	0.0153	0.0378	0.0826	0.167	0.318	0.571	0.973	1.584	2.406	3.593	5.283	7.293	9.703	12.46	15.46	18.58	21.64	24.48	26.95	28.94	30.37	31.23	
4	7E-05	0.0007	0.0027	0.0079	0.0201	0.0456	0.096	0.1862	0.35	0.618	1.041	1.676	2.525	3.851	5.498	7.561	10.03	12.84	15.9	19.07	22.19	25.08	27.56	29.61	31.06	
4.2	3E-05	0.0003	0.0013	0.004	0.0103	0.0242	0.053	0.1072	0.206	0.376	0.66	1.102	1.764	2.71	4.004	5.894	7.804	10.32	13.19	16.31	19.53	22.66	25.63	28.18	30.23	
4.4	2E-05	0.0001	0.0006	0.0019	0.0051	0.0124	0.028	0.0588	0.117	0.223	0.403	0.697	1.155	1.84	2.814	4.142	5.872	8.027	10.59	13.61	16.98	19.98	23.17	26.15	28.74	
4.6	8E-06	8E-06	0.0003	0.0009	0.0024	0.0061	0.014	0.0311	0.064	0.126	0.237	0.425	0.731	1.205	1.909	2.906	4.267	6.034	8.23	10.84	13.81	17.03	20.35	23.61	26.63	
4.8	3E-06	3E-06	0.0001	0.0004	0.0011	0.0029	0.007	0.0158	0.034	0.068	0.134	0.25	0.445	0.761	1.249	1.972	2.995	4.382	6.182	8.417	11.07	14.08	17.36	20.72	24.02	
5	1E-06	1E-06	5E-06	0.0002	0.0005	0.0013	0.003	0.0077	0.017	0.036	0.073	0.141	0.261	0.463	0.788	1.289	2.028	3.073	4.496	6.318	8.589	11.28	14.34	17.65	21.06	
5.2	4E-07	4E-06	2E-06	7E-06	0.0002	0.0006	0.001	0.0036	0.009	0.018	0.039	0.077	0.146	0.272	0.48	0.813	1.325	2.06	3.144	4.582	6.442	8.747	11.48	14.68	17.93	
5.4	1E-07	1E-06	7E-06	3E-06	8E-06	0.0002	7E-06	0.0016	0.004	0.009	0.02	0.041	0.081	0.154	0.281	0.494	0.835	1.358	2.127	3.208	4.67	6.557	8.893	11.66	14.79	
5.6	5E-08	5E-07	3E-06	1E-06	3E-06	1E-06	3E-06	0.0007	0.002	0.004	0.01	0.02	0.042	0.084	0.159	0.29	0.507	0.856	1.388	2.17	3.269	4.75	6.663	9.025	11.83	
5.8	2E-08	2E-07	9E-07	4E-06	1E-06	4E-06	1E-06	0.0003	8E-06	0.002	0.004	0.01	0.021	0.044	0.086	0.163	0.297	0.52	0.874	1.416	2.209	3.324	4.824	6.76	9.153	
6	6E-09	6E-08	3E-07	1E-06	4E-06	1E-06	4E-06	0.0001	3E-06	8E-06	0.002	0.005	0.01	0.022	0.045	0.089	0.168	0.304	0.53	0.891	1.441	2.245	3.374	4.893	6.851	
6.2	2E-09	2E-08	1E-07	4E-07	2E-06	5E-06	2E-06	5E-06	1E-06	3E-06	9E-06	0.002	0.005	0.011	0.023	0.047	0.091	0.172	0.31	0.54	0.906	1.463	2.278	3.42	4.956	
6.4	5E-10	5E-09	3E-08	1E-07	5E-07	2E-06	6E-06	2E-06	5E-06	1E-06	4E-06	9E-06	0.002	0.005	0.011	0.024	0.048	0.093	0.175	0.318	0.56	0.92	1.484	2.308	3.463	
6.6	1E-10	2E-09	9E-09	4E-08	2E-07	6E-07	2E-06	6E-06	2E-06	5E-06	1E-06	4E-06	1E-06	0.002	0.005	0.011	0.024	0.048	0.095	0.178	0.321	0.558	0.933	1.503	2.336	
6.8	4E-11	4E-10	3E-09	1E-08	5E-08	2E-07	7E-07	2E-06	7E-06	2E-06	6E-06	2E-06	4E-06	1E-06	0.002	0.005	0.012	0.025	0.05	0.097	0.181	0.326	0.565	0.945	1.521	
7	1E-11	1E-10	7E-10	4E-09	2E-08	6E-08	2E-07	7E-07	2E-06	7E-06	2E-06	6E-06	2E-06	4E-06	1E-06	0.002	0.005	0.012	0.025	0.051	0.098	0.184	0.33	0.572	0.955	
7.2	2E-12	3E-11	2E-10	1E-09	4E-09	2E-08	7E-08	2E-07	8E-07	2E-06	8E-06	2E-06	6E-06	2E-06	4E-06	1E-06	0.002	0.006	0.012	0.025	0.051	0.1	0.186	0.334	0.576	
7.4	6E-13	8E-12	6E-11	3E-10	1E-09	5E-09	2E-08	7E-08	2E-07	8E-07	3E-06	6E-06	2E-06	6E-06	2E-06	4E-06	1E-06	0.002	0.003	0.006	0.012	0.025	0.052	0.101	0.188	0.338
7.6	1E-13	2E-12	1E-11	7E-11	3E-10	1E-09	6E-09	2E-08	8E-08	3E-07	9E-07	3E-06	8E-06	2E-06	7E-06	2E-06	4E-06	1E-06	0.002	0.003	0.006	0.013	0.026	0.053	0.102	0.19
7.8	3E-14	4E-13	3E-12	2E-11	8E-11	4E-10	2E-09	8E-09	2E-08	8E-08	3E-07	9E-07	3E-06	8E-06	2E-06	7E-06	2E-06	4E-06	1E-06	0.002	0.003	0.006	0.013	0.027	0.053	0.103
8	8E-15	9E-14	6E-13	4E-12	2E-11	9E-11	4E-10	2E-09	8E-09	2E-08	8E-08	3E-07	9E-07	3E-06	9E-06	3E-06	7E-06	2E-06	4E-06	1E-06	0.002	0.003	0.006	0.013	0.027	0.054

D. Data Hasil Perhitungan Model Rapat Momentum Abraham (Gambar 6d)

jari-jari, μm	Gaya Radial (pN)																								
	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.2	4.4	4.6	4.8	5
0	2E-06	3E-06	3E-11	3E-08	2E-08	6E-09	4E-09	1E-08	0	6E-08	0	3E-08	4E-08	6E-08	4E-08	3E-08	4E-08	4E-08	4E-08	2E-08	4E-08	1E-08	0	5E-10	0
0.2	0.0079	0.0603	0.1602	0.4102	0.7105	1.0628	1.427	1.7639	2.041	2.238	2.340	2.381	2.348	2.269	2.159	2.036	1.909	1.787	1.673	1.57	1.477	1.388	1.321	1.266	1.195
0.4	0.0148	0.1138	0.3598	0.7777	1.3518	2.0288	2.739	3.4027	3.958	4.384	4.605	4.582	4.540	4.51	4.307	4.071	3.828	3.584	3.368	3.182	2.966	2.706	2.56	2.517	2.397



7.1	1E-11	2E-10	2E-09	1E-08	4E-08	1E-07	5E-07	2E-06	5E-06	2E-05	4E-05	1E-04	3E-04	8E-04	0.002	0.004	0.009	0.019	0.039	0.075	0.141	0.253	0.430	0.733	1.181
7.2	6E-12	9E-11	6E-10	3E-09	1E-08	5E-08	2E-07	6E-07	2E-06	6E-06	2E-05	6E-05	1E-04	3E-04	8E-04	0.002	0.004	0.009	0.019	0.039	0.078	0.143	0.256	0.444	0.742
7.3	2E-12	2E-11	2E-10	6E-10	3E-09	1E-08	3E-08	2E-07	6E-07	2E-06	6E-06	2E-05	5E-05	1E-04	3E-04	8E-04	0.002	0.004	0.009	0.02	0.04	0.077	0.144	0.26	0.448
7.4	5E-13	6E-12	4E-11	2E-10	9E-10	4E-09	1E-08	6E-08	2E-07	6E-07	2E-06	6E-06	2E-05	5E-05	1E-04	3E-04	8E-04	0.002	0.004	0.01	0.02	0.04	0.078	0.148	0.262
7.5	1E-13	1E-12	9E-12	5E-11	2E-10	1E-09	4E-09	2E-08	6E-08	2E-07	7E-07	2E-06	6E-06	2E-05	5E-05	1E-04	3E-04	8E-04	0.002	0.004	0.01	0.02	0.041	0.079	0.148
7.6	2E-14	3E-13	2E-12	1E-11	6E-11	3E-10	1E-09	6E-09	2E-08	6E-08	2E-07	7E-07	2E-06	7E-06	2E-05	5E-05	1E-04	4E-04	8E-04	0.002	0.005	0.01	0.021	0.041	0.08
8	5E-15	7E-14	5E-13	3E-12	1E-11	7E-11	3E-10	1E-09	6E-09	2E-08	7E-08	2E-07	7E-07	2E-06	7E-06	2E-05	5E-05	1E-04	4E-04	8E-04	0.002	0.008	0.01	0.021	0.042

III. Data Hasil Perhitungan Gaya Radial, F_r (pN) vs jari-jari Partikel r_0 (μm) dan jarak radial, d (μm), pada jarak aksial $z=96\mu\text{m}$.

A. Data Hasil Perhitungan Model Rapat Momentum Minkowski (Gambar 7a).

d, μm	Gaya Radial (pN)																									
	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.2	4.4	4.6	4.8	5	
0	-1E-10	1E-09	1E-09	2E-09	-2E-09	5E-09	2E-08	-1E-08	-0	-0	-0	7E-09	-5E-08	-2E-08	-1E-07	5E-08	-7E-08	-0	-0	5E-08	-0	-0	-0	-0	-0	2E-07
0.3	0.0002	0.0018	0.0061	0.0143	0.0275	0.0468	0.073	0.1056	0.148	0.198	0.258	0.327	0.395	0.475	0.561	0.653	0.749	0.847	0.948	1.049	1.15	1.249	1.348	1.438	1.528	
0.6	0.0004	0.0036	0.012	0.0281	0.0543	0.0923	0.144	0.2104	0.293	0.391	0.505	0.635	0.78	0.939	1.1	1.291	1.491	1.677	1.878	2.078	2.278	2.475	2.667	2.852	3.027	
0.9	0.0007	0.0052	0.0176	0.0413	0.0796	0.1354	0.211	0.3068	0.429	0.574	0.742	0.933	1.147	1.391	1.633	1.9	2.16	2.47	2.796	3.064	3.362	3.655	3.94	4.216	4.478	
1.2	0.0008	0.0068	0.0227	0.0533	0.1028	0.175	0.273	0.3992	0.555	0.742	0.96	1.209	1.488	1.79	2.118	2.467	2.832	3.211	3.598	3.99	4.38	4.767	5.144	5.508	5.858	
1.5	0.001	0.0081	0.0272	0.0639	0.1233	0.21	0.328	0.4795	0.667	0.893	1.159	1.455	1.79	2.158	2.556	2.976	3.424	3.885	4.358	4.837	5.318	5.791	6.256	6.707	7.138	
1.8	0.0012	0.0093	0.0311	0.0729	0.1408	0.2368	0.374	0.5481	0.763	1.022	1.324	1.668	2.054	2.478	2.938	3.428	3.944	4.481	5.032	5.591	6.153	6.712	7.26	7.794	8.307	
2.1	0.0013	0.0102	0.0341	0.0802	0.1548	0.2639	0.412	0.6038	0.841	1.127	1.461	1.844	2.272	2.745	3.257	3.806	4.384	4.987	5.608	6.241	6.879	7.514	8.141	8.753	9.345	
2.4	0.0014	0.0109	0.0364	0.0855	0.1653	0.2818	0.441	0.6458	0.901	1.208	1.567	1.976	2.443	2.954	3.5	4.107	4.738	5.398	6.08	6.777	7.482	8.188	8.887	9.573	10.24	
2.7	0.0014	0.0113	0.0379	0.089	0.1721	0.2937	0.459	0.6739	0.941	1.263	1.641	2.075	2.563	3.105	3.695	4.329	5.003	5.71	6.442	7.194	7.958	8.726	9.49	10.24	10.98	
3	0.0014	0.0115	0.0386	0.0907	0.1754	0.2985	0.469	0.6885	0.962	1.293	1.692	2.13	2.635	3.197	3.811	4.473	5.178	5.921	6.694	7.491	8.304	9.125	9.946	10.76	11.55	
3.3	0.0014	0.0115	0.0385	0.0906	0.1754	0.2997	0.47	0.6902	0.965	1.299	1.693	2.146	2.65	3.232	3.86	4.54	5.265	6.034	6.837	7.668	8.52	9.384	10.25	11.12	11.98	
3.6	0.0014	0.0113	0.0378	0.089	0.1723	0.2947	0.462	0.6862	0.953	1.284	1.675	2.127	2.644	3.215	3.848	4.534	5.271	6.054	6.875	7.73	8.61	9.508	10.42	11.33	12.23	
3.9	0.0014	0.0109	0.0365	0.088	0.1687	0.2852	0.448	0.6598	0.926	1.249	1.632	2.077	2.583	3.151	3.776	4.463	5.2	5.987	6.817	7.684	8.581	9.502	10.44	11.38	12.33	
4.2	0.0013	0.0103	0.0347	0.0819	0.1687	0.272	0.427	0.6308	0.886	1.197	1.567	1.998	2.491	3.045	3.656	4.332	5.081	5.842	6.636	7.539	8.443	9.377	10.33	11.3	12.28	
4.5	0.0012	0.0097	0.0328	0.0788	0.1491	0.2557	0.402	0.5944	0.836	1.132	1.488	1.907	2.395	2.903	3.468	4.152	4.893	5.629	6.445	7.305	8.208	9.144	10.11	11.09	12.09	
4.8	0.0011	0.0089	0.0301	0.0711	0.1361	0.2371	0.374	0.5528	0.779	1.057	1.399	1.778	2.226	2.734	3.302	3.93	4.617	5.359	6.154	6.999	7.888	8.816	9.777	10.77	11.77	



5.1	0.001	0.0082	0.0275	0.065	0.1263	0.2171	0.343	0.5076	0.717	0.974	1.293	1.646	2.065	2.543	3.081	3.677	4.332	5.044	5.811	6.63	7.497	8.409	9.357	10.34	11.36
5.4	0.0009	0.0074	0.0248	0.0586	0.1141	0.1963	0.31	0.4604	0.651	0.887	1.17	1.505	1.894	2.339	2.841	3.401	4.016	4.685	5.427	6.213	7.05	7.935	8.863	9.83	10.83
5.7	0.0008	0.0065	0.0221	0.0522	0.1018	0.1754	0.278	0.4127	0.585	0.798	1.056	1.361	1.718	2.127	2.591	3.112	3.686	4.324	5.015	5.762	6.562	7.413	8.311	9.253	10.23
6	0.0007	0.0058	0.0194	0.046	0.0897	0.1548	0.245	0.3656	0.519	0.71	0.942	1.217	1.54	1.913	2.338	2.816	3.351	3.941	4.587	5.29	6.047	6.857	7.718	8.626	9.578
6.3	0.0006	0.005	0.0169	0.04	0.0782	0.1351	0.215	0.3202	0.456	0.625	0.831	1.077	1.366	1.702	2.087	2.523	3.012	3.555	4.154	4.808	5.517	6.282	7.098	7.966	8.886
6.6	0.0005	0.0043	0.0145	0.0344	0.0674	0.1185	0.185	0.2773	0.395	0.544	0.726	0.942	1.196	1.499	1.844	2.237	2.68	3.175	3.724	4.327	4.986	5.7	6.467	7.286	8.16
6.9	0.0005	0.0037	0.0123	0.0293	0.0574	0.0995	0.159	0.2375	0.34	0.488	0.626	0.816	1.042	1.305	1.612	1.963	2.361	2.808	3.305	3.858	4.463	5.123	5.838	6.607	7.43
7.2	0.0004	0.0031	0.0104	0.0247	0.0484	0.084	0.134	0.2014	0.289	0.399	0.535	0.699	0.896	1.127	1.396	1.706	2.059	2.466	2.907	3.406	3.958	4.562	5.222	5.936	6.704
7.5	0.0003	0.0026	0.0086	0.0205	0.0403	0.0701	0.112	0.1689	0.243	0.336	0.452	0.593	0.762	0.962	1.197	1.466	1.779	2.133	2.533	2.98	3.477	4.026	4.628	5.284	5.995
7.8	0.0003	0.0021	0.0071	0.0180	0.0333	0.058	0.093	0.1402	0.202	0.28	0.378	0.498	0.642	0.814	1.016	1.251	1.522	1.833	2.185	2.582	3.027	3.52	4.065	4.663	5.314
8.1	0.0002	0.0017	0.0058	0.0138	0.0271	0.0474	0.078	0.1151	0.168	0.232	0.313	0.414	0.536	0.682	0.854	1.055	1.29	1.58	1.896	2.217	2.611	3.05	3.536	4.078	4.666
8.4	0.0002	0.0014	0.0047	0.0111	0.0219	0.0383	0.062	0.0938	0.136	0.189	0.257	0.341	0.443	0.565	0.711	0.883	1.084	1.316	1.582	1.887	2.231	2.619	3.053	3.535	4.067
8.7	0.0001	0.0011	0.0037	0.0089	0.0175	0.0307	0.05	0.0753	0.109	0.153	0.209	0.278	0.362	0.464	0.587	0.731	0.901	1.099	1.328	1.591	1.9	2.229	2.61	3.037	3.511
9	0.0001	0.0009	0.0029	0.007	0.0139	0.0243	0.039	0.06	0.087	0.123	0.168	0.224	0.294	0.378	0.478	0.6	0.743	0.91	1.104	1.329	1.587	1.88	2.212	2.586	3.008
9.3	8E-05	0.0007	0.0023	0.0055	0.0109	0.0191	0.031	0.0473	0.069	0.098	0.134	0.179	0.235	0.304	0.386	0.486	0.606	0.746	0.91	1.1	1.32	1.572	1.859	2.184	2.549
9.6	6E-05	0.0005	0.0018	0.0042	0.0084	0.0148	0.024	0.037	0.054	0.077	0.106	0.142	0.187	0.243	0.311	0.393	0.491	0.607	0.743	0.903	1.088	1.302	1.548	1.827	2.144
9.9	5E-05	0.0004	0.0013	0.0032	0.0065	0.0114	0.019	0.0289	0.042	0.06	0.082	0.111	0.148	0.192	0.247	0.313	0.393	0.489	0.602	0.734	0.889	1.07	1.277	1.516	1.788
10.2	4E-05	0.0003	0.001	0.0025	0.0049	0.0087	0.014	0.0219	0.032	0.046	0.064	0.087	0.115	0.151	0.194	0.248	0.312	0.39	0.482	0.582	0.72	0.871	1.046	1.249	1.477
10.5	3E-05	0.0002	0.0008	0.0018	0.0037	0.0066	0.011	0.0185	0.025	0.035	0.049	0.067	0.089	0.117	0.152	0.194	0.246	0.308	0.383	0.473	0.578	0.702	0.848	1.018	1.211
10.8	2E-05	0.0002	0.0006	0.0014	0.0027	0.0046	0.008	0.0126	0.019	0.027	0.037	0.051	0.068	0.09	0.117	0.151	0.192	0.242	0.302	0.374	0.46	0.562	0.681	0.821	0.983
11.1	2E-05	0.0001	0.0004	0.001	0.002	0.0038	0.006	0.0093	0.014	0.02	0.028	0.038	0.052	0.069	0.09	0.116	0.146	0.188	0.236	0.294	0.363	0.446	0.543	0.658	0.792
11.4	1E-05	9E-06	0.0003	0.0007	0.0015	0.0028	0.004	0.0069	0.01	0.015	0.021	0.029	0.039	0.052	0.068	0.088	0.114	0.145	0.182	0.228	0.284	0.35	0.429	0.522	0.632
11.7	8E-06	8E-06	0.0002	0.0005	0.0011	0.0019	0.003	0.005	0.007	0.011	0.015	0.021	0.028	0.038	0.051	0.067	0.086	0.11	0.14	0.176	0.22	0.272	0.336	0.411	0.5
12	6E-06	5E-06	0.0002	0.0004	0.0008	0.0014	0.002	0.0038	0.005	0.008	0.011	0.016	0.021	0.028	0.038	0.05	0.065	0.083	0.105	0.134	0.169	0.21	0.26	0.321	0.392
12.3	4E-06	3E-06	0.0001	0.0003	0.0005	0.001	0.002	0.0028	0.004	0.006	0.008	0.011	0.016	0.021	0.028	0.037	0.046	0.062	0.08	0.102	0.128	0.161	0.2	0.249	0.305
12.6	3E-06	2E-06	8E-06	0.0002	0.0004	0.0007	0.001	0.0013	0.003	0.004	0.006	0.008	0.011	0.015	0.021	0.027	0.036	0.046	0.06	0.076	0.097	0.122	0.153	0.19	0.235
12.9	2E-06	2E-06	5E-06	0.0001	0.0003	0.0005	8E-04	0.0013	0.002	0.003	0.004	0.006	0.008	0.011	0.015	0.02	0.026	0.034	0.044	0.057	0.072	0.092	0.115	0.144	0.18
13.2	1E-06	1E-06	4E-06	9E-06	0.0002	0.0003	6E-04	0.0009	0.001	0.002	0.003	0.004	0.006	0.008	0.011	0.014	0.018	0.025	0.032	0.042	0.054	0.068	0.085	0.106	0.136

B. Data Hasil Perhitungan Model Rapat Momentum Peierls (Gambar 7b).



jar-jari, μm	Gaya Radial (pN)																								
	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.2	4.4	4.6	4.8	5
0	-4E-10	-1E-09	4E-09	-5E-09	7E-09	-9E-09	-2E-09	-2E-09	0	1E-08	6E-09	3E-08	-4E-09	2E-08	-3E-08	6E-08	-2E-08	8E-09	7E-08	0	0	2E-08	0	2E-08	1E-07
0.3	0.0002	0.0014	0.0048	0.0107	0.0206	0.036	0.056	0.0767	0.111	0.148	0.191	0.24	0.296	0.355	0.42	0.488	0.56	0.633	0.709	0.784	0.86	0.934	1.006	1.075	1.141
0.6	0.0003	0.0027	0.009	0.021	0.0408	0.069	0.108	0.1573	0.216	0.282	0.378	0.475	0.583	0.702	0.83	0.966	1.107	1.253	1.402	1.553	1.703	1.85	1.993	2.131	2.262
0.9	0.0006	0.0039	0.0131	0.0308	0.0595	0.1012	0.158	0.2308	0.321	0.429	0.555	0.699	0.857	1.032	1.22	1.42	1.63	1.846	2.067	2.29	2.512	2.732	2.945	3.151	3.347
1.2	0.0008	0.0051	0.017	0.0398	0.0768	0.1308	0.204	0.2963	0.416	0.555	0.718	0.903	1.111	1.338	1.583	1.844	2.117	2.4	2.686	2.982	3.274	3.563	3.844	4.117	4.376
1.5	0.0008	0.0061	0.0203	0.0478	0.0922	0.157	0.246	0.3564	0.499	0.667	0.864	1.088	1.338	1.613	1.91	2.227	2.569	2.904	3.257	3.615	3.974	4.328	4.676	5.013	5.335
1.8	0.0009	0.0069	0.0232	0.0545	0.1052	0.1782	0.28	0.4067	0.571	0.764	0.999	1.247	1.536	1.852	2.196	2.562	2.948	3.349	3.761	4.179	4.599	5.018	5.427	5.826	6.209
2.1	0.001	0.0076	0.0258	0.0599	0.1157	0.1972	0.308	0.4613	0.626	0.842	1.092	1.378	1.698	2.062	2.433	2.844	3.277	3.727	4.192	4.666	5.141	5.616	6.085	6.542	6.994
2.4	0.001	0.0081	0.0272	0.0639	0.1235	0.2106	0.329	0.4827	0.673	0.903	1.171	1.48	1.826	2.208	2.624	3.07	3.541	4.035	4.544	5.065	5.592	6.12	6.642	7.156	7.653
2.7	0.0011	0.0084	0.0283	0.0666	0.1286	0.2196	0.343	0.5037	0.703	0.944	1.226	1.551	1.916	2.32	2.762	3.236	3.736	4.267	4.816	5.377	5.948	6.522	7.093	7.656	8.206
3	0.0011	0.0086	0.0288	0.0676	0.1311	0.2238	0.36	0.5146	0.719	0.966	1.257	1.592	1.97	2.389	2.848	3.343	3.87	4.426	5.003	5.599	6.206	6.82	7.434	8.042	8.639
3.3	0.0011	0.0086	0.0288	0.0677	0.1311	0.224	0.351	0.5159	0.722	0.971	1.265	1.604	1.988	2.416	2.865	3.363	3.906	4.51	5.11	5.731	6.368	7.014	7.664	8.311	8.951
3.6	0.0011	0.0084	0.0283	0.0666	0.1288	0.2203	0.346	0.5064	0.712	0.96	1.252	1.59	1.974	2.403	2.876	3.386	3.94	4.526	5.139	5.777	6.435	7.106	7.785	8.466	9.142
3.9	0.001	0.0081	0.0273	0.0643	0.1246	0.2132	0.335	0.4931	0.692	0.933	1.22	1.552	1.931	2.355	2.824	3.336	3.867	4.475	5.095	5.743	6.414	7.102	7.803	8.509	9.216
4.2	0.001	0.0077	0.026	0.0612	0.1187	0.2033	0.32	0.4713	0.662	0.895	1.171	1.493	1.851	2.276	2.735	3.238	3.783	4.366	4.985	5.635	6.311	7.009	7.723	8.446	9.178
4.5	0.0009	0.0072	0.0243	0.0574	0.1114	0.1911	0.301	0.4443	0.625	0.846	1.11	1.418	1.771	2.17	2.614	3.103	3.635	4.207	4.817	5.461	6.135	6.834	7.555	8.29	9.036
4.8	0.0008	0.0067	0.0225	0.0531	0.1032	0.1772	0.279	0.4132	0.582	0.79	1.038	1.328	1.664	2.043	2.463	2.938	3.451	4.005	4.6	5.231	5.895	6.589	7.308	8.047	8.8
5.1	0.0008	0.0061	0.0205	0.0485	0.0944	0.1623	0.256	0.3764	0.536	0.726	0.959	1.23	1.544	1.901	2.302	2.746	3.238	3.77	4.343	4.955	5.603	6.284	6.994	7.726	8.482
5.4	0.0007	0.0055	0.0185	0.0438	0.0853	0.1467	0.232	0.3441	0.487	0.663	0.876	1.125	1.416	1.748	2.123	2.542	3.004	3.509	4.056	4.644	5.27	5.931	6.625	7.347	8.094
5.7	0.0006	0.0046	0.0165	0.039	0.0781	0.1311	0.207	0.3084	0.437	0.596	0.789	1.017	1.284	1.59	1.937	2.326	2.767	3.252	3.746	4.307	4.905	5.541	6.212	6.916	7.648
6	0.0005	0.0043	0.0145	0.0344	0.0671	0.1157	0.183	0.2732	0.388	0.531	0.704	0.91	1.151	1.43	1.747	2.106	2.504	2.945	3.429	3.954	4.52	5.125	5.769	6.447	7.159
6.3	0.0005	0.0037	0.0128	0.0299	0.0584	0.101	0.16	0.2393	0.341	0.467	0.621	0.805	1.021	1.272	1.56	1.886	2.251	2.657	3.104	3.593	4.124	4.695	5.306	5.954	6.638
6.6	0.0004	0.0032	0.0108	0.0257	0.0504	0.0871	0.139	0.2073	0.296	0.406	0.542	0.704	0.896	1.12	1.378	1.672	2.003	2.373	2.783	3.234	3.727	4.26	4.834	5.447	6.099
6.9	0.0003	0.0027	0.0092	0.0216	0.0429	0.0744	0.119	0.1776	0.254	0.36	0.488	0.61	0.779	0.975	1.205	1.467	1.766	2.099	2.471	2.883	3.336	3.829	4.363	4.936	5.553
7.2	0.0003	0.0023	0.0078	0.0184	0.0362	0.0628	0.1	0.1506	0.216	0.296	0.4	0.523	0.669	0.842	1.043	1.275	1.539	1.839	2.173	2.546	2.958	3.41	3.903	4.436	5.011
7.5	0.0002	0.0019	0.0064	0.0153	0.0301	0.0524	0.084	0.1282	0.181	0.251	0.338	0.443	0.57	0.719	0.894	1.097	1.33	1.594	1.893	2.227	2.599	3.009	3.459	3.95	4.481
7.8	0.0002	0.0016	0.0053	0.0126	0.0249	0.0433	0.069	0.1048	0.151	0.21	0.283	0.372	0.48	0.609	0.759	0.936	1.138	1.37	1.633	1.93	2.282	2.631	3.038	3.486	3.972
8.1	0.0002	0.0013	0.0043	0.0103	0.0203	0.0364	0.057	0.0861	0.124	0.173	0.234	0.306	0.401	0.509	0.638	0.786	0.965	1.166	1.396	1.657	1.951	2.28	2.646	3.046	3.48
8.4	0.0001	0.001	0.0035	0.0083	0.0164	0.0287	0.046	0.07	0.101	0.142	0.192	0.256	0.331	0.423	0.532	0.66	0.81	0.983	1.183	1.41	1.668	1.958	2.282	2.642	3.04

9.7	0.0001	0.0008	0.0028	0.0068	0.0131	0.0220	0.037	0.0583	0.082	0.115	0.155	0.205	0.271	0.347	0.438	0.547	0.674	0.822	0.993	1.189	1.413	1.658	1.951	2.27	2.624
9.8	8E-05	0.0006	0.0022	0.0052	0.0104	0.0182	0.029	0.0449	0.065	0.092	0.126	0.168	0.219	0.282	0.358	0.448	0.555	0.68	0.826	0.993	1.188	1.405	1.654	1.933	2.248
9.9	6E-05	0.0005	0.0017	0.0041	0.0081	0.0143	0.023	0.0354	0.052	0.073	0.1	0.134	0.176	0.228	0.29	0.365	0.453	0.558	0.68	0.823	0.987	1.175	1.389	1.632	1.905
9.9	5E-05	0.0004	0.0013	0.0032	0.0063	0.0114	0.018	0.0276	0.04	0.057	0.076	0.106	0.14	0.182	0.232	0.294	0.367	0.453	0.558	0.675	0.814	0.973	1.157	1.365	1.603
9.9	4E-05	0.0003	0.001	0.0024	0.0048	0.0085	0.014	0.0214	0.031	0.045	0.062	0.083	0.11	0.144	0.185	0.234	0.294	0.365	0.45	0.549	0.665	0.799	0.955	1.133	1.336
10.2	3E-05	0.0002	0.0008	0.0018	0.0037	0.0065	0.011	0.0164	0.024	0.034	0.048	0.065	0.086	0.113	0.145	0.185	0.233	0.291	0.361	0.442	0.538	0.651	0.781	0.932	1.104
10.4	2E-05	0.0002	0.0005	0.0014	0.0028	0.0049	0.008	0.0124	0.018	0.026	0.037	0.05	0.068	0.087	0.113	0.145	0.184	0.231	0.287	0.353	0.432	0.525	0.633	0.758	0.905
10.6	2E-05	0.0001	0.0004	0.001	0.0021	0.0037	0.006	0.0093	0.014	0.02	0.028	0.038	0.051	0.067	0.088	0.113	0.143	0.181	0.226	0.28	0.344	0.42	0.509	0.614	0.735
11.4	1E-05	9E-05	0.0003	0.0008	0.0015	0.0027	0.004	0.0058	0.01	0.015	0.021	0.028	0.039	0.051	0.067	0.087	0.111	0.14	0.175	0.219	0.271	0.333	0.406	0.491	0.592
11.4	8E-05	7E-05	0.0002	0.0006	0.0011	0.002	0.003	0.0051	0.008	0.011	0.015	0.021	0.029	0.039	0.051	0.065	0.085	0.108	0.135	0.171	0.212	0.262	0.32	0.39	0.472
11.7	6E-05	5E-05	0.0002	0.0004	0.0008	0.0014	0.002	0.0037	0.006	0.008	0.011	0.015	0.022	0.029	0.038	0.05	0.064	0.082	0.105	0.131	0.164	0.204	0.251	0.307	0.374
12	4E-05	3E-05	0.0001	0.0003	0.0006	0.001	0.002	0.0027	0.004	0.006	0.008	0.012	0.016	0.021	0.028	0.037	0.048	0.062	0.079	0.1	0.126	0.157	0.195	0.24	0.293
12.3	3E-05	2E-05	8E-05	0.0002	0.0004	0.0007	0.001	0.0016	0.003	0.004	0.006	0.008	0.012	0.016	0.021	0.028	0.036	0.047	0.06	0.076	0.096	0.12	0.15	0.185	0.228
12.6	2E-05	2E-05	6E-05	0.0001	0.0003	0.0005	9E-04	0.0014	0.002	0.003	0.004	0.006	0.008	0.011	0.015	0.02	0.027	0.035	0.045	0.057	0.072	0.091	0.114	0.142	0.176
12.9	1E-05	1E-05	4E-05	1E-04	0.0002	0.0004	6E-04	0.001	0.001	0.002	0.003	0.004	0.006	0.008	0.011	0.015	0.02	0.025	0.033	0.042	0.054	0.069	0.088	0.108	0.134
13.2	1E-05	6E-05	3E-05	7E-05	0.0001	0.0002	4E-04	0.0007	0.001	0.002	0.002	0.003	0.004	0.006	0.008	0.011	0.014	0.018	0.024	0.031	0.04	0.051	0.065	0.081	0.102

C. Data Hasil Perhitungan Model Rapat Momentum Klima-Petrzilka (Gambar 7c)

d, μm	Gaya Radial (pN)																									
	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.2	4.4	4.6	4.8	5	
0	1E-10	8E-10	-2E-09	-2E-09	1E-09	-5E-10	-3E-09	6E-09	-0	1E-08	1E-08	2E-08	-3E-08	3E-08	-2E-08	-0	7E-08	-0	4E-08	-0	-0	-0	2E-08	-0	4E-08	
0.3	0.0002	0.0013	0.0044	0.0103	0.0199	0.0336	0.053	0.0773	0.107	0.143	0.185	0.233	0.286	0.344	0.407	0.473	0.543	0.614	0.687	0.761	0.834	0.906	0.978	1.042	1.106	
0.6	0.0003	0.0026	0.0087	0.0204	0.0383	0.0609	0.104	0.1525	0.212	0.283	0.366	0.46	0.568	0.681	0.804	0.936	1.073	1.215	1.36	1.506	1.651	1.794	1.933	2.067	2.194	
0.9	0.0005	0.0038	0.0127	0.0299	0.0577	0.0982	0.153	0.2239	0.311	0.416	0.539	0.676	0.831	1.001	1.183	1.377	1.58	1.79	2.005	2.221	2.436	2.649	2.856	3.055	3.246	
1.2	0.0008	0.0049	0.0164	0.0386	0.0746	0.1268	0.198	0.2863	0.402	0.538	0.696	0.876	1.077	1.297	1.535	1.788	2.053	2.327	2.606	2.892	3.175	3.455	3.728	3.992	4.244	
1.5	0.0007	0.0059	0.0197	0.0463	0.0894	0.1522	0.238	0.3475	0.484	0.647	0.838	1.055	1.298	1.564	1.862	2.156	2.482	2.818	3.158	3.506	3.853	4.197	4.534	4.861	5.174	
1.8	0.0008	0.0067	0.0225	0.0529	0.102	0.1738	0.271	0.3973	0.553	0.741	0.959	1.206	1.489	1.799	2.129	2.485	2.859	3.247	3.647	4.052	4.46	4.864	5.262	5.649	6.021	
2.1	0.0009	0.0074	0.0247	0.0581	0.1122	0.1912	0.298	0.4376	0.61	0.817	1.059	1.338	1.647	1.999	2.381	2.758	3.178	3.616	4.066	4.523	4.985	5.445	5.901	6.344	6.773	
2.4	0.001	0.0079	0.0264	0.062	0.1198	0.2043	0.319	0.468	0.653	0.875	1.136	1.435	1.77	2.141	2.544	2.977	3.434	3.912	4.407	4.912	5.423	5.934	6.441	6.938	7.421	
2.7	0.001	0.0082	0.0274	0.0645	0.1247	0.2128	0.333	0.4884	0.682	0.916	1.199	1.504	1.856	2.25	2.678	3.138	3.626	4.138	4.669	5.214	5.768	6.324	6.878	7.424	7.957	



3	0.001	0.0083	0.0279	0.0657	0.1271	0.2171	0.34	0.499	0.697	0.937	1.219	1.544	1.91	2.317	2.762	3.242	3.763	4.291	4.852	5.429	6.016	6.613	7.209	7.798	8.378
3.3	0.001	0.0083	0.0279	0.0657	0.1271	0.2172	0.34	0.5003	0.7	0.942	1.227	1.556	1.928	2.343	2.798	3.25	3.817	4.373	4.955	5.556	6.175	6.801	7.432	8.06	8.68
3.6	0.001	0.0082	0.0274	0.0646	0.1249	0.2136	0.336	0.493	0.691	0.93	1.214	1.542	1.914	2.331	2.789	3.265	3.821	4.368	4.953	5.552	6.24	6.891	7.549	8.209	8.865
3.9	0.001	0.0079	0.0265	0.0623	0.1208	0.2067	0.325	0.4762	0.671	0.905	1.183	1.505	1.872	2.284	2.738	3.234	3.769	4.339	4.94	5.569	6.22	6.887	7.566	8.251	8.937
4.2	0.0009	0.0075	0.0252	0.0593	0.1151	0.1971	0.31	0.4571	0.642	0.868	1.136	1.446	1.805	2.207	2.652	3.14	3.668	4.234	4.834	5.464	6.12	6.795	7.489	8.192	8.9
4.5	0.0009	0.007	0.0236	0.0557	0.108	0.1853	0.292	0.4306	0.606	0.821	1.076	1.375	1.717	2.104	2.535	3.009	3.525	4.08	4.671	5.295	5.949	6.627	7.328	8.039	8.762
4.8	0.0008	0.0065	0.0218	0.0515	0.1001	0.1719	0.271	0.4007	0.565	0.766	1.006	1.288	1.613	1.981	2.393	2.846	3.346	3.894	4.481	5.073	5.717	6.39	7.086	7.803	8.534
5.1	0.0007	0.0059	0.0199	0.0471	0.0915	0.1574	0.248	0.3679	0.519	0.706	0.93	1.193	1.497	1.843	2.233	2.665	3.14	3.656	4.212	4.805	5.434	6.094	6.782	7.494	8.225
5.4	0.0007	0.0053	0.018	0.0425	0.0827	0.1423	0.225	0.3337	0.472	0.643	0.849	1.091	1.373	1.695	2.059	2.465	2.913	3.403	3.933	4.503	5.11	5.751	6.424	7.124	7.849
5.7	0.0006	0.0047	0.016	0.0378	0.0738	0.1271	0.201	0.2991	0.424	0.578	0.765	0.987	1.246	1.541	1.878	2.255	2.674	3.134	3.639	4.178	4.756	5.373	6.024	6.706	7.417
6	0.0005	0.0042	0.0141	0.0333	0.065	0.1122	0.178	0.266	0.376	0.515	0.682	0.882	1.116	1.386	1.694	2.041	2.428	2.856	3.325	3.834	4.383	4.97	5.594	6.252	6.942
6.3	0.0005	0.0039	0.0122	0.029	0.0567	0.0979	0.156	0.2321	0.33	0.463	0.602	0.78	0.99	1.234	1.513	1.828	2.183	2.577	3.01	3.485	3.999	4.553	5.146	5.774	6.437
6.6	0.0004	0.0031	0.0105	0.025	0.0488	0.0845	0.134	0.201	0.287	0.394	0.525	0.683	0.889	1.086	1.336	1.621	1.942	2.301	2.699	3.136	3.614	4.131	4.688	5.282	5.914
6.9	0.0003	0.0026	0.0089	0.0212	0.0415	0.0721	0.115	0.1722	0.246	0.339	0.464	0.591	0.755	0.947	1.169	1.423	1.711	2.035	2.399	2.799	3.235	3.713	4.231	4.789	5.385
7.2	0.0003	0.0022	0.0075	0.0179	0.0351	0.0609	0.097	0.146	0.209	0.289	0.387	0.507	0.649	0.817	1.012	1.236	1.493	1.782	2.107	2.469	2.868	3.307	3.785	4.302	4.859
7.5	0.0002	0.0016	0.0063	0.0149	0.0292	0.0509	0.081	0.1224	0.176	0.244	0.329	0.43	0.552	0.699	0.887	1.084	1.29	1.546	1.836	2.16	2.52	2.818	3.354	3.83	4.346
7.8	0.0002	0.0015	0.0051	0.0123	0.0241	0.042	0.067	0.1016	0.149	0.203	0.274	0.361	0.466	0.59	0.736	0.907	1.103	1.329	1.584	1.872	2.194	2.551	2.949	3.379	3.852
8.1	0.0002	0.0012	0.0042	0.01	0.0197	0.0343	0.055	0.0834	0.121	0.168	0.227	0.3	0.388	0.494	0.619	0.766	0.935	1.131	1.354	1.607	1.892	2.211	2.565	2.955	3.384
8.4	0.0001	0.001	0.0034	0.0081	0.0159	0.0278	0.045	0.0678	0.099	0.137	0.186	0.247	0.321	0.41	0.515	0.64	0.785	0.954	1.147	1.367	1.617	1.898	2.213	2.562	2.947
8.7	1E-04	0.0006	0.0027	0.0064	0.0127	0.0223	0.038	0.0546	0.079	0.111	0.151	0.201	0.263	0.337	0.425	0.53	0.653	0.797	0.963	1.153	1.37	1.616	1.892	2.201	2.546
9	8E-05	0.0005	0.0021	0.0051	0.01	0.0175	0.029	0.0435	0.063	0.089	0.122	0.163	0.213	0.274	0.347	0.435	0.538	0.66	0.801	0.963	1.15	1.363	1.604	1.875	2.179
9.3	6E-05	0.0005	0.0017	0.004	0.0079	0.0138	0.022	0.0343	0.05	0.071	0.097	0.13	0.171	0.221	0.281	0.354	0.44	0.541	0.66	0.796	0.957	1.139	1.347	1.583	1.848
9.6	5E-05	0.0004	0.0013	0.0031	0.0061	0.0108	0.017	0.0268	0.039	0.056	0.077	0.103	0.136	0.176	0.225	0.285	0.356	0.44	0.539	0.654	0.789	0.944	1.122	1.324	1.554
9.9	4E-05	0.0003	0.001	0.0024	0.0047	0.0083	0.013	0.0207	0.03	0.043	0.06	0.081	0.107	0.139	0.179	0.227	0.285	0.354	0.436	0.532	0.645	0.775	0.928	1.099	1.296
10.2	3E-05	0.0002	0.0007	0.0016	0.0035	0.0063	0.01	0.0159	0.023	0.033	0.046	0.063	0.083	0.109	0.141	0.18	0.226	0.283	0.35	0.429	0.522	0.631	0.757	0.903	1.071
10.5	2E-05	0.0002	0.0006	0.0013	0.0027	0.0047	0.008	0.012	0.018	0.025	0.036	0.048	0.064	0.085	0.11	0.141	0.178	0.224	0.278	0.343	0.419	0.509	0.614	0.736	0.877
10.8	1E-05	0.0001	0.0004	0.001	0.002	0.0035	0.006	0.009	0.013	0.019	0.027	0.037	0.049	0.065	0.085	0.109	0.139	0.175	0.219	0.271	0.333	0.407	0.494	0.595	0.713
11.1	1E-05	9E-06	0.0003	0.0007	0.0015	0.0025	0.004	0.0067	0.01	0.014	0.02	0.028	0.037	0.05	0.066	0.084	0.107	0.136	0.171	0.213	0.263	0.323	0.393	0.477	0.574
11.4	8E-06	8E-06	0.0002	0.0005	0.0011	0.0018	0.003	0.0046	0.007	0.011	0.015	0.021	0.028	0.037	0.049	0.064	0.082	0.106	0.132	0.165	0.205	0.254	0.311	0.378	0.458
11.7	6E-06	6E-06	0.0002	0.0004	0.0008	0.0014	0.002	0.0036	0.005	0.008	0.011	0.015	0.021	0.028	0.037	0.048	0.062	0.08	0.101	0.128	0.164	0.197	0.243	0.298	0.362
12	4E-06	3E-06	0.0001	0.0003	0.0006	0.001	0.002	0.0026	0.004	0.006	0.008	0.011	0.015	0.021	0.028	0.036	0.047	0.06	0.077	0.097	0.122	0.152	0.189	0.232	0.284



12.3	3E-06	2E-05	8E-05	0.0002	0.0004	0.0007	0.001	0.0016	0.003	0.004	0.006	0.008	0.011	0.015	0.02	0.027	0.035	0.045	0.058	0.074	0.093	0.117	0.145	0.18	0.221
12.0	2E-06	2E-05	8E-05	0.0001	0.0003	0.0005	8E-04	0.0013	0.002	0.003	0.004	0.006	0.008	0.011	0.015	0.02	0.026	0.034	0.043	0.055	0.07	0.088	0.111	0.138	0.17
12.6	1E-06	1E-05	4E-05	9E-05	0.0002	0.0003	6E-04	0.0006	0.001	0.002	0.003	0.004	0.006	0.008	0.011	0.014	0.018	0.025	0.032	0.041	0.052	0.066	0.084	0.105	0.13
13.2	9E-07	8E-06	3E-05	7E-05	0.0001	0.0002	4E-04	0.0006	1E-03	0.001	0.002	0.003	0.004	0.006	0.008	0.01	0.014	0.018	0.023	0.03	0.036	0.05	0.063	0.079	0.099

D. Data Hasil Perhitungan Model Rapat Momentum Abraham (Gambar 7d)

Jari-jari, μm	Gaya Radial (pN)																								
	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2	2.4	2.6	2.8	3	3.2	3.4	3.6	3.8	4	4.2	4.4	4.6	4.8	5
0	3E-10	5E-10	1E-10	2E-09	9E-09	4E-09	2E-08	3E-08	0	0	0	3E-08	6E-08	1E-08	1E-08	4E-08	1E-09	4E-08	5E-09	6E-09	6E-09	2E-08	1E-07	4E-08	5E-08
0.3	0.0001	0.001	0.0034	0.008	0.0155	0.0263	0.041	0.06	0.083	0.111	0.144	0.181	0.222	0.267	0.316	0.367	0.421	0.477	0.534	0.591	0.647	0.703	0.757	0.809	0.859
0.6	0.0003	0.002	0.0067	0.0158	0.0305	0.052	0.081	0.1184	0.165	0.22	0.284	0.356	0.439	0.528	0.625	0.727	0.833	0.944	1.058	1.186	1.282	1.393	1.501	1.605	1.703
0.9	0.0004	0.003	0.0099	0.0232	0.0448	0.0762	0.116	0.1738	0.242	0.323	0.416	0.525	0.645	0.777	0.919	1.069	1.227	1.39	1.557	1.724	1.892	2.057	2.218	2.373	2.52
1.2	0.0005	0.0038	0.0128	0.03	0.0578	0.0985	0.154	0.2248	0.313	0.418	0.54	0.68	0.836	1.007	1.192	1.388	1.594	1.807	2.025	2.248	2.465	2.683	2.895	3.1	3.295
1.5	0.0006	0.0048	0.0153	0.038	0.0694	0.1182	0.184	0.2599	0.376	0.502	0.65	0.819	1.008	1.215	1.438	1.677	1.927	2.187	2.463	2.722	2.992	3.259	3.521	3.774	4.017
1.8	0.0007	0.0052	0.0178	0.041	0.0792	0.135	0.211	0.3085	0.43	0.575	0.746	0.939	1.156	1.395	1.653	1.929	2.22	2.522	2.832	3.147	3.463	3.777	4.088	4.386	4.675
2.1	0.0007	0.0057	0.0192	0.0451	0.0871	0.1485	0.232	0.3398	0.474	0.634	0.822	1.038	1.279	1.546	1.833	2.142	2.467	2.807	3.166	3.512	3.871	4.228	4.582	4.928	5.259
2.4	0.0008	0.0061	0.0205	0.0481	0.093	0.1588	0.248	0.3634	0.507	0.68	0.882	1.114	1.375	1.663	1.978	2.311	2.667	3.038	3.422	3.814	4.211	4.608	5.002	5.387	5.762
2.7	0.0008	0.0064	0.0213	0.0501	0.0969	0.1653	0.259	0.3793	0.53	0.711	0.923	1.168	1.443	1.747	2.079	2.436	2.816	3.213	3.626	4.046	4.470	4.911	5.341	5.765	6.179
3	0.0008	0.0065	0.0217	0.051	0.0987	0.1685	0.264	0.3875	0.542	0.728	0.947	1.199	1.483	1.799	2.145	2.517	2.914	3.332	3.767	4.218	4.673	5.135	5.597	6.055	6.505
3.3	0.0008	0.0065	0.0217	0.051	0.0987	0.1687	0.264	0.3884	0.544	0.731	0.953	1.208	1.487	1.819	2.172	2.555	2.954	3.396	3.848	4.315	4.795	5.281	5.77	6.258	6.74
3.6	0.0008	0.0063	0.0213	0.0501	0.097	0.1659	0.26	0.3828	0.538	0.722	0.943	1.197	1.487	1.81	2.165	2.552	2.957	3.407	3.868	4.35	4.846	5.351	5.862	6.374	6.884
3.9	0.0008	0.0061	0.0205	0.0484	0.0938	0.1605	0.252	0.3713	0.521	0.703	0.916	1.166	1.454	1.773	2.126	2.512	2.927	3.369	3.836	4.324	4.829	5.348	5.875	6.407	6.939
4.2	0.0007	0.0058	0.0195	0.0461	0.0893	0.1531	0.241	0.3549	0.499	0.674	0.892	1.124	1.402	1.713	2.059	2.436	2.848	3.288	3.753	4.243	4.752	5.277	5.815	6.361	6.91
4.5	0.0007	0.0054	0.0183	0.0432	0.0839	0.1439	0.228	0.3345	0.471	0.637	0.836	1.087	1.333	1.634	1.968	2.337	2.737	3.168	3.627	4.112	4.619	5.146	5.688	6.242	6.804
4.8	0.0006	0.005	0.0169	0.04	0.0777	0.1334	0.21	0.3111	0.438	0.595	0.781	1	1.253	1.539	1.858	2.212	2.598	3.016	3.464	3.936	4.439	4.961	5.503	6.059	6.626
5.1	0.0006	0.0046	0.0155	0.0366	0.0711	0.1222	0.193	0.2857	0.403	0.548	0.722	0.926	1.162	1.431	1.734	2.064	2.438	2.839	3.27	3.731	4.219	4.732	5.266	5.819	6.387
5.4	0.0005	0.0041	0.0139	0.033	0.0642	0.1105	0.175	0.2591	0.367	0.499	0.659	0.847	1.066	1.315	1.599	1.914	2.262	2.642	3.054	3.497	3.968	4.466	4.988	5.532	6.094
5.7	0.0005	0.0037	0.0124	0.0294	0.0573	0.0987	0.155	0.2322	0.329	0.449	0.594	0.766	0.967	1.197	1.458	1.751	2.076	2.433	2.823	3.243	3.693	4.172	4.677	5.207	5.769
6	0.0004	0.0032	0.0109	0.0259	0.0505	0.0871	0.138	0.2057	0.292	0.4	0.53	0.685	0.867	1.077	1.318	1.586	1.889	2.218	2.582	2.977	3.403	3.859	4.344	4.856	5.39
6.3	0.0004	0.0028	0.0095	0.0225	0.044	0.078	0.121	0.1802	0.256	0.362	0.467	0.606	0.786	0.995	1.174	1.42	1.695	2.001	2.338	2.706	3.105	3.535	3.995	4.483	4.999



6.5	0.0003	0.0024	0.0082	0.0194	0.0379	0.0656	0.104	0.1581	0.223	0.300	0.408	0.53	0.675	0.844	1.038	1.260	1.508	1.787	2.090	2.435	2.806	3.208	3.64	4.102	4.581
6.9	0.0003	0.0021	0.0069	0.0166	0.0323	0.056	0.089	0.1337	0.191	0.263	0.352	0.459	0.586	0.735	0.907	1.105	1.329	1.58	1.861	2.171	2.512	2.883	3.285	3.718	4.181
7.2	0.0002	0.0017	0.0058	0.0139	0.0272	0.0473	0.075	0.1133	0.162	0.224	0.301	0.393	0.504	0.634	0.785	0.96	1.159	1.384	1.635	1.917	2.227	2.568	2.939	3.34	3.773
7.6	0.0002	0.0014	0.0046	0.0115	0.0227	0.0395	0.063	0.0951	0.137	0.189	0.254	0.334	0.429	0.542	0.674	0.826	1.001	1.201	1.425	1.677	1.957	2.266	2.605	2.974	3.374
7.8	0.0001	0.0012	0.004	0.0095	0.0187	0.0328	0.052	0.0789	0.114	0.158	0.213	0.28	0.361	0.458	0.572	0.704	0.857	1.032	1.23	1.453	1.703	1.984	2.288	2.624	2.991
8.1	0.0001	0.001	0.0032	0.0078	0.0153	0.0267	0.043	0.0648	0.094	0.13	0.178	0.233	0.302	0.384	0.481	0.594	0.726	0.878	1.051	1.246	1.469	1.717	1.991	2.295	2.628
8.4	1E-04	0.0008	0.0026	0.0063	0.0123	0.0216	0.035	0.0527	0.078	0.107	0.145	0.192	0.249	0.318	0.4	0.497	0.61	0.74	0.891	1.062	1.256	1.474	1.718	1.989	2.289
8.7	8E-05	0.0006	0.0021	0.005	0.0099	0.0173	0.028	0.0424	0.062	0.086	0.118	0.155	0.204	0.261	0.33	0.412	0.507	0.616	0.747	0.895	1.064	1.254	1.469	1.708	1.976
9	6E-05	0.0005	0.0016	0.0039	0.0078	0.0137	0.022	0.0338	0.049	0.069	0.095	0.128	0.165	0.213	0.27	0.338	0.418	0.512	0.622	0.746	0.893	1.058	1.245	1.456	1.691
9.3	5E-05	0.0004	0.0013	0.0031	0.0061	0.0107	0.017	0.0266	0.039	0.055	0.075	0.101	0.133	0.171	0.218	0.274	0.341	0.42	0.512	0.616	0.743	0.895	1.046	1.229	1.435
9.6	4E-05	0.0003	0.001	0.0024	0.0047	0.0083	0.014	0.0208	0.03	0.043	0.059	0.08	0.105	0.137	0.175	0.221	0.278	0.344	0.418	0.508	0.613	0.733	0.871	1.028	1.207
9.8	3E-05	0.0002	0.0008	0.0018	0.0036	0.0064	0.01	0.0151	0.024	0.034	0.046	0.063	0.083	0.108	0.139	0.176	0.221	0.275	0.339	0.413	0.501	0.602	0.716	0.853	1.006
10.2	2E-05	0.0002	0.0006	0.0014	0.0028	0.0049	0.008	0.0123	0.018	0.026	0.036	0.049	0.065	0.085	0.109	0.139	0.176	0.219	0.271	0.333	0.405	0.48	0.568	0.701	0.831
10.5	2E-05	0.0001	0.0004	0.001	0.0021	0.0037	0.005	0.0093	0.014	0.02	0.028	0.037	0.05	0.066	0.085	0.109	0.136	0.174	0.216	0.265	0.325	0.395	0.477	0.572	0.681
10.8	1E-05	9E-05	0.0003	0.0008	0.0015	0.0028	0.005	0.007	0.01	0.015	0.021	0.029	0.038	0.051	0.066	0.085	0.108	0.135	0.17	0.211	0.259	0.316	0.383	0.462	0.553
11.1	8E-05	7E-05	0.0002	0.0006	0.0011	0.002	0.003	0.0062	0.009	0.011	0.016	0.022	0.029	0.038	0.05	0.065	0.083	0.105	0.133	0.165	0.204	0.251	0.306	0.37	0.446
11.4	6E-05	5E-05	0.0002	0.0004	0.0008	0.0015	0.002	0.0038	0.005	0.008	0.012	0.016	0.022	0.029	0.038	0.05	0.064	0.081	0.103	0.128	0.16	0.197	0.241	0.294	0.356
11.7	4E-05	4E-05	0.0001	0.0003	0.0006	0.0011	0.002	0.0028	0.004	0.006	0.009	0.012	0.016	0.022	0.029	0.038	0.048	0.062	0.079	0.099	0.124	0.153	0.189	0.231	0.281
12	3E-05	3E-05	9E-06	0.0002	0.0004	0.0008	0.001	0.002	0.003	0.004	0.006	0.009	0.012	0.016	0.021	0.028	0.036	0.047	0.06	0.075	0.095	0.118	0.147	0.18	0.221
12.3	2E-05	2E-05	6E-06	0.0002	0.0003	0.0006	9E-04	0.0014	0.002	0.003	0.005	0.006	0.009	0.012	0.016	0.021	0.027	0.035	0.045	0.057	0.072	0.091	0.113	0.14	0.172
12.5	2E-05	1E-05	4E-06	0.0001	0.0002	0.0004	6E-04	0.001	0.002	0.003	0.005	0.006	0.009	0.012	0.015	0.02	0.026	0.034	0.043	0.055	0.069	0.086	0.107	0.132	
12.8	1E-05	6E-06	3E-06	7E-06	0.0001	0.0003	5E-04	0.0007	0.001	0.002	0.003	0.005	0.006	0.008	0.011	0.015	0.019	0.025	0.032	0.041	0.052	0.065	0.081	0.101	
13.2	7E-07	6E-06	2E-06	6E-06	0.0001	0.0002	3E-04	0.0005	6E-04	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.008	0.011	0.014	0.018	0.024	0.03	0.038	0.048	0.061	0.077

IV. Data Hasil Numerik Gaya Radial, Fr(pN) Terhadap Variasi Indeks Bias(n)

Indeks bias(n)	Gaya Radial (pN)			
	Abraham	Minkowski	Peierls	Klima-Fetzelka
1	-19.073177	-33.89091	-25.330855	-24.563448
1.01	-18.720276	-33.26386	-24.862173	-24.108968
1.02	-18.380841	-32.660719	-24.411376	-23.671831
1.03	-18.051409	-32.075366	-23.973868	-23.247568
1.04	-17.73025	-31.504694	-23.547336	-22.83396
1.05	-17.413304	-30.443517	-22.754191	-22.064838
1.06	-16.651302	-29.587523	-22.114403	-21.444434
1.07	-16.215921	-28.813903	-21.53617	-20.883726
1.08	-15.803974	-28.081921	-20.989072	-20.353193
1.09	-15.408125	-27.378539	-20.463349	-19.843401
1.1	-15.024973	-26.697713	-19.954495	-19.349949
1.11	-14.317445	-25.440522	-19.014833	-18.438768
1.12	-13.775905	-24.47826	-18.295612	-17.741317
1.13	-13.283043	-23.802497	-17.641042	-17.106679
1.14	-12.817009	-22.774421	-17.022117	-16.506403
1.15	-12.370194	-21.980472	-16.428704	-15.930975
1.16	-11.637841	-20.679158	-15.456072	-14.987608
1.17	-11.030345	-19.599704	-14.849263	-14.205444
1.18	-10.483166	-18.627431	-13.922561	-13.500756
1.19	-9.968092	-17.712191	-13.2365	-12.83742
1.2	-9.3063223	-16.5363	-12.359606	-11.985155
1.21	-8.6051828	-15.290453	-11.428433	-11.082194
1.22	-8.0033661	-14.221086	-10.629163	-10.307139
1.23	-7.4425661	-13.224606	-9.8843734	-9.5849147
1.24	-6.8716498	-11.854782	-8.8605452	-8.5920964
1.25	-5.9998268	-10.661017	-7.9683001	-7.7268834
1.26	-5.3913501	-9.5798341	-7.1601953	-6.9432632
1.27	-4.6097567	-8.1910202	-6.1221625	-5.9366839
1.28	-3.9332016	-6.9888619	-5.2236458	-5.0653843
1.29	-3.1926	-5.6728953	-4.240056	-4.1115942
1.3	-2.4873915	-4.4198156	-3.3034766	-3.2033883
1.31	-1.7262957	-3.0674356	-2.2926753	-2.2232129
1.32	-0.9807073	-1.7426084	-1.3024668	-1.263006
1.33	-0.227258	-0.4038124	-0.3018189	-0.2926747
1.34	0.4893577	0.8695341	0.6499101	0.6302202
1.35	1.126002	2.0007829	1.4954313	1.4501258
1.36	1.7146026	3.0486573	2.2771455	2.2081548
1.37	2.2649232	4.0245185	3.00802	2.916886
1.38	2.782533	4.9442541	3.6954504	3.5834876
1.39	3.2713005	5.8127405	4.3445765	4.2129499
1.4	3.7341624	6.6351966	4.9593008	4.8090551
1.41	4.1735186	7.415883	5.5428038	5.3748748



Al-Hikmah: Jurnal Ilmiah IPB University
 Volume 1 Nomor 1 Tahun 2019
 Al-Hikmah: Jurnal Ilmiah IPB University
 Volume 1 Nomor 1 Tahun 2019
 Al-Hikmah: Jurnal Ilmiah IPB University
 Volume 1 Nomor 1 Tahun 2019

1.42	4.5913569	8.1583468	6.0977404	5.9129938
1.43	4.9893969	8.865605	6.626362	6.4256045
1.44	5.3691163	9.5403358	7.1306706	6.9146262
1.45	5.7318409	10.184859	7.6124025	7.3817704
1.46	6.0787569	10.801273	8.0731317	7.8265384
1.47	6.4109034	11.39145	8.5142444	8.2562877
1.48	6.72923	11.957094	8.9370184	8.6662519
1.49	7.0346222	12.499753	9.3426072	9.0595504
1.5	7.3278605	13.0208	9.732054	9.4371998
1.51	7.6096642	13.521547	10.10632	9.8001379
1.52	7.8807244	14.003169	10.466301	10.14921
1.53	8.141626	14.466767	10.81281	10.485204
1.54	8.3929526	14.913334	11.146585	10.808872
1.55	8.6352195	15.343815	11.468325	11.120873
1.56	8.8689136	15.759093	11.778712	11.421852
1.57	9.0944988	16.159923	12.078301	11.712381
1.58	9.3123875	16.547085	12.36769	11.992975
1.59	9.522973	16.92128	12.647369	12.264184
1.6	9.726633	17.283144	12.917829	12.526466
1.61	9.9236812	17.633296	13.179528	12.780245
1.62	10.114473	17.972299	13.432914	13.025934
1.63	10.299289	18.300695	13.678369	13.263954
1.64	10.478413	18.618958	13.916263	13.49463
1.65	10.652102	18.927612	14.146943	13.718326
1.66	10.820628	19.227044	14.370753	13.93537
1.67	10.984214	19.517725	14.588017	14.146033
1.68	11.143068	19.800018	14.79898	14.350615
1.69	11.297414	20.07427	15.00397	14.549399
1.7	11.447432	20.340829	15.203223	14.742618
1.71	11.593335	20.600065	15.396985	14.930492
1.72	11.735272	20.852288	15.58549	15.113299
1.73	11.873422	21.09775	15.768964	15.291211
1.74	12.007928	21.336792	15.947614	15.464438
1.75	12.13896	21.56961	16.121634	15.633196
1.76	12.266655	21.796498	16.291211	15.797627
1.77	12.39112	22.017637	16.456511	15.957928
1.78	12.512526	22.233369	16.617728	16.114266
1.79	12.630936	22.443776	16.775011	16.266776
1.8	12.746517	22.649136	16.928495	16.415613
1.81	12.859341	22.849632	17.078337	16.560928
1.82	12.969531	23.045422	17.224701	16.702841
1.83	13.077185	23.236704	17.367669	16.841472
1.84	13.182392	23.423662	17.507391	16.976962
1.85	13.285244	23.606407	17.643986	17.109429
1.86	13.385815	23.785115	17.777551	17.238959
1.87	13.484198	23.959901	17.908226	17.36586



Halaman 1 dari 100 halaman
 1. Untuk keperluan administrasi, setiap mahasiswa wajib menyerahkan dan menyerahkan surat
 2. Untuk keperluan administrasi, setiap mahasiswa wajib menyerahkan dan menyerahkan surat
 3. Untuk keperluan administrasi, setiap mahasiswa wajib menyerahkan dan menyerahkan surat
 4. Untuk keperluan administrasi, setiap mahasiswa wajib menyerahkan dan menyerahkan surat
 5. Untuk keperluan administrasi, setiap mahasiswa wajib menyerahkan dan menyerahkan surat
 6. Untuk keperluan administrasi, setiap mahasiswa wajib menyerahkan dan menyerahkan surat
 7. Untuk keperluan administrasi, setiap mahasiswa wajib menyerahkan dan menyerahkan surat
 8. Untuk keperluan administrasi, setiap mahasiswa wajib menyerahkan dan menyerahkan surat
 9. Untuk keperluan administrasi, setiap mahasiswa wajib menyerahkan dan menyerahkan surat
 10. Untuk keperluan administrasi, setiap mahasiswa wajib menyerahkan dan menyerahkan surat

1.88	13.580468	24.130989	18.036066	17.48964
1.89	13.674702	24.29842	18.161221	17.610991
1.9	13.766961	24.462376	18.283758	17.729808
1.91	13.857321	24.62292	18.403732	17.846176
1.92	13.945633	24.780193	18.521327	17.960183
1.93	14.032565	24.934347	18.636507	18.07186
1.94	14.117613	25.085412	18.749427	18.181379
1.95	14.200959	25.233563	18.860133	18.288747
1.96	14.282712	25.378818	18.968739	18.394039
1.97	14.362929	25.521327	19.075251	18.49733
1.98	14.441613	25.661139	19.179764	18.598648
1.99	14.518857	25.798396	19.282233	18.698139
2	14.594688	25.933147	19.383046	18.795793
2.01	14.669148	26.065425	19.481912	18.891683
2.02	14.742266	26.195371	19.579039	18.985862
2.03	14.814106	26.323025	19.674448	19.078403
2.04	14.884707	26.448458	19.768207	19.169309
2.05	14.954085	26.571753	19.86034	19.258645
2.06	15.022289	26.692936	19.950934	19.346493
2.07	15.089364	26.812137	20.039989	19.432858
2.08	15.155321	26.929313	20.127587	19.517797
2.09	15.220187	27.044604	20.21377	19.601378
2.1	15.284031	27.158029	20.298549	19.683582
2.11	15.346854	27.26966	20.381962	19.764492
2.12	15.408673	27.37952	20.464107	19.844084
2.13	15.469549	27.487684	20.544946	19.922489
2.14	15.52949	27.594181	20.624533	19.99968
2.15	15.588521	27.699073	20.702952	20.075697
2.16	15.646662	27.80239	20.780174	20.15058
2.17	15.703941	27.904189	20.856241	20.224331
2.18	15.760399	28.004472	20.931197	20.297051
2.19	15.81602	28.103307	21.005048	20.368679
2.2	15.870836	28.200709	21.0779	20.439303
2.21	15.924896	28.296779	21.149684	20.508919
2.22	15.978193	28.391497	21.220463	20.577564
2.23	16.030755	28.484888	21.290261	20.645239
2.24	16.082603	28.577018	21.359124	20.712026
2.25	16.133754	28.667905	21.427065	20.777886
2.26	16.184206	28.757566	21.4941	20.842868
2.27	16.23401	28.846052	21.560215	20.907011
2.28	16.28317	28.933371	21.62548	20.970316
2.29	16.331672	29.019576	21.68993	21.032784
2.3	16.379563	29.104654	21.753509	21.094448
2.31	16.426843	29.188708	21.816316	21.155346
2.32	16.47355	29.27164	21.878315	21.215498
2.33	16.519658	29.353605	21.939583	21.274884



Halaman ini merupakan daftar cipta milik yang telah terdaftar di Direktorat Cipta Milik, Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, Republik Indonesia. Daftar ini merupakan daftar cipta milik yang telah terdaftar di Direktorat Cipta Milik, Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, Republik Indonesia.

2.34	16.566213	29.434549	22.000084	21.333645
2.35	16.610221	29.514521	22.069867	21.391498
2.36	16.654678	29.593526	22.118906	21.44877
2.37	16.698605	29.67159	22.177263	21.505346
2.38	16.74205	29.748733	22.234927	21.561272
2.39	16.784956	29.824977	22.291904	21.616517
2.4	16.827376	29.900369	22.348251	21.671178
2.41	16.869311	29.974899	22.403937	21.725182
2.42	16.910783	30.04859	22.459003	21.778568
2.43	16.951789	30.121445	22.513471	21.831386
2.44	16.992336	30.193505	22.567345	21.883614
2.45	17.032443	30.264758	22.620593	21.935266
2.46	17.072116	30.335259	22.673277	21.98634
2.47	17.111365	30.404999	22.72541	22.036894
2.48	17.150208	30.474001	22.776981	22.086913
2.49	17.188624	30.542288	22.828032	22.136398
2.5	17.226642	30.609848	22.878524	22.185362
2.51	17.264273	30.67672	22.928502	22.233848
2.52	17.301533	30.742919	22.977984	22.281817
2.53	17.338407	30.808407	23.026942	22.329292
2.54	17.374889	30.873266	23.075424	22.376304
2.55	17.411043	30.937482	23.12341	22.422832
2.56	17.446815	31.001064	23.170955	22.468892
2.57	17.482254	31.064018	23.217982	22.514539
2.58	17.517338	31.126362	23.264569	22.559754
2.59	17.552096	31.188117	23.310748	22.604476
2.6	17.58652	31.249289	23.356436	22.648837
2.61	17.620511	31.309867	23.401745	22.692731
2.62	17.654402	31.369891	23.446595	22.736239
2.63	17.687856	31.429355	23.491037	22.779312
2.64	17.72102	31.488285	23.535094	22.822048
2.65	17.753872	31.546664	23.578725	22.864365
2.66	17.786445	31.604514	23.621988	22.906294
2.67	17.818711	31.661858	23.664837	22.947845
2.68	17.85069	31.718694	23.707291	22.989049
2.69	17.882387	31.775035	23.749381	23.029876
2.7	17.913812	31.830858	23.791148	23.070337
2.71	17.944962	31.8862	23.832504	23.110475
2.72	17.975836	31.9411	23.873534	23.150232
2.73	18.006477	31.995511	23.914205	23.189671
2.74	18.03683	32.049451	23.95451	23.228756
2.75	18.066931	32.102945	23.99449	23.267526
2.76	18.096801	32.155991	24.034155	23.305982
2.77	18.126409	32.208587	24.073462	23.34412
2.78	18.155781	32.260808	24.112488	23.381953
2.79	18.184831	32.312575	24.151162	23.419454



2.8	18.213793	32.363879	24.18955	23.456675
2.81	18.242456	32.414603	24.227616	23.493578
2.82	18.270896	32.465325	24.265353	23.530206
2.83	18.299096	32.515464	24.30284	23.566533
2.84	18.327079	32.565209	24.339982	23.60257
2.85	18.354855	32.614518	24.376869	23.63833
2.86	18.38242	32.663497	24.413467	23.673839
2.87	18.409741	32.712065	24.449802	23.709037
2.88	18.436899	32.760299	24.485842	23.743977
2.89	18.463816	32.808135	24.52161	23.778645
2.9	18.490544	32.85564	24.557087	23.813075
2.91	18.517066	32.902774	24.592322	23.847255
2.92	18.543403	32.949574	24.627279	23.881161
2.93	18.569547	32.995976	24.661986	23.914804
2.94	18.595474	33.042118	24.696465	23.948205
2.95	18.621233	33.087888	24.730669	23.981388
2.96	18.646795	33.133289	24.76463	24.014314
2.97	18.672198	33.178408	24.79834	24.047022
2.98	18.697392	33.223192	24.831813	24.079466
2.99	18.72242	33.267668	24.865052	24.111709
3	18.747274	33.311838	24.89805	24.143734
3.01	18.771937	33.355698	24.930839	24.175493
3.02	18.796463	33.399222	24.963393	24.207056
3.03	18.820804	33.44245	24.995692	24.238379
3.04	18.844962	33.485379	25.027789	24.26952
3.05	18.868977	33.52804	25.05969	24.300438
3.06	18.892815	33.5704	25.091345	24.331154
3.07	18.916472	33.612481	25.122792	24.361633
3.08	18.940003	33.654315	25.15404	24.391933
3.09	18.963388	33.695786	25.18505	24.422009
3.1	18.986537	33.737063	25.215887	24.451887
3.11	19.009637	33.77802	25.246498	24.4816
3.12	19.032568	33.818715	25.276913	24.511098
3.13	19.05532	33.859166	25.307149	24.540418
3.14	19.077907	33.899336	25.337171	24.569521
3.15	19.100376	33.939258	25.366989	24.59846
3.16	19.122712	33.978895	25.396658	24.627219
3.17	19.144878	34.018314	25.426117	24.655751
3.18	19.166917	34.057487	25.45537	24.684157
3.19	19.188834	34.096354	25.484427	24.712341
3.2	19.210582	34.135041	25.513344	24.740383
3.21	19.232199	34.173478	25.542092	24.768219
3.22	19.253701	34.211668	25.570625	24.795896
3.23	19.275038	34.249608	25.598968	24.8234
3.24	19.296281	34.287303	25.627173	24.850734
3.25	19.317376	34.324826	25.655192	24.87789



3.26	19.338341	34.362075	25.683043	24.904909
3.27	19.359184	34.399105	25.710709	24.931749
3.28	19.379885	34.435918	25.738216	24.958417
3.29	19.400488	34.472527	25.765586	24.984948
3.3	19.420954	34.508875	25.79277	25.011306
3.31	19.441316	34.545026	25.819772	25.037512
3.32	19.461538	34.580993	25.846626	25.063585
3.33	19.481644	34.616686	25.873327	25.089442
3.34	19.501631	34.65224	25.899905	25.115205
3.35	19.521502	34.68755	25.926282	25.140805
3.36	19.541253	34.722639	25.95252	25.166253
3.37	19.560897	34.757575	25.978621	25.191546
3.38	19.580418	34.792255	26.00457	25.216713
3.39	19.59988	34.826765	26.030346	25.241723
3.4	19.619156	34.861099	26.056002	25.266596
3.41	19.638364	34.895211	26.081508	25.291312
3.42	19.657452	34.929136	26.106857	25.315902
3.43	19.676441	34.962854	26.13206	25.340357
3.44	19.695315	34.996398	26.157155	25.364673
3.45	19.714103	35.029754	26.182083	25.388857
3.46	19.732758	35.062945	26.206889	25.412918
3.47	19.751345	35.096951	26.231526	25.436794
3.48	19.76981	35.128754	26.256052	25.460581
3.49	19.788171	35.161404	26.280439	25.484236
3.5	19.806443	35.193842	26.304738	25.507741
3.51	19.824587	35.22612	26.328851	25.531143
3.52	19.842669	35.2582	26.352823	25.554411
3.53	19.860638	35.290144	26.376691	25.577533
3.54	19.878501	35.321905	26.400432	25.600565
3.55	19.896292	35.353489	26.424037	25.623486
3.56	19.913948	35.384902	26.447515	25.646231
3.57	19.931549	35.416157	26.470872	25.668884
3.58	19.949036	35.447278	26.494099	25.691426
3.59	19.966443	35.478152	26.517204	25.713818
3.6	19.983753	35.508938	26.540202	25.736112
3.61	20.000985	35.539535	26.563073	25.75829
3.62	20.01811	35.569974	26.585829	25.780364
3.63	20.035142	35.600261	26.608461	25.802308
3.64	20.052102	35.630384	26.63099	25.824157
3.65	20.068981	35.660358	26.653389	25.845875
3.66	20.085768	35.690175	26.675655	25.867486
3.67	20.102459	35.719839	26.697848	25.888988
3.68	20.11906	35.749351	26.7199	25.910391
3.69	20.135586	35.778718	26.741857	25.931664
3.7	20.152014	35.807946	26.763693	25.952843
3.71	20.168386	35.837011	26.785424	25.9739



3.72	20.184677	35.865935	26.807037	25.994854
3.73	20.200869	35.894702	26.828545	26.015729
3.74	20.216997	35.923332	26.849936	26.036459
3.75	20.233009	35.951822	26.871239	26.057117
3.76	20.248964	35.980171	26.892435	26.077664
3.77	20.264844	36.008399	26.913519	26.098124
3.78	20.280651	36.036413	26.934505	26.118483
3.79	20.296379	36.064398	26.955374	26.13873
3.8	20.312004	36.092168	26.976163	26.15886
3.81	20.327575	36.119818	26.996834	26.178909
3.82	20.343091	36.147375	27.017399	26.198883
3.83	20.358495	36.174768	27.037904	26.218716
3.84	20.373853	36.202048	27.058256	26.238486
3.85	20.389095	36.229149	27.07854	26.258132
3.86	20.404297	36.256168	27.098724	26.277639
3.87	20.419423	36.283006	27.1188	26.297175
3.88	20.434464	36.309759	27.13877	26.316643
3.89	20.449449	36.336334	27.158671	26.335849
3.9	20.464344	36.362864	27.178459	26.35507
3.91	20.479193	36.389278	27.198182	26.374164
3.92	20.493951	36.415494	27.217786	26.393185
3.93	20.508654	36.44163	27.237295	26.4121
3.94	20.523271	36.467619	27.256751	26.430937
3.95	20.537847	36.493455	27.276083	26.449702
3.96	20.552332	36.519201	27.295327	26.468312
3.97	20.566765	36.544869	27.314487	26.486929
3.98	20.581131	36.570388	27.33355	26.505437
3.99	20.595412	36.595762	27.352537	26.523808
4	20.609631	36.621062	27.371449	26.542164

V. Data Hasil Numerik Gaya Aksial, Fz(pN) vs Jarak Aksial, z(μm).

z(μm)	Gaya Aksial (pN), r=1.6 mikron				Gaya Aksial (pN), r=1.8 mikron				Gaya Aksial (pN), r=5 mikron			
	Minkowski	Peierls	Klima-Petr	Abraham	Minkowski	Peierls	Klima-Petr	Abraham	Minkowski	Peierls	Klima-Petr	Abraham
0	7.42255	5.54779	5.37972	4.177275	7.302424	5.458	5.29264	4.109652	0.69143	0.51679	0.50113	0.38912
1	7.42227	5.54758	5.3795	4.177115	7.303704	5.45896	5.29356	4.110362	0.69228	0.51742	0.50175	0.3898
2	7.42136	5.5469	5.37885	4.176605	7.307497	5.4618	5.29531	4.112519	0.69482	0.51933	0.50359	0.39103
3	7.41978	5.5457	5.37768	4.175703	7.313689	5.46641	5.30079	4.115999	0.69908	0.52251	0.50668	0.39343
4	7.41728	5.54388	5.37589	4.174303	7.321998	5.47262	5.30682	4.120677	0.70508	0.52699	0.51101	0.39679
5	7.41371	5.54119	5.37331	4.172302	7.332142	5.48022	5.31419	4.126395	0.71276	0.53275	0.51661	0.40114
6	7.40891	5.53752	5.36975	4.169539	7.343764	5.48891	5.3226	4.132935	0.72228	0.53985	0.52340	0.40649
7	7.40225	5.53282	5.36499	4.165846	7.356394	5.49834	5.33176	4.140035	0.73359	0.5483	0.53169	0.41285
8	7.39371	5.52624	5.35881	4.161044	7.369528	5.50816	5.34128	4.147432	0.74678	0.55814	0.54123	0.42026
9	7.38287	5.51813	5.35095	4.154941	7.38264	5.51799	5.35078	4.154807	0.76182	0.5694	0.56215	0.42874



10	7.36935	5.50802	5.34115	4.147334	7.395171	5.52732	5.35988	4.16186	0.77888	0.55214	0.5646	0.43833
11	7.35283	5.49569	5.32917	4.138038	7.40654	5.53582	5.30811	4.169262	0.78792	0.59838	0.57831	0.44005
12	7.33298	5.48094	5.31479	4.128862	7.416199	5.54304	5.3751	4.173097	0.81909	0.61221	0.59306	0.46097
13	7.3095	5.46329	5.29778	4.113651	7.423569	5.54955	5.38045	4.177844	0.84246	0.62967	0.61059	0.47412
14	7.28213	5.44284	5.27794	4.098248	7.428152	5.55198	5.38377	4.180427	0.86811	0.64884	0.62910	0.48856
15	7.25067	5.41932	5.25513	4.080544	7.429463	5.55295	5.39471	4.181157	0.89616	0.66981	0.64951	0.50434
16	7.21493	5.39281	5.22923	4.060427	7.427046	5.55115	5.38297	4.179890	0.92872	0.69265	0.67168	0.52154
17	7.1748	5.36281	5.20014	4.037846	7.42053	5.54828	5.37625	4.178137	0.95991	0.71748	0.69572	0.54022
18	7.1302	5.32929	5.16782	4.012743	7.408603	5.53911	5.37033	4.180997	0.99589	0.74435	0.72179	0.56049
19	7.08112	5.29259	5.13224	3.985122	7.393908	5.52645	5.35901	4.181202	1.03477	0.77341	0.74998	0.58235
20	7.02758	5.25258	5.09344	3.954989	7.373521	5.51114	5.34410	4.180679	1.07873	0.80477	0.78039	0.60598
21	6.96967	5.20929	5.05147	3.922401	7.34803	5.49209	5.3257	4.183336	1.12191	0.83854	0.81314	0.63139
22	6.90751	5.16284	5.00843	3.88742	7.31749	5.46025	5.30355	4.18141	1.17046	0.87485	0.84835	0.65873
23	6.84126	5.11332	4.9584	3.850134	7.281845	5.41252	5.27772	4.099088	1.22262	0.91382	0.88613	0.68807
24	6.7711	5.06088	4.90756	3.810651	7.241189	5.41222	5.24825	4.075199	1.27849	0.95557	0.92662	0.71951
25	6.69728	5.00571	4.85405	3.769108	7.195553	5.37814	5.21510	4.049531	1.33823	1.00022	0.96992	0.75313
26	6.62003	4.94797	4.79807	3.725633	7.145157	5.34045	5.17866	4.021159	1.40201	1.0476	1.01615	0.78903
27	6.53962	4.88787	4.73978	3.680379	7.090128	5.29933	5.13877	3.990193	1.46998	1.09889	1.06541	0.82727
28	6.45632	4.8256	4.67941	3.633495	7.030694	5.25491	5.0957	3.956740	1.54226	1.15272	1.11779	0.86796
29	6.37042	4.7614	4.61714	3.585159	6.967096	5.20737	5.0498	3.920952	1.61995	1.21064	1.17338	0.91112
30	6.28221	4.69547	4.55321	3.53551	6.899599	5.15892	5.00068	3.882960	1.70018	1.27074	1.23224	0.95882
31	6.19195	4.62903	4.48791	3.484731	6.829465	5.10775	4.94919	3.842937	1.78594	1.33495	1.29441	1.00509
32	6.10002	4.5593	4.42116	3.432974	6.753996	5.04809	4.89518	3.801024	1.87632	1.4024	1.35991	1.05596
33	6.0066	4.48947	4.35346	3.3804	6.676486	4.99018	4.83897	3.757403	1.9713	1.47339	1.42876	1.10941
34	5.91201	4.41877	4.28499	3.327164	6.596244	4.93018	4.78081	3.712237	2.07085	1.5476	1.50091	1.16543
35	5.81648	4.34738	4.21566	3.273407	6.51353	4.86837	4.72087	3.665894	2.1749	1.62557	1.57632	1.22399
36	5.7203	4.27549	4.14585	3.219275	6.428875	4.80404	4.65937	3.617938	2.28335	1.70963	1.65402	1.28503
37	5.62387	4.20327	4.07592	3.164997	6.341944	4.74012	4.5965	3.56913	2.39505	1.79986	1.73981	1.34846
38	5.52684	4.13098	4.00574	3.110395	6.253626	4.6741	4.5325	3.519428	2.51293	1.87815	1.82124	1.41417
39	5.42999	4.0585	3.93554	3.055896	6.163985	4.6071	4.46753	3.469979	2.63345	1.96832	1.90958	1.48206
40	5.33332	3.98629	3.86548	3.001493	6.073262	4.5393	4.40177	3.41792	2.75772	2.06119	1.99674	1.55199
41	5.23702	3.91427	3.79569	2.947295	5.981714	4.47089	4.33542	3.366309	2.88533	2.15656	2.09123	1.62381
42	5.14124	3.84268	3.72626	2.893991	5.89056	4.40199	4.26863	3.314635	3.01596	2.25421	2.18592	1.69734
43	5.04612	3.77159	3.65732	2.839883	5.797015	4.33289	4.20155	3.262451	3.14934	2.35389	2.28257	1.77239
44	4.95191	3.7011	3.58897	2.786785	5.70427	4.26351	4.13494	3.210257	3.28508	2.45335	2.38095	1.84678
45	4.85841	3.63129	3.52127	2.734225	5.611528	4.19418	4.06712	3.15806	3.42283	2.5583	2.4808	1.92631
46	4.76604	3.56225	3.45433	2.682238	5.51893	4.12498	4.00001	3.105952	3.56221	2.66248	2.58182	2.00475
47	4.67478	3.49405	3.38819	2.630893	5.42665	4.05601	3.93312	3.054021	3.70285	2.7676	2.68375	2.0839
48	4.58473	3.42674	3.32292	2.580205	5.334826	3.99738	3.86657	3.002343	3.84436	2.87337	2.78931	2.16353
49	4.49596	3.36038	3.25858	2.530241	5.243598	3.91919	3.80045	2.950999	3.98835	2.97946	2.88922	2.24344
50	4.40851	3.29503	3.19519	2.481028	5.153063	3.85152	3.73484	2.900048	4.12843	3.08589	2.9922	2.3234
51	4.32245	3.2307	3.13282	2.432591	5.063338	3.78446	3.6698	2.849554	4.27023	3.19187	3.09497	2.4032
52	4.23782	3.16744	3.07149	2.384985	4.974518	3.71807	3.60542	2.799561	4.41138	3.29717	3.19727	2.48264
53	4.15465	3.10528	3.0112	2.338159	4.885667	3.65241	3.54175	2.750128	4.55151	3.40191	3.29884	2.56151
54	4.07297	3.04423	2.95201	2.292193	4.799877	3.59754	3.47885	2.701285	4.69029	3.50564	3.39942	2.63961
55	3.99281	2.98432	2.8936	2.247078	4.714211	3.54251	3.41678	2.653072	4.8274	3.6081	3.49979	2.71678



56	3.91417	2.92554	2.8369	2.202819	4.629721	3.48336	3.35552	2.505517	4.96246	3.70909	3.50671	2.7928
57	3.83707	2.88791	2.78102	2.159428	4.546447	3.39312	3.29518	2.558657	6.09532	3.80838	3.69297	2.86755
58	3.7615	2.81144	2.72828	2.116905	4.464432	3.32882	3.23573	2.512502	5.22559	3.90572	3.79739	2.94086
59	3.68746	2.75811	2.67261	2.075246	4.383718	3.27549	3.17722	2.467076	5.35304	4.00099	3.87977	3.01259
60	3.615	2.70194	2.62008	2.034466	4.30432	3.21715	3.11988	2.422394	5.47746	4.09398	3.96998	3.08261
61	3.54406	2.64891	2.56866	1.994525	4.226268	3.15881	3.06311	2.378466	5.59866	4.18458	4.05778	3.15081
62	3.47462	2.59702	2.51933	1.955451	4.149573	3.10148	3.00752	2.335298	5.71641	4.27258	4.14313	3.21708
63	3.4067	2.54625	2.4691	1.917225	4.074239	3.04518	2.95293	2.292908	5.83057	4.35791	4.22588	3.28133
64	3.34026	2.49559	2.42095	1.879839	4.000297	2.98991	2.89933	2.251299	5.941	4.44045	4.30592	3.34349
65	3.2753	2.44804	2.37387	1.84328	3.927713	2.93567	2.84672	2.210446	6.04758	4.52011	4.38316	3.40347
66	3.21174	2.40057	2.32786	1.807541	3.856519	2.88246	2.79512	2.170378	6.15019	4.5988	4.46754	3.46122
67	3.14972	2.35418	2.28285	1.772607	3.7867	2.83027	2.74452	2.131084	6.24877	4.67048	4.52898	3.51869
68	3.08906	2.30884	2.23880	1.738467	3.718247	2.7791	2.69491	2.092559	6.34322	4.74108	4.59744	3.56985
69	3.02978	2.26463	2.19592	1.705106	3.651157	2.72896	2.64828	2.054801	6.43352	4.80857	4.66289	3.62007
70	2.97187	2.22125	2.15395	1.672513	3.58541	2.67982	2.59663	2.0178	6.51982	4.87293	4.72529	3.66913
71	2.91529	2.17896	2.11294	1.640673	3.521004	2.63168	2.55195	1.981554	6.60152	4.93413	4.78464	3.71522
72	2.86003	2.13765	2.07289	1.609569	3.457914	2.58453	2.50822	1.94605	6.6792	4.99219	4.84094	3.75893
73	2.80604	2.0973	2.03376	1.57919	3.396132	2.53835	2.46145	1.91126	6.75287	5.0471	4.8942	3.80028
74	2.75332	2.0579	1.99555	1.54952	3.33564	2.49314	2.4178	1.877235	6.82196	5.09889	4.94441	3.83927
75	2.70183	2.01941	1.95523	1.520541	3.275414	2.44597	2.37458	1.843905	6.88709	5.14757	4.99162	3.87583
76	2.65154	1.98193	1.92176	1.492239	3.218444	2.40554	2.33266	1.811278	6.94811	5.19318	5.03585	3.91027
77	2.60241	1.94512	1.88619	1.464606	3.161701	2.36313	2.29153	1.779346	7.00509	5.23578	5.07713	3.94239
78	2.55449	1.90928	1.85144	1.437613	3.10616	2.32182	2.25128	1.748093	7.05805	5.27535	5.11552	3.97214
79	2.50765	1.87428	1.81746	1.41126	3.05182	2.281	2.21189	1.717507	7.10707	5.31199	5.15105	3.99972
80	2.46192	1.84011	1.78435	1.385521	2.998643	2.24125	2.17335	1.68756	7.15224	5.34675	5.18379	4.02515
81	2.41726	1.80671	1.75198	1.360386	2.946507	2.20237	2.13554	1.658296	7.19362	5.37668	5.21376	4.04844
82	2.37364	1.77411	1.72036	1.335839	2.895595	2.16431	2.09874	1.629943	7.23132	5.40485	5.2411	4.06965
83	2.33105	1.74228	1.68949	1.311869	2.845896	2.12708	2.06254	1.601811	7.26539	5.43033	5.26581	4.08882
84	2.28945	1.71119	1.65934	1.289456	2.79715	2.09065	2.02732	1.574185	7.29595	5.45317	5.28795	4.10802
85	2.24881	1.68082	1.62989	1.265593	2.749475	2.05502	1.99276	1.547353	7.32309	5.47345	5.30783	4.1213
86	2.20913	1.65116	1.60114	1.24326	2.702833	2.02016	1.95895	1.521103	7.34889	5.49125	5.32487	4.13469
87	2.17037	1.62219	1.57304	1.221448	2.657197	1.98605	1.92588	1.495419	7.36748	5.50662	5.33979	4.14827
88	2.13251	1.59389	1.5465	1.200139	2.612558	1.95288	1.89353	1.470299	7.38491	5.51985	5.35243	4.16069
89	2.09563	1.56625	1.51879	1.179324	2.568878	1.92004	1.86197	1.445715	7.39932	5.53043	5.36287	4.1642
90	2.0594	1.53924	1.49261	1.15899	2.528149	1.8881	1.8309	1.421669	7.4108	5.53992	5.37119	4.17067
91	2.0241	1.51285	1.46702	1.139125	2.484335	1.85688	1.8006	1.398139	7.41948	5.54548	5.37747	4.17553
92	1.98961	1.48708	1.44202	1.119714	2.443438	1.82628	1.77095	1.375123	7.42536	5.54991	5.38175	4.17888
93	1.9559	1.46189	1.4176	1.100746	2.403419	1.79637	1.74195	1.352598	7.42868	5.55237	5.38415	4.18072
94	1.92297	1.43727	1.39373	1.082212	2.364257	1.7671	1.71355	1.33056	7.42944	5.55294	5.3847	4.18115
95	1.89079	1.41322	1.3704	1.0641	2.325941	1.73847	1.6858	1.308997	7.42777	5.5517	5.3835	4.18021
96	1.85933	1.38971	1.3476	1.046396	2.288448	1.71044	1.65882	1.287897	7.42377	5.5487	5.38059	4.17796
97	1.82858	1.36873	1.32532	1.029092	2.251753	1.68301	1.63202	1.267247	7.41762	5.54404	5.37608	4.17444
98	1.79853	1.34428	1.30354	1.012178	2.215947	1.65618	1.606	1.247038	7.40913	5.53776	5.36998	4.16972
99	1.76915	1.3223	1.28224	0.995641	2.180704	1.62991	1.58053	1.22726	7.39869	5.52995	5.36241	4.16395
100	1.74042	1.30083	1.26142	0.979474	2.146306	1.6042	1.5556	1.207901	7.38628	5.52088	5.35342	4.15886
101	1.71233	1.27963	1.24106	0.963669	2.112838	1.57803	1.53119	1.188954	7.37199	5.51	5.34306	4.14882



102	1.68486	1.2593	1.22115	0.048207	2.079882	1.5544	1.50731	1.170404	7.35591	5.40799	5.33141	4.13077
103	1.558	1.23923	1.20168	0.933089	2.047418	1.53029	1.48393	1.152248	7.33813	5.48469	5.31853	4.12977
104	1.63172	1.21959	1.18264	0.918303	2.015831	1.50808	1.46103	1.134472	7.31872	5.47018	5.30448	4.11884
105	1.60602	1.20038	1.16401	0.90364	1.984908	1.46357	1.43882	1.11707	7.29777	5.45452	5.28927	4.10705
106	1.58098	1.18159	1.14579	0.88999	1.954626	1.44094	1.41687	1.100027	7.27534	5.43777	5.27301	4.09443
107	1.55628	1.16321	1.12798	0.875848	1.924978	1.41877	1.39518	1.083341	7.25152	5.41997	5.25575	4.08103
108	1.53222	1.14522	1.11052	0.862304	1.89594	1.41707	1.37414	1.067001	7.22639	5.40118	5.23754	4.06888
109	1.50887	1.12782	1.09345	0.849051	1.867503	1.39581	1.35353	1.050998	7.2	5.38145	5.21841	4.05203
110	1.48582	1.11039	1.07675	0.83609	1.839849	1.375	1.33334	1.035321	7.17244	5.36085	5.19942	4.03651
111	1.46308	1.09353	1.0604	0.823385	1.812387	1.35481	1.31356	1.019999	7.14375	5.3394	5.17764	4.02038
112	1.44098	1.07703	1.04439	0.810959	1.785541	1.33483	1.29416	1.004924	7.114	5.31718	5.15608	4.00383
113	1.41937	1.06087	1.02873	0.798794	1.759457	1.31606	1.27522	0.990189	7.08327	5.29442	5.1338	3.98834
114	1.39821	1.04505	1.01339	0.786895	1.733802	1.29589	1.25682	0.975751	7.0518	5.27054	5.11065	3.96851
115	1.37746	1.02957	0.99837	0.775223	1.708666	1.2771	1.23841	0.961805	7.01907	5.24622	5.08727	3.9502
116	1.3572	1.0144	0.98307	0.763804	1.684034	1.25889	1.22055	0.947742	6.9857	5.22128	5.06399	3.93142
117	1.33732	0.99965	0.96826	0.752621	1.659893	1.24065	1.20309	0.934157	6.95158	5.19577	5.03836	3.91222
118	1.31766	0.985	0.95516	0.741669	1.636234	1.22296	1.18591	0.920842	6.91673	5.16973	5.01311	3.89261
119	1.2983	0.97075	0.94134	0.730939	1.613048	1.20563	1.1691	0.907792	6.88122	5.14318	4.98738	3.87262
120	1.28012	0.95679	0.92781	0.720429	1.590312	1.18864	1.15262	0.894998	6.84508	5.11618	4.96118	3.85229
121	1.26183	0.94313	0.91454	0.710131	1.568025	1.17199	1.13647	0.882456	6.80838	5.08874	4.93457	3.83163
122	1.2439	0.92972	0.90155	0.700041	1.546178	1.15595	1.12064	0.870159	6.77114	5.06091	4.90758	3.81097
123	1.22633	0.91659	0.88882	0.690153	1.524751	1.13963	1.10511	0.858102	6.73341	5.03272	4.88023	3.78944
124	1.20911	0.90372	0.87634	0.680464	1.503742	1.12393	1.08988	0.846278	6.69524	5.00418	4.85256	3.76785
125	1.19223	0.89111	0.8641	0.670988	1.483138	1.10853	1.07495	0.834684	6.65664	4.97533	4.82459	3.74623
126	1.17569	0.87874	0.85212	0.661658	1.462933	1.09349	1.0603	0.823311	6.61767	4.94621	4.79635	3.7243
127	1.15947	0.86662	0.84036	0.652528	1.443112	1.07852	1.04694	0.812157	6.57836	4.91682	4.76785	3.70218
128	1.14367	0.85473	0.82884	0.64358	1.42367	1.06408	1.03185	0.801214	6.53874	4.88721	4.73914	3.67988
129	1.12798	0.84308	0.81754	0.634807	1.404595	1.04953	1.01802	0.79048	6.49885	4.8574	4.71023	3.65743
130	1.11269	0.83165	0.80648	0.626203	1.38588	1.03584	1.00446	0.779948	6.45871	4.82739	4.68114	3.63484
131	1.0977	0.82045	0.79559	0.617785	1.367519	1.02212	0.99115	0.769614	6.41836	4.79723	4.65189	3.61213
132	1.08299	0.80946	0.78463	0.609489	1.3495	1.00865	0.97809	0.759474	6.37781	4.76694	4.62251	3.58932
133	1.06857	0.79867	0.77448	0.601371	1.331818	0.99643	0.96527	0.749522	6.33711	4.73651	4.59301	3.56641
134	1.05442	0.7881	0.76422	0.593407	1.314482	0.98449	0.9527	0.739755	6.29628	4.706	4.56341	3.54343
135	1.04053	0.77772	0.75416	0.585593	1.297427	0.97273	0.94035	0.730169	6.25533	4.67538	4.53373	3.52038
136	1.02697	0.76754	0.74428	0.577926	1.280705	0.96123	0.92823	0.720755	6.21429	4.64471	4.50399	3.49729
137	1.01354	0.75755	0.7346	0.570404	1.264299	0.94995	0.91633	0.711518	6.17318	4.61399	4.4742	3.47415
138	1.00042	0.74774	0.72509	0.56302	1.248171	0.93891	0.90465	0.702448	6.13203	4.58323	4.44437	3.45099
139	0.98755	0.73812	0.71575	0.555774	1.232348	0.92108	0.89318	0.693541	6.09088	4.55245	4.41452	3.42782
140	0.97491	0.72867	0.70859	0.548661	1.216805	0.90947	0.88191	0.684795	6.04968	4.52166	4.38467	3.40464
141	0.9625	0.7194	0.6978	0.541678	1.201543	0.89808	0.87085	0.676208	6.00849	4.49089	4.35483	3.38146
142	0.95032	0.71029	0.68877	0.534829	1.186554	0.88888	0.85999	0.667771	5.96734	4.46013	4.32501	3.35831
143	0.93836	0.70135	0.68011	0.528093	1.171833	0.87885	0.84932	0.659485	5.92624	4.42941	4.29521	3.33518
144	0.92662	0.69256	0.67159	0.521484	1.15737	0.86905	0.83884	0.651348	5.88519	4.39874	4.26546	3.31206
145	0.91509	0.68398	0.66324	0.514994	1.143164	0.85943	0.82854	0.643351	5.84422	4.36811	4.23577	3.28902
146	0.90378	0.67549	0.65503	0.50862	1.129205	0.84999	0.81842	0.635406	5.80334	4.33755	4.20613	3.26601
147	0.89264	0.66719	0.64696	0.50236	1.115401	0.83974	0.80848	0.627778	5.76255	4.30708	4.17657	3.24305



143	0.88171	0.65901	0.63904	0.49621	1.102014	0.82367	0.79872	0.620193	5.72188	4.27866	4.14709	3.22016
146	0.87098	0.65099	0.63126	0.490169	1.088772	0.81377	0.78912	0.612741	5.68132	4.24635	4.1177	3.19734
150	0.85043	0.6431	0.62362	0.484233	1.075756	0.80405	0.77969	0.605416	5.6409	4.21614	4.0884	3.17458
151	0.85007	0.63539	0.61611	0.478402	1.062994	0.79448	0.77041	0.598216	5.60063	4.18604	4.05921	3.15192
152	0.83968	0.62775	0.60873	0.472671	1.05036	0.78509	0.7613	0.59114	5.5606	4.15604	4.03014	3.12934
153	0.82968	0.62027	0.60148	0.467039	1.038029	0.77585	0.75234	0.584163	5.52054	4.12618	4.00117	3.10686
154	0.82004	0.61292	0.59435	0.461505	1.025877	0.76676	0.74353	0.577346	5.48076	4.09644	3.97233	3.08447
155	0.81038	0.60569	0.58734	0.456085	1.013929	0.75783	0.73487	0.570621	5.44116	4.06684	3.94363	3.06218
156	0.80098	0.59854	0.58048	0.450719	1.002181	0.74905	0.72636	0.564000	5.40174	4.03739	3.91506	3.03999
157	0.79153	0.59161	0.57369	0.445461	0.990629	0.74042	0.71799	0.557505	5.36251	4.00806	3.88683	3.01792
158	0.78235	0.58475	0.56703	0.440293	0.979269	0.73193	0.70975	0.551115	5.32348	3.97889	3.85836	2.99595
159	0.77332	0.578	0.56049	0.435212	0.968096	0.72358	0.70166	0.544827	5.28466	3.94989	3.83021	2.97411
160	0.76446	0.57136	0.55405	0.430215	0.957108	0.71536	0.69369	0.538642	5.24606	3.92103	3.80223	2.95238
161	0.75571	0.56484	0.54773	0.425302	0.946298	0.70729	0.68586	0.532550	5.20767	3.89234	3.7744	2.93078
162	0.74713	0.55842	0.5415	0.42047	0.935665	0.69934	0.67815	0.526575	5.16951	3.86381	3.74675	2.9093
163	0.73868	0.55211	0.53538	0.415718	0.925205	0.69152	0.67057	0.520688	5.13156	3.83545	3.71926	2.88795
164	0.73038	0.5459	0.52936	0.411043	0.914912	0.68383	0.66311	0.514894	5.09388	3.80727	3.69192	2.86673
165	0.72221	0.53979	0.52344	0.406445	0.904785	0.67626	0.65577	0.509199	5.05639	3.77926	3.66476	2.84564
166	0.71417	0.53378	0.51782	0.401921	0.89482	0.66881	0.64855	0.503587	5.01915	3.75144	3.63778	2.82469
167	0.70625	0.52786	0.51188	0.39747	0.885013	0.66148	0.64144	0.498066	4.98216	3.72378	3.61067	2.80387
168	0.69848	0.52206	0.50624	0.393091	0.875362	0.65427	0.63444	0.492637	4.94542	3.69632	3.58433	2.78319
169	0.69082	0.51634	0.50066	0.388793	0.865863	0.64717	0.62756	0.487262	4.90992	3.66905	3.55799	2.76265
170	0.68329	0.51071	0.49523	0.384542	0.856514	0.64018	0.62078	0.48203	4.87267	3.64195	3.53161	2.74226
171	0.67587	0.50516	0.48988	0.380389	0.84731	0.6333	0.61411	0.47685	4.83668	3.61505	3.50552	2.72199
172	0.66857	0.49971	0.48467	0.376261	0.83825	0.62653	0.60754	0.471751	4.80094	3.58833	3.47962	2.70188
173	0.66139	0.49434	0.47938	0.372219	0.829331	0.61988	0.60108	0.466731	4.76545	3.56182	3.4639	2.68191
174	0.65432	0.48906	0.47424	0.368239	0.820547	0.6133	0.59472	0.461789	4.73023	3.53548	3.42837	2.66208
175	0.64736	0.48385	0.46919	0.364322	0.8119	0.60683	0.58846	0.456922	4.69525	3.50935	3.40303	2.64241
176	0.64051	0.47873	0.46423	0.360465	0.803393	0.60047	0.58228	0.452129	4.66055	3.48341	3.37787	2.62287
177	0.63378	0.47369	0.45934	0.356668	0.794999	0.5942	0.5762	0.44741	4.62611	3.45786	3.3529	2.60349
178	0.62711	0.46872	0.45452	0.352929	0.786739	0.58803	0.57021	0.442762	4.59192	3.43211	3.32813	2.58425
179	0.62057	0.46383	0.44978	0.349246	0.778605	0.58195	0.56432	0.438184	4.558	3.40678	3.30354	2.56516
180	0.61413	0.45901	0.44511	0.34562	0.770594	0.57596	0.55851	0.433676	4.52434	3.3816	3.27914	2.54622
181	0.60778	0.45427	0.44051	0.342049	0.762701	0.57006	0.55276	0.429234	4.49095	3.35664	3.25494	2.52741
182	0.60153	0.4496	0.43598	0.338532	0.754925	0.56425	0.54715	0.424859	4.45781	3.33187	3.23069	2.50877
183	0.59539	0.445	0.43152	0.335068	0.747265	0.55683	0.5416	0.420546	4.42494	3.3073	3.2071	2.49028
184	0.58931	0.44047	0.42712	0.331654	0.73972	0.54988	0.53613	0.416301	4.39233	3.28293	3.18348	2.47192
185	0.58334	0.436	0.42279	0.328293	0.732284	0.5433	0.53074	0.412117	4.35999	3.25875	3.16003	2.45372
186	0.57745	0.4316	0.41853	0.32498	0.724957	0.54185	0.52543	0.407993	4.32791	3.23478	3.13677	2.43566
187	0.57165	0.42727	0.41432	0.321717	0.717738	0.53645	0.5202	0.40393	4.29609	3.211	3.11371	2.41776
188	0.56594	0.423	0.41018	0.318501	0.710623	0.53114	0.51504	0.399925	4.26463	3.18741	3.09084	2.4
189	0.56031	0.41879	0.4061	0.315333	0.703609	0.52589	0.50995	0.395978	4.23324	3.16401	3.06816	2.38239
190	0.55476	0.41464	0.40208	0.31221	0.696698	0.52073	0.50485	0.392089	4.2022	3.14082	3.04568	2.36492
191	0.5493	0.41056	0.39812	0.309133	0.689885	0.51564	0.50001	0.388255	4.17142	3.11782	3.02338	2.3476
192	0.54391	0.40653	0.39421	0.3061	0.68317	0.51062	0.49515	0.384475	4.14091	3.09501	3.00124	2.33042
193	0.53856	0.40256	0.39036	0.30311	0.676549	0.50567	0.49035	0.38075	4.11064	3.07239	2.97931	2.31339



194	0.53336	0.39864	0.38867	0.300184	0.670022	0.50379	0.48582	0.377070	4.08084	3.04997	2.95758	2.29861
195	0.5282	0.39479	0.38283	0.297259	0.683587	0.46598	0.49095	0.373464	4.0509	3.02773	2.939	2.27077
196	0.52311	0.39098	0.37914	0.294398	0.657243	0.46124	0.47838	0.369884	4.0214	3.00569	2.91482	2.26317
197	0.51809	0.38723	0.3755	0.291572	0.650987	0.45659	0.47192	0.366363	3.99216	2.98383	2.89343	2.24671
198	0.51314	0.38354	0.37182	0.288780	0.644818	0.45186	0.46735	0.362891	3.96317	2.95216	2.87242	2.2304
199	0.50827	0.37989	0.36838	0.286044	0.639734	0.44741	0.46294	0.359467	3.93442	2.94069	2.85159	2.21422
200	0.50348	0.3763	0.3649	0.283338	0.632733	0.44292	0.45858	0.356094	3.90594	2.91939	2.83094	2.19819
201	0.49872	0.37275	0.36148	0.280669	0.626817	0.4385	0.4543	0.352781	3.8777	2.89828	2.81047	2.1823
202	0.49404	0.36926	0.35807	0.278037	0.62096	0.43414	0.45007	0.349478	3.8497	2.87738	2.79018	2.16654
203	0.48943	0.36581	0.35473	0.275441	0.615223	0.42983	0.4458	0.346230	3.82195	2.85682	2.77007	2.15092
204	0.48486	0.36241	0.35143	0.27288	0.609544	0.42559	0.44178	0.34304	3.79444	2.83606	2.75013	2.13544
205	0.48039	0.35906	0.34818	0.270355	0.603942	0.4214	0.43772	0.339887	3.76717	2.81568	2.73037	2.12009
206	0.47598	0.35575	0.34497	0.267864	0.598415	0.41727	0.43372	0.336778	3.74015	2.79547	2.71078	2.10488
207	0.4716	0.35248	0.3418	0.265407	0.592982	0.41319	0.42977	0.333707	3.71338	2.77545	2.69137	2.08981
208	0.46729	0.34926	0.33868	0.262982	0.587581	0.40917	0.42587	0.33066	3.68691	2.75561	2.67212	2.07487
209	0.46304	0.34609	0.33558	0.26059	0.582273	0.4052	0.42202	0.327692	3.66049	2.73594	2.65305	2.06005
210	0.45885	0.34295	0.33256	0.258231	0.577034	0.40129	0.41822	0.324744	3.63441	2.71644	2.63414	2.04638
211	0.45471	0.33986	0.32956	0.255902	0.571865	0.42742	0.41448	0.321835	3.60855	2.69712	2.61541	2.03283
212	0.45063	0.33681	0.3266	0.253604	0.566763	0.42361	0.41078	0.318964	3.58293	2.67797	2.59683	2.01841
213	0.4466	0.3338	0.32369	0.251337	0.561728	0.41985	0.40713	0.31613	3.55754	2.65899	2.57843	2.00422
214	0.44262	0.33083	0.3208	0.2491	0.556758	0.41613	0.40353	0.313333	3.53237	2.64018	2.56019	1.98995
215	0.4387	0.32789	0.31799	0.246901	0.551854	0.41247	0.39997	0.310573	3.50743	2.62154	2.54211	1.97391
216	0.43483	0.325	0.31518	0.244712	0.547012	0.40885	0.39646	0.307848	3.48271	2.60308	2.52419	1.96
217	0.431	0.32214	0.31238	0.242561	0.542233	0.40528	0.393	0.305158	3.45821	2.58475	2.50643	1.94621
218	0.42723	0.31932	0.30965	0.240437	0.537515	0.40175	0.38958	0.302503	3.43393	2.5666	2.48884	1.93255
219	0.42351	0.31654	0.30695	0.238341	0.532857	0.39827	0.3862	0.299882	3.40987	2.54861	2.4714	1.91901
220	0.41983	0.31379	0.30428	0.236272	0.528258	0.39483	0.38287	0.297294	3.38602	2.53079	2.45411	1.90558
221	0.4162	0.31108	0.30165	0.234229	0.523718	0.39144	0.37958	0.294739	3.36238	2.51313	2.43698	1.89220
222	0.41262	0.3084	0.29906	0.232212	0.519235	0.38809	0.37633	0.292218	3.33896	2.49562	2.42001	1.8791
223	0.40909	0.30575	0.29649	0.230221	0.514808	0.38478	0.37312	0.289725	3.31575	2.47827	2.40319	1.86604
224	0.40558	0.30314	0.29396	0.228255	0.510437	0.38151	0.36995	0.287264	3.29274	2.46109	2.38651	1.8531
225	0.40213	0.30056	0.29146	0.226314	0.50612	0.37829	0.36683	0.284835	3.26995	2.44404	2.36999	1.84027
226	0.39873	0.29802	0.28899	0.224397	0.501857	0.3751	0.36374	0.282436	3.24735	2.42715	2.35362	1.82755
227	0.39538	0.2955	0.28655	0.222503	0.497646	0.37195	0.36068	0.280065	3.22497	2.41042	2.33738	1.81495
228	0.39204	0.29302	0.28414	0.220634	0.493488	0.36884	0.35767	0.277728	3.20278	2.39383	2.32131	1.80248
229	0.38875	0.29057	0.28177	0.218787	0.489381	0.36577	0.35469	0.275415	3.18078	2.3774	2.30536	1.79009
230	0.38552	0.28815	0.27942	0.216963	0.485323	0.36274	0.35175	0.273131	3.15899	2.36111	2.28957	1.77782
231	0.38232	0.28575	0.2771	0.215162	0.481318	0.35975	0.34885	0.270876	3.13739	2.34498	2.27392	1.76587
232	0.37918	0.28339	0.27481	0.213383	0.477357	0.35679	0.34598	0.268648	3.11599	2.32897	2.25841	1.75382
233	0.37603	0.28106	0.27254	0.211626	0.473448	0.35386	0.34314	0.266448	3.09478	2.31311	2.24303	1.74189
234	0.37295	0.27875	0.27031	0.209889	0.469582	0.35099	0.34034	0.264272	3.07378	2.2974	2.2278	1.72985
235	0.3699	0.27647	0.2681	0.208173	0.465765	0.34812	0.33758	0.262123	3.05293	2.28183	2.2127	1.71813
236	0.36689	0.27422	0.26591	0.206479	0.461993	0.3453	0.33484	0.260001	3.03228	2.2664	2.19773	1.70651
237	0.36392	0.272	0.26376	0.204805	0.458268	0.34252	0.33214	0.257903	3.01182	2.2511	2.1829	1.695
238	0.36098	0.2698	0.26163	0.20315	0.454583	0.33977	0.32947	0.255831	2.99154	2.23595	2.16821	1.68358
239	0.35807	0.26763	0.25952	0.201518	0.450944	0.33705	0.32683	0.253783	2.97144	2.22093	2.15364	1.67227



240	0.3552	0.26549	0.25744	0.199001	0.447347	0.33436	0.32423	0.251750	2.95152	2.20604	2.1392	1.66106
241	0.35237	0.26337	0.25539	0.198305	0.443793	0.3317	0.32165	0.249750	2.93179	2.19129	2.1240	1.64995
242	0.34856	0.26127	0.25336	0.19727	0.440281	0.32908	0.31911	0.247782	2.91222	2.17660	2.11071	1.63894
243	0.34679	0.2592	0.25135	0.196189	0.436809	0.32648	0.31659	0.245826	2.89283	2.16217	2.09666	1.62803
244	0.34406	0.25716	0.24936	0.19526	0.433379	0.32392	0.3141	0.243867	2.87361	2.14781	2.08273	1.61722
245	0.34136	0.25513	0.2474	0.192106	0.429986	0.32138	0.31185	0.241980	2.85457	2.13357	2.06893	1.6066
246	0.33868	0.25313	0.24547	0.190601	0.426634	0.31889	0.30922	0.240102	2.83560	2.11946	2.05525	1.59587
247	0.33603	0.25116	0.24355	0.189113	0.42332	0.3164	0.30661	0.238237	2.81690	2.10549	2.04169	1.58535
248	0.33342	0.24921	0.24166	0.187642	0.420044	0.31395	0.30444	0.236393	2.79844	2.09163	2.02825	1.57491
249	0.33084	0.24728	0.23978	0.186189	0.416805	0.31153	0.30209	0.234571	2.78007	2.07789	2.01493	1.56457
250	0.32828	0.24537	0.23793	0.184752	0.413604	0.30913	0.29977	0.232769	2.76185	2.06427	2.00173	1.55432
251	0.32576	0.24348	0.2361	0.183332	0.410439	0.30677	0.29748	0.230987	2.7438	2.05078	1.98864	1.54416
252	0.32326	0.24162	0.2343	0.181927	0.407309	0.30443	0.29521	0.229226	2.7259	2.0374	1.97568	1.53409
253	0.3208	0.23977	0.23251	0.180539	0.404214	0.30212	0.29297	0.227484	2.70816	2.02415	1.96282	1.5241
254	0.31836	0.23795	0.23074	0.179166	0.401155	0.29983	0.29075	0.225762	2.69059	2.01101	1.95008	1.51421
255	0.31595	0.23615	0.22899	0.177809	0.398128	0.29757	0.28856	0.22406	2.67316	1.99798	1.93745	1.5044
256	0.31356	0.23436	0.22726	0.176467	0.396137	0.29533	0.28639	0.222376	2.65589	1.98507	1.92493	1.49468
257	0.3112	0.2325	0.22555	0.17514	0.394278	0.29312	0.28424	0.22071	2.63877	1.97228	1.91252	1.48505
258	0.30887	0.23068	0.22386	0.173827	0.392452	0.29094	0.28212	0.219064	2.6218	1.95969	1.90022	1.4755
259	0.30656	0.22913	0.22219	0.172524	0.390658	0.28877	0.28002	0.217435	2.60498	1.94702	1.88803	1.46603
260	0.30428	0.22743	0.22054	0.171245	0.388995	0.28663	0.27795	0.215824	2.58831	1.93466	1.87595	1.45665
261	0.30203	0.22574	0.2189	0.169976	0.387364	0.28452	0.2759	0.214231	2.57179	1.92221	1.86397	1.44736
262	0.2998	0.22408	0.21726	0.168721	0.385765	0.28243	0.27387	0.212655	2.55539	1.90966	1.8521	1.43813
263	0.29759	0.22243	0.21569	0.167479	0.384195	0.28035	0.27186	0.211097	2.53915	1.89782	1.84033	1.42899
264	0.29541	0.2208	0.21411	0.16625	0.382654	0.27831	0.26988	0.209554	2.52306	1.88579	1.82868	1.41993
265	0.29325	0.21918	0.21254	0.165035	0.381146	0.27628	0.26791	0.20803	2.50709	1.87386	1.81709	1.41094
266	0.29111	0.21759	0.21099	0.163833	0.379664	0.27428	0.26597	0.206521	2.49127	1.86204	1.80562	1.40204
267	0.289	0.21601	0.20946	0.162644	0.378207	0.2723	0.26405	0.205026	2.47559	1.85032	1.79426	1.39322
268	0.28691	0.21444	0.20795	0.161468	0.376774	0.27033	0.26214	0.203552	2.46005	1.83867	1.78299	1.38447
269	0.28484	0.21289	0.20646	0.160305	0.375362	0.26839	0.26026	0.202091	2.44463	1.82718	1.77182	1.37579
270	0.2828	0.21137	0.20497	0.159154	0.373974	0.26647	0.2584	0.200645	2.42935	1.81575	1.76074	1.36719
271	0.28077	0.20986	0.2035	0.158015	0.372609	0.26457	0.25656	0.199215	2.41421	1.80443	1.74978	1.35867
272	0.27877	0.20836	0.20205	0.156888	0.371265	0.2627	0.25474	0.197799	2.39919	1.79321	1.73888	1.35022
273	0.27676	0.20686	0.20061	0.155773	0.36994	0.26084	0.25293	0.196399	2.3843	1.78209	1.72809	1.34184
274	0.27483	0.20541	0.19919	0.15467	0.368637	0.259	0.25115	0.195014	2.36954	1.77105	1.71739	1.33353
275	0.27286	0.20397	0.19779	0.153575	0.367351	0.25717	0.24938	0.193642	2.3548	1.76011	1.70678	1.3253
276	0.27097	0.20253	0.19639	0.152498	0.366081	0.25537	0.24764	0.192285	2.34039	1.74927	1.69627	1.31713
277	0.26907	0.20111	0.19502	0.151429	0.364829	0.25359	0.24591	0.190943	2.32601	1.73851	1.68584	1.30903
278	0.26719	0.19971	0.19366	0.150371	0.363592	0.25182	0.24419	0.189614	2.31175	1.72785	1.67551	1.30101
279	0.26533	0.19832	0.19231	0.149324	0.362361	0.25008	0.2425	0.188296	2.29761	1.71728	1.66528	1.29305
280	0.26346	0.19694	0.19097	0.148288	0.361146	0.24835	0.24082	0.186996	2.28358	1.7068	1.65509	1.28518
281	0.26167	0.19556	0.18965	0.147262	0.359946	0.24664	0.23916	0.185706	2.26968	1.69641	1.64502	1.27733
282	0.25988	0.19423	0.18834	0.146247	0.358761	0.24494	0.23752	0.184433	2.25589	1.68611	1.63503	1.26958
283	0.25808	0.19289	0.18705	0.145242	0.357591	0.24327	0.23589	0.18317	2.24223	1.6759	1.62512	1.26189
284	0.25631	0.19157	0.18577	0.144248	0.356435	0.24161	0.23429	0.18192	2.22868	1.66577	1.6153	1.25426
285	0.25456	0.19027	0.1845	0.143263	0.355294	0.23996	0.23269	0.180683	2.21524	1.65572	1.60556	1.2467



286	0.25283	0.18997	0.19325	0.142299	0.318879	0.25834	0.23112	0.179469	2.20191	1.64676	1.5959	1.2392
287	0.25112	0.18769	0.18201	0.141324	0.316724	0.25873	0.22956	0.178247	2.1897	1.63589	1.58632	1.23176
288	0.24942	0.18542	0.18078	0.14037	0.314592	0.25513	0.22801	0.177047	2.1756	1.6261	1.57683	1.22439
289	0.24774	0.18317	0.17956	0.139424	0.312481	0.25356	0.22648	0.175858	2.1626	1.61638	1.56741	1.21708
290	0.24608	0.18392	0.17835	0.138489	0.31039	0.25199	0.22495	0.174682	2.14972	1.60676	1.55807	1.20983
291	0.24443	0.18269	0.17718	0.137562	0.308321	0.25046	0.22348	0.173517	2.13695	1.5972	1.54881	1.20263
292	0.2428	0.18148	0.17598	0.136645	0.306271	0.24891	0.22198	0.172364	2.12428	1.58773	1.53963	1.1955
293	0.24118	0.18027	0.17481	0.135736	0.304243	0.2474	0.22051	0.171222	2.11171	1.57834	1.53052	1.18843
294	0.23956	0.17908	0.17365	0.134837	0.302233	0.2459	0.21905	0.170091	2.09925	1.56903	1.52149	1.18142
295	0.23801	0.17789	0.1725	0.133946	0.300244	0.24441	0.21761	0.168971	2.08699	1.55979	1.51254	1.17448
296	0.23644	0.17672	0.17137	0.133064	0.298274	0.24294	0.21618	0.167853	2.07484	1.55063	1.50365	1.16757
297	0.23489	0.17556	0.17024	0.132181	0.296322	0.24148	0.21477	0.166765	2.06249	1.54155	1.49484	1.16073
298	0.23335	0.17441	0.16913	0.131326	0.294391	0.24003	0.21337	0.165678	2.05043	1.53254	1.48611	1.15395
299	0.23183	0.17328	0.16803	0.13047	0.292477	0.2386	0.21198	0.164601	2.03848	1.52361	1.47744	1.14722
300	0.23032	0.17216	0.16693	0.129622	0.290582	0.23718	0.21051	0.163534	2.02662	1.51474	1.46885	1.14054
301	0.22883	0.17103	0.16585	0.128782	0.288705	0.23579	0.20925	0.162478	2.01486	1.50595	1.46033	1.13392
302	0.22735	0.16993	0.16478	0.127951	0.286848	0.2344	0.2079	0.161432	2.0032	1.49724	1.45187	1.12738
303	0.22589	0.16884	0.16372	0.127127	0.285008	0.23302	0.20657	0.160396	1.99163	1.48859	1.44349	1.12085
304	0.22444	0.16775	0.16267	0.126311	0.283182	0.23166	0.20524	0.15937	1.98015	1.48001	1.43517	1.11439
305	0.223	0.16668	0.16153	0.125503	0.281376	0.23031	0.20394	0.158353	1.96877	1.47151	1.42693	1.10799
306	0.22158	0.16562	0.1604	0.124702	0.279586	0.22897	0.20264	0.157346	1.95748	1.46307	1.41874	1.10184
307	0.22017	0.16456	0.15938	0.123909	0.277814	0.22764	0.20135	0.156348	1.94629	1.4547	1.41063	1.09593
308	0.21878	0.16352	0.15837	0.123124	0.276059	0.22633	0.20008	0.155351	1.93518	1.4464	1.40258	1.08998
309	0.21739	0.16248	0.15736	0.122348	0.274319	0.22503	0.19882	0.154382	1.92417	1.43817	1.39459	1.08288
310	0.21602	0.16146	0.15637	0.121575	0.272596	0.22374	0.19757	0.153412	1.91324	1.43	1.38667	1.07673
311	0.21467	0.16045	0.15539	0.120811	0.270889	0.22247	0.19633	0.152451	1.9024	1.4219	1.37882	1.07063
312	0.21332	0.15944	0.15441	0.120055	0.269198	0.2212	0.19511	0.1515	1.89164	1.41386	1.37102	1.06463
313	0.21199	0.15845	0.15345	0.119305	0.267522	0.21995	0.19389	0.150557	1.88098	1.40589	1.36329	1.05868
314	0.21067	0.15746	0.15249	0.118563	0.265862	0.21871	0.19269	0.149622	1.8704	1.39788	1.35582	1.05282
315	0.20937	0.15649	0.15154	0.117827	0.264218	0.21748	0.1915	0.148697	1.8599	1.39013	1.34801	1.04672
316	0.20807	0.15552	0.15061	0.117099	0.262588	0.21626	0.19032	0.14778	1.84948	1.38235	1.34047	1.04063
317	0.20679	0.15458	0.14968	0.116376	0.260973	0.21506	0.18916	0.146871	1.83915	1.37463	1.33298	1.03504
318	0.20552	0.15361	0.14895	0.115661	0.259373	0.21386	0.18799	0.14597	1.8289	1.36697	1.32555	1.02927
319	0.20426	0.15267	0.14804	0.114952	0.257788	0.21268	0.18684	0.145078	1.81874	1.35937	1.31818	1.02355
320	0.20301	0.15173	0.14714	0.114249	0.256217	0.2115	0.1857	0.144194	1.80865	1.35183	1.31087	1.01787
321	0.20177	0.15081	0.14624	0.113553	0.25466	0.21034	0.18457	0.143318	1.79864	1.34435	1.30362	1.01224
322	0.20055	0.14989	0.14535	0.112863	0.253117	0.20919	0.18346	0.14245	1.78871	1.33692	1.29642	1.00665
323	0.19933	0.14898	0.14447	0.11218	0.251588	0.20804	0.18235	0.141589	1.77886	1.32958	1.28928	1.00111
324	0.19813	0.14808	0.1436	0.111502	0.250073	0.20691	0.18125	0.140736	1.76909	1.32228	1.2822	0.99561
325	0.19693	0.14719	0.14273	0.110831	0.248571	0.20579	0.18016	0.139891	1.75939	1.31501	1.27517	0.99015
326	0.19575	0.14631	0.14188	0.110165	0.247083	0.20468	0.17908	0.139054	1.74977	1.30782	1.26819	0.98474
327	0.19458	0.14543	0.14103	0.109506	0.245608	0.20357	0.17801	0.138223	1.74022	1.30068	1.26127	0.97938
328	0.19342	0.14457	0.14019	0.108852	0.244146	0.20248	0.17695	0.137401	1.73075	1.2936	1.25441	0.97403
329	0.19227	0.1437	0.13935	0.108204	0.242697	0.2014	0.1759	0.136585	1.72135	1.28658	1.2476	0.96874
330	0.19113	0.14285	0.13852	0.107562	0.24126	0.20032	0.17485	0.135777	1.71202	1.27961	1.24084	0.9635
331	0.19	0.14201	0.1377	0.106926	0.239837	0.19926	0.17383	0.134975	1.70277	1.27268	1.23413	0.95829



332	0.18887	0.14117	0.13669	0.106296	0.238426	0.1782	0.17281	0.134181	1.69359	1.26583	1.22748	0.95312
333	0.18778	0.14034	0.13509	0.10567	0.237026	0.17716	0.17179	0.133394	1.68448	1.25902	1.22087	0.94799
334	0.18668	0.13952	0.13529	0.10505	0.235639	0.17612	0.17079	0.132613	1.67543	1.25228	1.21432	0.9429
335	0.18557	0.1387	0.1346	0.104435	0.234255	0.17509	0.16970	0.13184	1.66646	1.24556	1.20782	0.93785
336	0.18446	0.13789	0.13371	0.103826	0.232902	0.17406	0.1688	0.131073	1.65756	1.23889	1.20136	0.93284
337	0.18341	0.13709	0.13294	0.103227	0.231551	0.17307	0.16782	0.130313	1.64872	1.23229	1.19496	0.92787
338	0.18235	0.13629	0.13216	0.102624	0.230211	0.17207	0.16685	0.129559	1.63995	1.22574	1.18861	0.92294
339	0.1813	0.13551	0.1314	0.10203	0.228864	0.17107	0.16589	0.128811	1.63125	1.21924	1.1823	0.91804
340	0.18028	0.13472	0.13064	0.101442	0.227567	0.17009	0.16494	0.12807	1.62262	1.21279	1.17604	0.91318
341	0.17921	0.13395	0.12989	0.100859	0.226262	0.16911	0.16399	0.127336	1.61405	1.20638	1.16983	0.90836
342	0.17816	0.13318	0.12915	0.10028	0.224968	0.16815	0.16305	0.126608	1.60554	1.20002	1.16366	0.90357
343	0.17717	0.13242	0.12841	0.099707	0.223685	0.16718	0.16212	0.125885	1.5971	1.19371	1.15756	0.89882
344	0.17616	0.13166	0.12768	0.099139	0.222412	0.16624	0.1612	0.125169	1.58872	1.18745	1.15147	0.89411
345	0.17516	0.13092	0.12695	0.098575	0.221151	0.16529	0.16029	0.124459	1.58041	1.18124	1.14545	0.88943
346	0.17415	0.13017	0.12623	0.098015	0.2199	0.16435	0.15938	0.123755	1.57216	1.17507	1.13947	0.88478
347	0.17319	0.12944	0.12552	0.097462	0.218659	0.16343	0.15848	0.123057	1.56397	1.16895	1.13353	0.88017
348	0.1722	0.12871	0.12481	0.096912	0.217429	0.16251	0.15759	0.122365	1.55584	1.16287	1.12764	0.87558
349	0.17123	0.12798	0.12411	0.096367	0.21621	0.1616	0.1567	0.121676	1.54777	1.15683	1.12179	0.87106
350	0.17027	0.12727	0.12341	0.095827	0.215	0.1607	0.15583	0.120998	1.53977	1.15088	1.11599	0.86656
351	0.16932	0.12655	0.12272	0.095291	0.213801	0.1598	0.15496	0.120323	1.53182	1.14462	1.11023	0.86208
352	0.16839	0.12585	0.12204	0.094759	0.212611	0.15891	0.1541	0.119653	1.52393	1.13802	1.10451	0.85764
353	0.16744	0.12515	0.12136	0.094232	0.211431	0.15803	0.15324	0.11899	1.5161	1.1317	1.09894	0.85323
354	0.16654	0.12445	0.12068	0.09371	0.210281	0.15715	0.15239	0.118331	1.50832	1.12536	1.0932	0.84886
355	0.16559	0.12377	0.12002	0.093192	0.209191	0.15629	0.15155	0.117678	1.50061	1.12159	1.08761	0.84452
356	0.16468	0.12308	0.11935	0.092677	0.208099	0.15543	0.15072	0.11703	1.49295	1.11587	1.08208	0.8402
357	0.16377	0.12241	0.1187	0.092167	0.207009	0.15457	0.14989	0.116389	1.48535	1.11018	1.07655	0.83593
358	0.16287	0.12174	0.11805	0.091662	0.205976	0.15373	0.14907	0.115751	1.4778	1.10454	1.07108	0.83168
359	0.16193	0.12107	0.1174	0.09116	0.204954	0.15289	0.14826	0.115119	1.47031	1.09894	1.06565	0.82746
360	0.1611	0.12041	0.11676	0.090663	0.203939	0.15206	0.14746	0.114492	1.46287	1.09339	1.06028	0.82328
361	0.16022	0.11975	0.11612	0.090169	0.202935	0.15123	0.14665	0.11387	1.45549	1.08787	1.05491	0.81912
362	0.15935	0.1191	0.11549	0.08968	0.201939	0.15041	0.14585	0.113253	1.44816	1.08239	1.0495	0.815
363	0.15848	0.11846	0.11487	0.089194	0.200952	0.1496	0.14507	0.112642	1.44089	1.07695	1.04432	0.8109
364	0.15763	0.11782	0.11425	0.088713	0.199973	0.14879	0.14428	0.112035	1.43368	1.07155	1.03909	0.80684
365	0.15678	0.11718	0.11363	0.088235	0.199004	0.14799	0.14351	0.111433	1.42649	1.06619	1.03389	0.8028
366	0.15594	0.11655	0.11302	0.087781	0.198043	0.1472	0.14274	0.110836	1.41937	1.06087	1.02873	0.7988
367	0.15511	0.11593	0.11242	0.087291	0.197089	0.14641	0.14198	0.110243	1.41231	1.05559	1.02361	0.79482
368	0.15428	0.11531	0.11182	0.086825	0.196146	0.14563	0.14122	0.109655	1.40529	1.05035	1.01852	0.79087
369	0.15346	0.1147	0.11122	0.086362	0.19521	0.14486	0.14047	0.109072	1.39832	1.04514	1.01347	0.78695
370	0.15264	0.11409	0.11063	0.085903	0.194282	0.14409	0.13972	0.108494	1.3914	1.03997	1.00846	0.78306
371	0.15183	0.11348	0.11004	0.085448	0.193362	0.14333	0.13899	0.10792	1.38454	1.03484	1.00348	0.77919
372	0.15103	0.11288	0.10946	0.084996	0.19245	0.14257	0.13825	0.107351	1.37772	1.02974	0.99854	0.77536
373	0.15023	0.11229	0.10889	0.084548	0.191547	0.14182	0.13752	0.106786	1.37095	1.02469	0.99364	0.77154
374	0.14944	0.1117	0.10831	0.084103	0.19065	0.14108	0.1368	0.106225	1.36423	1.01966	0.98876	0.76776
375	0.14865	0.11111	0.10774	0.083662	0.189762	0.14034	0.13609	0.105666	1.35756	1.01467	0.98393	0.76401
376	0.14788	0.11053	0.10718	0.083224	0.188882	0.13961	0.13538	0.105117	1.35093	1.00972	0.97912	0.76028
377	0.14711	0.10995	0.10662	0.08279	0.188009	0.13888	0.13467	0.104567	1.34435	1.0048	0.97435	0.75657



378	0.14634	0.10938	0.10607	0.082359	0.184844	0.13818	0.13397	0.104027	1.33781	0.99991	0.96982	0.7529
379	0.14658	0.10881	0.10552	0.081931	0.183886	0.13744	0.13328	0.103488	1.33133	0.99506	0.96482	0.74925
380	0.14423	0.10625	0.10497	0.081507	0.182935	0.13573	0.13259	0.102953	1.32489	0.99029	0.96026	0.74552
381	0.14409	0.10769	0.10443	0.081086	0.181993	0.13503	0.1319	0.102422	1.31849	0.98547	0.95581	0.74202
382	0.14334	0.10713	0.10389	0.080668	0.181056	0.13533	0.13123	0.101895	1.31214	0.98072	0.95101	0.73844
383	0.1426	0.10658	0.10335	0.080253	0.180128	0.13463	0.13055	0.101373	1.30583	0.97601	0.94644	0.7349
384	0.14187	0.10604	0.10282	0.079842	0.179208	0.13394	0.12988	0.100854	1.29956	0.97132	0.9419	0.73137
385	0.14114	0.10549	0.10228	0.079434	0.178291	0.13326	0.12922	0.100339	1.29334	0.96668	0.93739	0.72787
386	0.14042	0.10496	0.10175	0.079028	0.177384	0.13259	0.12856	0.099829	1.28717	0.96209	0.93291	0.72439
387	0.13971	0.10442	0.10122	0.078626	0.176483	0.13191	0.12791	0.099321	1.28103	0.95747	0.92846	0.72094
388	0.139	0.10389	0.1007	0.078227	0.175589	0.13124	0.12726	0.098818	1.27494	0.95292	0.92405	0.71751
389	0.1383	0.10337	0.10024	0.077831	0.174701	0.13058	0.12662	0.098319	1.26889	0.9484	0.91968	0.71411
390	0.1376	0.10284	0.09973	0.077438	0.173821	0.12992	0.12598	0.097823	1.26288	0.94391	0.91531	0.71073
391	0.13691	0.10233	0.09923	0.077048	0.172947	0.12926	0.12535	0.097331	1.25691	0.93946	0.91098	0.70737
392	0.13622	0.10181	0.09873	0.076661	0.172079	0.12862	0.12472	0.096843	1.25099	0.93502	0.90669	0.70403
393	0.13553	0.1013	0.09823	0.076277	0.171219	0.12797	0.1241	0.096356	1.2451	0.93062	0.90242	0.70072
394	0.13486	0.1008	0.09774	0.075895	0.170364	0.12733	0.12348	0.095878	1.23928	0.92625	0.89819	0.69743
395	0.13418	0.10029	0.09725	0.075518	0.169516	0.1267	0.12286	0.0954	1.23345	0.92191	0.89398	0.69416
396	0.13352	0.09979	0.09677	0.075141	0.168674	0.12607	0.12225	0.094926	1.22768	0.9176	0.8898	0.69092
397	0.13285	0.0993	0.09629	0.074768	0.167838	0.12545	0.12165	0.094456	1.22196	0.91332	0.88565	0.68769
398	0.1322	0.09881	0.09581	0.074398	0.167008	0.12483	0.12104	0.093989	1.21627	0.90907	0.88153	0.68449
399	0.13154	0.09832	0.09534	0.07403	0.166185	0.12421	0.12045	0.093526	1.21062	0.90495	0.87743	0.68131
400	0.1309	0.09783	0.09487	0.073665	0.165368	0.1236	0.11985	0.093068	1.20501	0.90085	0.87337	0.67816

VI. Data Hasil Numerik Gaya Radial, Fr(pN) vs Jarak Radial, d(μm).

d(mikron)	Gaya radial(pN), dengan r =1 mikron				Gaya radial(pN), dengan r =1 mikron				Gaya radial(pN), dengan r =1 mikron			
	Minkowski	Peierls	Klima-Petr	Abraham	Minkowski	Peierls	Klima-Petr	Abraham	Minkowski	Peierls	Klima-Petr	Abraham
0	3E-09	9.7E-10	9.2E-11	2.26E-09	-1.28E-07	-7E-08	-5E-09	6.62E-08	-8.3E-08	-5E-09	-7.3E-08	-1.9E-08
0.1	0.00709	0.0063	0.00514	0.003989	2.000482	1.49521	1.44991	1.125833	1.06137	0.79329	0.76926	0.59732
0.2	0.01397	0.01044	0.01012	0.007859	3.979929	2.9717	2.88167	2.237573	2.12413	1.58753	1.63953	1.19642
0.3	0.02043	0.01527	0.01481	0.0115	5.90183	4.41102	4.27738	3.32133	3.19972	2.39406	2.31184	1.79511
0.4	0.02632	0.01967	0.01907	0.01481	7.75346	5.79514	5.51958	4.363518	4.25953	3.18367	3.08722	2.39719
0.5	0.03146	0.02351	0.0228	0.017703	9.508395	7.1068	6.89148	5.351148	5.33503	3.98753	3.86872	3.00246
0.6	0.03574	0.02671	0.0259	0.020114	11.14454	8.32989	8.07733	6.271942	6.41767	4.79672	4.6514	3.61175
0.7	0.03909	0.02822	0.02833	0.022	12.64183	9.44881	9.16254	7.114589	7.50897	5.61238	5.44234	4.2269
0.8	0.04147	0.03	0.03006	0.023338	13.98228	10.4607	10.1341	7.868956	8.61042	6.43503	6.24066	4.84679
0.9	0.04288	0.03205	0.03108	0.02413	15.16031	11.3237	10.9806	8.526317	9.22361	7.26765	7.04746	5.47227
1	0.04335	0.0324	0.03142	0.024399	16.1333	12.0584	11.5931	9.079518	10.8501	8.10961	7.86382	6.10823
1.1	0.04298	0.03211	0.03114	0.02418	16.92177	12.6477	12.2648	9.523254	11.0914	8.9827	8.69116	6.74857



1.2	0.04181	0.03125	0.0303	0.023531	17.50979	13.0372	12.6907	9.854171	13.1493	9.82807	9.53032	7.40017
1.3	0.04001	0.0269	0.029	0.022518	17.89505	13.3752	12.97	10.071	14.3251	10.7069	10.3825	8.0019
1.4	0.03768	0.02810	0.02731	0.021206	18.07922	12.5128	13.1034	10.17405	15.5204	11.8003	11.2489	8.73459
1.5	0.03495	0.02613	0.02534	0.019674	18.06768	13.5342	13.0951	10.18814	16.7365	12.5093	12.1303	9.41901
1.6	0.03197	0.02369	0.02317	0.017991	17.86958	13.3582	12.9515	10.05687	17.9746	13.4348	13.0276	10.1158
1.7	0.02823	0.02155	0.0209	0.016227	17.49761	13.0781	12.6819	9.84733	19.2356	14.3772	13.9416	10.8254
1.8	0.02566	0.01918	0.0188	0.01444	18.96751	12.6319	12.2977	9.548995	20.5201	15.3371	14.8725	11.5483
1.9	0.02254	0.01685	0.01634	0.012884	18.29765	12.1812	11.8122	9.172006	21.8279	16.3147	15.8204	12.2843
2	0.01955	0.01467	0.01417	0.011001	15.50848	11.5914	11.2402	9.727375	23.1539	17.3094	16.785	13.0333
2.1	0.01674	0.01252	0.01214	0.009424	14.82183	10.6287	10.5978	8.228892	24.5112	18.3203	17.7652	13.7944
2.2	0.01417	0.01058	0.01027	0.007974	13.65031	10.21	9.90071	7.687759	25.893	19.3466	18.7595	14.5665
2.3	0.01185	0.00885	0.00859	0.006657	12.64656	9.4234	9.16598	7.117243	27.2709	20.3829	19.7654	15.3476
2.4	0.00979	0.00732	0.00709	0.005509	11.80258	8.81203	8.40929	6.529706	28.8702	21.4289	20.7798	16.1351
2.5	0.00799	0.00598	0.00579	0.004499	10.54814	7.80468	7.64579	5.936859	30.0749	22.4787	21.7975	16.9258
2.6	0.00645	0.00482	0.00468	0.003632	9.505307	7.1045	6.88925	5.34041	31.4772	23.5268	22.814	17.7148
2.7	0.00515	0.00385	0.00373	0.002899	8.487881	6.3441	6.1519	4.776871	32.8879	24.5662	23.8219	18.4074
2.8	0.00407	0.00304	0.00285	0.002289	7.511493	5.61427	5.44417	4.227931	34.2358	25.5885	24.8132	19.2671
2.9	0.00317	0.00237	0.0023	0.001786	6.587655	4.92377	4.7746	3.70741	35.5573	26.5838	25.7784	20.0166
3	0.00245	0.00183	0.00177	0.001378	5.725456	4.27934	4.14966	3.222181	36.8452	27.5412	26.7068	20.7374
3.1	0.00187	0.0014	0.00135	0.001052	4.931249	3.68573	3.57407	2.775212	38.0617	28.4482	27.5869	21.4204
3.2	0.00141	0.00105	0.00102	0.000794	4.208932	3.14578	3.05047	2.368652	39.1899	29.2915	28.404	22.0554
3.3	0.00105	0.00079	0.00078	0.000593	3.559713	2.68067	2.59001	2.003342	40.2137	30.0567	29.1481	22.6315
3.4	0.00078	0.00058	0.00056	0.000438	2.983372	2.22984	2.16228	1.676985	41.1134	30.7291	29.7981	23.1379
3.5	0.00057	0.00043	0.00041	0.00032	2.477578	1.8518	1.7957	1.394336	41.889	31.2939	30.3456	23.5631
3.6	0.00041	0.00031	0.0003	0.000231	2.038757	1.52381	1.47765	1.147375	42.461	31.7363	30.7748	23.8962
3.7	0.00029	0.00022	0.00021	0.000168	1.662303	1.24244	1.2048	0.935514	42.871	32.0428	31.072	24.127
3.8	0.00021	0.00016	0.00015	0.000117	1.342924	1.00373	0.97332	0.755773	43.0824	32.2008	31.2252	24.246
3.9	0.00015	0.00011	0.00011	8.2E-05	1.074928	0.80342	0.77608	0.604948	43.0812	32.1999	31.2244	24.2463
4	0.0001	7.5E-05	7.3E-05	5.88E-05	0.852473	0.63716	0.61785	0.479758	42.8568	32.032	31.0615	24.1189
4.1	6.9E-05	5.2E-05	5E-05	3.9E-05	0.689896	0.50063	0.48546	0.376954	42.4015	31.8919	30.7317	23.8628
4.2	4.7E-05	3.5E-05	3.4E-05	2.64E-05	0.521402	0.38971	0.3779	0.293435	41.7133	31.1775	30.2329	23.4755
4.3	3.2E-05	2.4E-05	2.3E-05	1.77E-05	0.402108	0.30054	0.29144	0.226299	40.7941	30.4605	29.5867	22.9582
4.4	2.1E-05	1.6E-05	1.5E-05	1.18E-05	0.307219	0.23982	0.22287	0.172897	39.8509	29.836	28.7381	22.3148
4.5	1.4E-05	1E-05	1E-05	7.75E-06	0.232532	0.1738	0.16853	0.130865	38.2955	28.623	27.7558	21.552
4.6	9E-06	6.7E-06	6.5E-06	5.04E-06	0.174358	0.13032	0.12637	0.098124	36.7448	27.4839	26.8318	20.8793
4.7	5.6E-06	4.3E-06	4.2E-06	3.25E-06	0.129509	0.09668	0.09387	0.072985	35.0198	26.1744	25.3814	19.7084
4.8	3.7E-06	2.7E-06	2.7E-06	2.07E-06	0.095294	0.07123	0.06907	0.05363	33.1448	24.7732	24.0229	18.8533
4.9	2.3E-06	1.7E-06	1.7E-06	1.3E-06	0.069459	0.05192	0.05034	0.03909	31.1482	23.2809	22.5758	17.5206
5	1.4E-06	1.1E-06	1E-06	8.14E-07	0.050151	0.03748	0.03635	0.028224	29.06	21.7201	21.0821	16.3544
5.1	8.9E-07	6.7E-07	6.5E-07	5.03E-07	0.035869	0.02681	0.026	0.020186	26.9113	20.1141	19.5047	15.1462
5.2	5.5E-07	4.1E-07	4E-07	3.07E-07	0.02541	0.01899	0.01842	0.0143	24.7336	18.4685	17.9264	13.9198
5.3	3.3E-07	2.5E-07	2.4E-07	1.86E-07	0.017831	0.01333	0.01292	0.010036	22.5578	16.8602	16.3494	12.8651
5.4	2E-07	1.5E-07	1.4E-07	1.11E-07	0.012394	0.00928	0.00898	0.006975	20.413	15.2572	14.7949	11.4881
5.5	1.2E-07	8.8E-08	8.5E-08	6.8E-08	0.008533	0.00633	0.00618	0.004802	18.326	13.6972	13.2823	10.3135
5.6	6.9E-08	5.1E-08	5E-08	3.87E-08	0.005819	0.00436	0.00422	0.003275	16.3203	12.1982	11.8286	9.18476
5.7	4E-08	3E-08	2.9E-08	2.25E-08	0.00399	0.00294	0.00285	0.002212	14.416	10.7749	10.4484	8.11937



Halaman 1 dari 10 halaman

1. Untuk lebih jelasnya, silakan kunjungi website kami di www.ipb.ac.id

2. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi kami di info@ipb.ac.id

3. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi kami di [+622179731000](tel:+622179731000)

4. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi kami di [+622179731000](tel:+622179731000)

5. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi kami di [+622179731000](tel:+622179731000)

6. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi kami di [+622179731000](tel:+622179731000)

7. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi kami di [+622179731000](tel:+622179731000)

8. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi kami di [+622179731000](tel:+622179731000)

9. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi kami di [+622179731000](tel:+622179731000)

10. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi kami di [+622179731000](tel:+622179731000)

5.8	2.3E-09	1.7E-09	1.7E-09	1.29E-09	0.002629	0.00197	0.00191	0.00146	12.8292	9.43938	9.1534	7.1075
5.9	1.3E-08	9.8E-09	9.5E-09	7.35E-09	0.001742	0.0013	0.00126	0.00098	10.9719	8.20068	7.95223	6.1748
6	7.4E-09	5.5E-09	5.3E-09	4.14E-09	0.001143	0.00085	0.00083	0.000643	9.45207	7.0847	6.85066	5.31946
6.1	4.1E-09	3.1E-09	3E-09	2.31E-09	0.000743	0.00056	0.00054	0.000418	8.07372	6.03449	5.85167	4.54374
6.2	2.3E-09	1.7E-09	1.6E-09	1.27E-09	0.000478	0.00036	0.00035	0.000269	6.93741	5.11044	4.95581	3.84797
6.3	1.2E-09	9.2E-10	9E-10	6.96E-10	0.000305	0.00023	0.00022	0.000172	5.74051	4.29059	4.16059	3.23085
6.4	6.7E-10	5E-10	4.8E-10	3.76E-10	0.000193	0.00014	0.00014	0.000109	4.77771	3.57098	3.46279	2.68881
6.5	3.6E-10	2.7E-10	2.6E-10	2.01E-10	0.00012	9E-05	8.7E-05	6.78E-05	3.94183	2.94607	2.85681	2.21828
6.6	1.9E-10	1.4E-10	1.4E-10	1.07E-10	7.46E-05	5.6E-05	5.4E-05	4.2E-05	3.22924	2.40912	2.33614	1.81396
6.7	9.9E-11	7.4E-11	7.2E-11	5.59E-11	4.57E-05	3.4E-05	3.3E-05	2.57E-05	2.81244	1.9528	1.89344	1.47023
6.8	5.2E-11	3.9E-11	3.7E-11	2.9E-11	2.78E-05	2.1E-05	2E-05	1.58E-05	2.08853	1.56849	1.52097	1.18101
6.9	2.7E-11	2E-11	1.9E-11	1.49E-11	1.67E-05	1.2E-05	1.2E-05	9.41E-06	1.87062	1.24886	1.21083	0.9402
7	1.3E-11	1E-11	9.8E-12	7.59E-12	9.95E-06	7.4E-06	7.2E-06	5.61E-06	1.31801	0.98511	0.95526	0.74175
7.1	6.8E-12	5.1E-12	4.9E-12	3.82E-12	5.88E-06	4.4E-06	4.3E-06	3.31E-06	1.03042	0.77018	0.74693	0.5799
7.2	3.4E-12	2.5E-12	2.5E-12	1.9E-12	3.43E-06	2.6E-06	2.5E-06	1.93E-06	0.79827	0.60666	0.57857	0.44025
7.3	1.7E-12	1.2E-12	1.2E-12	9.4E-13	1.99E-06	1.5E-06	1.4E-06	1.12E-06	0.61279	0.46801	0.44414	0.34487
7.4	8.2E-13	6.1E-13	5.9E-13	4.59E-13	1.14E-06	8.5E-07	8.3E-07	6.41E-07	0.4661	0.34837	0.33782	0.26231
7.5	3.9E-13	2.9E-13	2.9E-13	2.22E-13	6.46E-07	4.8E-07	4.7E-07	3.64E-07	0.35127	0.26265	0.25459	0.19769
7.6	1.9E-13	1.4E-13	1.4E-13	1.06E-13	3.83E-07	2.7E-07	2.6E-07	2.04E-07	0.26229	0.19604	0.19011	0.14761
7.7	8.9E-14	6.7E-14	6.5E-14	5.03E-14	2.02E-07	1.5E-07	1.5E-07	1.14E-07	0.19404	0.14503	0.14064	0.1092
7.8	4.2E-14	3.1E-14	3E-14	2.36E-14	1.11E-07	8.3E-08	8.1E-08	6.27E-08	0.14222	0.1063	0.10308	0.08004
7.9	1.9E-14	1.5E-14	1.4E-14	1.1E-14	6.08E-08	4.5E-08	4.4E-08	3.42E-08	0.10327	0.07718	0.07435	0.05812
8	9E-15	6.7E-15	6.5E-15	5.04E-15	3.29E-08	2.5E-08	2.4E-08	1.85E-08	0.07429	0.05553	0.05384	0.04181