INVESTIGASI AKURASI KINERJA SISTEM JEJARING CT (COMPUTED TOMOGRAPHY) - SCANNER, TPS (TREATMENT PLANNING SYSTEM), DAN LINAC (LINEAR ACCELERATOR) ⁰ DI RUMAH SAKIT PUSAT PERTAMINA

TESIS

Diajukan untuk memenuhi tugas akhir dan syarat memperoleh gelar Magister Fisika UI

> Kristina Tri Wigati 6305230063





SOP-LOI

0 PROGRAM MAGISTER FISIKA MEDIS FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM UNIVERSITAS INDONESIA DEPOK 2008

LEMBAR PENGESAHAN

 Judul : Investigasi Akurasi Kinerja Sistem Jejaring CT (Computed Tomography) - Scanner, TPS (Treatment Planning System) dan Linac (Linear Accelerator) di Rumah Sakit Pusat Pertamina
Nama : Kristina Tri Wigati

- NPM : 6305230063
- NI WI . 0505250005

Menyetujui,

Pembimbing

Penguji II

Prof. Dr. Djarwani S. Soejoko NIP. 130 319 678

Penguji I

Penguji III

Prof.DR.Dr.Soehartati G., Sp.Rad(K)Onk.Rad Dr. Mussadig Musbach Dr.Freddy Harvanto

Musatis

Ketua Program Studi Magister Fisika Program Pascasarjana FMIPA UI

Dr. Dedi Suyanto NIP. 130 935 271

Tanggal lulus : 5 Juni 2008

KATA PENGANTAR

i

Puji syukur yang tak terhingga kepada Allah Mahakasih, penulis sudah dapat menyelesaikan penelitian dan laporan ini sebagai tugas akhir untuk memperoleh kelulusan dalam program Magister.

Penulis menyadari bahwa dalam kegiatan penelitian dan penulisan laporan ini masih sarat dengan keterbatasan, namun dari yang terbatas ini, penulis berharap semoga tulisan ini dapat memberikan pengetahuan yang berguna bagi pembaca.

Akhir kata penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus kepada:

- 1. Prof. Dr. Djarwani S. Soejoko, sebagai dosen pembimbing yang sudah memberikan dukungan, bimbingan, kesabaran dalam membekali materi sejak awal perkuliahan hingga tugas akhir ini, dan untuk semua pelajaran yang telah tersirat dari dedikasi dan teladan dalam cara bekerja Ibu yang profesional.
- 2. Prof. Dr. dr. Soehartati Gondhowiardjo, Sp. Rad. Onk. (K) Rad., Dr. Mussadiq Musbach, dan Dr. Freddy Haryanto, sebagai dosen penguji yang sudah memberikan pengarahan, diskusi, dan masukan yang bermanfaat
- Semua staff dosen Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia, yang sudah memberikan ilmu fisika medis dan biofisika (Alm. Dr. Rahmat Widodo Adi, Prof. Dr. dr. R. Susworo Sp. Rad. Onk. (K) Rad., Dr. Sastra Sukmawijaya, Dr. Prawito, Dr. Warsito, dan Dr. B.E.F Da Silva)
- 4. Pihak Rumah Sakit Pusat Pertamina, melalui dr. Wuri Suryandari Sp.Rad. (Ka.Radiologi), dr. Bambang Dwi Karyanto Sp. Rad. Onk. (K) Rad. (Ka.Radioterapi), dan dr. Joke S. Soemiatno Sp. Rad. Onk. (K) Rad. untuk perijinan dan kerjasama dalam penelitian ini
- 5. Tim radioterapi RSPP: Dea Ryangga S.Si., Sofia S.K.M., Rendra D.S. S.Si., Ramli Dipl.Rad., Arif Oesmanto S.Si., Zr. Marlin Anggraini, untuk segenap bimbingan dan kerjasamanya, terutama Indra Yohannes, M.Si., yang sudah sangat banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian, memberikan pengarahan dan diskusi serta teladan semangat dan cara bekerja yang luar biasa. *Amazing!*

- 6. Bapak Supriyanto (SMK Pembangunan Jakarta), untuk kerjasama dalam pembuatan fantom
- 7. Supriyanto, M.Si., Heru Prasetio, M.Si., Dwi Seno M.Si., dan Yessie Widya Sari, M.Si., atas semua diskusi untuk lebih mengerti tentang fisika medis
- 8. Teman-teman mahasiswa Program Magister Fisika Medis UI 2005/2006, Tuti Amalia, Arsianty Juwita, Ardhi Susilo Wibowo, I Wayan Balik S, Jumali dan Ferdinan Siahaan, terimakasih atas kebersamaan, dukungan dan pengalaman suka-duka dalam belajar bersama. *Keep in touch!*
- 9. Suster M. Petra OSF, S.Pd., dan staf guru SMA Marsudirini Bekasi yang telah memberikan motivasi untuk selalu belajar dan mengembangkan talenta.
- 10.Adik-adik bimbinganku yang sungguh membuatku bersemangat untuk menjadi 'manusia pembelajar'.
- 11. Teman-teman mudika wilayah St. Elisabeth untuk semua dukungannya.
- 12.Keluargaku tercinta, Bapakku N. Semi Hadisiwoyo, Ibuku Theresia Sutilah, Masku Robertus Bambang Irawan serta Adikku Rita Sugiarti dan Yohanes Boli Luon yang merupakan sumber inspirasiku, terimakasih untuk segenap kasih dan pergorbanan kalian yang telah membuatku tumbuh dan berkembang.
- 13.Semua sahabatku: Maria Jelita, S.Si., Chyntia Rozyandra, S.P., Fr. Dian Lina, S.P., Victor, S.P., Isidora Vincentia, S.H., Willy Kumbaya, S.T., dan Valiant S.Si., untuk semua semangat dan keceriaan kalian untuk mendukungku.
- 14. Yohanes Igo Lein, yang melengkapi semangatku untuk menyelesaikan semuanya.
- 15.Semua pihak yang tidak dapat kusebutkan satu persatu, yang telah memberikan dukungan sehingga karya ini dapat diselesaikan.
- 16.Last, seluruh anggota tubuhku: jari-jemari, otak, mata, telinga, tangan dan kaki, yang telah bekerjasama dengan baik, kalian... sungguh berharga! Hufh...

Semoga karya ini dapat bermanfaat dan dapat menjadi referensi yang menunjang dalam bidang fisika medis.

Scientia et caritas!

Jakarta, Juli 2008 Kristina Tri Wigati

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL
LEMBAR PENGESAHAN
KATA PENGANTARi
DAFTAR ISI
DAFTAR GAMBAR
DAFTAR TABEL
DAFTAR LAMPIRAN
ABSTRAK
BAB 1. PENDAHULUAN 1
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA
2.1. Alur Proses Radioterapi 3
2.2. Komputerisasi Tomografi (CT-scan)
2.3. Linear Accelerator (Linac)
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN
3.1. Perancangan Fantom
3.2. Pengambilan Data dan Pengukuran Parameter Citra CT scan
3.3. Pengukuran Parameter Citra pada Sistem TPS
3.4. Tinjauan pada Sistem Laser
BAB IV. HASIL PENELITIAN
4.1. Tampilan Citra
4.2. Akurasi Tampilan Jarak
4.3. Akurasi Tampilan Penampang Obyek
4.4. Akurasi Tampilan Bilangan CT (HU) dan Densitas Massa Material 28
4.5. Laser CT
4.6. Laser Linac
BAB V. PEMBAHASAN
BAB VI. KESIMPULAN
DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

-

۱

ļ

iii

t

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	. Diagram alir proses radioterapi	4
Gambar 2.2	Skala Hounsfield untuk berbagai jaringan	5
Gambar 2.3	Skematik ilustrasi kemungkinan konfigurasi matriks detektor dan ukuran berkas pada sistem MSCT 4-slice, (a) Dari arah tepi menuju sentral, elemen detektor memiliki ukuran yang semakin kecil, (b) Berkas sempit menyinari 2 elemen sentral yang memproduksi 2 irisan masing-masing 0.5 mm, (c) 4 x 1 mm, (d) 4 x 2.5 mm, dan (e) 4 x 5 mm	7
Gambar 2.4.	Salah satu contoh sistem MSCT simulator untuk radioterapi, dengan meja datar dan ukuran bore yang lebar	9
Gambar 2.5.	Penentuan titik isocenter berdasarkan laser 1	1
Gambar 2.6.	(a) Konfigurasi sistem, dan (b) penentuan titik isocenter pada	
	sistem linac 1	3
Gambar 3.1.	(a) Linear accelator Siemens PRIMUS 2D Plus, (b) Pesawat CT-scan Siemens Sensation 4 dengan <i>movable</i> laser, (c) Salah satu tampilan gambar dari TPS Philips Pinnacle	4
Gambar 3.2.	(a) Desain fantom, (b) Konstruksi ruang tabung pengisi, (c) Tabung pada posisi sentral 1	5
Gambar 3.3.	Irisan Penampang fantom	6
Gambar 3.4.	Fantom air berisi berbagai jenis material dengan densitas berbeda (Alumunium, Akrilik, Teflon, Gliserin, Nilon, Udara dan Air)	7
Gambar 3.5.	(a) Proses canning fantom, (b) Tinjauan pada sistem CT	9
Gambar 3.6.	Tinjauan pada sistem TPS	0
Gambar 3.7.	(a) Evaluasi laser pada ruang CT simulator, (b) Evaluasi laser pada ruang linac	1
Gambar 4.1.	Citra irisan fantom hasil rekonstruksi	3
Gambar 4.2.	Sebaran deviasi hasil pengukuran jarak untuk tipe I / 10.0 mm. 26	5
Gambar 4.3.	Grafik deviasi pengukuran diameter material alumunium	3
Gambar 4.4.	Grafik deviasi pengukuran densitas massa untuk material alumunium pada tipe I)
Gambar 4.5.	Grafik Hubungan Densitas Massa Dengan Bilangan CT (HU) 31	l

١

DAFTAR TABEL

v

Tabel 4.1.	Densitas berbagai material dalam fantom	22
Tabel 4.2.	Jumlah dan tebal irisan hasil rekontruksi tipe I dan II	22
Tabel 4.3.	Perbedaan antara jarak hasil rekunstruksi CT dan TPS dengan jarak yang sebenarnya	25
Tabel 4.4.	Sebaran data dari tabel 4.3 dalam berbagai rentang deviasi	26
Tabel 4.5.	Perbedaan antara ukuran penampang hasil rekonstruksi CT dan TPS dengan ukuran penampang sebenarnya	27
Tabel 4.6.	Hasil pengukuran bilangan CT dan densitas massa	29
Tabel 4.7.	Kisaran deviasi (dalam%) hasil pengukuran densitas massa pada sistem TPS	30
Tabel 4.8.	Perbandingan Nilai Bilangan CT (HU) Berbagai Material pada Tipe I dan II	30
Tabel 4.9.	Deviasi pengukuran posisi dengan laser CT	32
Tabel 4.10.	Deviasi pengukuran laser linac	33

٠

١

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Hasil Pengukuran Densitas Massa Material Pengisi Fantom	45
Lampiran 2.	Spesifikasi Sistem dalam Pengambilan Citra CT-Scan	46
Lampiran 3.	Koordinat Citra yang Digunakan Dalam Pengukuran	47
Lampiran 4a.	Hasil Pengukuran Jarak pada Sistem CT-Scan Tipe I	48
Lampiran 4b.	Hasil Pengukuran Jarak pada Sistem CT-Scan Tipe II	49
Lampiran 4c.	Hasil Pengukuran Jarak pada Sistem TPS Tipe I	50
Lampiran 4d.	Hasil Pengukuran Jarak pada Sistem TPS Tipe II	51
Lampiran 5.	Grafik Akurasi Jarak	52
Lampiran 6a.	Hasil Pengukuran Diameter pada Sistem CT Scan Tipe I	53
Lampiran 6b.	Hasil Pengukuran Diameter pada Sistem CT Scan Tipe II	54
Lampiran 6c.	Hasil Pengukuran Diameter pada Sistem TPS Scan Tipe I	55
Lampiran 6d.	Hasil Pengukuran Diameter pada Sistem TPS Scan Tipe II	56
Lampiran 7.	Grafik Akurasi Diameter	57
Lampiran 8a.	Rataan Pengukuran Bilangan Hounsfield pada Sistem CT	
	Tipe I	58
Lampiran 8b.	Rataan Pengukuran Bilangan Hounsfield pada Sistem CT	
	Tipe II	59
Lampiran 8c. 1	Rataan Pengukuran Bilangan Hounsfield pada Sistem TPS	60
Lampiran 9. (Grafik Akurasi Densitas	61
Lampiran 10. l	Evaluasi Pergerakan Laser Pada Ruang CT Simulator	63
Lampiran 11.]	Evaluasi Pergerakan Laser Pada Ruang Linac	64

vi

INVESTIGASI AKURASI KINERJA SISTEM JEJARING CT (*COMPUTED TOMOGRAPHY*) -*SCANNER*, TPS (*TREATMENT PLANNING SYSTEM*) DAN LINAC (*LINEAR ACCELERATOR*) DI RUMAH SAKIT PUSAT PERTAMINA

(ACCURACY INVESTIGATION OF PERFORMANCE NETWORK SYSTEM OF CT (COMPUTED TOMOGRAPHY) -SCANNER, TPS (TREATMENT PLANNING SYSTEM) AND LINAC (LINEAR ACCELERATOR) AT PERTAMINA CENTRAL HOSPITAL)

Kristina Tri Wigati (<u>ch_wigati@yahoo.com</u>) Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia, Depok 16424 (Tesis Magister, 64 + vii Halaman, 18 Gambar, 10 Tabel, Tahun 2008)

ABSTRAK

Telah dilakukan investigasi akurasi kinerja sistem jejaring CT scan Siemens Somatom Sensation 4, TPS Philips Pinnacle3, dan Linac Siemens PRIMUS 2D Plus milik Rumah Sakit Pusat Pertamina, Jakarta. Untuk investigasi ini, telah dibuat fantom khusus untuk mengukur akurasi jarak, ukuran penampang, dan densitas massa obyek pada citra tampilan CT dan TPS. Khusus untuk memperoleh hubungan antara bilangan CT (HU) dan densitas massa obyek digunakan material fantom air, udara, akrilik, nilon, teflon, gliserin, dan aluminium. Pengambilan data dilakukan dengan 2 metode scanning, metode I dengan kondisi 120 kVp, tebal irisan 10 mm dan kolimasi 1 mm, serta metode II dengan kondisi 120 kVp, tebal irisan 10 mm dan kolimasi 2.5 mm. Hasil pengukuran jarak menunjukkan deviasi dalam rentang 0.00% - 0.19% untuk metode I yang diperoleh dari 50% data, dan rentang 0.20% - 0.39% untuk metode II yang diperoleh dari 40% data. Tampilan penampang obyek memiliki ukuran relatif lebih besar dibandingkan dengan penampang sebenarnya dengan rentang deviasi 0,38% sampai dengan 8.37%. Perbedaan tertinggi terjadi pada material aluminium dengan densitas 2.7 g/cm³. Penentuan deviasi densitas massa diperoleh setelah dilakukan kalibrasi nilai bilangan CT menjadi data densitas massa pada sistem TPS. Berdasarkan observasi dari 40% dan 77.8% data pada metode I dan II, diperoleh deviasi densitas massa kurang dari 1%. Dalam penelitian ini juga dilakukan investigasi terhadap akurasi sistem laser untuk penentuan variasi posisi. Sistem laser memiliki akurasi yang sangat tinggi yaitu mendekati 100% pada ruang CT simulator dan 99% pada ruang linac.

Kata-kata kunci : Akurasi, Pengukuran, Jarak, Densitas, CT scan - TPS

ABSTRACT

Performance accuracy of a network system, which is consists of CT Scanner Siemens Somatom Sensation 4, Treatment Planning System Philips Pinnacle 3, and Linac Siemens PRIMUS 2D at Pertamina Central Hospital, Jakarta has been investigated. A special phantom has been made for measurement in this work. With this phantom, the accuracy of distance, diameter, and mass density of object were measured through the CT image and DRR as well. Data was collected by using 2 scanning method with operation condition 120 kVp, 10 mm slice thickness, 1 mm collimation for scanning method I, and 120 kVp, 10 mm slice thickness, 2.5 mm collimation for scanning method II. The measurement result indicated that the inaccuracy of reconstruction with scanning method I and II, for distance respectively in the range 0.00% - 0.19% and 0.20% - 0.39%, for diameter and mass density of both method respectively in the range 0,38% - 8.37%and less than 1%. Furthermore, the accuracy of laser system of CT and linac were also observed, and the result of both laser systems were in a good accuracy.

Keywords : Accuracy, Measurement, Distance, Density, CT scan - TPS

BAB I

PENDAHULUAN

Tujuan dari radioterapi adalah memberikan dosis optimal pada volume target tumor dan seminimal mungkin pada jaringan sehat di sekitarnya. Oleh karena itu, ketelitian dan ketepatan dalam pemberian radiasi sangat penting dan harus dievaluasi secara seksama ketika merencanakan perlakuan radioterapi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa terdapat ketidaktelitian yang signifikan pada perlakuan radioterapi eksternal melalui penggunaan marker eksternal (*skin marker*) yang tidak secara akurat merepresentasikan keadaan internal target. Terdapat juga kesalahan sistematik pada penentuan stuktur target yang disebabkan oleh ketidaksesuaian antara citra CT anatomi pasien dengan CT simulasinya. Ketidaktelilitian lebih lanjut disebabkan oleh adanya pergerakan organ internal dan deformasi sebelum dan selama perlakuan radioterapi ^[1].

Berbagai masalah tersebut di atas menunjukkan bahwa perencanaan dan pelaksanaan radioterapi eksternal merupakan proses yang kompleks dan berhubungan dengan berbagai ketidaktelitian. Adalah tugas fisikawan medis untuk melakukan kontrol kualitas terhadap keseluruhan peralatan yang digunakan dalam proses radioterapi untuk memperoleh hasil dengan ketelitian tinggi.

Ketidaktelitian dalam radioterapi dapat dibedakan menjadi 2 macam. Pertama, ketidaktelitian dosimetrik yang meliputi inhomogenitas, distribusi dan kalkulasi dosis, serta berbagai parameter yang menentukan output pesawat radioterapi. Kedua, ketidaktelitian geometrik (ketidaktelitian *spatial*) yang meliputi akurasi mekanis mesin (seperti indikator penyudutan sinar, pancaran radiasi, akurasi *isocenter*) serta lokalisasi, penentuan target dan pengaturan posisi pasien ^[2].

Dalam penelitian ini dilakukan observasi ketelitian pengukuran dalam perencanaan perencanaan perlakuan yang menggunakan jejaring CT (*Computed Tomography*) scan dan TPS (*Treatment Planning System*). Pada umumnya pesawat CT dilengkapi dengan fantom kepala yang khususnya digunakan untuk acuan bilangan CT (*Hounsfield Unit*) untuk air dan udara. Padahal dalam radioterapi, akurasi dan presisi citra sangat diperlukan. Di samping itu, bilangan

CT yang dibutuhkan tidak hanya dalam air dan udara namun juga dalam berbagai organ lain misalnya tulang, paru dan lemak. Dalam penelitian ini dibuat fantom yang khusus untuk mengetahui akurasi berbagai parameter citra CT yang dibutuhkan dalam radioterapi. Akurasi rekonstruksi yang diukur berkaitan dengan jarak, diameter, dan densitas massa obyek dengan variasi tebal irisan pada citra. Selain itu dilakukan pula pengukuran akurasi sistem laser pada ruang CT simulator dan linac untuk berbagai posisi.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Alur Proses Radioterapi

Radioterapi sebagai salah satu modalitas terapi yang menggunakan radiasi pengion diterapkan pada pasien setelah evaluasi klinis baik untuk tujuan kuratif maupun paliatif. Dalam penanganan kanker, radioterapi dapat juga menjadi bagian dari kombinasi terapi lainnya seperti operasi, kemoterapi dan sebagainya.

Proses perencanaan dalam radioterapi berkaitan dengan pemilihan dan pengaturan berkas radiasi agar diperoleh dosis tinggi pada tumor dan dosis rendah pada jaringan normal disekitarnya. Dalam praktek, perencanaan radioterapi meliputi lokalisasi volume tumor dalam pasien, dan menentukan *planning target volume* (PTV) untuk perlakuan, pengukuran skema pasien dengan menempatkan di dalamnya volume target beserta struktur anatomi yang lain yang mungkin memperoleh dampak dari distribusi dosis, penentuan konfigurasi perlakuan optimum yang diperlukan dalam irradiasi PTV dengan dosis tertentu serta memperhatikan batasan klinis, dan perancangan perlengkapan penunjang untuk modifikasi berkas agar tercapai hasil perlakuan optimum^[2]. Urutan langkah yang ditempuh dalam proses radioterapi ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram alir proses radioterapi^[2]

2.2. Komputerisasi Tomografi (Computed Tomography - CT) Scan

Istilah tomografi berasal dari 2 kata dalam bahasa Yunani yaitu tomos (potongan) dan graph (gambar), sehingga istilah tersebut dapat diartikan sebagai potongan gambar suatu objek. Teknologi pencitraan dengan sinar-x dan dilengkapi dengan sistem komputer dikenal sebagai CT-scan (Computed Tomography). Pada prinsipnya metode tomografi didasarkan pada formulasi matematis yang menyatakan bahwa jika suatu obyek dilihat dari berbagai arah, maka citra penampang lintang dalam obyek tersebut dapat direkonstruksi. Proses pembentukan citra dapat dipisahkan menjadi dua tahap, pertama yaitu

pengambilan data proyeksi melalui sistem detektor yang dipasang di sekeliling obyek dan kedua, rekonstruksi komputer untuk memproduksi citra^[3].

Tampilan citra pada monitor hasil rekonstruksi memiliki level greyscale yang menunjukkan variasi koefisien atenuasi berbagai jaringan. Skala keabuan citra berupa nilai numerik (*CT number*) yang dinyatakan dalam *Hounsfield Unit* (HU), dengan referensi material air yang memiliki skala 0 HU. Hubungan bilangan CT didefinisikan oleh persamaan berikut:

$$CTN = \frac{(\mu - \mu_{air}) \times 1000}{\mu_{air}}$$

 μ adalah koefisien atenuasi jaringan pada posisi pixel tertentu dan μ_{air} adalah koefisien atenuasi air. Bilangan CT memiliki rentang 2000 HU namun pada beberapa pesawat modern memiliki rentang yang lebih lebar (lebih dari 4000 HU). Pada skala udara dengan atenuasi yang dapat diabaikan memiliki bilangan CT –1000 HU dan tulang padat memiliki nilai sekitar +1000 HU. Sebagian besar jaringan memiliki bilangan CT -100 HU sampai +100 HU, dengan lemak bernilai sedikit negatif dan otot sedikit positif ^[4]. Nilai HU untuk beberapa jaringan ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Skala Hounsfield untuk berbagai jaringan^[5]

2.2.1. Sistem CT Generasi Ketujuh (Multi Slice CT scanners)

Sistem CT awalnya dikembangkan oleh Godfrey N. Hounsfield pada tahun 1967 dan untuk aplikasi klinis dipublikasikan pada tahun 1972 dengan proses rekonstruksi melalui formulasi matematis yang dikembangkan oleh A.M. Cormack satu dekade sebelumnya. Oleh karena itu melalui penemuan dan kreasi CT ini, G.N. Hounsfield dan A.M. Cormack berbagi hadiah nobel dalam bidang *Physiology in Medicine* pada tahun 1979. Pada mulanya CT didesain hanya untuk memperoleh citra kepala, yang selanjutnya kemajuan teknologi dan sistem komputerisasi meningkatkan kemampuannya untuk pencitraan anatomi seluruh tubuh. Akibat kemajuan yang revolusioner, hingga saat ini telah dikenal tujuh generasi perkembangan CT dengan variasi yang dicirikan dalam perubahan bentuk sumber, model dan cara kerja detektor^[4,6,7].

Generasi terakhir yang saat ini berkembang pesat dikenal dengan MSCT (*Multi Slice CT*) scanner. MSCT ialah sistem CT dengan dua atau lebih jajaran detektor paralel (multidetektor) yang dapat mendeteksi pancaran berkas sinar-x untuk dua atau lebih irisan secara bersamaan. Sistem multidetektor ini lebih efisien bila dibandingkan dengan sistem detektor tunggal karena memungkinkan produksi citra lapis demi lapis yang dapat memberikan informasi dalam bentuk volume 3 dimensi (3D). Sejak tahun 2001, sistem CT ini mampu membuat citra dengan 8, 10, 16, 32, 64, dan 84 irisan sekaligus dengan resolusi spasial sekitar 0.5 mm, bahkan saat ini dapat mencapai kurang dari 0.25 mm. Dengan melakukan scanning beberapa irisan secara bersamaan, waktu scan dapat berkurang secara signifikan bahkan mencapai 0.5 s bahkan 0.33 s per revolusi. Perkembangan ini tidak lepas dari hasil penemuan detektor yang tipis dengan tanggapan cepat, tabung sinar-x yang semakin ringan dan juga kemajuan algoritma rekonstruksi yang modern^[7-11].

Hasil pembentukan citra pada sistem CT sangat berkaitan dengan faktor kolimasi sumber dan detektor. Berkas radiasi yang dipancarkan oleh tabung sinar-x dibentuk menggunakan diafragma khusus yang disebut kolimator. Kolimator dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu kolimator sumber dan kolimator detektor. Kolimator sumber terletak langsung di depan sumber radiasi, yang berfungsi membentuk berkas sinar-x dengan geometri fan yang diperlukan

dan menentukan eksposi. Kolimator detektor terletak langsung di depan detektor yang digunakan sebagai perisai terhadap radiasi hambur yang mencegah artifak pada citra. Kolimasi dan ukuran focal menentukan kualitas profil irisan. Dari data volume pada citra MSCT dapat dibuat citra rekonstruksi dengan tebal irisan yang sama atau lebih besar dari kolimasi detektor. Sebagai contoh, dengan kolimasi 5 mm, citra dapat direkonstruksi dengan tebal irisan 5 mm atau lebih. Dalam sistem MSCT, dimungkinkan untuk memilih kolimasi dan ukuran tebal irisan rekonstruksi oleh karena penggunaan sejumlah matriks detektor adaptif yang diatur sepanjang arah sumbu z (sumbu longitudinal badan). Kemungkinan konfigurasi matriks detektor yang adaptif dan ukuran berkas pada sistem MSCT 4-*slice* ditunjukkan dalam Gambar 2.3. Kombinasi kolimasi dan interkoneksi elektronik menunjang untuk dilakukan pemilihan ukuran irisan^[5,12].

6 5 mm 4 2 2 5 5 3 4 1 3 5 3 2 15 5 mm Matriks detektor adaptif (a) (b) 2 x 0.5 mm (c) 4 x 1 mm Ne traeba 1, tê al contraction (d) 4 x 2.5 mm (e) 4 x 5 mm

Gambar 2.3 Skematik ilustrasi kemungkinan konfigurasi matriks detektor dan ukuran berkas pada sistem MSCT 4-slice, (a) Dari arah tepi menuju sentral, elemen detektor memiliki ukuran yang semakin kecil, (b) Berkas sempit menyinari 2 elemen sentral yang memproduksi 2 irisan masing-masing 0.5 mm, (c) 4x 1 mm, (d) 4x2.5 mm, dan (e) 4x5 mm^[8]

Universitas Indonesia

7

Parameter pengoperasian sistem MSCT meliputi kVp dan mA, mode scan (axial atau helical), field of view (FOV), kecepatan gerak meja, dan jumlah citra rekonstruksi per revolusi gantri yang berkaitan dengan ukuran tebal irisan dan spasi citra (increment). Pemilihan kVp dan mA tabung berkaitan dengan penentuan dosis sehingga disesuaikan dengan jenis pengujian. Nilai kVp dan mA yang tinggi akan meningkatkan dosis dan mengurangi noise citra sehingga meningkatkan kemampuan deteksi mulai dari kontras rendah. Untuk gambaran jaringan lunak (kontras rendah) seperti abdomen dan otak, diperlukan dosis tinggi dan ukuran irisan yang tebal. Sedangkan untuk kontras tinggi seperti tulang atau paru-paru diperlukan dosis rendah dan ukuran irisan yang tipis. Mode scan menentukan jenis perolehan citra secara axial untuk citra 2 dimensi, atau secara helical yang memungkinkan untuk memperoleh citra 3 dimensi. Field of view merupakan ukuran lebar lapangan scanning sepanjang sumbu lateral. Kecepatan gerak meja dapat menentukan pitch dan waktu scanning. Jumlah citra rekonstruksi per revolusi gantri berkaitan dengan ukuran tebal irisan dan spasi citra (increment)^[9,13,14].

2.2.2. Komputerisasi Tomografi Untuk Simulasi Virtual Dalam Perencanaan Perlakuan Radioterapi (*Treatment Planning System* -TPS)

2.2.2.a. MSCT Simulator

Oleh karena MSCT mempunyai kemampuan tinggi dalam memproduksi citra 3D, maka sistem tersebut digunakan sebagai perlengkapan dalam simulasi dan perencanaan perlakuan radioterapi. Komponen MSCT simulator meliputi MSCT scanner dengan diameter bore yang lebar (lebih dari 85 cm untuk variasi posisi pasien dan penempatan perlengkapan penunjang perlakuan lainnya selama scanning), laser ruangan yang meliputi laser sagital yang dapat berpindah (movable laser) untuk memposisikan pasien dan penandaan eksternal dalam penentuan isocenter, meja pasien datar yang sama dengan posisi perlakuan radioterapi, dan sistem pengolah citra yang menunjang^[15]. Salah satu MSCT simulator ditunjukkan dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Salah satu contoh sistem MSCT simulator untuk radioterapi, dengan meja datar dan ukuran bore yang lebar^[15]

2.2.2.b. Simulasi Virtual

Simulasi virtual ialah simulasi perlakuan pasien berdasarkan informasi CT. Melalui simulasi virtual, data CT scan dapat dimanipulasi menjadi radiografi buatan untuk melihat struktur pasien sesuai dengan geometri yang diinginkan. Radiografi ini dapat dijadikan wadah simulasi untuk menentukan parameter berkas dalam perlakuan radioterapi. Keuntungan dalam simulasi virtual ialah informasi anatomi dapat digunakan secara langsung untuk menentukan parameter lapangan perlakuan^[15].

2.2.2.c. Digitally Reconstructed Radiographs (DRRs)

DRRs dihasilkan berdasarkan data yang berasal dari informasi CT yang selanjutnya untuk membentuk citra bidang virtual. Penjumlahan koefisien atenuasi sepanjang tiap garis berkas memberikan kuantitas yang analog dengan *optical density* (OD) pada film radiografi. Jika penjumlahan seluruh garis berkas kemudian ditampilkan pada posisi yang sesuai pada bidang film virtual, maka akan menghasilkan citra 3D yang dapat digunakan untuk perencanaan perlakuan radioterapi^[15].

2.2.2.d. Beam's Eye View (BEVs)

BEVs merupakan proyeksi sumbu berkas perlakuan, batas lapangan dan struktur pasien pada bidang film virtual (citra tampilan pada monitor), dan sering ditumpuk pada DRRs yang bersesuaian, sehingga dapat merepresentasikan simulasi radiografi.

Bentuk lapangan ditentukan melalui anatomi yang tampak pada DRRs dan stuktur yang diproyeksikan oleh BEVs.

Multiplanar reconstructions (MPRs) merupakan citra yang dibentuk dari data CT yang disusun kembali dan secara efektif membentuk bidang pasien yang diinginkan. Meskipun umumnya potongan MPR sagital dan koronal yang digunakan untuk perencanaan dan simulasi, namun potongan MPR yang melalui bidang lain juga dapat diamati^[15].

2.2.2.e. Prosedur Simulasi Virtual

Simulasi CT dimulai dengan scanning pasien oleh pesawat CT scan untuk memperoleh citra anatomi yang diinginkan. Penempatan posisi pasien pada meja simulator menjadi hal sangat penting karena posisi pasien saat pengambilan citra anatomi harus sesuai dengan posisi pada saat perlakuan. Kesesuaian posisi ini ditandai dengan letak titik referensi (*isocenter*) CT yang tepat sama dengan linac. Oleh karena itu, saat sebelum *scanning*, pada permukaan kulit pasien diberi marker eksternal yang umumya terdiri dari 3 titik referensi yakni 2 titik pada arah lateral (bidang sagital) dan 1 titik pada arah anterior (bidang koronal). Ketiga titik marker eksternal ini ditentukan oleh perpotongan garis-garis laser yang ada di

ruang simulator. Untuk titik referensi pada arah lateral ditentukan dengan perpotongan laser axial (laser-y) dan koronal (laser-z), sedangkan untuk titik referensi pada arah anterior ditentukan dengan perpotongan laser axial (laser-y) dan sagital (laser-x). Gambar 2.5. menunjukkan ilustrasi penentuan titik *isocenter* pada pengaturan posisi pasien dalam ruang CT simulator^[2,15].



Gambar 2.5 Penentuan titik isocenter berdasarkan laser^[2]

Setelah proses akuisisi data pasien, kemudian citra struktur target dan anatomi organ yang akan diamati dapat dilihat melalui software simulasi virtual. Data citra pasien ini ditransfer ke TPS melalui format DICOM 3 (*Digital Imaging and Communication in Medicine*) atau DICOM RT (*Radiotherapy*). Kedua format ini dihasilkan oleh the *American College of Radiology* (ACR) and *the National Electrical Manufacturers Association* (NEMA) pada tahun 1993. DRRs dan BEVs yang digunakan untuk simulasi perlakuan radioterapi dibentuk berdasarkan informasi data transfer tersebut. Melalui simulasi ini, dapat ditentukan geometri berkas perlakuan (modifikasi berkas), pembentukan lapangan irradiasi dan shielding yang dibuat sesuai dengan posisi target tumor dan *organ at risk*. Dalam upaya pembentukan berkas agar sesuai dengan volume target, dapat digunakan

jaw, *block*, kompensator, MLC, atau *wedge* untuk mode berkas foton, atau *cones*, blok, atau bolus, untuk mode berkas elektron.

Untuk kepastian akurasi kalkulasi dosis, nilai bilangan CT harus dikonversi menjadi data densitas elektron dan daya hamburan. Konversi ini dilakukan oleh pengguna sistem berdasarkan tabel acuan yang diperoleh dari data fantom air berisi berbagai jenis material dengan densitas berbeda yang merepresentasikan jaringan tubuh seperti tulang dan paru-paru ^[15,16].

2.3. Linear Accelerator (Linac)

Linear accelerator (linac) merupakan suatu alat pemercepat partikel bermuatan seperti elektron untuk mencapai energi tinggi dengan menggunakan gelombang elektromagnetik frekuensi tinggi melalui suatu tabung pemercepat linier. Berkas elektron berenergi tinggi yang digunakan dalam radioterapi dapat berupa elektron itu sendiri untuk penanganan kanker superficial atau dapat berupa foton (sinar-x) dengan membenturkan elektron pada suatu target bernomor atom tinggi untuk penanganan kanker yang letaknya lebih dalam.

Komponen utama penyusun linac ialah *stand*, gantri, konsol control dan meja pasien. Komponen utama yang terdapat pada bagian *stand* ialah *klystron*, sistem pandu-gelombang, sirkulator dan sistem pendingin. Komponen yang terdapat pada gantri ialah tabung pemercepat, penembak elektron (*electron gun*), magnet pembelok (*bending magnet*), kepala linac dan perisai (*shielding*). Konfigurasi sistem linac ditunjukkan dalam Gambar 2.6a.

Selain pesawat dan konsol control, sistem linac juga dilengkapi dengan laser ruangan untuk menentukan posisi titik isocenter dalam perlakuan radioterapi. Kesesuaian antara titik isocenter antara sistem CT simulator dengan linac sangat penting karena menentukan output pemberian perlakuan radioterapi. Penentuan titik *isocenter* berdasarkan laser pada ruang linac ditunjukkan dalam Gambar 2.6b^[17].



Gambar 2.6 (a) Konfigurasi sistem, dan (b) Penentuan titik isocenter pada sistem linac^[17]

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini terdiri dari beberapa proses. Proses tersebut diawali dengan pembuatan fantom air dengan beberapa material inhomogen di dalamnya. Proses selanjutnya ialah akuisisi data dengan menggunakan CT scan dari fantom tersebut berdasarkan karakteristik yang akan dianalisis berupa parameter jarak, diameter dan densitas massa. Data tersebut kemudian ditransfer ke TPS. Proses terakhir yang dilakukan ialah mengevaluasi posisi laser di ruang CT simulator dan verifikasi meja pasien di ruang perlakuan (linac) untuk penentuan isocenter.

Kegiatan penelitian ini dilakukan di Unit Radioterapi Instalasi Radiologi Rumah Sakit Pusat Pertamina, Jakarta. Jenis peralatan radioterapi yang digunakan adalah pesawat linear accelerator Siemens PRIMUS 2D Plus yang dilengkapi dengan MSCT Siemens Sensation 4 dengan *movable* laser dan TPS Philips Pinnacle 3 dengan transfer data menggunakan protokol DICOM. Peralatan ini ditunjukkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1 (a) Linear accelator Siemens PRIMUS 2D Plus, (b) Pesawat CT-scan Siemens Sensation 4 dengan movable laser, (c) Salah satu tampilan gambar dari TPS Philips Pinnacle 3

3.1. Perancangan Fantom

Untuk keperluan evaluasi, dibutuhkan fantom yang dapat merepresentasikan akurasi dan presisi sistem. Dengan demikian detail bagian dari fantom seperti ukuran jarak, diameter dan densitas komponen penyusun fantom harus dibuat secara teliti.





Fantom dirancang menggunakan bahan akrilik sebagai selubung dan sebagian besar medium pengisinya berupa air. Tampilan rancangan fantom ini ditunjukkan dalam Gambar 3.2. Fantom ini dirancang memiliki dimensi panjang 16 cm dan diameter 32 cm yang umum untuk penelitian tubuh manusia dewasa. Bagian dalam terdiri dari 11 tabung pengisi dengan bahan penyusun yang berbeda yaitu 2 tabung aluminium, 2 tabung gliserin, 2 tabung teflon, 2 tabung nilon dan 3 tabung udara. Tiap-tiap tabung memiliki diameter sekitar 2 cm dan penempatannya memiliki variasi jarak terhadap tabung sentral yang berisi udara. Pada tabung tersebut masing-masing disisipkan kawat tembaga berdiameter



Gambar 3.3 Irisan penampang fantom

Universitas Indonesia

16

1 mm pada kedua ujung penutupnya sepanjang 1 cm yang digunakan sebagai acuan untuk evaluasi jarak (Gambar 3.2.b). Tabung sentral yang berisi udara disisipkan kawat sepanjang tabung dengan bola timah berdiameter \pm 1,5 mm yang disolderkan pada pertengahan kawat tersebut sebagai acuan isocenter pada bagian dalam (Gambar 3.2.c). Pada tiap bidang permukaan luar fantom, dibuat marker garis berupa goresan putih sebagai penanda dalam pengaturan laser, sehingga perpotongan garis-garis tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk penentuan isocenter tiap bidang (sagital, koronal dan axial). Secara 2 dimensi, citra irisan fantom ditunjukkan dalam Gambar 3.3.

Fantom yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan rancangan (Gambar 3.4) kecuali jarak antara aluminium dengan udara (J1) dan teflon dengan nilon (J5). Kedua jarak dirancang berturut-turut 3 cm dan 7 cm, sedangkan hasil dalam fantom 3.15 dan 7.05 cm.



Gambar 3.4 Fantom air berisi berbagai jenis material dengan densitas berbeda (Aluminium, Akrilik, Teflon, Gliserin, Nilon, Udara dan Air)

Sebagai referensi densitas massa medium yang digunakan dalam penelitian ini, dilakukan pengukuran di Laboratorium Kimia Analisis Jurusan Fisika, FMIPA, UI dengan menggunakan gelas ukur *pyrex* (100 ml \pm 1ml) dan neraca tipe *Shimadzu LIBROR AE –210*. Pengukuran tersebut dilakukan secara berulang sebanyak 10 kali. Kemudian hasil pengukuran ini digunakan sebagai referensi data inhomogenitas pasien pada TPS Pinnacle3 yang ada di unit radioterapi RS. Pusat Pertamina.

3.2. Pengambilan Data dan Pengukuran Parameter Citra CT Scan

Pengambilan data dilakukan dengan 2 metode scanning, metode I dengan kondisi 120 kVp, tebal irisan 10 mm dan kolimasi 1 mm, serta metode II dengan kondisi 120 kVp, tebal irisan 10 mm dan kolimasi 2.5 mm.Hasil rekonstruksi citra dilakukan dengan variasi tebal irisan. Pada metode I, rekonstruksi citra dilakukan untuk tebal irisan 10 mm, 5 mm, 3 mm, 2 mm, dan 1,5 mm. Sedangkan untuk metode II, rekonstruksi citra dilakukan dengan tebal irisan 10 mm, 5 mm dan 3 mm. Variasi tersebut akan mengakibatkan perbedaan dalam hal jumlah irisan citra sepanjang FoV yang dihasilkan. Oleh karena citra yang diperoleh dari proses scanning berjumlah sangat banyak maka pengukuran jarak, diameter, dan densitas massa dilakukan hanya dari beberapa citra yang dapat mewakili posisi fantom secara keseluruhan. Dengan demikian, agar dapat membandingkan parameter pengukuran terhadap variasi tebal irisan rekonstruksi, maka citra yang dipilih harus memiliki pendekatan koordinat dalam arah sumbu z. Pengukuran jarak dilakukan pada irisan yang di dalamnya terdapat kawat tembaga 1 cm yang terdapat pada ujung-ujung tiap selongsong. Metode I menggunakan 4 irisan citra untuk setiap variasi tebal irisan yaitu 2 irisan masing-masing pada ujung-ujung kawat yang terletak pada bagian depan dan belakang selongsong. Sementara itu pada posisi yang sama untuk metode II, irisan citra yang digunakan adalah 2 buah pada tebal irisan 10 mm, dan 4 irisan citra pada tebal irisan 5 mm dan 3 mm. Pada pengukuran diameter dan bilangan CT, digunakan 5 irisan citra untuk setiap variasi tebal irisan.

Parameter jarak, diameter, dan bilangan CT ditentukan melalui pengukuran pada sejumlah titik di masing-masing irisan (Gambar 3.3). Data jarak (J), diameter (D) dan bilangan CT (M) masing-masing diperoleh melalui pengukuran pada 10 titik (J1–J10), 11 titik (D1–D11) dan 12 titik (M1 – M12). Sedangkan pengukuran bilangan CT dilakukan pada suatu luasan tertentu pada setiap bagian material.

Proses *scanning* dan akuisisi data pengukuran jarak, diameter dan bilangan CT pada sistem CT ini dilakukan secara berulang sebanyak 5 kali untuk setiap metode dan variasi tebal irisan.



Gambar 3.5 (a) Proses scanning fantom, (b) Tinjauan pada sistem CT

3.3. Pengukuran Parameter Citra pada Sistem TPS

Setelah proses *scanning* dilakukan, maka hasil rekonstruksi citra dari sistem CT ditransfer melalui protokol DICOM ke sistem TPS. Pengukuran parameter citra yang terdapat pada sistem TPS dilakukan dengan irisan dan titik pengukuran yang sama seperti pada sistem CT scan.

Pengukuran densitas pada sistem TPS dilakukan setelah adanya kalibrasi nilai skala keabuan (*greyscale*) yang ditunjukkan oleh bilangan CT. Kalibrasi tersebut bertujuan untuk mengkonversi data bilangan CT menjadi data densitas (gram/cm³) melalui pengolahan algoritma yang terdapat pada sistem TPS. Pengukuran densitas ini dilakukan 2 kali ulangan pada 5 titik untuk setiap material inhomogen per irisan. Sedangkan untuk pengukuran jarak dan diameter dilakukan dengan 5 kali ulangan. Dengan demikian dari hasil pengukuran ini dapat diperoleh perbandingan antara data pada satu sistem dengan sistem lainnya (CT – TPS – fantom)

3.4. Tinjauan pada Sistem Laser

Sistem laser yang terdapat pada ruang CT simulator Rumah Sakit Pusat Pertamina merupakan jenis *movable* laser sehingga dapat diposisikan secara otomatis tanpa menggerakkan meja. Sedangkan dalam ruang linac, sistem laser berada dalam posisi yang statis sehingga pengaturan titik referensi dilakukan dengan cara menggerakkan meja (pergerakan semu laser). Kedua sistem tersebut dievaluasi dalam penelitian ini.



Gambar 3.6 Tinjauan pada sistem TPS

3.4.1. Evaluasi Laser Pada Ruang CT Simulator

Pada ruang simulator, laser yang dievaluasi ialah laser sagital (laser-x), laser koronal kanan (laser-z1) dan laser koronal kiri (laser-z2), sedangkan laser axial (laser-y) tidak dievaluasi karena posisi laser adalah statis dan pergerakan laser dalam arah ini dapat diatur dengan pergerakan meja. Pengukuran laser sagital (laser-x) dilakukan dengan cara meletakkan kertas millimeter blok di atas bidang koronal. Pada pengukuran tersebut, posisi laser sagital diubah setiap 1 cm. Hal ini dilakukan 5 kali ulangan dengan posisi koordinat z yang berbeda setiap 5 cm. Hal yang sama dilakukan juga untuk evaluasi laser koronal, namun kertas millimeter blok terletak dalam arah bidang sagital.

3.4.2. Evaluasi Laser Pada Ruang Linac

Sistem laser pada ruang linac tidak dapat digerakkan maka penentuan referensi dilakukan dengan menggerakkan meja. Dalam hal ini, proses yang dilakukan ialah evaluasi pergerakan semu laser sagital, koronal, dan axial pada satu bidang yaitu berturut-turut pada bidang koronal, sagital dan koronal. Evaluasi laser tersebut dilakukan dengan mengubah posisi semu masing-masing laser setiap 1 cm pada bidang evaluasi sebanyak 10 kali pergeseran. Posisi-posisi tersebut dilakukan dengan 3 variasi koordinat yang tegak lurus arah pergerakan semu laser.



Gambar 3.7 (a) Evaluasi laser pada ruang CT simulator, (b) Evaluasi laser pada ruang linac



BAB IV HASIL PENELITIAN

4.1. Tampilan Citra

Dalam penentuan deviasi hasil pengukuran beberapa parameter citra seperti jarak, diameter dan densitas massa, ukuran fantom yang sebenarnya digunakan sebagai acuan pembanding. Tabel 4.1. menunjukkan hasil pengukuran densitas masing-masing material pembentuk fantom.

	D	Ref	Hasil		
Material	molekul	Densitas massa (g/cm³)	Densitas elektron x10 ²³ el/cm ³	pengukuran (g/cm³)	
Air	H ₂ O	1.00001)	3.35		
Akrilik	C ₅ H ₈ O ₂	1.19001)	3.87	1.2054	
Teflon	C ₂ F ₄	2.2000 ³⁾	6.36	2.2114	
Gliserin	-	1.26002)	4.12	1.2535	
Nilon		1.15003)	8	1,1584	
Udara	-	0.00133)	7 67		
Aluminium	Al	2.70003)		2.6957	

Tabel 4.1. Densitas berbagai material dalam fantom

AAPM Report No.39: Spesification and Acceptance Testing of Computed Tomography Scanner
AAPM Report No.1 : Phantoms for Performance Evaluation and Quality Assurance of CT Scanners
http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Al/key.html

Hasil rekonstruksi citra dilakukan dengan variasi tebal irisan. Tebal irisan 10 mm, 5 mm, 3 mm, 2 mm, dan 1,5 mm untuk metode I, dan tebal irisan 10 mm, 5 mm dan 3 mm untuk metode II. Jumlah dan tebal irisan hasil rekonstruksi metode I dan II ditunjukkan dalam Tabel 4.2.

Metode	Tebal irisan (mm)	Coll (mm)	Jarak rekonstruksi (mm)	Peningkatan jarak rekonstruksi (mm)	Jumlah irisan
		2006	10	10	22
	10	1	5	5	89
1			3	1.5	148
			2	1	224
			1.5	0.8	280
	4.		10	10	24
11	10	2.5	5	5	47
			3	1.5	157

Tabel 4.2. Jumlah dan tebal irisan hasil rekonstruksi tipe I dan II



Gambar 4.1 Citra irisan fantom hasil rekonstruksi pada posisi ujung fantom untuk (a) Metode I dan (b) Metode II, isocenter (c) Metode I dengan ukuran irisan 10 mm, (d) Metode II dengan ukuran irisan 10 mm, (e) Metode I dengan ukuran irisan 1.5 mm, dan (f) Metode II dengan ukuran irisan 3 mm

Perbedaan tampilan citra antara metode I dan II ditunjukkan dalam gambar 4.1. Tampak bahwa dengan metode *scanning* dan ukuran tebal irisan yang berbeda, penampang citra fantom hasil rekonstruksi memiliki tampilan yang berbeda pula. Tampilan kawat dengan diameter 1 mm yang terdapat pada kedua bidang ujung fantom tampak relatif lebih besar pada tipe II (perbandingan gambar 4.1.a dan gambar 4.1.b). Namun tampilan tampilan tabung berbagai material yang berada dalam fantom dari kedua metode *scanning* tidak menunjukkan perbedaan signifikan. Secara umum, semakin tipis tebal irisan tingkat skala keabuan tampak lebih heterogen, yang ditunjukkan oleh Gambar 4.1.c untuk metode I dan dan gambar 4.1.e untuk metode II. Akibat kehadiran metal pada pusat fantom memberikan tampilan noise yang relatif lebih jelas pada metode II (Gambar 4.1.c dan 4.1.d, serta 4.1.e dan 4.1.f).

4.2. Akurasi tampilan jarak

Penentuan akurasi tampilan jarak dilakukan dengan mengukur jarak antar citra kawat sepanjang 1 cm yang terletak pada kedua bidang ujung fantom (Gambar 3.2). Seluruh hasil pengukuran pada tampilan CT dan TPS ditunjukkan dalam Lampiran 4 dan nilai rata-ratanya dalam Tabel 4.3.

Dapat dilihat bahwa untuk metode dan irisan berbeda, perbedaan antara jarak hasil rekonstruksi CT dan TPS dengan jarak yang sebenarnya berada dalam rentang 0.02% sampai 0,73% untuk metode I dan 0,01% sampai 1,22% untuk metode II. Untuk memudahkan evaluasi, data dalam tabel ini ditunjukkan dalam bentuk grafik yang juga dapat dilihat dalam Lampiran 5 dan salah satu contohnya disajikan dalam Gambar 4.2 (Metode I / 10.0 mm). Bila data tersebut dikelompokkan dalam rentang deviasi yaitu 0.00% - 0.19%, 0.20% - 0.39%, 0.40% - 0.59% dan > 0.60%, maka dapat ditentukan rentang deviasi yang paling mungkin untuk setiap irisan dalam masing-masing tipe (Tabel 4.4). Dapat dilihat bahwa pada umumnya deviasi berada pada rentang 0.20% - 0.39%.

	Metod	e I (10 mm/	1 mm)	-	Metode II (10 mm/ 2.5 mm)						
Irisan	T	Jarak			Iriean	T	larak	2.5 ((()))	<u> </u>		
тре	Contorn	Valan			TDC		Jarak	1			
(mm)	Fantom	СТ	TPS	TPS-Fantom	(mm)	Fantom	CT	TPS	TPS-Fantom		
	3.15	3,15	3.173	0.73%		3.15	3.17	3.189	1.22%		
	4.00	4.00	3.980	0.50%		4.00	3.97	4.034	0.85%		
	5.00	5.04	5.008	0.16%		5.00	5.00	5.007	0.14%		
	6.00	6.01	6.008	0.14%		6.00	5.97	6.025	0.41%		
10.0	7.05	7.05	7.024	0.37%	10.0	7.05	7.03	7.050	0.01%		
	12.00	12.01	12.007	0.06%		12.00	12.00	12.034	0.28%		
	11.00	11.02	11.033	0.30%		11.00	10.98	11.052	0.47%		
	10.00	10.02	10.015	0.15%		10.00	10.02	10.009	0.08%		
	9,00	. 8.98	8,994	0.07%		9.00	9.01	9.034	0.38%		
<u> </u>	0,00	0.04	0.017	0.70%		8.00	8.04	8.025	0.31%		
ľ	4.00	2.09	2,006	0.75%	• • •	3.15	3.16	3.180	0.94%		
	5.00	5.50	5.002	0.30%		4.00	5.90	4.03/	0.93%		
ł	6.00	6.01	6.005	0.03%		5.00	5.07	5.004	0.08%		
6.0	7.05	7.05	7.033	0.24%		7.05	7.03	7.050	0.30%		
5.0	12.00	12.02	12.002	0.02%	5.0	12.00	12.01	12 028	0.01%		
	11.00	11.02	11.033	0.30%		11 00	10.98	11 040	0.2576		
	10.00	10.01	10.015	0.15%		10.00	10.00	10,010	0.10%		
	9.00	8.98	8.997	0.03%		9.00	9.00	9 034	0.38%		
	8.00	8,04	8.027	0.34%		8.00	8.02	8.041	0.51%		
	3,15	3.15	3.170	0.63%		3.15	3.14	3,173	0.73%		
	4.00	3.99	3.983	0,44%		4.00	3.98	4.028	0.69%		
	5.00	5.02	5.014	0.28%		5.00	5.00	5.007	0.14%		
	6.00	6.00	6.002	0.03%	1 1	6.00	5.97	6.018	0.30%		
3.0	7.05	7.05	7.033	0.24%	3.0	7.05	7.03	7.059	0.13%		
	12.00	12.02	12.003	0.02%		12.00	12.00	12.020	0.17%		
	11.00	11.01	11.033	0.30%		11.00	10.98	11.027	0.24%		
	10.00	10.01	10.015	0.15%	3.0	10.00	10.02	10.010	0.10%		
	9,00	0.99	8.997	0.03%		9.00	9.01	9,024	0,27%		
	3.15	2.16	2.167	0.20%	_	<u>1 8.00 I</u>	8.03	8,028	0.34%		
	4.00	4.00	3.077	0.55%							
	5.00	5.02	5.005	0.09%							
	6.00	6.00	5 999	0.02%			1.1				
	7.05	7.05	7 043	0.11%	N 103						
2.0	12.00	12.02	12.016	0.14%				_			
	11.00	11.01	11.030	0.27%			1.0				
	10.00	10.01	10.022	0.22%	1 mar						
	9.00	8.96	8.994	0.07%							
	8.00	8.03	8.026	0.32%		-					
	3.15	3,16	3.161	0.34%							
	4.00	4.00	3.980	0.51%							
	5.00	5.01	5.008	0.15%							
	6.00	6.00	5.990	0.17%							
1.5	7.05	7.05	7.049	0.02%							
	12.00	12.03	12.008	0.07%	100						
	11.00	11,00	11.033	0.30%							
		10.00	0.007								
	8,00	0.33	0.33/	0.05%							
	0.00	0.03	0.VZZ	<u> </u>		ţ					

Tabel 4.3. Perbedaan antara jarak hasil rekonstruksi CT dan TPS dengan jarak yang sebenarnya



Gambar 4.2 Sebaran deviasi hasil pengukuran jarak untuk metode I / 10.0 mm

Metode	Irisan TPS	Irisan TPS 0.00% - 0.19%		0.20% -	0.39 %	0.40% -	0.59%	> 0.60%	
	(mm)	Jumiah	%	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%
	10.0	5	50%	3	30%	1	10%	1	10%
	5.0	5	50%	4	40%	0	0%	1	10%
	3.0	4	40%	4	40%	1	10%	1	10%
•	2.0	5	50%	3	30%	2	20%	0	0%
	1.5	6	60%	3	30%	1	10%	0	0%
	Jumlah	25	50%	17	34%	5	10%	3	6%
	10.0	3	-30%	4	40%	d 100.	10%	2	20%
li	5.0	3	30%	4	40%	- 1	10%	2	20%
	3.0	4	40%	4	40%	0	0%	2	20%
	Jumlah	10	33.3%	12	40%	2	6.7%	6	20%

Tabel 4.4. Sebaran data dari tabel 4.3 dalam berbagai rentang deviasi

4.3. Akurasi Tampilan Penampang Obyek

Dari citra 5 macam material dalam fantom (aluminium, udara, nilon, teflon, dan gliserin), dapat ditentukan ketelitian rekonstruksi penampang obyek. Seluruh data hasil pengukuran disajikan dalam Lampiran 6 dan nilai rata-ratanya dalam Tabel 4.5.

Untuk mempermudah analisis pola penyebaran data untuk masing-masing material, dibuat histogram sebagai representasi hubungan antara deviasi dengan ukuran irisan. Salah satu gambar ditunjukkan dalam Gambar 4.3 sedangkan yang lainnya ditunjukkan dalam Lampiran 7. Untuk material aluminium, tampak deviasi tinggi pada pengukuran dengan metode II. Pada metode I, nilai deviasi maksimum 4.48% terjadi pada irisan 1.5 mm, sedangkan pada metode II mencapai 8.37% pada irisan 5 mm. Untuk material udara, tampak deviasi tinggi pada

pengukuran dengan metode II. Pada metode I, nilai deviasi maksimum 1.14% terjadi pada irisan 5 mm dan 3 mm, sedangkan pada metode II mencapai 3.18% pada irisan 5 mm. Untuk material nilon, tampak deviasi tinggi pada pengukuran dengan metode I. Pada metode ini nilai deviasi maksimum 5.05% terjadi pada irisan 2 mm, sedangkan pada metode II mencapai 2.27% pada irisan 5 mm. Untuk material teflon, tampak deviasi tinggi pada pengukuran dengan metode II. Pada metode I, nilai deviasi maksimum 3.13% terjadi pada irisan 10 mm, sedangkan pada metode II mencapai 7.94% pada irisan 3 mm. Untuk material gliserin, tampak deviasi tinggi pada pengukuran dengan metode I. Pada metode II mencapai 3.05% terjadi pada irisan 1.5 mm, sedangkan pada metode II mencapai 3.05% pada irisan 3 mm.

METODE I (10 mm/ 1 mm)						METODE II (10 mm/ 2.5 mm)					
Irisan		Dia	meter (cr	n)	1945 A.	Irisan	<i>9</i>	Dia	meter (cr	n)	
TPS (mm)	Material	Fantom	СТ	TPS	∆ TPS-Fantom	TPS (mm)	Material	Fantom	СТ	TPS	∆ TPS-Fantom
	Aluminium	2.185	2.22	2.282	4.42%		Aluminium	2.185	2.30	2.363	8.13%
	Udara	2.100	2.13	2.108	0.38%	137	Udara	2.100	2.19	2.162	2.94%
10.0	Nilon	2.180	2.22	2.252	3.30%	10.0	Nilon	2.180	2.20	2.224	2.03%
	Teflon	2.050	2.09	2.114	3.13%		Teflon	2.050	2.19	2.204	7.51%
	Gliserin	2.500	2.50	2.583	3.30%		Gliserin	2.500	2.57	2.571	2.85%
	Aluminium	2.185	2.22	2.272	3.97%		Aluminium	2.185	2.30	2.368	8.37%
	Udara	2.100	2.13	2.124	1.14%	R. 1	Udara	2.100	2.19	2.167	3.18%
5.0	Nilon	2.180	2.22	2.266	3.92%	5.0	Nilon	2.180	2.20	2.229	2.27%
	Teflon	2.050	2.09	2.110	2.94%	× 65	Teflon	2.050	2.19	2.210	7.82%
	Gliserin	2.500	2.50	2.581	3.26%		Gliserin	2.500	2.57	2.576	3.05%
	Aluminium	2.185	2.22	2.264	3.63%		Aluminium	2.185	2.30	2.368	8.36%
	Udara	2.100	2.13	2.124	1.14%		Udara	2.100	2.19	2.163	3.00%
3.0	Nilon	2.180	2.22	2.277	4.43%	3.0	Nilon	2.180	2.20	2.227	2.15%
	Teflon	2.050	2.09	2.109	2.88%	. i	Teflon	2.050	2.19	2.213	7.94%
	Gliserin	2.500	2.50	2.585	3.41%	1 I	Gliserin	2.500	2.57	2.575	3.00%
	Aluminium	2.185	2.22	2.262	3.52%		2	••			I
	Udara	2.100	2.13	2.110	0.49%						
2.0	Nilon	2.180	2.22	2.290	5.05%						
	Teflon	2.050	2.09	2.104	2.64%						
	Gliserin	2.500	2.50	2.598	3.90%						
	Aluminium	2.185	2.22	2.283	4.48%						
	Udara	2.100	2.13	2.109	0.43%						
1.5	Nilon	2.180	2.22	2.272	4.21%						
	Teflon	2.050	2.09	2.110	2.94%						
	Gliserin	2,500	2.50	2.601	4.05%						

Tabel 4.5. Perbedaan antara ukuran penampang hasil rekonstruksi CT dan TPS dengan ukuran penampang sebenarnya


Gambar 4.3. Grafik deviasi pengukuran diameter material aluminium

4.4. Akurasi Tampilan Bilangan CT dan Densitas Massa Material

Perbedaan parameter dalam pengambilan citra menyebabkan tampilan hasil rekonstruksi pada metode I dengan II menjadi berbeda. Citra air pada metode I mempunyai bilangan CT berkisar antara 2.3 - 3.2 sedangkan pada metode II berkisar antara -0.1 -0.3. Informasi densitas massa material, dapat diperoleh dari sistem TPS sesuai dengan data yang digunakan dalam koreksi inhomogenitas yang berdasarkan konversi dari bilangan CT oleh algoritma pada sistem tersebut.

Seluruh data hasil pengukuran kerapatan ditunjukkan dalam Tabel 4.6. Dapat dilihat bahwa dengan tipe dan irisan berbeda, nilai deviasi pengukuran menunjukkan angka yang bervariasi dan tidak menunjukkan kecenderungan berarti pada irisan tertentu. Oleh karena itu, sama halnya dengan penyajian data pada penentuan akurasi jarak, data densitas massa disajikan dalam suatu kisaran deviasi yaitu 0.00%–0.99%, 1.00%–1.99 %, 2.00%–2.99% dan > 3.00% untuk tiap jenis material (Tabel 4.7). Untuk mengetahui pola penyebaran deviasi material dengan lebih jelas, data tersebut juga disajikan dalam bentuk grafik. Dalam Gambar 4.4 ditunjukkan kisaran deviasi hasil pengukuran densitas massa pada metode I untuk material aluminium, sedangkan grafik serupa untuk material lainnya pada metode I dan II ditunjukkan dalam Lampiran 9. Untuk material aluminium pada metode I, seluruh data berada dalam kisaran kurang dari 1.00%, dengan nilai deviasi maksimum mencapai 0.95% pada irisan TPS 1.5 mm.

1.1.1.

	Peebenamya		1	METODE I (10	mm/ 1 mn	 1)	1	METODE II (10	mm/ 2.5 mi	m)
Material	(g/cm³)	Irisan TPS	Bilan	gan CT	[Bila	ngan CT		1
		(11114)	СТ	TPS*	ρτρς	Δ	СТ	TPS*	ρτρς	Δ.
		10.0 mm	2187.0	3186.4	2.70	0.16%	2094.4	3081.1	2.70	0.16%
		5.0 mm	2185.4	3185.0	2.69	0.21%	2096.2	3082.4	2.69	0.21%
Aluminium	2.696	3.0 mm	2182.4	3192.1	2.69	0.21%	2092.0	3080.4	2.69	0.21%
		2.0 mm	2184.6	3203.3	2.68	0.58%	· ·	· *		
		1.5 mm	2177.8	3141.8	2.67	0.95%	• • •			
		10.0 mm	-969.9	8.8	0.01	0.00%	-994.8	8.3	0.01	0.00%
		5.0 mm	-970.6	13.8	0.01	0.00%	-992.5	7.1	0.01	0.00%
Udara	0.001	3.0 mm	-967.8	18.8	0.02	0.00%	-992.8	8.2	0.01	0.00%
		2.0 mm	-969.6	26.4	0.03	0.00%	1	• •	· · · ·	
		1.5 mm	-952.4	34.6	0.03	0.00%				
		10.0 mm	103.9	1092.9	1.13	2.45%	98.4	1098.9	1.16	0.14%
		5.0 mm	103.5	1093.5	1.13	2.45%	98.4	1093.8	1.15	0.73%
Nilon	1.158	3.0 mm	104.1	1097.3	1.12	3.31%	98.2	1103.7	1.17	1.00%
		2.0 mm	105.0	1109.5	1.17	1.00%				
		1.5 mm	106.0	1132.0	1.18	1.86%				•
	1	10.0 mm	971.3	1950.5	2.19	0.97%	940.6	1935.2	2.21	0.06%
		5.0 mm	972.5	1961.7	2.19	0.97%	937.7	1935.8	2.20	0.52%
Teflon	2.211	3.0 mm	973.1	1974.6	2.19	0.97%	935.0	1939.6	2.21	0.06%
		2.0 mm	973.1	1942.4	2.14	3.23%	•		2 M	
		1.5 mm	972.9	1975.3	2.16	2.32%				
	- 19 %	10.0 mm	220.0	1213.1	1.27	1.32%	213.6	1213.0	1.26	0.52%
		5.0 mm	220.5	1233.4	1.30	3.71%	213.1	1210.8	1.26	0.52%
Gliserin	1.254	3.0 mm	221.2	1214.9	1.28	2.11%	213.6	1213.5	1.26	0.52%
		2.0 mm	221.3	1204.6	1.26	0.52%		•		
		1.5 mm	222.3	1220.6	1.28	2.11%	· ·			
		10.0 mm	2.4	1009.5	1.03	3.00%	0.3	1002.1	1.01	1.00%
		5.0 mm	2.3	1010.9	1.03	3.00%	0.1	1004.7	1.01	1.00%
Air	1	3.0 mm	2.5	1021.5	1.05	5.00%	-0.1	1012.1	1.00	0.00%
		2.0 mm	2.4	1026.1	1.06	6.00%				•
		1.5 mm	3.2	978.2	1.00	0.00%			e e e e e e e e e e e e e e e e e e e	
		10.0 mm	135.4	1130.4	1.19	1.28%	127.5	1122.4	1.19	1.28%
		5.0 mm	137.8	1120.0	1.17	2.94%	127.8	1126.7	1.20	0.45%
Akrilik	1.205	3.0 mm	138.7	1109.2	1.16	3.77%	127.9	1111.2	1.20	0.45%
		2.0 mm	136.9	1118.3	1.17	2.94%				
		1.5 mm	134.1	1111.4	1.15	4.60%				

Tabel 4.6. Hasil pengukuran bilangan CT dan densitas massa

*Nilai bilangan CT yang ditunjukkan sistem TPS memiliki selisih 1000 lebih besar dibandingkan dengan sistem CT

v

i

Metode	Irisan TPS	0.00% ·	- 0.99%	1.00%	1.99%	2.00%	2.99%	>3.0	0%
metouc	(mm)	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%
	Aluminium	5	16.67%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
	Nilon	2	6.67%	2	6.67%	1	3.33%	0	0.00%
	Teflon	3	10.00%	0	0.00%	1	3.33%	1	3.33%
1	Gliserin	1	3.33%	1	3.33%	2	6.67%	1	3.33%
	Air	1	3.33%	0	0.00%	0	0.00%	4	13.33%
	Akrilik	0	0.00%	1	3.33%	2	6.67%	2	6.67%
	Jumlah	12	40.00%	4	13.33%	6	20.00%	8	26.67%
	Aluminium	3	16.67%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
	Nilon	2	11.11%	1	5.55%	0	0.00%	0	0.00%
	Teflon	3	16.67%	0	0.00%	0	0.00%	0	0.00%
11	Gliserin	3	16.67%	0	3.33%	0	0.00%	0	0.00%
	Air	1	5.55%	2	11.11%	0	0.00%	0	0.00%
	Akrilik	2	11.11%	1	5.55%	0	0.00%	0	0.00%
	Jumlah	14	77.78%	4	22.22%	0	0.00%	0	0.00%

Tabel 4.7. Kisaran deviasi (dalam %) hasil pengukuran densitas massa pada sistem TPS



Gambar 4.4. Grafik deviasi pengukuran densitas massa untuk material aluminium pada metode I

Secara umum, citra sebagian besar material yang diamati memiliki nilai densitas massa dengan deviasi maksimum dalam kisaran kurang dari 1% untuk metode I maupun II. Jumlah titik sampel yang memenuhi kriteria tersebut diperoleh dari 40% untuk metode I dan 77.77% untuk metode II terhadap jumlah seluruh data untuk setiap tipe pengukuran.

Material	Pmaterial	Bilangar	CT (HU)
	(gram/cm ³)	Tipe I	Tipe II
Aluminium	2.696	2183±4	2094 ± 9
Udara	0.001	-966 ± 8	-993 ± 3
Nilon	1.158	104 ± 1	98.3 ± 0.4
Teflon	2.211	972.6 ± 0.8	938±6
Gliserin	1.254	221.1 ± 0.9	213.4 ± 0.5
Air	1.000	2.6 ± 0.3	0.0 ± 0.1
Akrilik	1.205	136.6 ± 2	127.7 ± 0.5

Tabel 4.8. Perbandingan nilai bilangan CT (HU) berbagai material pada metode I dan II

de i

Hasil pengukuran bilangan CT untuk berbagai material untuk metode I menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan metode II. Namun perbedaan keduanya tidak tampak begitu nyata seperti yang tampak pada Gambar 4.5. Kurva densitas-bilangan CT mempunyai persamaan linier y = 1093.6x - 1109untuk *scanning* metode I dan y = 1070.1x - 1102 untuk *scanning* metode II, dengan y menunjukkan nilai HU dan x menunjukkan densitas massa. Koefisien korelasi sebesar 0.9543 untuk kurva scanning tipe I dan 0.9593 untuk scanning tipe II.





4.5. Laser CT

Seluruh hasil pengukuran untuk mengetahui akurasi laser pada ruang CT ditunjukkan dalam Tabel 4.9. Dari tabel tersebut dapat diketahui pergerakan laser sagital (laser-X) pada bidang koronal, laser koronal kanan (laser-Z1) dan laser koronal kiri (laser-Z2) pada bidang sagital yang sebagian besar menunjukkan nilai deviasi yang tidak signifikan 0.00%, dan sebagian kecil mencapai 3.00% (2 data dari laser-X, 2 data dari laser-Z1, dan 3 data dari laser-Z2). Dari temuan ini diperoleh bahwa sistem laser dalam ruang CT memiliki akurasi yang sangat tinggi.

Variasi		Laser sagital		La	ser koronal kar	nan	L	aser koronal ki	ri
SD.Y	Variasi Sb.X	Pengukuran	Δ	Variasi Sb.Z	Pengukuran	Δ	Variasi Sb.Z	Pengukuran	Δ
	-50.0	-50.0	0.00	-50.0	-50.3	0.01	-50.0	-50.0	0.00
	-40.0	-40.0	0.00	-40.0	-40.3	0.01	-40.0	-40.3	0.01
	-30.0	-30.0	0.00	-30.0	-30.3	0.01	-30.0	-30.0	0.00
	-20.0	-20.0	0.00	-20.0	-20.3	0.01	-20.0	-20.3	0.01
400.0	-10.0	-9.8	0.03	-10.0	-10.3	0.03	-10.0	-10.0	0.00
-100.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
	10.0	10.0	0.00	10.0	9.8	0.03	10.0	10.0	0.00
	20.0	20.0	0.00	20.0	19.8	0.01	20.0	20.0	0.00
	40.0	40.0	0.00	40.0	29.0	0.01	40.0	29.0	0.01
	50.0	50.0	0.00	50.0	<u> </u>	0.01	<u>40.0</u> 50.0	40.0	0.00
	-50.0	-50.0	0.00	-50.0	-50.0	0.00	-50.0	-50.3	0.01
	-40.0	-40.0	0.00	-40.0	-40.0	0.00	-40.0	-40.3	0.01
	-30.0	-30.0	0.00	-30.0	-29.8	0.01	-30.0	-30.0	0.01
	-20.0	-20.0	0.00	-20.0	-20.0	0.00	-20.0	-20.0	0.00
	-10.0	-10.0	0.00	-10.0	-10.0	0.00	-10.0	-10.3	0.03
-50.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
	10.0	10.0	0.00	10.0	10.0	0.00	10.0	9.8	0.03
	20.0	20.0	0.00	20.0	19.8	0.01	20.0	19.8	0.01
	30.0	30.0	0.00	30.0	29.8	0.01	30.0	29.8	0.01
	40.0	40.0	0.00	40.0	39.8	0.01	40.0	39.8	0.01
	50.0	50.0	0.00	50.0	50.0	0.00	50.0	49.8	0.01
	-50.0	-50.0	0.00	-50.0	-50.0	0.00	-50.0	-50.3	0.01
	-40.0	-40.0	0.00	-40.0	-40.0	0.00	-40.0	-40.0	0.00
	-30.0	-30.0	0.00	-30.0	-30.0	0.00	-30.0	-30.0	0.00
	-20.0	-20.0	0.00	-20.0	-20.0	0.00	-20.0	-20.0	0.00
0.0	-10.0	-10.0	0.00	-10.0	-10.0	0.00	-10.0	-10.0	0.00
0.0	10.0	10.0	0.00	10.0	0.0	0.00	10.0	10.0	0.00
	20.0	20.0	0.00	20.0	19.8	0.03	20.0	20.0	0.00
	30.0	30.0	0.00	30.0	29.8	0.01	30.0	29.8	0.00
	40.0	40.0	0.00	40.0	39.8	0.01	40.0	40.0	0.00
	50.0	50.0	0.00	50.0	50.0	0.00	50.0	49.8	0.01
	-50.0	-50.0	0.00	-50.0	-50.0	0.00	-50.0	-50.0	0.00
	-40.0	-40.0	0.00	-40.0	-40.0	0.00	-40.0	-39.8	0.01
	-30.0	-30.0	0.00	-30.0	-30.0	0.00	-30.0	-30.0	0.00
	-20.0	-20.0	0.00	-20.0	-20.0	0.00	-20.0	-20.0	0.00
	-10.0	-10.0	0.00	-10.0	-10.0	0.00	-10.0	-10.0	0.00
50.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
	10.0	10.0	0.00	10.0	10.0	0.00	10.0	10.0	0.00
	20.0	20.0	0.00	20.0	20.0	0.00	20.0	20.0	0.00
	30.0	30.0	0.00	30.0	30.0	0.00	30.0	30.0	0.00
	40.0 50.0	40.0	0.00	40.0	40.0	0.00	40.0	40.0	0.00
	_50.0	-50.0	0.00	-50.0	-50.0	0.00	50.0	49.0	0.01
	-40.0	-30.3	0.01		-30.0	0.00		-50.0	0.00
	-30.0	-30.3	0.01	-30.0	-30.0	0.00	-30.0		0.00
	-20.0	-20.0	0.00	-20.0	-20.0	0.00	-20.0	-20.0	0.00
	-10.0	-10.0	0.00	-10.0	-10.0	0.00	-10.0	-98	0.03
100.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00
-	10.0	9.8	0.03	10.0	10.0	0.00	10.0	10.0	0.00
	20.0	19.8	0.01	20.0	20.0	0.00	20.0	19.8	0.01
	30.0	30.0	0.00	30.0	30.0	0.00	30.0	29.8	0.01
	40.0	40.3	0.01	40.0	40.0	0.00	40.0	39.8	0.01
	50.0	50.0	0.00	50.0	50.0	0.00	50.0	49.8	0.01

Tabel 4.9. Deviasi pengukuran posisi dengan laser CT



32

4.6. Laser Linac

Pergerakan semu laser pada ruang linac dievaluasi berdasarkan pergerakan meja. Seluruh hasil evaluasi laser linac ditunjukkan dalam Tabel 4.10. Seperti halnya dengan evaluasi laser CT, pergerakan semu laser sagital pada bidang koronal, pergerakan semu laser axial pada bidang koronal dan pergerakan semu laser koronal pada bidang sagital. Dibandingkan dengan laser CT, deviasi penunjukan laser linac diperoleh nilai yang lebih tinggi. Bila deviasi pada laser CT umumnya diperoleh 0%, maka pada laser linac diperoleh 1%. Deviasi maksimum yang diperoleh untuk 2 arah laser mencapai 3% (1 data dari laser sagital, 3 data dari laser koronal kanan) sedangkan untuk laser koronal kiri mencapai 4% yang hanya terjadi pada 1 dari 35 data.

Veriesi		Laser sagital		Li	iser koronal kan	an		aser koronal ki	ri
Sb.Y	Variasi Sb.X	Pengukuran	ĽΔ	Variasi Sb.Y	Pengukuran	selisih	Variasi Sb.Z	Pengukuran	Δ
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	-100	-98.75	0.01	-100	-100.50	0.01	-100	-99.25	0.01
	-80	-79.25	0.01	-80	-80.25	0.00	-80	-79.75	0.00
	-60	-59.50	0.01	-60	-60.25	0.00	5d-60	-59.00	0.02
	-40	-39.50	0.01	-40	-40.00	0.00	-40	-39.5	0.01
	-20	-19.75	0.01	-20	-20.25	0.01	-20	-19.5	0.03
-100.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
	20	19.75	0.01	20	19.50	0.03	20	20.00	0.00
	40	39.50	0.01	40	39.50	0.01	40	40.25	0.01
	60	59.50	0.01	60	59.50	0.01	60	60.50	0.01
	80	79.25	0.01	80	79.50	0.01	80	80.25	0.00
	100	98.75	0.01	100	100.00	0.00	100	101.00	0.01
	-100	-98.75	0.01	-100	-99.90	0.00	-100	-99.5	0.01
	-80	-79.50	0.01	-80	-80.25	0.00	-80	-79.00	0.01
	-60	-59.25	0.01	-60	-59.75	0.00	-60	-60.00	0.00
	-40	-39.25	0.02	-40	-39.75	0.01	-40	-39.25	0.02
	-20	-20.00	0.00	-20	-19.50	0.03	-20	-19.50	0.03
0.0	_0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
	20	20.00	0.00	20	20.50	0.03	20	20.75	0.04
	40	39.25	0.02	40	40.50	0.01	40	40.50	0.01
	60	59.50	0.01	60	60.25	0.00	.60.	60.00	0.00
	80	79.75	0.00	80	80.50	0.01	80	80.50	0.01
	100	98.75	0.01	100	100.75	0.01	100	101.50	0.02
	-100	-99.25	0.01	-100	-99.75	0.00		-100.00	0.00
	-80	-79.25	0.01	-80	-79.50	0.01		-79.75	0.00
	-60	-59.50	0.01	-60	-59.25	0.01	-60	-60.00	0.00
	-40	-39.25	0.02	-40	-39.50	0.01	-40	-40.00	0.00
	-20	-19.50	0.03	-20	-19.75	0.01	-20	-19.75	0.01
100.0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
	20	19.75	0.01	20	20.00	0.00	20	20.5	0.03
	40	39.50	0.01	40	40.00	0.00	40	40.75	0.02
	60	59.75	0.00	60	60.25	0.00	60	60.5	0.01
	80	79.50	0.01	80	80.50	0.01	80	80.75	0.01
	100	99.00	0.01	100	100.50	0.01	100	100.75	0.01

Tabel 4.10. Deviasi pengukuran laser Linac

Dengan demikian, dari keseluruhan hasil evaluasi sistem laser pada ruang linac, dapat diketahui bahwa sistem ini memiliki akurasi yang sangat tinggi dengan persentase akurasi sebesar 99%.

BAB V

PEMBAHASAN

Dalam penelitian untuk mengukur akurasi dan presisi kinerja sistem jejaring CT dan TPS ini telah berhasil dibuat fantom air yang berisi beberapa material inhomogen dengan densitas massa yang bervariasi. Dalam fantom terdapat 11 tabung yang terdiri atas 2 tabung aluminium, 2 tabung nilon, 2 tabung teflon, 2 tabung gliserin, dan 3 tabung udara. Kecuali tabung udara yang salah satunya terletak pada posisi sentral, jumlah ganda dari masing-masing material dan letaknya pada posisi yang berbeda dimaksudkan untuk memperoleh data pengukuran yang akurat. Untuk material yang tidak berwujud padat seperti gliserin dan udara, digunakan tabung selubung yang terbuat dari bahan akrilik dengan tebal 2 mm dan diameter dalam 21 mm. Masing-masing tabung medium pengisi ini awalnya dirancang dengan diameter 2 cm, namun kemudian disesuaikan dengan ukuran yang tersedia sehingga terdapat sedikit perbedaan ukuran diameter tabung. Seluruh permukaan fantom diselubungi oleh bahan akrilik yang tebalnya 5 mm dalam bentuk tabung dengan dimensi panjang 16 cm dan diameter 32 cm yang dianggap sebagai representasi tubuh manusia dewasa rata-rata.

Sebagai acuan dalam pengukuran jarak, maka dalam fantom tersebut disisipkan kawat tembaga berdiameter 1 mm dan panjang 10 mm pada setiap ujung tabung pengisi dengan jarak masing-masing 3 cm, 4 cm, 5 cm, 6 cm, 7 cm, 8 cm, 9 cm, 10 cm, 11 cm, dan 12 cm terhadap sumbu utama. Khusus untuk tabung sentral yang berisi udara disisipkan kawat sepanjang tabung tersebut dengan bola timah berdiameter \pm 1,5 mm yang disolderkan pada pertengahan kawat sebagai acuan *isocenter*. Namun karena adanya keterbatasan dalam proses pembuatannya untuk menempatkan kawat-kawat dengan ketelitian tinggi, maka posisi kawat sebenarnya untuk yang berjarak 3 cm dan 7 cm berturut-turut menjadi 3.15 cm dan 7.05 cm. Selain itu, penyimpangan juga terjadi pada kawat tembaga yang terdapat pada sumbu utama yang seharusnya lurus namun pada kenyataannya sedikit melengkung pada bagian tengah yang dimungkinkan terjadi akibat pengaruh tekanan air di sekitarnya. Namun hal ini tidak memberikan pengaruh

secara nyata pada pengukuran jarak, karena bagian kawat yang digunakan sebagai referensi terletak pada ujung-ujung fantom.

Marker garis berupa goresan putih pada permukaan luar fantom yang digunakan sebagai tanda dalam pengaturan laser, cukup memberikan akurasi yang tepat dalam penentuan *isocenter* tiap bidang (sagital, koronal dan axial).

Pemilihan dua metode *scanning*, metode I dan II disesuaikan dengan penggunaan sehari-hari. Metode I umumnya digunakan untuk jaringan yang kecil, sedangkan metode II untuk jaringan yang relatif besar. Citra hasil rekonstruksi melalui 2 metode *scanning* ini menunjukkan tampilan yang berbeda. Perbedaan window yang digunakan menyebabkan perbedaan kualitas citra yang dihasilkan. Kontras citra sangat berhubungan dengan perbedaan antara window level yang rendah dan tinggi. Window yang kecil akan memproduksi kontras citra yang tinggi, karena perbedaan yang kecil dalam CT number jaringan akan dicitrakan dengan beda skala keabuan yang besar. Sedangkan untuk pengaturan window yang besar akan menghasilkan kontras citra yang relatif rendah. Selain itu, perbedaan yang tampak ini diakibatkan oleh faktor kolimasi dan tipe filtering yang berbeda yaitu penggunaan kolimasi 1 mm dan kernel H60s sharp untuk metode I, dan kolimasi 2.5 mm dan kernel B30f medium smooth untuk metode II. Pengaruh penggunaan kolimasi yang lebih lebar memungkinkan terjadinya noise yang lebih tinggi, hal ini tampak nyata pada citra hasil rekonstruksi metode II.

Untuk pengolahan data citra, dipilih 5 citra untuk evaluasi densitas massa dan diameter, dan 4 citra untuk evaluasi jarak. Koordinat irisan diambil tetap pada setiap ulangan. Namun pada kenyataannya setiap pengambilan koordinat citra akan sedikit berbeda disebabkan oleh penambahan jarak rekonstruksi yang diatur setiap 50% tebal irisan. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya tumpang tindih (*overlapping*) dalam pembentukan citra, namun memberikan keuntungan dalam hal perolehan kualitas citra, memperkecil noise, menambah akurasi dan mempermudah diagnosis struktur yang kecil.

Dibandingkan dengan jarak yang sebenarnya, hasil pengukuran dari citra dengan metode II menunjukkan ketidaktepatan relatif lebih besar terhadap metode I. Hasil ketidaktepatan pengukuran jarak menunjukkan 50% data berada dalam rentang 0.00% - 0.19% untuk metode I dan 40% data dalam rentang 0.20% -

0.39% untuk metode II. Perbedaan pada kedua metode ini dipengaruhi oleh tampilan citra kawat yang digunakan sebagai acuan. Ukuran diameter citra kawat pada metode II tampak sedikit lebih lebar dibandingkan dengan metode I, sehingga hasil pengukuran jarak cenderung bias. Namun secara umum dari hasil pengukuran jarak, dapat ditunjukkan posisi titik dalam jangkauan 3 cm sampai 12 cm terhadap sumbu utama tidak berbeda nyata antara citra satu dengan citra yang lainnya.

Pada pengukuran diameter, tampak bahwa untuk material yang memiliki densitas massa tinggi seperti aluminium ($\rho = 2,7 \text{ g/cm}^3$) memiliki tampilan citra diameter yang lebih besar dari sebenarnya akibat daya atenuasi yang tinggi. Kecenderungan yang sama ditemui pada material nilon ($\rho = 1,16$ g/cm³), tampilan citra tampak lebih besar dari sebenarnya yang diakibatkan karena kerapatannya yang hampir sama dengan latar belakang menyebabkan tampilan pada citra menjadi lebih kabur sehingga sulit dalam menentukan ukuran diameter pada citra. Umumnya ketidaktepatan yang relatif lebih besar terjadi pada pengambilan citra metode II oleh karena faktor kolimasi yang menyebabkan besarnya radiasi hambur sehingga meningkatkan kekaburan. Namun khusus untuk material nilon, ketidaktepatan yang tinggi justru terjadi pada metode I. Hal tersebut disebabkan oleh nilai skala keabuan nilon yang hampir sama dengan air sehingga agak sulit untuk menentukan tepi penampang. Secara umum, dari data yang diperoleh dapat ditunjukkan bahwa ukuran penampang obyek sangat dipengaruhi oleh densitas massa material. Semakin tinggi densitas massanya maka ukuran penampang obyek akan tampak menjadi lebih besar dari ukuran sebenarnya. Sedangkan untuk material dengan densitas massa yang hampir sama dengan air menjadi lebih besar karena tampilan citra tepi penampang yang kurang jelas, memiliki kontras rendah terhadap latar belakang. Ketidaktepatan tampilan citra penampang obyek pada hasil pengukuran ini berada dalam rentang 0,38% sampai dengan 8.37%.

Daya atenuasi berbagai material direpresentasikan dalam nilai bilangan CT (HU). Terdapat perbedaan nilai bilangan CT pada tampilan monitor CT dan TPS. Nilai HU TPS selalu positif dimulai dari 0 pada material udara, sedangkan pada tampilan CT udara memiliki nilai HU -1000. Dalam penelitian ini, untuk keperluan konversi, data diperoleh dari 7 jenis material dengan rentang densitas

0.0013 – 2.7 g/cm³. Mengingat densitas massa material komponen tubuh berada dalam rentang tersebut, maka diharapkan prediksi kerapatan organ dalam tubuh oleh jejaring CT dan TPS cukup teliti. Setelah dikalibrasi, penentuan kerapatan massa TPS ternyata cukup akurat, dengan hasil pengukuran tidak lebih dari 3% (kecuali 7 titik dari 35 titik data pada metode I yang memiliki nilai lebih dari 3%). Bila dilihat akurasi berdasarkan metode pengukuran, metode II relatif lebih akurat karena kontras citra yang relatif lebih tinggi. Pada pengukuran densitas massa, kedua kurva densitas massa-bilangan CT untuk pengukuran dengan *scanning* metode I dan II mendekati berimpit, yang berarti pengukuran dengan kedua metode tidak berbeda signifikan. Ketelitian pengukuran ditunjukkan pula oleh koefisien korelasi kedua kurva yang cukup tinggi (0.9543 untuk tipe I dan 0.9593 untuk tipe II).

Dalam penelitian ini pengambilan data untuk *scanning* metode I dan II menggunakan kVp sama namun dengan kolimasi berbeda. Untuk kondisi dengan kVp lain yang berarti dengan kualitas sinar x yang lain, ada kemungkinan hubungan HU dan densitas berbeda, sehingga memerlukan penelitian lebih lanjut.

Evaluasi pergerakan laser baik di ruang CT maupun di ruang linac dilakukan pada 3 arah yang berbeda karena dalam prakteknya penentuan isocenter didasari oleh 3 titik referensi yang ditandai pada permukaan tubuh pasien. Titik tersebut ditentukan oleh perpotongan garis sinar laser pada 3 bidang, yaitu 1 bidang koronal dan 2 bidang sagital yang membatasi lebar tubuh pasien. Sehingga untuk keperluan tersebut, umumnya pada sistem peralatan baik CT scan maupun linac dilengkapi dengan 3 sistem laser yaitu laser sagital, laser koronal dan laser axial. Pada ruang CT simulator, posisi laser sagital dan koronal dapat digerakkan secara otomatis melalui sistem konsol, sedangkan posisi laser axial berada dalam keadaan yang tetap sehingga perubahan posisinya ditentukan dengan pergerakan meja pada arah sumbu y. Dengan demikian, evaluasi terhadap pergerakan laser dilakukan hanya untuk arah sagital dan koronal yang dipilih pada setiap jarak 5 cm. Dari perolehan data, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata deviasi pergerakan sistem laser pada 30 titik pengukuran yang berbeda tidak jauh dari 0.00%. Terdapat perbedaan nilai pada tampilan sistem konsol dengan nilai sebenarnya sekitar ± 0.01 mm, namun karena umumnya penentuan perpotongan sinar laser

dilakukan berdasarkan pengamatan mata telanjang maka perbedaan ini tidak terlihat signifikan. Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa akurasi pergerakan laser pada ruang CT simulator sangat sempurna. Untuk evaluasi pergerakan sistem laser pada ruang linac, bidang yang diamati juga tidak berbeda dengan yang dilakukan pada ruang CT simulator. Hanya saja karena posisi sistem laser yang berada ruang ini berada pada posisi tetap, maka variasi perubahan posisinya diatur dengan pergerakan meja sehingga pergerakannya dapat disebut pergerakan semu laser. Sama halnya dengan evaluasi pada ruang CT simulator, akurasi pergerakan semu sistem laser pada ruang linac juga dilakukan pada posisi y yang berbeda setiap 5 cm setiap bidangnya. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa persentase akurasi pergerakan semu sistem laser pada ruang linac pada ruang linac sebesar 99%.

Dari hasil penelitian ini, diperoleh informasi bahwa jaringan CT, TPS dan Linac memiliki akurasi tinggi dalam menentukan posisi, ukuran, dan densitas massa obyek.



BAB VI KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1. Telah berhasil dibuat fantom air berbentuk silinder yang dilengkapi dengan beberapa obyek dengan berbagai ukuran dan berbagai densitas massa yang dapat digunakan untuk pengukuran akurasi kinerja sistem jejaring CT, TPS, dan linac.
- 2. Pengukuran jarak dengan scanning metode II (120 kVp, kolimasi 2.5 mm) menghasilkan deviasi tidak berbeda signifikan dibanding dengan yang dihasilkan oleh scanning metode I (kurang dari 0.5%). Nilai deviasi 50% dari data pengukuran pada scanning metode I berada dalam rentang 0.00% 0.19%, 34% data dalam rentang 0.20%-0.39%, 10% data dalam rentang 0.40% 0.59% dan 6% data untuk nilai deviasi >6.00%. Sedangkan untuk pengukuran semua material dengan scanning metode II diperoleh deviasi dalam rentang 0.00% 0.19% untuk 33.33% data, rentang 0.20%-0.39% untuk 40% data, rentang 0.40% 0.59% untuk 6.7% data dan untuk nilai deviasi >6.00% diperoleh dari 20% data.
- 3. Tampilan penampang obyek memiliki ukuran relatif lebih besar dibandingkan dengan penampang sebenarnya terutama untuk material yang memiliki densitas yang tinggi. Deviasi ukuran tampilan citra penampang obyek dari hasil pengukuran ini berada dalam jangkauan 0,38% sampai dengan 8.37%.
- 4. Telah dilakukan kalibrasi nilai skala keabuan menjadi data densitas massa pada sistem TPS. Dengan hasil kalibrasi tersebut dilakukan evaluasi densitas massa aluminium, nilon, teflon, gliserin, air, dan akrilik. Pengukuran semua material dengan *scanning* metode I diperoleh deviasi dalam rentang 0.00% 0.99% untuk 40% data, rentang 1.00%-1.99% untuk 13.33% data, rentang 2.00% 2.99% untuk 20% data dan untuk nilai deviasi >3.00% untuk 26.7% data pengukuran. Sedangkan untuk pengukuran semua material dengan *scanning* metode II diperoleh deviasi

hanya dalam rentang 0.00% - 0.99% untuk 77.8% data dan rentang 1.00%-1.99% untuk 22.2% data.

6. Sistem laser pada ruang CT simulator memiliki akurasi dan presisi yang sangat tinggi dengan ketepatan mendekati 100%, untuk penunjukan panjang, lebar dan ketebalan obyek (pengukuran pada arah aksial, bidang koronal dan sagital). Pengukuran ketiga variabel oleh laser linac menunjukkan akurasi sedikit lebih rendah dibanding dengan hasil pengukuran laser CT, dengan akurasi 99%.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Laurence C, Isaac R, Radhe M, and Lei Dong. 2003. Evaluation of mechanical precision and alignment uncertainties for an integrated CT/LINAC system. Med. Phys. 30(6)
- ^[2] Bentel G.C. 1996. Radiation therapy planning. McGraw-Hill Companies. USA
- ^[3] Warsito. 2005. Review: Komputasi Tomografi dan Aplikasinya dalam Proses Industri. Prosiding Semiloka Teknologi Simulasi dan Komputasi serta Aplikasi 2005
- [4] Johns H.E and Cunningham J.R. 1983. The physics of radiology 4th edition. Charles C. Thomas publisher. USA
- ^[5] _____. Computed Tomography: Its History and Technology. Siemens Medical Solution. Germany.
- [6] Cho Z.H, Jones J.P, and Singh M.1993. Foundations of medical imaging. John Wiley&Sons, Inc. USA
- [7] Bushberg J.T. 2002. The Essential Physics of Medical Imaging 2nd edition. Lippincott Williams and Wilkins. USA
- [8] Jacob Van Dyk. 2005. The modern technology of radiation oncology. John Wiley & Sons, Inc. USA
- [9] Wolbarst A.B. 2000. Physics of radiology 2nd edition. Medical physics publishing. Madison, USA
- ^[10] Flohr T.G., Schaller S., Stierstorfer K., Bruder H., Ohnesorge B.M., and Schoepf U.J. 2005. Multi-Detector Row CT Systems and Image-Reconstruction Techniques. Radiology 235:756-773
- [11] Groh B.A. Siewerdsen J.H., Drake D.G., Wong, J.W., and Jaffray D.A. 2002. A performance comparison of flat-panel imager-based MV and kV conebeam CT. Med.Phys. 29 (6)
- [12] Yeom J.S, Chung M.S., Lee C.K., Kim Y., Kim N., and Lee J.B. 2003. Evaluation of pedicle screw position on computerized tomography scans. J Neurosurg (Spine 1) 98:104–109

- ^[13] McNitt-Gray, M.F. Tradeoffs in CT image Quality and Dose. Depart of Radiology. David Geffen School of Medicine at UCLA
- [14] Hintenlang D.E. 2004. CT Scanner QC. American College of Medical Physics Annual Meeting Scottsdale Arizona
- ^[15] Ppodgorsak E.B. 2005. Radiation oncology physics. International Atomic Energy Agency. Austria
- ^[16] Wu J. 2002. Implementation of an integrated quality assurance program for a CT-TPS process. Thesis. Thesis. Department of Physics and Astronomy. Peking University
- ^[18] Karzmark J., and Morton R.J. 1998. a Primer on theory and operation of linear accelerators in radiation therapy 2nd edition. Medical physics publishing. Madison, Wiscosin.



LAMPIRAN

٠

ė

Material	Ulangan		Pengukura	1	Pataan
	Changan	Massa (g)	Volume (cm ³)	Densitas (g/cm ³)	i\alaan
	1	13.2596	11	1.2054	
	2	13.2596	11	1.2054	
	3	13.2596	11	1.2054	
	4	13.2597	11	1.2054	
Akrilik	5	13.2596	11	1.2054	1 205 + 0 00%
/	6	13.2596	11	1.2054	$1.200 \pm 0.00\%$
	7	13.2597	11	1.2054	
	8	13.2595	11	1.2054	
	9	13.2596	11	1.2054	
	10	13.2592	11	1.2054	
	1	55.2848	25	2.2114	
	2	55.2849	25	2.2114	
	3	55.2845	25	2.2114	
	4	55.2846	25	2.2114	
Teflon	5	55.2847	25	2.2114	2 214 + 0 000/
TEROIT	6	55.2848	25	2.2114	2.211±0.00%
	7	55.285	25	2.2114	
	8	55.2846	25	2.2114	
1.1	. 9	55.2847	25	2.2114	
	10	55.2848	25	2.2114	10 8
	1	36.9795	30	1.2327	
- 18 N.	2	36.9796	29	1.2752	
	3	36.9793	29	1.2751	
- A.	4	36.9794	29	1.2752	
Oliveration	5	36.9794	30	1.2326	
Gliserin	6	36.9795	29	1.2752	1.254 ± 2.24%
- N.	7	36.9796	30	1.2327	~
	8	36.9794	29	1.2752	
	9	36.9797	30	1.2327	A
	10	36.9796		1,2327	
	1	33.5923	29	1,1584	
	2	33.5923	29	1,1584	
	3	33.5923	29	1.1584	
	4	33,5921	29	1 1583	
	. 5	33.5923	29	1 1584	
Nilon	6	33 5923	29	1.1584	1.158 ± 0.00%
	7	33 5922	20	1 1584	-
	8	33 5023	20	1 158/	
	0	33 5024	29	1.1504	
	10	22 5024	29	1.1004	
	1	00 0705	29	1.1004	
		90 9705	<u> </u>	2.0920	
	2	00.0720	30	2.0958	
	3	00.0724	30	2.0957	
	4	00.0720	30	2.0958	
Aluminium	5	80.8725	30	2.6958	2.696 ± 0.00%
	6	80.8724	30	2.6957	
		80.8725	30	2.6958	
	8	80.8725	30	2.6958	
	9	80.8726	30	2.6958	
	10	80.8723	30	2.6957	

Lampiran 1. Hasil pengukuran densitas massa material pengisi fantom

Lampiran 2. Spesifikasi sistem dalam pengambilan citra CT-scan

				· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
ROUTINE Eff.mAs : 100 CTDlw : 24.0 kV : 120 Scan time : 21.7 Delay : 4 Slice : 10.0 No of images : 22 Tilt : 0.0 TABLE : 608 Position : -382 End : -392 Height : 223	3 mGy 7 s / 1mm 0 5 0	SCAN Eff.mAs kV CTDIw Delay Scan Time Rotation Time Slice Feed/Rotation Direction	: 100 : 120 : 24.03 mGy : 4 s : 21.77 s : 0.75 s : width : 10.0 Coll: 1 mm : 8.0 mm : Craniocaudal	RECON JOB 1 Slice width : 10.0 mm Kernel : H60s sharp Window : Base Orbita FoV : 474 mm Center-X : 0 mm Center-Y : 13 mm Begin : -608.0 mm Recon Begin : -608.0 mm Image Order : Craniocaudal Recon increment: 10.0 mm No of images : 22 Recon end : -392.0 mm End : -392.0 mm
RECON JOB 2 Slice width 5.0 mm Kernel : H60s sharp Window Base Orbita FoV : 474 mm Center-X : 0 mm Center-Y : -13 mm Begin : -610.1 mm Recon Begin : -610.1 mm Image Order : Craniocaudal Recon Increment: 2.5 mm No of Images : 89 Recon end : -389.9 mm	RECON J Slice widtl Kemel Window FoV Center-X Begin Recon Be Image Oro Recon Inc No of Imag Recon ent End	OB 3 : 3.0 mm : H60s sharp : Base Orbita : 474 mm : 0 mm : 0 mm : -13 mm : -13 mm : -610.9 mm in : -610.9 mm : -510.9 mm ier : Craniocaudal rement: 1.5 mm ges : 148 : -389.1 mm : -389.1 mm : -389.1 mm	RECON JOB 4 Sice width 2.0 mm Kernel : H60s sharp Window Base Orbita FoV : 474 mm Center-X : 0 mm Center-X : 0 mm Center-Y : -13 mm Begin : -611.7 mm Recon Begin : -611.7 mm Image Order : Craniocaudal Recon increment: 1.0 mm No of Images: : 224 Recon end : 388.3 mm End : -388.3 mm	RECON JOB 5 Silce width : 1.5 mm Kernel : H60s sharp Window : Base Orbita FoV : 474 mm Center-X : 0 mm Center-Y : -13 mm Begin : -611.9 mm Recon Begin : -611.9 mm Image Order : Cranlocaudal Recon increment: 0.8 mm No of images : 280 Recon end : -388.1 mm End : -388.1 mm

METODE I

METODE II

ROUTINE Eff.mAs CTDlw KV Scan time Delay Slice No of images Tilt TABLE Begin Position End Height	150 11.40 mGy 120 8.8 s 7 s 10.0 / 2.5 mm 24 0.0 ° -381.0 0.0 -618.0 0	SCAN Eff.mAs kV CTDIw Delay Scan Time Rotation Time Slice Feed/Rotation Direction	150 120 11.40 mGy 7 s 8.8 s 0.5 s width : 10.0 Coll: 2.5 mm 15 mm Craniocaudal
RECON JOB 1 Silce width : 10.0 mm Kemel : B30f medium smooth Window : Abdomen FoV : 493 mm Center-X : 0 mm Center-X : 0 mm Begin : 381.0 mm Recon Begin : 381.0 mm Image Order : Craniccaudal Recon Increment: 10.0 mm No of images: 24 24 Recon end : -615.0 mm	RECON JOB 2 Silce width Kernel Window FoV Center-X Center-X Begin Recon Begin Image Order Recon Increment No of images Recon end End	5.0 mm B30f medium smooth Abdomen 493 mm 0 mm 0 mm 337.9 mm 381.0 mm Craniocaudal t:: 5.0 mm 47 615.0 mm 621.1 mm	RECON JOB 3 Slice width : 3.0 mm Kernel : B30f medium smooth Window : Abdomen FoV : 493 mm Center-X : 0 mm Center-Y : 0 mm Begin : -376.8 mm Recon Begin : -381.0 mm Image Order : Craniocaudal Recon Increment: 1.5 mm No of images: 157 Recon end : 615.0 Rend : -622.2 mm

				JARAK		1	DIAMET	R dan DENS	ITAS
Window	Tebal	Irican		Koordina	sumbu-Z	Iriaan	r i	Koordina	t sumbu-Z
Window	irisan	ke-	Kode	Sistem CT	Sistem TPS	ke-	Kode	Sistem CT	Sistem TPS
		3	Α	-588.0	58.800	6	A	-558.0	55.800
		4	В	-578.0	57.800	9	В	-528.0	52.800
	10.0 mm	20	С	-418.0	41.800	12	C	-498.0	49.800
		21	D	-408.0	40.800	15	D	-468.0	46.800
						18	E	-438.0	43.800
		10	A	-587.6	58.760	22	A	-557.6	55.760
		14	В	-577.6	57.760	34	В	-527.6	52.760
	5.0 mm	78	С	-417.6	41.760	46	C	-497.6	49.760
		82	D	-407.6	40.760	58	D	-467.6	46.760
				100		70	E	-437.6	43.760
		17	A	-586.9	58.690	36	A	-558.4	55.840
		23	В	-577.9	57.790	56	В	-528.4	52.840
Tipe I	3.0 mm	130	C	-417.4	41.740	76	C	-498.4	49.840
-		136	D	-408.4	40.840	96	D	-468.4	46.840
					6.0	116	E	-438.4	43.840
		25	A	-587.7	58.770	55	A	-557.7	55,770
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	34	В	-578.7	57.870	85	В	-527.7	52.770
	2.0 mm	195	C	-417.7	41.770	115	C	-497.7	49,770
	1 Q.	204	D	-408.7	40.870	145	D	-467.7	46.770
					1	175	E	-437.7	43.770
	N.	32	A	-587.1	58.710	68	A	-558.3	55.830
	N	43	В	-578.3	58.830	106	В	-527.9	52,790
1	1.5 mm	244	C_	-417.5	41.750	143	C	-498.3	49.830
8	Ν.	255	D	-408.7	40.870	180	D	-468.7	46.870
1	1000					218	E	-438.3	43.830
		4	A	-411.0	41.100	7	A	-441.0	44,100
1		21	В	-581.0	58.100	10	В	-471.0	47,100
	10.0 mm					13	C	-501.0	50,100
		1.1			7 L L	16	D	-531.0	53,100
		-				19	E	-561.0	56 100
		7	A	-411.0	41,100	13	A	-441.0	44 100
		8	В	-416.0	41.600	19	В	-471.0	47 100
Tipe II	5.0 mm	41	C	-581.0	58,100	25	c	-501.0	50.100
		42	D	-586.0	58,600	31	D	-531.0	53 100
			-			37	F	-561.0	56 100
		21	A	-411.0	41,100	41	A	-441.0	44 100
		25	B	-417.0	41 700	61	B	_471.0	47 100
	3.0 mm	134	C I	-580.5	58.050	81		-501.0	50 100
	VIV 11011	138	n l	-588.5	58,850	101		-501.0	53 100
		100		-000.0	50.050	101		-001.0	56 100
		1				1 121		-301.0	1 20.100

Lampiran 3. Koordinat citra yang digunakan dalam pengukuran

ន	Γ			297%					4.28%						3387					73.00						2.14%.					234%					3.17%		Τ		1 40%					1 18%					2060	*2060				
Ratur	3.15	3.3		<u></u>	315	3.17	4.07	4.03	400	3.96	398	ŝ	ŝ	ŝ	ž	84 84		603	5.97	6.02	5.98	598	89	202	200	4	5	302	12.06	12.04			12.03	81		1011	11.01	818	100	10.02	80		800	ă	8,98	8.98	88	ŝ	n B B B B B B B B B B B B B B B B B B B	, M	803	<u>8</u> 8			
ſ	3.15	2.24		1.5	316	3.17	4.07	398	398	395	88	ŝ	ŝ	12	ŝ	494	401	603	6.02	6.02	603	ç B	ŝ	192		10	i i	١Å	12.07	1204		28	1703	82	36		1011	89	995	10 B3	86		3	8	898	899	88	5	2 2	88	8.04	8 2 2			
5	, SI E	100		<u>.</u>	2 4	3.17	4.07	₽¥	3%	ŝ	8 8		5		ŝ	ŝ, ŝ	ŝ	ŝ	Ĉ,	6.02	<u>رو</u> ر	55	8	į,		Įž	š	101	12.04	8		182	12.02	81	38	Ē	11 11	i s	10,01	ă	86	<u>8</u>	. s	La 6	868	8.99	8	Ŗ	88	80%	8.04	10 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20			
Ξľ.	315	ľ			2	314		4.07	40	39	395	Į.	8		8	ž	ŧ,۳	ŝ	52	6.02	597	25	8	20,0				ă	12.04	1001		1	12.02	81	16	i i i	11 01	818	100	1003	<u>60</u>	<u>8</u>	8	E S	8,98	894	28	ŝ	a a	18	88	<u>ខ្ល</u> ខ្ល			
[315	2.7		11	214	317		3.98	398	39	395	5	R R		8	5 3	ξįς	8.8	52	6.02	25	55	<u>8</u>	3		Į	3	ğ	12.07	200		Ī	12.03	1		1	1011	<u>8</u> 99	10.08	g	8	<u>66</u>		шő	808	88	8	,	× SK	8	8.02	202 202			
ß			-	2.29%					3.49%		_				1.55%		-		_	7,000				-1-		2.14%		1		t	1.05%	. .	ł		. 1	207%		+	1	1.44%	ļ		Ì	1	138%	5		Ť		-	5				
Ratan	3.15	5.2				3.16	4.05	400	휳	ž	ន្តរ	3			ğ	Ĕ		G S	89	6.02	597	100	8	38			5	Sar	12.03	1283			12.02	31		Ī	101		80	801	<u>100</u>		80	ğ	868	808	5	5	<u>a</u> a	18	8,00	102 102 102			
Ŀ	3.15	125			217	3.17	4.02	398	398	8	8	3	8	1		B	5	60.8	6.02	6.02	597	602	90 90	104	CL.1	15	3	2021	12.04	12.04	12.04	1200	12.02	511		1011	11.01		10,08	200	202	870	1771 80 %	8.98	898	8.99	88	878	90%	80%	8,02	202 202			
5	315	ľ				3.14	4.07	3.98	40	395	8	104	ŝ		8	8	ŝ	89	6.02	6.02	597	å	601	704	51.1	5	38	E,	12.00	12.04			12.02	81	1 8	1011	1011	2 6	800	ũ	86.6	5101	808	500	86.8	8	88	ŝ	88	190	799	108 108			
ä	315	1				313	4.07	4.07	38	395	ន្ត	R I	81		8	a a		88	532	6.02	5.97	25	<u>8</u>	a a	1	Į	10,	i g	12.04	1204	2021	128	12,03	81	3 6	1101	11.01	8 8	801	10B	8 8	666	1000	8	898	89	200	5	22 2	No.	800	202 803			
ŀ	•	2.5			2.4	3.18		398	38	392	395	5	8	a l	8	ă ș	ξ.Ε	g	e B	6.02	5.97	å	601	202	1	100	i X	ă	12.04	11 20	6	100	12.01	8		1011	10.11		566	80	200	86		858	808	894	88	2	20	18	108	801 803			
ß		1	1	101					257%			1	1		3.90%				-	1000			T			137%		.		7	2.09%	-	4			207%		T	-	1 100%			T	ĺ	1 10%			1	-	ļ	1				
Reben	3.15	1				12	400	4,00	400	396	395	855			ä	6 4	ŝ	E,	89	6.02	597	5.98	8	a la	2	500	100	JQ.	12.05	1203	BR	1201	12.02	8	10	1011	1011	<u>5</u> 8	10.03	000	10.01		10701	806	906	8.99	898	3	208 208	ŝ	8 <u>01</u>	08 203			
ſŀ	315	1			1	3.14	3.98	3 <i>9</i> 8	4.07	8 8	395	8	8		8	84	<u>1</u> 8	60.9	en S	6.02	89	å	å	104	51.7		3 2	101	12.04	12.04	508	1200	12.03	81	199	10	11.0	8	10.08	10.BS	10.01		302	88	8.98	86,8	868	8	88	i S	8.01	88			
	, ï	1				3.14	3.98	3.98	38	395	395	5	8 I		8	2	Ş 8	ŝ	6.02	6.02	597	597	90 90	N.	100	3.0	102	1987	12.04	12.04	8	128	12.02	8	111	11.01	11.01	<u>1</u> 2	10.01	ã	10.01	566	38	5	6.07	8.99	894		50% 50%	18	20.8	8.01 8.04			
e e	<u>.</u>	1		2; r	214	315	4.07	4,07	398	395	393	₽.	8	A	8	ž	ŝ	69	593	6.02	592	591	55	202	411	102	102	182	12.07	12.04	1001	12.01	12.02	11.82	18		1011	E 8	g	ŝ	666	BC E	8	88	898	8,8	89	<u>8</u>	208 208	i Ma	10.8	88			
[-	315	100			214	3.17	398	3 <i>9</i> 8	338	395	395	391	8	20	8	ž	205	6.02	å	6.02	597	597	89	202	-	201	100	187	12.04	11.99	6	1200	12,00	811	11.12	1011	11.01		20.6	108	999		808	55	8.98	668	88	32	200	18	798	ឌីឌី			
8			_	1,1250					1.65%			1			3.77%	7		T		1.11				1		130%	1		Γ		1.52%	Į				0.55%				3 ni % L			Ţ	1				T		ļ					
Rataa	315	112			14	3.16	400	398	398	38	8	3.98	Ĕ		ŝ	66	Ş	3	å	600	598	89	\$D1	1.04	810	5 8	ž	705	12.04	1203		1201	1202	1102			11.01		10.04	g	10.00		808	5	8,98	8.98	868	ŝ	5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	i g	8.01	88 28			
Ţ,	, E	1			91V	315	4.07	3.98	398	â	395	8	8		ğ	ž,	K 8	89	a 8	6.02	6.02	â	â	2	51.1	100	10	100	12.00	12,04	82	182	1202	81	3	1011	11.01	38	100	g	666	Bi S	808	858	8,98	8,99	8	5	888	i a	8,02	88			
	315				2	512	398	398	398	395	8	365	8		8	8	5	69	6.02	6.02	5.97	59	80	704	202	204	202	102	12.07	12.04	12.04	81	12.03	1100	3 2	101	11.01		B	g	10.01	66	1000	8	8.98	899	88	8 <u>,</u>	88	88	803	20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 2			
۲ ۳	315	Ĭ			14	112	3.98	398	398	395	202	25E	89		8	ž	8	ŝ	6.03	6.02	5.97	å	1 0%	200		100	196	i di	12.04	12.04		1282	12.03	118	38		1101		ğ	g	866		800	38	898	8.94	894	<u>s</u>	200	i B	108	888			
	315	2.6			11	11	398	398	398	393	39	5	8		ğ		ŝ	â	â	6.02	5.97	59	8	202		502	102	ă	12.04	11.99		6	12.01	81		1011	11.01		80	10.02	666	8	8	38	898	898	88	3	28	i g	199	ឌីឌី			
8				1.35%			Γ		2.48%			T			4.80%	Ċ	2	Ī		, env.	į			2		231%	1				1.29%		•			NG I				20%			T		200			Ť			×66	-			
Retes	315	217		277		315	4.03	4.00	84	3.98	86	κr.	8		8	8		ŝ	6.00	6,02	5.98	10.9	6.01	7.04	2	205	382	201	12,03	12,00	12.02	12.01	12.01	11.02		101	11.01	1011	1001	10,00	10,01			88	8.98	899	88	828	38	i B	813	8.04 8.04			
ſ	315	215		212	316	315	4.07	4.07	398	ŝ	8 8	5	8		ŝ	₹Į	ļ,	600	6.02	6.02	¢B	8.8	ŝ	7.04	51.7	90 C		10,	12.00	11.99	ă s	8	12,00	81		1101	11011	8 2	100	10.02	10.02	8		800	8.98	899	808	52	ä	38	8.04	2 22			
5	, 57	ľ			110	2	3.98	398	4.07	â	395	₿	8		8	<u>8</u>	ŝ	ŝ	6.02	6.02	591	ŝ	6 <u>0</u> 1	20	5	197 C	312	192	12.04	12.04		128	1203	8		101	1011	88	lä	ũ	10 10 10	<u>s</u>	100	5	8.98	668	88	25.2	22	18	802	10 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20			
ŝ,	215	1			11		398	3,98	3%	ŝ	395	55	8	Ŗ	8	ğ		g	292	۵ <u>n</u>	59	â	8	20	1	Į	100	i B	12.04	11.99			12.02	8			1011	₿ E	ŝ	1023	20 20 20	8	100	38	8.98	8.99	88	85 C	88	; <mark>8</mark>	802	10 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20			
•	315	2.5			51.5	316	401	398	398	395	395	6F	8		ŝ	8		â	â	6.02	597	591	8	101		4 X		No.	12.04	6611	8	1201	1200	8			101	8 2 2 2 2	100	995	2020	8	800	888	8.98	899	8	858	20	;[g	8.02	8 8 8			
0 inera	-		•		•	Rataen	-	7	۳	4	~ ¦	Katen	-	~	~	4			~	3	4	۶	Ratean	-		~ <	•	Ratten	-	7	~		Rattern	-	-		~	Reten		9	•	γ			3	4	٦.	Keten			4	5 Ratnan			
Junk Penguhuna	215 2315 2415 2415 2415 2415 2415 2415 2415 24			8 8 8 8 8 9 9 9			48 8 7 8 8		84 84 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10		84 84		8 8 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		-	1		ă T	_			J	Ę	3					202	1	J			12.00	1_	L.		1	8	<u>, 1</u>		· · ·	Ē				1	Ę		1 .			Į		_1_

Lampiran 4a. Hasil pengukuran jarak pada sistem CT-scan metode I

Jarak Banambana	Illanor	10 s	am	Rates	SU		5 n	1.34		Rates	ST		3 n	LAL		Rataan	SD
JEISE PERGURATER	uman	A	B	Kaman	ອມ	A	B	С	D	Kataan	ച	A	B	С	D	KAULIA	வ.
	1	3.18	3.18	3.18		3.08	3.18	3.18	3.18	3.18		3.08	3.18	3.08	-3.08	3.08	
	2	3.18	3.18	3.18		3.18	3.18	3.08	3.18	3.13		3.08	3.08	3.18	3.18	3.18	
315	3	3.08	3.18	3.13	274%	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18	274%	3.18	3.18	3.08	3.18	3.13	4.18%
5.65	4	3.18	3.18	3.18		3.08	3.18	3.18	3.08	3.13		3.18	3.18	3.18	3.08	3.13	
	5	3.18	3.18	3.18		3.18	3.18	3.18	3.18	3.18		3.18	3.08	3.18	3.18	3.18	
	Rataan	3.16	3.18	3.17		3.14	3.18	3.16	3.16	3.16		3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	
	1	3.95	395	3.95		4.04	3.95	3.95	395	3.95		4.04	3.95	3.95	3.95	3.95	
	2	395	4.04	4.00		395	395	395	395	3.95		4.04	4.04	3.95	3.95	3.95	
4.00	3	395	3.95	395	2.46%	3.95	395	3.95	395	3.95	0.00%	395	3.95	4.04	3.95	4.00	2.01%
	4	395	395	395		4,04	395	395	395	395		395	395	395	395	395	
	5	4.04	395	4.00		395	3.95	3.95	3.95	395		395	4,04	395	3.95	395	
	Ratean	391	397	391		399	393	395	3.95	3.95		3.99	5.99	391	393	390	· · ·
	1	201	201	201		501	201	201	201	100		4.91	201	10.5	501	10.0	
	2	201	201	100		201	201	5.01	501	201		10.5	201	201	201	10.0	
5.00	5	491	5.01	496	2.24%	501	10.0	5.01	5.01	10.0	0.00%	JUI 401	201	5.01	5.01	5.01	0.00%
	4	201	201	5.01		10.2	5.01	5.01	5.01	5.01		.4.91	JU1 401	5.01	5.01	5.01	
	Determ	100	201	5.00		5.01	5.01	5.01	5.01	5.01		402	4.91	5.01	5.01	5.01	
	rataan t	439	301	500		5.07	507	507	5.01	5.01		431.	4.39	507	5.07	507	
	2	507	501	507	11	507	507	507	507	501		507	507	507	507	507	
	2	507	507	507		507	507	507	507	507		507	.507	507	507	507	
6.00		507	507	507	0.00%	507	507	507	507	507	0.00%	507	507	507	507	507	0.00%
	5	507	507	597		507	507	507	597	507		597	507	597	597	507	
	Rataan	507	507	507		507	597	507	597	597		507	507	507	597	507	
	101001	203	703	703		7.03	7.03	703	703	203		203	7.03	7 03	703	203	
	2	203	703	203		703	7.03	703	703	7.03		703	203	703	7.03	703	
		703	703	203		703	703	7 03	703	203		7.03	2.03	7 03	7.03	703	
7.05	4	7.03	703	203	0.00%	703	703	203	7.03	7.03	0.00%	7.03	7.03	7.03	7.03	7.03	0.00%
	5	703	703	7.03		703	7.03	7.03	7.03	7.03		2.03	7.03	7.03	7.03	7.03	
	Ratean	703	7.03	7.03		7.03	2.03	7.03	7.03	7.03		7.03	7.03	7.03	7.03	7.03	1
		11.96	11.99	11.98		12.01	12.04	11.94	11.99	11.97		12.01	12.01	11.99	11.99	11.99	
	2	11.96	12.03	12.00	1	12.04	12.01	12.04	12.04	12.04	1	11.99	11.99	11.99	11.98	11.99	1
	3	12.01	11.99	12.00		11.99		11.99	11.99	11.99	1	12.01		12.03	11.99	12.01	1
12.00	4	12.01	12.01	12.01	1.80%	12.01	12.04	11.99	11.99	11.99	2.14%	12.01		11.99	11.99	11.99	1.20%
	5	12.01	12.04	12.03		11.99	12.01	11.99	11.99	11.99		12.01	11.99	12.01	12.01	12.01	
	Rataan	11.99	12.01	12.00	1	12.01	12.03	11.99	12.00	12.00		12.01	12.00	12.00	11.99	12.00	1
	1	10.98	10.98	10.98		10.98	10.98	10.98	10.98	10.98		10.98	10.98	10.98	10.98	10.98	
	2	10.98	10.98	10.98	1	10.98	10.98	10.98	10.98	10.98		10.98	10.98	10.98	10.98	10.98	· ·
	3	10.98	10.98	10.98	1	10.98	10.98	10.98	10.98	10.98	1000	10.98	10.98	10.98	10.98	10.98	0.000
11.00	4	10.98	10.98	10.98	0.00%	10.98	10.98	10.98	10.98	10.98	0.00%	10.98	10.98	10.98	10.98	10.98	0.0074
	S	10.98	10.98	10.98]	10.98	10.98	10.98	10.98	10.98]	10.98	10.98	10.98	10.98	10.98	
	Rataen	10.98	10.98	10.98]	19 <i>.</i> 98	10.98	10.98	10.98	10.98		10.98	10.98	10.98	10.98	10.98	
	1	10.08	10.08	10.08		10.01	10.01	10.01	10.01	10.01		10.01	10.08	10.01	10.01	10.01]
	2	9.94	10.01	9.98		10.01	10.01	10.01	10.01	10.01		9.94	10.01	10.01	10.01	10.01	1
10.00	3	10.01	10.01	10.01	387%	10.01	10.01	10.01	10.01	10.01	0.00%	10.01	10.01	10.01	10.01	10.01	0.00%
	4	10.01	10.01	10.01	1	10.01	10.01	10.01	10.01	10.01	1	10.01	10.08	10.01	10.01	10.01	1
	5	10.01	10.01	10.01		10.01	10.01	10.01	10.01	10.01		10.01	10.01	10.01	10.01	10.01	Į
	Ratean	10.01	10.02	10.02		10.01	10.01	10.01	10.01	10.01		10.00	10.04	10.01	10.01	10.01	
	1	905	895	9.00		9.05	9.05	8.95	8.95	8.95	1	9.05	9.05	8.95	8.95	8.95	ł
	2	9.05	8.95	9.00		9.05	9.05	8.95	8.95	8.95		9.05	9.05	9.05	8.95	9.00	· ·
9,00	3	8.95	9.05	9.00	2.24%	9.05	9.05	9.05	8.95	9.00	2.24%	905	9.05	8.95	9.05	9.00	2.74%
	4	9.05	8.95	9.00		9.05	9.05	8.95	8.95	8.95	-	9.05	9.05	8.95	8.95	8.95	1
	5	9.05	9.05	9.05	-	9.05	8.95	8.95	8.95	8.95	4	8.95	9.05	8.95	8.95	8.95	1
	Ratean	9.03	8.99	9.01	ļ	9.05	9.03	8.97	895	8.96		9.03	9.05	8.97	8.97	8.97	I
		8.06	8.06	8.06	Į	7.99	7.99	808	8.06	8.07	4	8.08	808	7.99	8.02	8.01	4
		8.06	8.06	8.06	1	808	7.99	808	8.08	8.08	4	8.02	808	8.06	7.99	8.03	4
8.00	3	808	8.03	8.06	3.38%	8.02	10.8	199	1.99	1.99	4.44%	8.02	1.99	199	199	1.99	1.82%
	4	7.99	7.99	7.99	4	7.99	199	17.99	1.99	199	4	8.02	8.06	1 799	8.08	8.04	4
	5	199	8.02	10.00	4	199	8.06	199	8112	108	4		1.99	1 8103	8112	203	4
. <u></u>	Katean	1 8,04	8113	8113	<u> </u>	1 8 101	1 8 101	دىر م	1 8113	8113	I	5113	5.04	1 8 11	8117	8112	1
												; · . ·	1				

Lampiran 4b. Hasil pengukuran jarak pada sistem CT-scan metode II

ŗ

Lampiran 4c. Hasil pengukuran jarak pada sistem TPS metode I

Lampiran 4d.	Hasil	pengukuran	jarak	pada	sistem	TPS	metode I	I
--------------	-------	------------	-------	------	--------	-----	----------	---

T	77	10 1	nin	.	~		51	nm			-].	31	DRA .		.	
aaran rengunuran	Uangan	٨	B	Katian	ธบ	Å	B	C	D	Kataan	SD	~:A	B	C	D	Retean	SD
	1	3.201	3.201	3.201		3.201	3.201	3.201	3.201	3.201		3.201	3.201	3.201	3.201	3.201	
	2	3.201	3.201	3.201		3.201	3.201	3.201	3.201	3.201		3.201	3.201	3.201	3.201	3.201	
215	3	3.201	3.201	3.201		3.201	3.201	3.201	3.201	3.201		3.201	3.201	3.201	3.201	3.201	
312	4	3.201	3.201	3.201	1.45%	3.201	3.201	3.201	3.201	3.201	0.00%	3.201	3.201	3.201	3.201	3.201	0.00%
	5	3.201	3.137	3.169		3.201	3.201	3.201	3.201	3.201		3.201	3.201	3.201	3.201	3.201	
	Ratean	3.201	3.188	3.195		3.201	3.201	3.201	3.201	3.201		3.201	3.201	.3.201	3.201	3.201	
	1	4.034	4.034	4,034		4.034	4.034	4.034	4.034	4.034		4.034	4034	4034	4034	4134	
	2	4,098	4.034	4,066		4.098	4.034	4034	4.034	4.034		4034	4034	4.098	4134	4066	1
4.00	3	4.034	4.034	4.034		4.098	4.034	4.034	4.034	4.034		4034	4034	4034	4134	4034	
4.00	4	4.034	4.034	4.034	2.26%	4.034	4.034	4.034	4,034	4.034	1.43%	4034	4034	3970	4034	4002	2.68%
	5	4.034	3.970	4.002		4.034	4.034	4.034	3.970	4.002		4034	3970	3.970	4.034	4.002	
	Rataan	4.047	4.021	4.034		4.060	4.034	4.034	4.021	4.028		4034	4(2)	4.021	4.034	4.028	
-	1	4994	5.058	5.026		4.994	4994	5.058	5.058	5.058		4994	4994	5.058	5.058	5.058	
	2	4994	4994	4.994		4994	4.994	4994	5.058	5.026		4994	4994	4.994	5.058	5.026	
	3	4,994	5.058	5.026		4994	4 9 9 4	4994	4 994	4 994		4904	4 904	5.058	4 904	5026	
500	4	4.994	4994	4994	1.75%	4.994	4994	4994	4994	4.994	2.86%	4.994	4,004	4 994	4 994	4 994	2.68%
	5	4994	4994	4994		4.994	4994	4994	4994	4.994		4994	4.994	4.994	4994	4994	
	Rataan	4994	5.020	5.007	11	4.994	4,994	5.007	\$.020	5.013		4994	4994	5,020	5.020	5,020	
	1	6.018	6.018	6.018		6.018	6.018	6.018	6.018	6.018	1.00	6.018	6.018	6.018	6.018	6018	<u> </u>
	2	6.082	6.018	6.050		6.018	6.018	6.018	6.018	6.018		6018	6.018	6.018	6012	6.018	
	3	6.018	6.018	6.018		6.018	6.018	6.018	6.018	6.018		6.018	6.018	6.018	6.018	6.018	
6.00	4	6.018	6.018	6.018	1.43%	6.018	6.018	6.018	6.018	6.018	0.00%	6018	6018	6.018	6018	6018	0.00%
	5	6.018	6018	6.018		6.018	6.018	6.018	6.018	6.018	1	-6018 -	6.018	6.018	6.018	6018	
	Retean	6.031	6018	6.024		6.018	6018	6018	6.018	6.018		6018	6018	6018	6018	6.018	
	1	3 107	7043	2075		2 107	7 107	2043	7.043	2 043		7 107	7 043	7043	7043	7 0/3	
	2	7.043	2043	7 043		7 043	7.043	7043	7043	7043		7 107	7.043	7043	7043	7043	
_	3	7043	7043	7043		7 043	7043	7 043	2043	2043		7 043	3.107	7043	7107	7 075	
7.05	4	7 043	7043	7043	1.43%	7043	7.043	7043	2043	7043	0.00%	2043	7 043	7043	7.043	70/3	1.43%
	5	2043	7043	7043		7043	7043	7043	7043	7043		7043	7 107	7.043	7.042	7.043	
	Rataan	7056	2043	7040		2.056	7056	7043	7043	7043	-	2060	7.060	700	7.0%	7.045	
	1	12 086	12.054	12070		12.086	12054	12 022	12054	12008		12002	12,002	1202	12,020	12 026	·
	2	12.063	12.054	12.070		12.000	12.054	12 020	12 000	12,006		12,000	12,000	12.022	12,000	12.020	
	3	12 030	11 002	12014		12 130	12 030	12022	12 022	12022		12 030	12,000	12,022	11 002	12014	•
12.00	4	12 030	11 002	12014	2.78%	11 002	12,030	12.022	11 009	12014	1.00%	12,030	12,000	12,030	12.000	12.014	0.49%
	5	11 002	12,020	12,014		12 030	12,009	11.000	12 020	12014		12,030	12,009	12,000	12.022	12.020	
	Reteen	12 041	12 007	12.014		12.030	12.000	12,000	12005	12,014		12,000	12,000	12,022	12.022	12,022	
	1	11 084	11 084	11 084		11 084	11 094	11.024	11 024	11 024		11 020	11 030	11 094	11 020	11.053	
	2	11 084	11 020	11.052		11 020	11 02/	11 084	11 020	11.052	1	11.020	11.020	11.094	11.020	11.052	
		11.020	11,020	11 020		11 020	11,004	11 020	11,020	11 020		11.020	11.020	11,020	11 000	11.002	
11.00	4	11.020	11 094	11.020	2.26%	11 020	11.020	11 020	11.020	11.020	2.86%	11.020	11.020	11.020	11.020	11.020	1.75%
	4	11.020	11.004	11.052	44 Q	11.020	11.020	11.020	11.020	11 020	1.2	11.020	11.020	11.020	11.020	11.020	
	Dataan	11.046	11.059	11.052	-	11 022	11.046	11.046	11.020	11.020	-	11.020	11.020	11.046	11.020	11.0.20	
	1 I	10 000	10.010	10 010		10.010	10,000	10.010	10 010	10.010		-10.010	10,010	10,010	10.010	10.010	
	2	10.000	10.010	10.010		10.010	10,000	10.010	10.010	10.010		-10,000	10,010	10.010	10.010	10.010	
	2	10,000	10,000	10.005		10,000	10,000	10.011	10.011	10.011	·	10,000	10,000	10.011	10.010	10.011	
10.00	Å	10.000	10.000	10.00	0.24%	10.009	10,000	10.011	10.014	10.011	0.10%	10.009	10,009	10,010	10.014	10.014	0.08%
	4	10.010	10.011	10.011		10,000	10.000	10.011	10.014	10.013		10,000	10,010	10.010	10.011	10.011	
	Return	10.009	10,000	10,000		10.000	10,000	10.010	10.011	10.011		10,000	10,000	10.010	10.011	10.011	
	Ivaidan 1	0.024	0.024	10,000	<u> </u>	10,010	0.024	0.024	10.011	0.024		10,009	10,009	10010	10.011	101011	
	1	0.024	0.024	7,1,34		0.024	0.024	9.034	9004	9.004		9,054	9.054	0.62	9,054	9002	
	2	0.024	0.024	0.024		0.004	0.024	9,034	9004	9.034		93054	0.024	9,054	9,054	9,054	
9.00	د 4	9,034	0024	4000	0.00%	71154	31134	9,054	9,0004	9.054	0.00%	91154	91154	9,054	9,054	9,0,54	1.75%
	4	9,054	9,034	9,0,54		9,054	9,054	9,054	9,054	9,034		91134	9,054	8970	9.034	9,002	
) Dut::::	9,054	93054	9,054		9,054	91054	91054	9004	9,054		9,034	9,054	9,034	8.510	9,002	
	Kalaan	9,0,54	9,054	93154		9,034	91154	9,054	91154	91154		9,034	9,034	9108	9.021	AN12	
	1	8102	8114	8103		81192	81192	8048	8,076	8,062		8,048	81030	8.014	8.014	8.014	•
		URITR	8,014	8,122		81130	8,048	USU 8	UEUL 8	0000		8100	81130	8.014	8.014	8.014	
8.00	5	UEULS	8,014	8,122	1.62%	8,048	DEULS .	UEULS	UELLS	USUS I	1.75%	81122	8,092	8,014	020.8	8,022	0.63%
	4	8,014	8,014	8,014		8,030	8,048	8.014	8,014	8.014		8,014	8.048	8.014	8.044	8.029	
	>	8,030	7.998	8.014		81130	020.8	8,030	8.030	8.030		8.030	8.004	8.030	8.014	8.022	
	Ratsan	8.039	8011	8.025		8.046	8.050	8.030	8.036	8.033	I	8.029	8.041	8.017	8.023	8.020	

-96.6 - 6-5 1 - Lampiran 5. Grafik akurasi jarak



<u>5</u>2

Investigasi Akurasi..., Wiganti, Krlstina Tri, FMIPA UI, 2008

ralik skuran

Lampiran 6a. Hasil pengukuran diameter pada sistem CT-scan metode I

	ß			X000		Т	_	1,000		Τ		200%				ž			Γ		2000		Ι		200%				ž								700%		Τ		X001		Γ			
	Entra	222	22	រុក្ត	ត្តទ	2.13	2.13	12	213	R	R	R R	រុគ្គ	ក្ត	12	213	512		20	200		20	ğ	ផ្កត្ត	គ្គា	ផ្តត្ត	ក្ត	a s	គ្រ	ä	R	1		517	213	88	R		8	213		17	ន្ត	<u>รุรุ</u>	R	ន្តន្ត
	Ţ.	1 <u>2</u>	22	រុក្ត	ត្តទ	213	2.13	12	213	ន្ត	ក្ត	ន្តទ	រុគ្គ	ក្ត	57 F	213	517	33	204	202	Į Ž	Ř	ă	ផ្តត្ត	ក្ត	ត្តត្ត	ក្ត	a k	ន្ត	22	រុគ្គ	512	12	57	12	828	2	28	ล	213	213	122	R	ន្តឆ្ក	ន្ត	ភ្គន្ត
		22	22	12	ន្តន	213	2.13	22	2.13	R	ក្ត	ន្តទ	រុន្ត	Ŗ	213	213	2.13	22	20	ă	នុង្គ	204	20	ផ្កត្ត	R	<u>R</u> R	ន្ត	a s	R	22	1g	5.12		57	213	ន្តន្ត	R	28	8	213	2.13	513	ន្ត	ន្តន្ត	8	ភ្លន្ត
	,	22	22	រុក្ត	22	2.13	213	3.13	2.13	38	Ŗ	R F	38	ñ	512	213	2.13		2.04	200	Į	20	ă	ធ្លុក្ត	R	R R	ក្ត	a s	ក្ត	22	1g	513		512	213	88	2	22	8	112	110	12	2	ន្តន្ត	ន្ត	ន្តន្ត
		22	22	រុត្ត	ត្តទ	213	2.13		513	R	ក្ត	ផ្កន្ត	1 1 1	ក្ត	212	12	2.13		2.04	200	Į	ă	ă	ផ្កត្ត	ន្ត	R R	ក្ត	a s	R	R R	1g	513	22	515		88	8	28	8	513	517	12	8	ខ្លួន	8	ន្តន្ត
		<u>, 1</u>	a r	រុគ្គ	ត្តទ	213	512	22	513	lg	ក្ត	ផ្ករ	18	ក្ត	515	17	E12	313	ð	80	1	ă	ă	<u>n</u> n	R	RR	g	n n n	1 <u>R</u>	អ្កគ	18	- -	33		12	នុន	R	28	ន្ត	512	11	121	8	<u> </u>	8	38
	R R	┢		ž		t		ğ		+	1.1	ž	<u>.</u>		<u> </u>	Ĩ	Ì	<u> </u>		<u> </u>	È			1	r T Š			<u> </u>	Ĩ	<u>''r</u> i	<u>.</u>	<u>FT</u>	1	<u>rr</u> Š	<u> </u>		TT Š	<u> </u>		<u> </u>	ŝ	<u>TT</u>	1	<u>- </u> 	ŝ	210
	1	22	a s	រុក្ត	ត្តទ	11	512		513	R	R	a la	18	R					8	ă ă		ž	ă	RR	R	n N N	g	a s	IR	ក្តុខ្ល	1 R	2			12	ន្តន	R	28	R	513	22	1212	18	នុន្ត	2	ন্বন্থ
	٦,	22	R R	R	R R	2.13	513	11	513	8	R	ត្តទ	18	R	<u> </u>	2.13	<u> </u>	12	8	802	1	ð	ă	88	8	88	я	R F	я	ត្តទ	រគ		19		19	នុន	8	78	8	13	113	5	R	88	8	ह ह
0 tana 0 1 0 1		2	នុទ្	18	ត្តទ	13	213		513	18	я	88	38	R	99	113	ព	39	đ	ă	1 3	A	Z.	ЯЯ	R	R R	R	R R	R	R	18	13	2 3			នុន	R	28	R :	13 2 13 2	5 CT		38	<u>न</u> ह	នុ	<u>~</u> ~ स्रस
Bols Desc Desc <thdesc< th=""> Desc Desc <thd< th=""><th></th><th>, R</th><th>86</th><th>18</th><th>88</th><th>13</th><th>с С</th><th>19</th><th>6 C</th><th>R</th><th>R</th><th>RE</th><th>38</th><th>R</th><th>5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5</th><th></th><th>E :</th><th>2 10</th><th>S.</th><th>82</th><th>5 3</th><th>8</th><th>8</th><th>88</th><th>8</th><th></th><th>8</th><th><u>а</u> 6</th><th>22</th><th>R R</th><th>18</th><th>5</th><th><u>.</u></th><th><u> </u></th><th>20</th><th>88</th><th>R</th><th>28</th><th>2</th><th>13 2</th><th>13 2</th><th>1910</th><th>• ~ : ड</th><th>ਕ ਕ ਸ਼ੁਸ਼</th><th>ਕ ਕ</th><th>88</th></thd<></thdesc<>		, R	86	18	88	13	с С	19	6 C	R	R	RE	38	R	5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5		E :	2 10	S.	82	5 3	8	8	88	8		8	<u>а</u> 6	22	R R	18	5	<u>.</u>	<u> </u>	20	88	R	28	2	13 2	13 2	1910	• ~ : ड	ਕ ਕ ਸ਼ੁਸ਼	ਕ ਕ	88
B Image Ima	7	2	RR	18	สุร		<u> </u>	20	<u></u>	28	R	R	18	R		5	2 51	2 2	2	22	5	2	2	RR	2	2 2 2	2	n R	- 1 R	ч г Я Я	- 1 7 7 7	13 2	1 1 1 1 1 1 1	2	5 1	88	8	7 7 7 8	8	13 2	<u> </u>	199	28	88	2	
9 1 1 1 1 1 1 0 1 0		2	2 17	7 7 1 R	л г Я Я	13 2	13 2		5 5	- 18	R R	R	7 A 7 A	я Я	<u> </u>	13	13 2		2	88	5 3	8	3	88	2	88	3	9 R	7	<u>ч</u> г Я В	1 R	2	2 C	20	200	88	8	7 R	8	13 2.	5 5		1 2 8	88	R	 8 8
0 base 0 - - base 0 - - base 0 - - - base 0 -	LL e		<u>ul.</u>	۱۳ ک	4	1	-1	n n Š	<u>[u]</u> .	1	14	<u>17</u>	<u> </u> 1	2	<u> </u>	ירי ז	5	-1-	4	<u> (</u>	10	1	2		171 3	<u> </u>	1	<u>, j.</u>	<u>اما</u> غ	~i ^	<u>i ri</u>	1	<u>n n</u>	<u> ~ </u> 5	•]~	~ ~	in š	~ ~	~	ni ni	יןיי 3	ilrilr	1	<u>4 4</u> 	<u>iril</u> š	24
0 Image Ima	Ī	8	R	<u> १</u> व	R	1	E		2	8	R	न्न ह	4	R	- 		5	2 2	đ	3 3	S S	3	B.	RR	8 R	RR	R	ala	IR	R	খন	2			212	র র র	8	28	8	<u></u>	<u>5</u>		2 8	<u>त्र</u> वि	३ जि	RR
D tent 0 <th0< th=""> <th0< th=""> <th0< th=""> <!--</th--><th><u>الم</u></th><th>3</th><th>88</th><th>। মন</th><th>RR</th><th>13</th><th>5 2 2</th><th>2 2</th><th><u>.</u></th><th>8</th><th>R</th><th>20</th><th>38</th><th>R</th><th></th><th>13</th><th>2 C C</th><th></th><th>n N</th><th>82</th><th>5 3</th><th>N N</th><th>n a</th><th>RR</th><th>8</th><th>R R</th><th>7</th><th>38</th><th>- 1 R</th><th>a r</th><th>2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2</th><th>5</th><th>2 2</th><th>11:</th><th>17</th><th>88</th><th>8</th><th>7 7</th><th>8</th><th>13 2</th><th>13 2</th><th>125</th><th>28</th><th>88</th><th>R</th><th>7 (^ 8 8</th></th0<></th0<></th0<>	<u>الم</u>	3	88	। মন	RR	13	5 2 2	2 2	<u>.</u>	8	R	20	38	R		13	2 C C		n N	82	5 3	N N	n a	RR	8	R R	7	38	- 1 R	a r	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	5	2 2	11:	17	88	8	7 7	8	13 2	13 2	125	28	88	R	7 (^ 8 8
D Fan		2	28	។ក រគ	28	13 2	13		5 5 6 6	R	я 8	28	38	8	1 1 1 1 1	13 2	2 6		2	22	5 3	8	2	8 8	2	2 2 2 2	R	218 218	- - -	28	18	5	2 2	5 5	3 E	88	2	28	2	13 2	13.2		1 2 8	<u> </u>		7 7 8 8
Diame Diame <th< th=""><th>5.</th><th>2 2</th><th>88</th><th>18</th><th>2 R</th><th>10</th><th>12</th><th></th><th>13.2</th><th>28</th><th>2</th><th>сі с 13 12</th><th>7 C 7 R</th><th>r R</th><th><u> </u></th><th>13</th><th>2 C</th><th></th><th>2</th><th>717 717</th><th>4 A</th><th>e X</th><th>5</th><th>n n R R</th><th>2</th><th>7 7 8 8</th><th>7</th><th>2 2</th><th>הי גע</th><th>17 8 8</th><th>ה וּ גוג</th><th>20</th><th>2 2 2 2 2</th><th>19 1 19 1</th><th>4 74 3 12</th><th>88</th><th>8</th><th>3 2</th><th>2</th><th>3 2</th><th>7 7</th><th></th><th>9 9 9</th><th>28</th><th>R</th><th>5 6 0</th></th<>	5.	2 2	88	18	2 R	10	12		13.2	28	2	сі с 13 12	7 C 7 R	r R	<u> </u>	13	2 C		2	717 717	4 A	e X	5	n n R R	2	7 7 8 8	7	2 2	הי גע	17 8 8	ה וּ גוג	20	2 2 2 2 2	19 1 19 1	4 74 3 12	88	8	3 2	2	3 2	7 7		9 9 9	28	R	5 6 0
Derivation Derivat		5	2 B	12 12	20	3	3 7	2 2	2 C	12	2	20	20	2	20	3 2.	2 5		4 2.C	22		20	21	2 2 2 2	2		2		2.5	20	12	2	2 2	2.0	5	0 25	2	22 0	52	3 21	3 2.1		- 0 - 7 - 7	22	2	22
Patient Stant		22	2 2	12	22	3 21	2.1	3 2 2	2 2	12	2	25	22	23	7 7	3 21	17	2 2	4 20	1 20		4 20	5	22	2	22	22	25	23	22	12	17	21	17	57	22	2	22	5	21	2.1		25	22	2	22
	Ц	12	212	12 ×	25	17	7	77	2	12	2	21:	12	2	22	5		7	20	26		12	2	2 2	2	212	22			26	12	7	2		17	25	57	252	52	212	1.1		2.5	ลุ	2	22
$ \begin{array}{ $	8			8				8	Inla		L	8	1.	1		ع اللا	3	n la		.	8			-	응				3	} 							<u>g</u>				8	J.T.				
$ \begin{array}{ $		22	22	12	22	21	2.1	5 5	1.5	12	22	21	22	22	2 2	1	2.1	21	1 20	22	3 3	2	2		2	22	22	22	22	22	12	21	212	21	17	25	25	222	2.5	21	213	17	25	222	ล	สุร
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$		22	22	12	22	215	2.1	212	213	22	22	22	22	22	2.12	2.1	2.13	213	20	202		20	ă	88	23	22	22	86	18	22	38	213	212	213	12	2.50	250	2.50	250	2.13	2.13		2.50	22	ង	22
$ \begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$		22	22	រុង	22	213	2.13	2.13	213		32	ក្តន	88	2.2	21: 1:	2.13	2.13	212	204	202	202	2.04	202	ន្តនេ	2	88	22	ក្តុ	22	87	18	51	212	1	12	86	52	22	8	2.13	2.13	122	2.50	88	82	22
Desite Desite <thdesit< th=""> <thdesit< th=""> Desit</thdesit<></thdesit<>		,R	86	រុង	86	213	2.13	512	2.13	្តត្ត	22	ផ្តរុ	86	22	213	213	213	212	204	204		ğ	ų.	អ្នក្ត	ក្ត	អ្នក	22	ដ្ឋ័ន្ត	187	ក្ត	12	213	512	213	12	87	28	88	8	212	2.13	12:	2.5	22	25	ន្តន្ត
Partial Partial <t< th=""><th></th><th>ក្ត</th><th>22</th><th>រុង</th><th>22</th><th>512</th><th>2.13</th><th>213</th><th>213</th><th>18</th><th>23</th><th>ក្តន</th><th>18</th><th>22</th><th>213</th><th>213</th><th>213</th><th>232</th><th>204</th><th>200</th><th>100</th><th>204</th><th>202</th><th>ក្តក្ត</th><th>22</th><th>ក្តក្ត</th><th>22</th><th>ក្តខ្ល</th><th>18</th><th>ក្ត</th><th>រដ</th><th>213</th><th>212</th><th>25</th><th>17</th><th>828</th><th>ន្ត</th><th>ลีรี</th><th>R</th><th></th><th>2.13</th><th>12</th><th>- R</th><th>ន្តត្ត</th><th>ร</th><th>ន្តន្ត</th></t<>		ក្ត	22	រុង	22	512	2.13	213	213	18	23	ក្តន	18	22	213	213	213	232	204	200	100	204	202	ក្តក្ត	22	ក្តក្ត	22	ក្តខ្ល	18	ក្ត	រដ	213	212	25	17	828	ន្ត	ลีรี	R		2.13	12	- R	ន្តត្ត	ร	ន្តន្ត
Mam Mam <th>Ľ</th> <th>1<u>8</u></th> <th>ន្ត្</th> <th>រុង</th> <th>Я Я Г</th> <th>2.13</th> <th>2.13</th> <th>222</th> <th>2.13</th> <th>18</th> <th>22</th> <th>ន្តន</th> <th></th> <th>R</th> <th>2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2</th> <th>213</th> <th>2.13</th> <th>213</th> <th>204</th> <th>100</th> <th></th> <th>204</th> <th>204</th> <th>ក្តក្ត</th> <th>2</th> <th>ដ្ឋដ</th> <th>23</th> <th>ត្តទ</th> <th>12</th> <th>ក្ត</th> <th>18</th> <th>2.13</th> <th>213</th> <th>512</th> <th>12</th> <th>86</th> <th>2</th> <th>នុត្ត</th> <th>2</th> <th>212</th> <th>213</th> <th>12</th> <th>52</th> <th>ខ្លួន</th> <th>ក្ត</th> <th>ន្តន</th>	Ľ	1 <u>8</u>	ន្ត្	រុង	Я Я Г	2.13	2.13	222	2.13	18	22	ន្តន		R	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	213	2.13	213	204	100		204	204	ក្តក្ត	2	ដ្ឋដ	23	ត្តទ	12	ក្ត	18	2.13	213	512	12	86	2	នុត្ត	2	212	213	12	52	ខ្លួន	ក្ត	ន្តន
	8	1		ĝ				2000				0000		_	_	2000	Ì	_		_	200	_		-				_	Į						 		1000			_	000				Ě	_
		22	22	រុង	22	12	2.13		2:	18	R	ក្តន		22	57 57	213	2.13	252	204	ă	Į,	204	204	ផ្កង្ក	Ŗ	អ្តម្ភ	R	ក្តុខ្ព	រន្ត	ក្តុ	ទុក្ត	R		17	13	88	ន	22	٩	22	213	13	18	ន្តន	ក្ត	รุรุ
		រុក្ត	ន្តទ	រុង	ន្តទ	12	2.13		213	38	ក្ត	ក្តន		22	2.13	212	2.13		204	204		204	ğ	ន្តត្រ	ក្ត	ក្តក្ត	ក្ត	ន្តទ	រុង	ក្តុ	ទុក្ត	7	33	2	12	ន្តត្	ន្ត	รุรุ	2	22	213	12	28	ខ្លួន	ន	รุรุ
	ŀ	ង្ក	ក្តុ	រុគ្គ	អ្ត	12	5.13		213	38	ក្ត	ក្តន		ក្ត	213	213	2.13		204	204		201	Mar	ន្តត្ត	ក្ត	ន្តត្ត	ក្ត	ផ្ក	Ŗ	ក្ត	38	512	22	2.5	13	25	ន្ត្រ	ន្តន្ត	R	512	213		250	52	8	ន្តន្ត
	1,	Ŗ	ក្ត	រុង	ក្ត	12	2.13	22	213	38	22	អ្ត	<u>8</u> 8	ž	2.13	12	11		204	204		2.04	204	ន្តត្រ	ផ្ត	22	R	22	រុង	82	18	213	213	2.13	13	86	R	ន្តន្ត	8	213	213		18	ន្តន	8	ន្តន្ត
		22	Я. Я	រុង	អ្ក	12	2.13	12	512	38	12	ក្តុខ្ល	12	ž	213	12	57		204	204		204	ž	ក្តក្ត	R	ត្តដ	R	ក្តន	រុគ្គ	ក្ត	3 8	51	12	17	13	85	2	ខ្លួន	ន្ត	1212	513	13	182	ន្តគ្	ន្ត	ន្តន្ត
		2 <u>2</u>	អ្ក	រន	ផ្តដ	12	2.13	222	52	38	ក្ត	ក្តន	22	R	2.13	12	213		204	ð,		20	ă	ក្តក្ត	ក្ត	ត្តត្ត	R	ត្ត	រុគ្គ	ក្ត	12	513	213	513	12	ន្តទ	ន្ត	ន្តត្ត	ନ୍ନ	12	517		182	ន្តនុ	ន្ត	878
		-	,,,	•	-	-			-		1	~ ·	•	at each			Ţ			~,	-, -	5	attents	- ~		•	9	_,		L.			~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	Į,		<u> </u>		.	1	- ~	<u>,</u>	, ,		~ ~		د ften د
			Ц		Ľ	1	Ц	L	Ľ		Ц			ľ		1	П	la,	+		1		2			1	ľ	ĿĹ	L	Ц	1ª	ļļ	1	Ц	1 2	┞┸	11				Ц	Ц	4	Ц	П	5
	ų,			ā				8				8				2	5				8				ä	1			ł	5			ł	Ë			8				010				Ĩ	

Investigasi Akurasi..., Wiganti, Kristina Tri, FMIPA 41, 2008

Titik		************		10 2020				T			5 mm			[·····			3 2020			[]	
Peneukuran	Ulangan	A	B	C	D	E	Rataan	SD	A	B	C	D	E	Rataan	SD	A.	B	C	D	E	Rataan	SD
	1	231	231	231	231	231	231		231	231	231	231	231	2.31		231	231	231	231	231	231	
	2	231	231	231	231	231	231		231	231	231	231	231	231	- 1	231	231	231	231	231	231	
	2	221	221	231	221	231	231		231	231	231	231	231	231		231	231	231	231	231	231	
DI	Ā	231	231	231	231	231	231	0.00%	231	231	231	231	231	231	0.00%	231	231	231	231	231	231	0.00%
	5	231	231	231	231	231	231		231	231	231	231	231	231		231	231	231	231	231	231	
	Ratean	231	231	231	231	231	231		231	231	231	231	2 31	231	:	231	231	231	231	231	231	
	1	221	221	2.01	221	221	221		2.21	271	221	2.21	2.21	2.01	. 1	. 2 21	221	221	221	221	221	
		221	221	221	2.21	221	221		221	221	221	221	221	221		221	2.21	221	2.21	221	221	
	3	2.21	221	2.21	2.21	221	221		221	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	- 54	221	2.21	2.21	2.21	2.21	221	
D2		121	2.21	221	221	221	221	0.00%	2 21	2.21	2.21	2.51	2.21	2.21	0.00%	2.21	221	2.21	2.21	2.21	2.21	0.00%
		2.21	2.21	2.21	2.21	101	2.21		7.71	2 21	2.21	2.01	2.21	2.21		1.21	221	1 21	2.21	2.21	2.41	
	Pataan	221	2.21	2.21	2.21	221	221		2.41	2.21	2.41	2.21	2.21	2.21		221	221	201	2.21	2.21	2.21	.
 	1	2.21	221	221	221	221	3.21		2.21	3.21	2.41	2.21	2.21	2.01		201	1 21	2.21	2.41	2.4	2.41	⊢
		2.21	2.21	2.41	2.21	2.21	2.21		2.21	2.21	2.61	2.61	2.41	2.61		2.41	2.21	2.21	2.41	2.41	2.21	
	4	2.41	1.01	2.21	2.21	2.21	2.21		2.41	2.21	2.21	2.21	2.41	2.21		2.21	2.21	2.21	3.41	2.21	221	
D3	3	2.41	2.21	2.21	2.21	2.41	2.21	0.00%	111	2.01	2.61	2.21	2.21	2.41	0.00%	2.21	2.21	3.51	2.01	2.61	2.21	0.00%
	4	2.61	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	1	2.21	2.21	2.41	2.21	2.21	2.21		1.01	2.21	2.41	2.21	2.21	2.41	
	ر ر	2.21	2.21	2.21	2.41	2.21	2.21		2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21		1.11	4.61	2.21	2.21	2.21	221	
	Kataan	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	4.41		2.21	2.41	2.21	2.41	2.21	2.41		2.21	2.21	4.41	2.21	2.41	221	
		2.21	6.41	2.21	2.41	2.21	2.41		2.21	2.41	2.41	4.41	4.41	2.21		2.21	2.21	2.21	4.41	2.21	2.21	
	4	2.21	2.21	2.21	2.21	221	2.21		2.21	2.21	221	6.61	2.21	2.21		2.41	212	4.41	6.61	2.21	221	
DS	3	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	397%	2.12	2.12	2.12	4.12	2.12	2.12	3.97%	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	397%
	4	2.17	2.17	2.17	2.11	2.11	2.11		2.17	2.17	2.17	2.17	2.11	2.17	· ·	4:11	2.17	2.17	2.17	2.11	2.11	
	3	2.21	2.21	221	2.21	221	221		2.21	2.21	221	2.21	2.21	221		2.21	2.21	221	2.21	2.21	2.21	
ļ	Ratsan	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18		2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18		2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	
	1	2.21	221	2.21	2.21	221	2.21	-	2.21	2.21	221	2.21	2.21	2.21	1 . S.	2.21	2.21	221	221	2.21	221	
	2	2.21	2.21	221	2.21	221	2.21		2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21		221	2.21	221	2.21	2.21	2.21	
D6	3	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	5.07%	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	5.07%	2.12	. 2,12	2.12	2.12	2.12	2.12	5.07%
	4	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26		2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26		2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	
	5	2.21	2.21	2.21	2.21	221	2.21	-	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21		2.21	221	221	2.21	2.21	2.21	
	Rataan	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20		2.20	2.20	2.20	220	220	2.20		220	_2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	
	1	231	2.31	2.31	2.31	2.31	2.31	-	231	2.31	231	2.31	2.31	2.31	5	2.31	2.31	2.31	.2.31	2.31	231	
	2	2.31	231	231	231	231	231		2.31	231	2.31	231	231	2.31		231	2.31	231	2.31	2.31	2.31	
707	3	2.31	231	2.31	231	231	231	224%	2.31	231	231	2.31	2.31	2.31	2.24%	231	231	231	2.31	231	2.31	2.24%
	4	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26		2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26		2.26	2.26	2.26	2.25	2.26	2.26	
	5	2.31	2.31	2.31	231	231	231		231	231	2.31	2.31	2.31	231		231	231	231	2.31	2.31	2.31	
	Ratean	230	2.30	2.30	2.30	230	2.30		2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30		2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	2.30	
	1	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	-	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21		221	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	
	2	2.21	221	2.21	2.21	221	2.21		2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21		2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	
D2	3	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	6 00%	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	6 99%	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	600%
	4	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	1	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17		2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	
	5	2.31	2.31	231	2.31	231	231		231	231	231	231	231	231	1	231	2.31	231	2.31	2.31	231	
L	Ratean	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20		2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20		220	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20	
		2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60		2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60		2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	
	2	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60		2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60		2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	
го	3	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	A 77%.	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	4779	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	1774
	4	2.53	2.53	253	253	253	2.53]	2.53	2.53	2.53	2.53	253	2.53]	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	-*
	5	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60]	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60		2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	
	Rataan	257	257	257	257	257	257		257	257	251	257	257	2.57]	257	257	257	257	257	257	
	1	221	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21		2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	1.194	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	·
	2	2.21	2.21	2.21	221	221	221	1	221	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21		221	221	2.21	2.21	2.21	2.21	
D10	3	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	200	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	200	212	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	1.000
DIU	4	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	391%	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	13917	217	2.17	2.17	2.17	2.17	2.17	391%
	5	2.21	2.21	221	2.21	2.21	2.21	1	2.21	221	2.21	2.21	2.21	2.21		2.21	2.21	221	2.21	221	2.21	1
	Rataan	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	1	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	1	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	1
	1	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	t	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	<u>† .</u>	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	<u>† </u>
	2	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	1	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	1	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	1
	1	250	250	250	250	250	250	1.	250	2 51	250	2.50	2.50	2.50	1	2.50	250	2.50	2.50	2.90	250	1
D11		2 52	252	252	253	252	253	4.77%	212	253	257	252	257	257	4.77%	252	252	257	2 57	28	252	4.77%
	17	240	240	240	240	240	240	1	240	240	240	240	240	240	1	240	24	240	240	24	200	1
1	Rateon	2 57	257	257	2.00	257	257	1	2 57	257	257	297	257	257	1	297	257	257	257	257	1297	1

Lampiran 6b. Hasil pengukuran diameter pada sistem CT-scan metode II

9,69 9,69

Lampiran 6c. Hasil pengukuran diameter pada sistem TPS metode I

6	Т		YOF I				3.21%				ì	~1.60			25%				200				200			<u> </u>		* 10		ŀ				Γ	•	Ke la				.780					٦
Refer	195	535			8	212	12	507	817	2315		5157	128	2002	5		1607	2102	215	5007	212	2778	212		222	X	ន្តភ្ល	272	572	507	502	۲ ۲	212	2.597	8		2812	50.2		<u>الم</u>	202	2573		222	2588
Π	32.0	2278	222	2278	2,278	202	2.155	2003	2.118	2178	212	2,339	2278	2001	502	102	2.081	283	2.155	2003	2130	2378	2216	2278	226	2,278	2278	2,278	2216	2033	502	2093		2582	2.2	252	222	502	567	5607	5007	2.585	22	282	2585
		233	22	2,279	2315	2.003	2.155	2003	2.118	2.778	2.778	2.778	2278	2007	2033	2002	2.093	502	2.155	2.093	2.118	2.278	2.155	2278		2,778	2278	2,278	2216	2093	2,093	2033	2155	2.585	2.70	197		592	2007	2003	502	2582	22	2.85	28
1	3	2.278		2278	2,278	2002	2.155	2.093	2.118	2524	2.155	2339	2152	2.093	2003	2.093	2.093	2002	2.155	2.093	2,118	2,778	2216	2278	2233	2.278	2.278 2.278	2.278	228	2.093	2002	2093	2002	2585	2585	264	2857	507	213	507	2.135	2.524	38	2585	5
	a 4	233			2327	2003	2.155	2.093	2.118	2,216	2.278	2.278	2,290	2003	2.093	2,095	2.093	2.155	2.155	2,093	2.130	2770	2.216	2,278	226	2,216	2278	2.278	22%	2.093	2,003	2093	2002	260	2,00	1585		2.093	2093	2003	502	2.585	287	2.83	2,610
Ŀ	4 2 2	Â		8177	2	2155	515	2003	1817	2,738				2002	2.093		2.093	202	2155	2003	2115	2.462	2.155	3.278	2265	2,278	2278	2.278	<u>286</u>	2.093	2003	2093	2002	2.58.5	2.73	2647	284	2.093	2002	2.093	2003	2,585	2524	2524	282
8			2.41%				2002				2				367%			_	200				ž				1									2.20%			1	2.04%			2.61%		
Retreet	2.5	22	<u></u>		1221	2.16	2.118	2.093	2113	2223				2.143	202	2000	2.081	<u>5</u> 20	2.130	2002	0112	2,266	2.241		122	222	נגינ	2.278	ริโล	2.093	2.093	2093	2002	2.585	200	1.25	2610	2.16	210	2.093	2.18	1391	192	387	2.585
	4	23%			286	2.15	2002	2.093	2.102	2278	200	233	238	2.155	2.093	282	2.003	502	2.093	2002	2002	2,278	2216	EF C	2278	2,216	2278	2278	2216	2.093	2.093	2093	2,155	2585	2585	282	22	2.155	202	2.093	2.102	2,585	2585	282	262
	2	2.278	22	272	22%	2.155	2.093	2003	210	2216	120	877		2.155	2003	1920	2.081	2003	2.093	2002	2002	2.278	2.278	2,216	577	2216	2.778	2.278	877 77	2.093	2.093	2.003	202	2.582	697 C	2.647	260	2.155	2002	2.093	2.003	2647	38		1.581
20 10		2,278		2278	2260	2.155	2.093	2.093	2.105	2278	2278	2278	2302	2.155	281	2002	2.081	2.093	2.155	2.003	2.118	2278	2216	2.278	122	2216	2216	2278	2216	2.093	2003	2093	2003	2.585	2.60	1357	262	2.155	2002	2.093	2.103	2585	32	252	2.585
	-	2,278		2,278	2.278	2.155	2.155	2,093	2.130	2.278	130	233	282	2.155	281	2003	2,081	2003	2.155	2.093	2.118	2.278	2.278	2216	2722	2,216	2216	3278	2278	2.093	2001	2.003	2002	2585	2.700	32	2,580	2.155	2,155	2.093	213	2,585	35	282	187
Ц		22			5		512	500	2118	2,216		21	5021	2002	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		2.068	2003	2155		2130	2,216	2216	222	1922	2208	2278	R.	228	2.093	2003	1 Sold Sold Sold Sold Sold Sold Sold Sold	2002	2585	282	3	282	2.002	202	2003	502	2585	35	2525	ลี
8			<u>ह</u> ्रि ज्र	مام	Irc.	nlr	چ آ	Ì		2	<u>۽</u> مار	រុំ កោ	<u>न</u> ज्ञ	-	33		1	mla	8 1-1-1		10	_10	<u>ع</u> اس			-	2		<u></u>							ŝ									-
le l		8 237			6 226	515	5 2.14	3 2.11	0 213	326.1	138	330	578	5 2.15	200	208	8 2.095	3 2.09	5 2.13	3 2.10	2110	8 2241	8 2.25	8 2.77	322	5 2210	2200	326	2266	2.002	2001	2,003	2.130	3282	2585	1397	2.597	2.155	2,118	2.093	5 2.115	12598	152	257	1278
		8 22	200	277	6 226	212	3 2.15	5 2.00	8 2.13	6 227	333	8 227	8 232	5 2.15	507	502	5 206	200	3 2.15	2.09	211	0 2.27	5 270	8 227	52.0	5 221	8 227	227	2.27	300	2002	202	215	1255	338.0	387	2.52	5 2.15	200	2.09	5 2.10	3.64		2.06	2,610
		23	ក្ត	227	5 226	2.5	5 2.09	2.15	3 2.11	5 2.21	227	227	327	2.15	502	200	2.10	200	3 2.09	200	2.09	221	5 2210	3 2.27	224	5 221	722 8	227	227	2.09	2002 1	200	2112	252	258	258	258	2.15	2.09	2.09	2.00	1 258	325	25	135
		8 2.27		8 2.27	8 226	2.15	5 2.15	3 2.15	2.14	2.21	221	233	222	2.15	3 209	2000	5 2.10	200	5 2.09	3 2.15	2.10	2210	2216	8 2.27	221	5 2.210	221	3 2.27	2216	3.09	2.00	2.00	200	1 2.58	2.58	2.64	2.580	2.15	2.15	2.09	2.13	2.52	382	2582	2.573
		52	57	122 8	5 2.27	2.15	5 2.15	3 2.09	2.13	227	521	2 2 3 3	277	2.15	200	200	5 2.10	2.00	2.15	2.09	3112	122	127	127	177	1221	227	327	2.27	2.09	2.000	2.09	245	2.64	2.58	2.58	2.580	2.15	2.09	2.09	2002	2.647	252	222	2.561
μ		22			38		12	200	2.14	233	167		2382	2.15	202	8	2.10	200	515	200	2112	2210	157	57		221	2270	Ĩ.		2.002	560 C		2002	2.64	255		260	2.155	215	2.093	2.130	2,583			1285
			ন্ন না	~lo		5	2			20	-10	រ្តិ តោ	00	5	্ব নৃত্য	10 -	1-	ele	ু নুন্) 		00	ۇ ات	ু নি					-		mla	<u>ង្គី</u> ត្រា	212 00 00	5		a g	nla		-			5	ੂ ਹੁਛਾ	 _1e	1
	1	2,26	111	677 B	6 2.27	3 2.15	5 2.14	3 2.11	8 2.12	6 2.21	226	227	8 2 2	312	3 205	3 200	385	3 2.09	5 2.15	3 2.10	8 2.11	8 2.26	8 2.26	9 2.26	222	6 23	320	8 2.27	228	3 2.09	3 2.09	202	3 2.11	5 258	5 2.59	1 2.59	5 2.58	5 2.15	2110	5 2.10	2.13	228	152	2 2 8	3 2.57
		6 2.27	523	8 2.2	5 226	5 2.13	3 2.15	3 2.09	5 2.11	6 221	22.0	8 23	822 8	5 2.15	1 2.09	202 5	1007	3 2.09	5 2.15	3 2.09	2 2 11	8 2.27	6 2.27	8 2.33	6 227	6 2.21	9 227	8 2.27	72 C 8	3 2.00	3 2,09	192	3 2 6	5 2.58	2 2 8	5 264	2.28	215	2002	3.15	2.10	5 2.58	12	86	251
		8 221	87	8 22	8 226	2.15	5 200	200	210	6 221		8 2.77	8 227	5 2.15	1 200		287	3 209	5 215	5 2.09	201	122 8	8 221	6 2.27	222	6 221	233	8 2.27	8 227	3 2.09	3 2.09	500	202	3 2.58	5 2.58	5 258	5 258	215	3 2.09	200	213	2 258	287	4 2 8	328
5		8 2.27	8 2.3	8 22	0 22	512 5	5 2.15	5 2.15	0 7 10 0 7 10	6 2.21	22	8 2.7	12.2 8	3.15	1 28		302	3 2.09	5 2.15	3 2.15	5 2.1	8 2.27	8 2.27	6 2.21	3 225	6 2.21	8 227	8 227	727 B	3 2.09	3 2.09	196	212	5 2.58	2.58	5 2.58	2 2 28	215	212	3 209	8 213	258	12	1 252	257
	2 2 2	8 227	0 23	8 23	0 2.25	CL5 2.13	211	3 2.15	314	6 221		8 23	3 22	5 2.15	3.00	222	207	3 2.05	5 2.15	3 2.05	5 2.10	6 23	8 2.27	8 2.21	322	8 221	8 221	8 2.27	6 2.27	3 200	3 2.09	3.09	3 2.15	5 2.58	5 2.64	5 2.58	5 258	212	200	100	212	5 258	1 258	222	125
Ц	< }?	12	200	ក្តក្ត	22	17			517	2	12			17	12		18	22	i i i		ឡដ	22	12	2	222	R	22	1	122	19	200		200	25	25	12	258					52	រ៉ុន្ត		រុក្ត
5	╞	e pe	<u>e</u> sla	88	12	212	ڈ اواد	i Isi:	3 B	20	2	ă I≠I	813	Sis	न्तु विद्य	: 8]:	:18	sis	ू स्र		<u>al</u> ¤	22	i = j	् वि	20	2	200		eis	22	s:	22		20	ेः व्राष्ट्र	2 2 2 2	ກ່ອ	28	sis	8 	ele	20	년 고교	202	212
	5	8 22	873	22 22	78 2.21	3.00	5 21	<u> 21:</u>	0 21:	8 22	2 2	53	22	200	302	202		202	22	33 2.05	212	8 22	8 22	16 22	53 22	22	8 22	8 23	22 8	207	200	3 200	22	22	<u>9 2.67</u>	52 23	5 258 7 2 58	202	200	3 2.05	3 200	258	225	125	3 251
╎╎		8 22	27	27 27	78 2.2	3 20	5 21	32.21	8 21	8 22	2 2 2	27	28	202	3 20	200	207	3 2.0	217	302	8 21	27	121	8 22	8 22	8 27	8 27	8 22	8 27	12	3 2.05	3 2.0	3 2.05	5 25	2.7	5 25	2 2.5	28	202	3 205	202	5 25	5 25	225	5 25
5		27	27 21	27 27	R 22	200	5 21	202	8 21	27 8	2 2	27	22.22	22	202	200	207	3 20	22	33 2.06	17	27 8	171	8 22	3 22	27	27 8	8 22	27 8		207	3.200	27.5	25	25	5 25	5 25	202	202	202	202	52	22	87.5	22
ŝ		8 22	27	8 22	22	22 20	31.5	20	18 21	22 80	575	52	27	22	30, 20, 51	200	12	32.0	212	33 2.0	2 2	22	17	8 22	52 22	8 22	8 22	8 27	8 27	12	207	3 2.0	200	22	222	5 25	1 25	22	222	302	202	22	228	222	121
		27 27 27	39 23	27 23	0 23	320	55 2.00	21.2	17 00	21 81	202	16 2.2	22 22	202	202	222	12	200	17	33 2.05	2 2 2	27.0	17	6 22	6 22 1 22	8 22	8 22	8 22	22 8	22	300	3 20	211	85.13	1 2.5	22	<u>5 258</u>	202	200	3.05	3 200	2 2 5	221	2 2 28	1 25
H	1	12	2	212	4 22	20	217	7	21	12	11	2	22	12	17	ຊີເ		a a		2	517	12	រនី	ส	2 12 4	22	22	22	27	រុង		12	7	12	56	25	25		220	12	202	12	12	32	125
		1	٦	• ~	Retai	ľ	"	 	Rate	-'	~ ~		~ #2		*	•	, Rage	Ľ	ľ		<u>م</u>	ľ	1	4	۶ Refu		~ ~	┫	2	-	d,		2	17	1	•		-	ľ	14	2 Reter		-	•	Rebo
199L	Pagetrum		ā	i			8	3			1	8			Z	S			2	3			Z	S				8			•	8				8	-			D10				ŝ	

Lampiran 6d. Hasil pengukuran diameter pada sistem TPS metode II

Titik	[Γ		10 mm					r	~~~~~~	5 mm							3 mm			I	
Pengakuran	uangan	٨	B	C	D	E	Kataan	SD	A	B	C	D	E	Rataan	SD	A	B	C	D	E	Rataan	SD
	1	2.369	2.369	2.369	2.369	2369	2.369		2369	2369	2.369	2369	2369	2369		2360	2360	2305	2305	2 205	2 221	
	2	2.305	2305	2.305	2.369	2369	2331		2.305	2305	2305	2 369	2369	2 331		2305	2305	2 205	2205	2260	2210	
	3	2.305	2305	2.369	2,305	2.305	2318		2305	2369	2360	2 360	2 360	2356		2305	2305	2 205	2200	2 260	2221	
DI	4	2.369	2369	2.369	2.305	2.369	2.356	2.65%	2305	2305	2 360	2305	2 360	2 331	1.81%	2200	2260	2260	2 205	2 205	2.331	1.46%
	5	2305	2305	2.305	2.305	2305	2305		2369	2 3/10	2305	2305	2305	2 321		2360	2260	2 205	1 2 2 40	2.300	1256	
	Rataan	2.331	2331	2343	2 331	2343	2336		2331	220	220	2242	2356	2201		22/2	2.307	1210	2.307	2.309	1226	
	1	2177	2177	2177	2177	2177	2177		2177	2177	2177	2177	2177	2177		2177	2.340	2 10	2122	2.340	2.330	
	2	2177	2177	2177	2177	2177	2177		2177	2177	2177	2177	2.177	2177		2.111	2177	2.177	2.111	2.177	2.177	
	3	2177	2177	2177	2177	2177	2177		2177	2177	2112	2177	2.177	2164		2.177	2.177	4.111	1 2.177	2.177	2.111	
D2	4	2177	2113	2113	2113	2113	2126	2.80%	2113	2113	2112	2177	2177	2.104	2.33%	2.113	2.112	2.111	2.111	2.177	2.101	1.94%
	5	2177	2113	2113	2112	2113	2126		2112	2177	2.112	2.177	2.177	2.139		2112	2112	2.113	2.113	2.111	2.159	
	Ratean	2177	2151	2151	2151	2151	2157		2151	2164	2.113	2.115	2.115	2.140	1	2.115	2.115	2.113	2.177	2.117	2.159	
	1	2177	2177	2177	2 177	2177	2177		2177	2177	2.1.37	2127	2122	2.1.77	2.4	2.1.21	4.139	2.131	2.104	2.177	2.157	
	2	2177	2113	2177	2177	2177	2164		2177	2127	3.177	2177	2.177	2.177	- 4	2.117	2.111	4.111	2.(1)	2.111	2.111	
	3	2177	2177	2177	2177	2177	2177		3177	2177	2177	2.177	2.177	2.177	4	4.117	4.111	4.111	4.111	2.177	2.111	1
D3	4	2112	2113	2177	3112	2112	2.177	2.33%	1177	2177	6.177	2.177	2.117	4.111	1.40%	2.113	2.111	2.177	2.177	2.111	2.104	1.07%
	5	2177	2113	2177	2112	2112	2120		2.177	2112	2.115	2.177	2.115	4.1.21		2.177	2.113	2.111	2.177	2.113	2.01	
	Ratean	2164	2120	2177	2151	2151	2.1.37		2.177	2.112	2.111	2.115	4.111	2.1.21		6.111	2.115	2.111	2.111	2.111	2.104	· ·
	1	2 2 41	2.1.35	2177	2 122	2.1.71	2.1.77		2.177	2.104	2.104	4.104	2.104	2.107		2.104	10100	2.111	2.177	2.104	2.167	
		2177	2177	2.177	4.177	2112	2.190		2.241	2.117	4.111	2.177	2.111	2.190		2.241	4.111	2.177	2.177	2.177	2.190	
	2	2.177	2177	2.113	2.177	2.115	21.01		2.111	4.117	2.111	2.111	2.177	2.177	1	2.111	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	
DS	3	2.241	2.177	2.115	2.177	2.111	2.111	3.69%	2.241	2.157	2.115	2.111	2111	2.1/1	3.31%	2.241	2.177	2.171	2.177	2.177	2.190	3.08%
		2.241	2.241	2.441	2.241	2.241	2.291		2.291	2.241	2.241	2.241	2.241	2.241		2.241	2241	2.241	2.241	2.241	2.241	
	Patan	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	2.241	2.171	2.241	4.491	2.448		2.291	2.241	2.241	2.241	2.241	2.241		2.241	2.241	2.241	2.241	2.241	2.241	
	TUELSOID 1	2.440	2.203	2.104	2.203	2.190	2.191		2.228	2.203	2.190	2.405	2.013	2.40	-	2.228	2203	2.203	2203	2.203	2.208	
	1	2.291	2.241	2.241	2.241	2.241	2.241		2.241	2.241	2.241	2.241	2.241	2.241	- 14	2.241	2.241	2.241	2241	2.241	2.241	
	2	2.111	4.111	2.241	2.241	2.241	2.20		2.241	2.241	2.241	2.241	2.241	2.241		2.241	2.241	2.241	2.241	2.241	2.241	
D6		2.241	2.241	2.241	2.241	2.29!	2.241	1.28%	2.177	2.111	2.241	2.241	2.241	2215	1.81%	2.241	2.177	2.241	2241	2.241	2.228	214%
	4	2.241	2.241	2.241	2.177	2.241	2.228		2.241	2.241	2.241	2.241	2.241	2.241	· ····	2177	2.241	2.177	2.177	2.177	2.190	
) D-1	6.241	2.111	2.111	1.241	2.241	2.20		2.111	2.177	2241	2241	2.177	2.203	:	2.177	2.177	2.241	2.241	2.241	2215	
	Kataan	2.2.28	220	2.128	2.225	2.241	2.228		220	2215	2241	2.241	2.228	2.228	100 s. 1	2.215	2.215	2.228	2.228	2.228	2.223	
	1	2.509	2.509	2.369	2.433	2.433	2.395		2.433	2.369	2.369	2.433	2.433	2.407	1 1	2.433	2369	2.369	2.433	2.433	2.407	·
	2	2.509	2.569	2.369	2.433	2.433	2.395		2.369	2.369	2369	2.369	2.433	2.382		2.369	2.369	2.369	2.433	2.433	2.395	
D7	3	2.435	2.433	2.369	2.369	2.369	2.395	1.14%	2.433	2.433	2.433	2.433	2.369	2.420	2.08%	2.433	2.433	2.369	2.433	2.433	2.420	1.65%
	4	2.433	2.433	2.369	2.369	2.369	2.395		2.433	2.369	2.369	2.369	2.369	2.382		2.433	2.433	2.369	2.369	2.369	2.395	12014
	3	2.369	2.369	2.369	2.369	2.369	2.369		2.437	2.369	2.305	2.369	2.369	2.370	- 2	2,433	2369	2.369	2.369	2.369	2.382	
	Kataan	2.395	2395	2.369	2.395	2395	2.389		2.421	2.382	2.369	2.395	2.395	2.392	1.1	2420	2.395	2.369	2.407	2.407	2.400	
	1	2.241	2.241	2.241	2.241	2.241	2.241	-	2.241	2.241	2.177	2.177	2.177	2.203		2.241	2.241	2.177	2241	2.177	2.215	
	2	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	100	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177		2177	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	
D8	3	2.177	2.113	2.177	2.177	2.177	2.164	3.69%	2.241	2.177	2.241	2.241	2.177	2.215	2 72%	2.241	2.241	2.177	2.241	2.177	2.215	2674
	4	2.241	2.177	2.241	2.241	2241	2.228		2.241	2.241	2.241	2.241	2.241	2.241		2.241	2.241	2.241	2.241	2.241	2.241	a.ua/•
	5	2.241	2.241	2.24!	2.241	2241	2.241		2.241	2.241	2.241	2.241	2.241	2.241		2241	2.241	2.241	2.241	2.241	2.241	
	Rataan	2.215	2.190	2.215	2.215	2.215	2.210		2228	2.215	2.215	2.215	2.203	2.215		2.228	2.228	2.203	2.228	2.203	2.218	·
	1	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561		2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561		2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	
	2	2,561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561		2.561	2.561	2.561	2.625	2.561	2.574		2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	
D9	3	2.561	2.561	2.625	2.561	2.561	2.574	1.67%	2.561	2.625	2.561	2.625	2.561	2.587	1 00%	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2 102
	4	2.561	2.561	2.625	2.561	2.625	2.587		2.625	2.561	2.625	2.561	2.561	2.587	1.50/1	2.561	2.561	2.625	2.625	2.625	2.599	2.1074
	5	2.625	2.625	2.625	2.561	2.561	2.599		2.625	2.625	2.561	2.625	2.625	2.612		2.561	2.625	2.625	2.625	2.561	2.599	
	Ratsan	2 <i>5</i> 74	2574	2.599	2.561	2 <i>5</i> 74	2.576		2.587	2.587	2574	2.599	2.574	2.584		2.561	2574	2587	2.587	2 <i>5</i> 74	2.576	
	1	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177		2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177		2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	
	2	2.177	2.177	2.177	2.177	2.113	2.164		2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177		2177	2.177	2.113	2.113	2.113	2.139	
ດເຕ	3	2.177	2.113	2.113	2.113	2.177	2.139	167%	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	0.00%	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	
	4	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	1.0.77	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	0.00%	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	1.1274
	5	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177		2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177		2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	
	Rataan	2.177	2.164	2.164	2.164	2.164	2.167		2.177	2.177	2.177	2.177	2.177	2.177		2.177	2.177	2.164	2.164	2.164	2.169	
	1	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561		2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	. 0944	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	H
	2	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561		2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561		2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	
D11	3	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561		2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561		2625	2.625	2.561	2.561	2.561	2587	
יוע	4	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	1.14%	2.561	2.625	2.625	2.561	2.625	2,599	1.12%	2.561	2.625	2.561	2561	2 561	2574	1.28%
	5	2.561	2.561	2.561	2.625	2.625	2.587		2.561	2.561	2.561	2.561	2.561	2561		2561	2561	2561	2675	2675	2 597	
	Rataan	2.561	2.561	2.561	2574	2574	2,566		2.561	2574	2574	2,561	2574	2560		2574	2587	2 561	2 574	2 574	2574	
																					/ · · ·	

56

Lampiran 7. Grafik akurasi diameter



Gambar A. Grafik deviasi pengukuran diameter material udara



Gambar B. Grafik deviasi pengukuran diameter material nilon



Gambar C. Grafik deviasi pengukuran diameter material teflon



Gambar D. Grafik deviasi pengukuran diameter material gliserin

计可以出版

Lampiran 8a. Rataan pengukuran bilangan CT (HU) pada sistem CT metode I

Material Ulangan 10 mm 5 mm 3 mm 2 mm 1.5 mm Rataan 1 2187.4 2186.7 2188.3 218.9 2187.6 2188.2 2182.8 2182.8 2182.8 2182.8 2182.8 2182.8 2183.2 2183.4 <t< th=""><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th><th></th></t<>								
Instantian Olangan 10 mm 5 mm 3 mm 2 mm 1.5 mm Fataan Aluminium 1 2187.4 2186.7 2186.3 2184.9 2187.6 2180.3 2183.3 2183.3 2183.3 2183.3 2183.3 2183.3 2183.3 2183.3 2183.3 2183.3 2183.3 2183.3 2183.3 2183.3 2183.4 2185.4 2186.0 2186.0 2186.4 2186.0 2185.4 2186.0 2183.4 4 2187.0 2182.3 2183.4 <	Material	lliangan		Uk	uran tebal ir	isan		B -4
1 2187.4 2186.7 2183.3 2184.9 2187.6 2 2144.2 2187.9 2187.8 2180.7 2180.3 3 2183.9 2173.3 2183.6 2183.2 2182.8 2183.4 </th <th>material</th> <th>Ulanyan</th> <th>10 mm</th> <th>5 mm</th> <th>3 mm</th> <th>2 mm</th> <th>1.5 mm</th> <th>Rataan</th>	material	Ulanyan	10 mm	5 mm	3 mm	2 mm	1.5 mm	Rataan
2 2184.2 2187.9 2187.8 2186.7 2180.3 Aluminium 3 2133.9 2176.3 2183.6 2183.2 2183.4		1	2187.4	2186.7	2188.3	2184.9	2187.6	
Aluminium 3 2183.9 2178.3 2183.6 2183.2 2182.8 2183.4 <td></td> <td>2</td> <td>2184.2</td> <td>2187.9</td> <td>2187.8</td> <td>2186.7</td> <td>2180.3</td> <td></td>		2	2184.2	2187.9	2187.8	2186.7	2180.3	
4 2187.0 2182.5 2182.3 2185.4 2186.0 5 2175.9 2176.5 2180.5 2180.1 2176.0 1 -987.7 -978.0 -968.1 980.5 -955.1 2 -988.7 -977.1 -969.4 -960.4 -957.3 3 -988.2 -975.5 -967.5 -954.6 -953.3 4 -989.0 -977.0 -969.2 -957.7 .954.8 4 -989.0 -977.0 -969.2 -957.7 .955.3 1 104.1 104.3 104.9 103.2	Aluminium	3	2183.9	2178.3	2183.6	2183.2	2182.8	2183 ± 4
5 2175.9 2176.5 2180.5 2180.1 2176.0 1 -987.7 -978.0 -968.1 -960.5 -955.1 2 -988.7 -977.1 -969.4 -960.4 -957.3 3 -988.2 -975.5 -967.5 -954.6 -953.3 4 -989.0 -977.0 -969.2 -957.7 -954.8 5 -978.1 -962.5 -951.3 -934.8 -935.3 2 104.0 104.9 103.0 102.2		4	2187.0	2182.5	2182.3	2185.4	2186.0	
1 -987.7 -978.0 -968.1 -960.5 -955.1 2 -988.7 -977.1 -969.4 -960.4 -957.3 3 -988.2 -975.5 -967.5 -954.6 -953.3 4 -989.0 977.0 -969.2 -957.7 -954.8 5 -978.1 -962.5 -951.3 -934.8 -935.3 1 104.1 104.3 104.9 103.2 -103.0 2 104.0 104.8 103.0 102.5 104.1 4 104.0 104.9 105.9 104.2 105.8 1 971.4 971.7 970.9 971.7 970.9 2 972.2 974.4 970.7 972.9 972.6 ± 0.8 4 972.2 974.2 971.4 972.8 974.2 972.6 ± 0.8 4 972.2 974.2 973.0 973.4 974.9 972.6 ± 0.8 2 20.2 220.5 221.6 220.1		5	2175.9	2176.5	2180.5	2180.1	2176.0	
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $		1	-987.7	-978.0	-968.1	-960.5	-955.1	
Udara 3 -988.2 -975.5 -967.5 -954.6 -953.3 -966 \pm 8 4 -989.0 -977.0 -969.2 -957.7 -954.8 -955.3 5 -978.1 -962.5 -951.3 -934.8 -935.3 -966 \pm 8 1 104.1 104.3 104.9 103.2 -9710.0 -966 \pm 8 2 104.0 104.8 103.0 102.5 -966 \pm 8 -966 \pm 8 Nilon 3 104.1 104.8 103.0 103.2 -966 \pm 8 4 104.0 104.8 103.0 103.2 -966 \pm 8 4 104.0 104.8 103.0 103.2 -966 \pm 8 5 106.5 106.6 106.1 1105.2 104 \pm 1 4 104.0 104.9 105.9 104.2 105.8 5 107.5 971.2 972.6 972.8 974.2 972.6 \pm 0.8 6 971.5 971.9 972.5		2	-988.7	-977.1	-969.4	-960.4	-957.3	
4 -989.0 -977.0 -969.2 -957.7 -954.8 5 -978.1 -962.5 -951.3 -934.8 -935.3 1 104.1 104.3 104.9 103.2 -910.30 2 104.0 104.8 103.0 102.5 3 104.1 105.4 103.4 102.5 4 104.0 104.9 105.9 104.2 105.8 5 106.5 106.6 106.6 105.1 1105.2* 1 971.4 971.7 970.9 971.7 970.9 2 972.2 974.4 970.7 972.2 972.6 ± 0.8 4 972.2 971.4 972.8 974.2 972.6 ± 0.8 4 972.2 971.4 972.8 973.7 972.6 ± 0.8 2 20.2 220.5 221.6 220.1 221.6 ± 20.1 221.1 ± 0.9 3 221.1 220.9 222.2 222.6 ± 22.5 220.9 221.1 ± 0.9 <td>Udara</td> <td>3</td> <td>-988.2</td> <td>-975.5</td> <td>-967.5</td> <td>-954.6</td> <td>-953.3</td> <td>-966 ± 8</td>	Udara	3	-988.2	-975.5	-967.5	-954.6	-953.3	-966 ± 8
5 -978.1 -962.5 -951.3 -934.8 -935.3 1 104.1 104.3 104.9 103.2 -4103.0 2 104.0 104.8 103.0 102.5 104.1 3 104.1 105.4 103.4 103.9 103.8 4 104.0 104.9 105.9 104.2 105.8 5 106.5 106.6 106.6 105.1 ¹ 105.2 1 971.4 971.7 970.9 971.7 '970.9 2 972.2 974.4 970.7 972.8 '974.2 3 973.2 974.2 971.4 972.8 '974.2 4 972.2 972.1 973.0 973.4 '974.9 5 971.5 971.9 972.5 '974.8 '973.7 1 221.2 219.9 220.1 218.6 '220.1 2 105 221.1 220.2 '22.1 '23.2 4		4	-989.0	-977.0	-969.2	-957.7	-954.8	ĺ
1 104.1 104.3 104.9 103.2 101.00 2 104.0 104.8 103.0 102.5 3 104.1 105.4 103.4 103.9 103.8 4 104.0 104.9 105.9 104.2 105.8 5 106.5 106.6 105.1 1105.2 1 971.4 971.7 970.9 971.7 370.9 2 972.2 974.4 970.7 972.8 974.2 3 973.2 974.2 971.4 972.8 974.9 5 971.5 971.9 972.5 974.8 973.7 1 221.2 219.9 220.1 218.6 220.1 2 20.2 220.5 221.6 220.5 221.9 2 20.2 220.5 221.6 222.1 221.1 ± 0.9 4 220.8 221.9 222.5 220.9 221.1 ± 0.9 Air 1.9 3.1 2.6 </td <td></td> <td>5</td> <td>-978.1</td> <td>-962.5</td> <td>-951.3</td> <td>-934.8</td> <td>-935.3</td> <td>1</td>		5	-978.1	-962.5	-951.3	-934.8	-935.3	1
Nilon 2 104.0104.8103.0103.0102.53104.1105.4103.4103.9103.8104.14104.0104.9105.9104.2105.85106.5106.6106.11105.2105.27971.4971.7970.9971.7970.92972.2974.4970.7972.2972.93973.2974.2971.4972.8974.24972.2972.1973.0973.4974.95971.5971.9972.5974.8973.71221.2219.9220.1218.6220.12220.2220.5221.6222.5220.9221.1220.9222.222.6222.63221.1220.9220.4222.15222.9222.222.622.64220.8221.922.12.0420.82.72.72.153.52.53.52.932.72.72.112.342.03.11.93.11136.2135.1134.9135.742.03.11.93.112.153.52.53.52.9136.81136.2135.1134.9135.7135.02138.8137.4138.4140.0136 ± 2 4137.8136.9 <td></td> <td>1</td> <td>104.1</td> <td>104.3</td> <td>104.9</td> <td>103.2</td> <td></td> <td></td>		1	104.1	104.3	104.9	103.2		
Nilon3104.1105.4103.4103.9103.8104 \pm 14104.0104.9105.9104.2105.8106.5106.5106.6105.11105.25106.5106.6106.6106.6105.11105.2972.9972.4970.7972.2972.92972.2974.4970.7972.2972.9974.2974.2974.2974.2974.24972.2972.1973.0973.4974.9973.7973.4973.75971.5971.9972.5974.8973.7973.72220.2220.5221.6220.5221.9221.12220.2220.5221.6220.5221.9221.1 \pm 0.94220.8221.9221.3220.4222.15222.9222.2222.6222.6221.4420.827.72.72.1123Air32.72.72.112342.03.11.93.112.153.52.53.52.913.642.03.11.93.112.153.52.53.52.913.642.03.11.93.112.153.52.53.52.913.62138.8137.4138.7137.2136.8136.4136.9136.9135.8137.4		2	104.0	104.8	103.0	103.0	102.5	
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	Nilon	3	104.1	105.4	103.4	103.9	103.8	104 ± 1
5106.5106.6106.6105.1 1105.2 1971.4971.7970.9971.7970.92972.2974.4970.7972.2972.93973.2974.2971.4972.8974.24972.2972.1973.0973.4974.95971.5971.9972.5974.8973.71221.2219.9220.1218.6220.12220.2220.5221.6220.5221.92220.2220.5221.6220.4222.15222.9222.2222.6222.6222.15222.9222.2222.6222.15222.9222.2222.6221.121.62.82.72.712.0Air32.72.72.112.321.62.82.72.712.042.03.11.93.112.453.52.53.52.913.61136.2135.1134.9135.7135.02138.8137.4138.7137.2136.8138.3139.1137.6138.4140.0136 \pm 24137.8136.9135.9135.8137.45137.6133.5133.2133.3		4	104.0	104.9	105.9	104.2	105.8	1.12
1 971.4 971.7 970.9 971.7 '970.9 2 972.2 974.4 970.7 972.2 '972.9 '972.9 '972.2 '972.9 '972.2 '972.9 '972.2 '972.9 '972.2 '972.9 '972.2 '972.9 '972.2 '972.9 '972.2 '972.9 '972.2 '972.9 '972.2 '972.9 '972.2 '972.9 '972.2 '972.9 '972.2 '972.9 '972.2 '972.9 '972.2 '972.9 '972.5 '974.4 '974.9 '973.4 '974.9 '972.5 '974.8 '973.7 '973.0 '973.4 '974.9 '972.5 '974.8 '973.7 '973.0 '973.4 '973.7 '973.0 '973.4 '973.7 '973.0 '973.4 '973.7 '973.0 '973.1 '973.0 '973.1 '973.0 '973.4 '973.7 '973.0 '973.1 '973.0 '973.1 '973.0 '973.1 '973.0 '973.7 '211.1 '211.1 '211.1 '211.1 '211.1 '211.1		5	106.5	106.6	106.6	105.1	1105.2	
2 972.2 974.4 970.7 972.2 972.9 3 973.2 974.2 971.4 972.8 974.2 974.3 974.2 974.9 972.6 ± 0.8 974.2 974.9 972.6 ± 0.8 973.7 1 221.2 219.9 220.1 218.6 220.1 218.6 220.1 220.2 220.2 220.5 221.6 220.5 221.9 221.1 ± 0.9 26 ± 0.3 31.1 ± 0.9		1	971.4	971.7	970.9	971.7	970.9	
Teflon3973.2974.2971.4972.8974.2972.6 \pm 0.84972.2972.1973.0973.4974.9972.6 \pm 0.85971.5971.9972.5974.8973.71221.2219.9220.1218.6220.12220.2220.5221.6220.5221.93221.1220.9220.6222.5220.94220.8221.9221.3220.4222.15222.9222.2222.6222.6221.111.93.12.62.012.421.62.82.72.712.421.62.82.72.112.3Air32.72.72.112.353.52.53.52.913.61136.2135.1134.9135.7135.02138.8137.4138.7137.2136.81137.8136.9136.9135.8137.45137.6133.5133.2133.2133.3		2	972.2	974.4	970.7	972:2	972.9	
4 972.2 972.1 973.0 973.4 974.9 5 971.5 971.9 972.5 974.8 973.7 1 221.2 219.9 220.1 218.6 220.1 2 220.2 220.5 221.6 220.5 221.9 220.4 220.9 221.1 ± 0.9 4 220.8 221.9 220.6 222.5 220.9 221.1 ± 0.9 221.3 220.4 222.1 5 222.9 222.2 222.6 222.6 222.1 220.4 221.1 ± 0.9 4ir 1 1.9 3.1 2.6 2.0 221.1 ± 0.9 Air 3 2.7 2.7 2.1 22.3 220.0 22.1 ± 0.9 5 3.5 2.5 3.5 2.9 36.5 2.0 21.1 ± 0.9 4 2.0 3.1 1.9 3.1 12.1 2.6 ± 0.3 4 2.0 3.1 1.9 3.1 12.1 2.6 ± 0.3	Teflon	3	973.2	974.2	971.4	972.8	974.2	972.6 ± 0.8
5 971.5 971.9 972.5 974.8 973.7 1 221.2 219.9 220.1 218.6 220.1 2 220.2 220.5 221.6 220.5 221.6 220.5 221.9 3 221.1 220.9 220.6 222.5 220.9 221.1±0.9 4 220.8 221.9 221.3 220.4 222.1 221.1±0.9 4 220.8 221.9 221.3 220.4 222.1 221.1±0.9 4 220.8 221.9 222.6 222.6 221.1±0.9 221.1±0.9 4 20.8 22.7 22.6 222.1 221.1±0.9 221.1±0.9 Air 1 1.9 3.1 2.6±0.3 2.6±0.3 2.6±0.3 4 2.0 3.1 1.9 3.1 12.3 2.6±0.3 1 136.2 135.1 134.9 135.7 135.0 2.6±0.3 2 138.8 137.4 138.7 13		4	972.2	972.1	973.0	973.4	974.9	
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $		5	971.5	971.9	972.5	974.8	973.7	
Gliserin2220.2220.5221.6220.5219.93221.1220.9220.6222.5220.9221.1 ± 0.9 4220.8221.9221.3220.4222.15222.9222.2222.6222.6221.111.93.12.62.012.421.62.82.72.72.042.03.11.93.12.121.62.82.72.12.342.03.11.93.12.153.52.53.52.93.61136.2135.1134.9135.7135.02138.8137.4138.7137.2136.81136.2135.1136.9135.8137.4Akrilik3138.3139.1137.6138.4140.04137.8136.9136.9135.8137.4		1	221.2	219.9	220.1	218.6	220.1	
Gliserin3221.1220.9220.6222.5220.9221.1 \pm 0.94220.8221.9221.3220.4222.15222.9222.2222.6222.6221.1711.93.12.62.012.421.62.82.72.72.042.03.11.93.12.642.03.11.93.112.153.52.53.52.913.642.03.11.93.112.153.52.53.52.913.61136.2135.1134.9135.7135.02138.8137.4138.7137.2136.8Akrilik3138.3139.1137.6138.4140.04137.8136.9136.9135.8137.4		2	220.2	220.5	221.6	220.5	219.9	-
4220.8221.9221.3220.4222.15222.9222.2222.6222.6221.111.93.12.62.012.421.62.82.72.72.0Air32.72.72.112.342.03.11.93.112.153.52.53.52.913.61136.2135.1134.9135.7135.02138.8137.4138.7137.2136.83138.3139.1137.6138.4140.04137.8136.9136.9135.8137.4	Gliserin	3	221.1	220.9	220.6	222.5	220.9	221.1 ± 0.9
5222.9222.2222.6222.6222.6221.111.93.12.62.012.421.62.82.72.72.032.72.72.72.112.342.03.11.93.112.153.52.53.52.913.61136.2135.1134.9135.7135.02138.8137.4138.7137.2136.83138.3139.1137.6138.4140.04137.8136.9136.9135.8137.4		4	220.8	221.9	221.3	220.4	222.1	
1 1.9 3.1 2.6 2.0 12.4 2 1.6 2.8 2.7 2.7 2.0		5	222.9	222.2	222.6	222.6	221.1	
Air		1	1.9	3.1	2.6	2.0	12.4	
Air 3 2.7 2.7 2.7 2.1 123 2.6 \pm 0.3 4 2.0 3.1 1.9 3.1 121 2.6 \pm 0.3 5 3.5 2.5 3.5 2.9 13.6 2.6 \pm 0.3 1 136.2 135.1 134.9 135.7 135.0 2.6 \pm 0.3 2 138.8 137.4 138.7 137.2 136.8 136.8 136.4 140.0 136 \pm 2 Akrilik 3 138.3 139.1 137.6 138.4 140.0 136 \pm 2 4 137.8 136.9 136.9 135.8 137.4 136.2 133.2 133.3		2	1.6	2.8	2.7	2.7	2.0	
4 2.0 3.1 1.9 3.1 2.1 5 3.5 2.5 3.5 2.9 3.6 1 136.2 135.1 134.9 135.7 135.0 2 138.8 137.4 138.7 137.2 136.8 3 138.3 139.1 137.6 138.4 140.0 4 137.8 136.9 135.8 137.4 5 137.6 133.2 133.2 133.3	Air	3	2.7	2.7	2.7	2.1	2.3	2.6 ± 0.3
5 3.5 2.5 3.5 2.9 3.6 1 136.2 135.1 134.9 135.7 135.0 2 138.8 137.4 138.7 137.2 136.8 3 138.3 139.1 137.6 138.4 140.0 136 ± 2 4 137.8 136.9 136.9 135.8 137.4 138.2 133.3		4	2.0	3.1	1.9	3.1	12.1	
1 136.2 135.1 134.9 135.7 135.0 2 138.8 137.4 138.7 137.2 136.8 3 138.3 139.1 137.6 138.4 140.0 4 137.8 136.9 136.9 135.8 137.4 5 137.6 133.2 133.2 133.3		5	3.5	2.5	3.5	2.9	3.6	
2 138.8 137.4 138.7 137.2 136.8 Akrilik 3 138.3 139.1 137.6 138.4 140.0 136 ± 2 4 137.8 136.9 136.9 135.8 137.4 5 137.6 133.5 133.2 133.3		1	136.2	135.1	134.9	135.7	135.0	
Akrilik 3 138.3 139.1 137.6 138.4 140.0 136 ± 2 4 137.8 136.9 136.9 135.8 137.4 5 137.6 133.5 133.2 133.3	·	2	138.8	137.4	138.7	137.2	136.8	
4 137.8 136.9 136.9 135.8 137.4 5 137.6 133.5 133.2 133.2 133.3	Akrilik	3	138.3	139.1	137.6	138.4	140.0	136 ± 2
5 137.6 133.5 133.2 133.2 133.3		4	137.8	136.9	136.9	135.8	137.4	
		5	137.6	133.5	133.2	133.2	133.3	



25 D

Investigasi Akurasi..., Wiganti, Kristina Tri, FMIPA UI, 2008

Matorial	lilengen	U	kuran tebal irisa	an 👘	D _1
Material	Ulangan	10 mm	5 mm	3 mm	Rataan
	1	2080.21	2078.64	2079.78	
	2	2096.96	2102.13	2089.93	
Aluminium	3	2099.97	2098.97	2100.39	2094 ± 8
	4	2102.25	2094.98	2098.25	
	5	2092.46	2106.05	2091.48	
	1	-990.61	-987.86	-987.73	
	2	-994.07	-996.07	-994.31	
Udara	3	-996.12	-988.04	-993.55	-993 ± 3
	4	-996.51	-994.23	-992.93	
	5	-996.76	-996.12	-995.61	_
	1	98.38	98.35	98.86	········
	2	97.83	98 .53	98.56	Bich
Nilon	3	98.4	98.19	96.71	98.3 ± 0.4
1.1	4	98.36	98.16	98.24	
1 8	5	98.81	98.8	98.66	
	1	933.09	930.4	920.95	
	2	940.8	936.12	941.28	
Teflon	3	942.6	941.22	942.49	938±6
	4	942.17	938.65	938.9	
	5	944.34	941.96	931.46	
	1	213.91	212.42	212.88	1. A.
	2	213.81	213.32	213.54	
Gliserin	3	213.47	214.36	215.09	213.4 ± 0.5
	4	213.32	212.75	213.46	
	5	213.46	212.88	212.95	
	1	0.24	0.06	0.14	
	2	-0.26	-0.08	-0.08	
Air	3	-0.38	0.2	90.71	0.0 ± 0.1
	4	-0.1	-0.2	-0.18	
	5	0.06	0.42	-0.24	
	1	127.96	128.62	127.54	
	2	127.96	128.62	127.54	
Akrilik	3	128.84	128.12	127.26	127.7 ± 0.4
	4	126.84	126.58	128.1	,
	5	126.1	127.16	128 82	

Lampiran 8b. Rataan pengukuran bilangan CT (HU) pada sistem CT metode II



Investigasi Akurasi..., Wiganti, Krlstina Tri, FMIPA UI, 2008

Lampiran 8c. Rataan pengukuran bilangan CT (HU) pada sistem TPS

		Mete	ode I	۰. جو		
Blatasial	Kada		Uku	ran tebal Iris	an	
Material	Node	10.0 mm	5.0 mm	3.0 mm	2.0 mm	1.5 mm
	M1	3173.0	3179.0	3179.0	3215.3	3128.0
Aluminium	M6	3199.7	3191.1	3205.1	3191.3	3155.7
	Rataan	3186.4	3185.0	3192.1	3203.3	3141.8
	M2	8.2	14.0	14.3	32.6	37.1
Udara	M9	9.5	13.7	23.4	20.1	32.0
	Rataan	8.8	13.8	18.8	26.4	34.6
	M3	1082.0	1054.1	1080.3	1097.5	1095.8
Nilon	M5	1103.8	1133.0	1114.3	1121.5	1168.3
	Rataan	1092.9	1093.5	1097.3	1109.5	1132.0
	M4	1948.6	1951.8	1979.0	1916.5	2008.2
Teflon	M7	1952.5	1971.5	1970.2	1968.2	1942.5
	Rataan	1950.5	1961.7	1974.6	1942.4	1975.3
	M8	1211.8	1233.2	1225,8 m	11186.0	1233.6
Gliserin	M10	1214.4	1233.6	1204.0	1223.2	1207.5
	Rataan	1213.1	1233.4	1214.9	1204.6	1220.6
Air	M11	1009.5	1010.9	1021.5 rie	1026.1	978.2
Akrilik	M12	1130.4	1120.0	1109.2	-1118.3	1111.4

3215 2131

Met	tode	Π

		and the second		
Matarial	Kada	Uku	ran tebal iri	san
Wateria	Rode	10.0 mm	5.0 mm	3.0 mm
	M1	3088.8	3101.5	3086.4
Aluminium	M6	3073.3	3063.3	3074.4
	Rataan	3081.1	3082.4	3080.4
	M2	9.8	9.5	19.7
Udara	M9	6.8	4.7	16.6
and the second sec	Rataan	8.3	7:1 E	8.2
· ·	M3	1097.7	1093.3	1106.7
Nilon	M5	1100.0	1094.3	1100.6
	Rataan	1098.9	1093.8	1103.7
2008	M4	1934.1	1938.7	1939.3
Teflon	M7	1936.3	1932.9	- 1939.8
	Rataan	1935.2	1935.8	1939.6
	M8	1212.4	1212.0	1209.0
Gliserin	M10	1213.5	1209.6	1218.0
	Rataan	1213.0	1210.8	1213.5
Air	M11	1002.1	1004.7	1012.1
Akrilik	M12	1122.4	1126.7	1111.2

3020 ġ 2 <u>)</u> (((1)23.8 19**3.8** 1100.5 1103.7 8.7 1939.3 5 1939.8

Investigasi Akurasi..., Wiganti, Kristina Tri, FMIPA UJ, 2008

Lampiran 9. Grafik akurasi densitas



untuk material nilon pada metode I



Gambar B. Grafik deviasi pengukuran densitas massa untuk material teflon pada metode I



untuk material gliserin pada metode I



Gambar D. Grafik deviasi pengukuran densitas massa untuk material air pada metode I



Gambar E. Grafik deviasi pengukuran densitas massa untuk material akrilik pada metode I



Gambar F. Grafik deviasi pengukuran densitas massa untuk material aluminium pada metode II



Gambar G. Grafik deviasi pengukuran densitas massa untuk material nilon pada metode II



Gambar H. Grafik deviasi pengukuran densitas massa untuk material teflon pada metode II

20 **36** 46

antos migrarial niles.





Gambar K.Grafik deviasi pengukuran densitas massa untuk material akrilik pada metode II.

9.0

10 0

- 4.4

Lampiran 10. Evaluasi pergerakan laser pada ruang CT simulator

									Koo	nibre	at su	mbu	- Z (n	ım)							
Koordinat sumbu-X		-10	0.0			-5().0			0.	0			50	.0	le.		10	0.0		A total
	Vig1	Ulg2	x	۸	Ulg1	Uig2	x	▲	Ulg1	ilig2	x	٨	Ulg1	Ulg2	X .,		Ulg1	Uig2	X	۵	
-50.0	-50.0	-50.0	-50.0	0.00	-50.0	-50.0	-50.0	0.00	-50.0	-50.0	-50.0	0.00	-50.0	-50.0	-50.0	0.00	-50.5	-50.0	-50.3	0.01	0.00
-40.0	-40.0	-40.0	-40.0	0.00	-40.0	-40.0	-40.0	0.00	-40.0	-40.0	-40.0	0.00	-40.0	-40.0	-40.0	0.00	-40.5	-40.0	-40.3	0.01	0.00
-30.0	30.0 3															0.00					
-20.0	-30.0 -30.0 -30.															0.00					
-10.0	-9.5	-10.0	-9.8	0.03	-10.0	-10.0	-10.0	0.00	-10.0	-10.0	-10.0	0.00	-10.0	-10.0	-10.0	0.00	-10.0	-10.0	-10.0	0.00	0.01
0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
10.0	10.0	10.0	10.0	0.00	10.0	10.0	10.0	0.00	10.0	10.0	10.0	0.00	10.0	10.0	10.0	0.00	9.5	10.0	9.8	0.03	0.01
20.0	20.0	20.0	20.0	0.00	20.0	20.0	20.0	0.00	20.0	20.0	20.0	0.00	20.0	20.0	20.0	0.00	19.5	20.0	19.8	0.01	0.00
30.0	30.0	30.0	30.0	0.00	30.0	30.0	30.0	0.00	30.0	30.0	30.0	0.00	30.0	30.0	30.0	0.00	30.0	30.0	30.0	0.00	0.00
40.0	40.0	40.0	40.0	0.00	40.0	40.0	40.0	0.00	40.0	40.0	40.0	0.00	40.0	40.0	40.0	0.00	40.5	40.0	40.3	0.01	0.00
50.0	50.0	50.0	50.0	0.00	50.0	50.0	50.0	0.00	50.0	50.0	50.0	0.00	50.0	50.0	50.0	0.00	50.0	50.0	50.0	0.00	0.00
						Pers	entas	e ket	idakt	epata	n tota	l I									0.00

EVALUASI PERGERAKAN LASER KORONAL KANAN (LASER-Z1) PADA BIDANG SAGITAL

	Koordinat sumbu - Y (mm)																				
Koordinat sumbu-Z		-10	0.0	19		-50.0				0.0								10	A total		
	Ulg1	Ulg2	x	٨	Ulg1	Ulg2	x	4	Ulg1	Ulg2	х	▲	Ulg1	Ulg2	x	۸	Ulg1	Ulg2	х	Δ	ה נטנמו
-50.0	-50.5	-50.0	-50.3	0.01	-50.0	-50.0	-50.0	0.00	-50.0	-50.0	-50.0	0.00	-50.0	-50.0	-50.0	0.00	-50.0	-50.0	-50.0	0.00	0.00
-40.0	-40.5	-40.0	-40.3	0.01	-40.0	-40.0	-40.0	0.00	-40.0	-40.0	-40.0	0.00	-40.0	-40.0	-40.0	0.00	-40.0	-40.0	-40.0	0.00	0.00
-30.0	-30.5	-30.0	-30.3	0.01	-29.5	-30.0	-29.8	0.01	-30.0	-30.0	-30.0	0.00	-30.0	-30.0	-30.0	0:00	-30.0	-30.0	-30.0	0.00	0.00
-20.0	-20.5	-20.0	-20.3	0.01	-20.0	-20.0	-20.0	0.00	-20.0	-20.0	-20.0	0.00	-20.0	-20.0	-20.0	0.00	-20.0	-20.0	-20.0	0.00	0.00
-10.0	-10.5	-10.0	-10.3	0.03	-10.0	-10.0	-10.0	0.00	-10.0	-10.0	-10.0	0.00	-10.0	-10.0	-10.0	0.00	-10.0	-10.0	-10.0	0.00	0.01
0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0,0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
10.0	9.5	10.0	9.8	0.03	10.0	10.0	10.0	0.00	9.5	10.0	9.8	0.03	10.0	10.0	10.0	0.00	10.0	10.0	10.0	0.00	0.01
20.8	19.5	20.0	19.8	0.01	19.5	20.0	19.8	0.01	19.5	20.0	19.8	0.01	20.0	20.0	20.0	0.00	20.0	20.0	20.0	0.00	0.01
30.0	29.5	30.0	29.8	0.01	29.5	30.0	29.8	0.01	29.5	30.0	29.8	0.01	30.0	30.0	30.0	0.00	30.0	30.0	30.0	0.00	0.01
40.0	39.5	40.0	39.8	0.01	39.5	40.0	39.8	0.01	39.5	40.0	39.8	0.01	40.0	40.0	40.0	0.00	40.0	40.0	40.0	0.00	0.00 .
50.0	49.5	50.0	49.8	0.01	50.0	50.0	50.0	0.00	50.0	50.0	50.0	0.00	50.0	50.0	50.0	0.00	50.0	50.0	50.0	0.00	0.00
		-				Pers	entas	e ket	idakt	enata	n tota	al			0.0	10.00	1.11				0.00

20100 0.00 EVALUASI PERGERAKAN LASER KORONAL KIRI (LASER-Z2) PADA BIDANG SAGITAL

	1.27			852					Ko	ordin	at su	mbu	- Y (r	nm)	30.01	0.00					1
Koordinat sumbu-Z		-10	0.0			-51	0.0			0	.8			- 50	.0 1 m	n nn	2	10	0.0		A total
	Ulg1	Ulg2	x		Ulg1	Uig2	x	٨	Ulgʻi	Ulg2	X	A	Ulg1	UKg2	3 % 0	04)	Ulg1	Ulg2	X	▲	ה וטופו
-50.0	-60.0	-50.0	-60.0	0.00	-50.5	-60.0	-60.3	0.01	-60.5	-50.0	-50.3	0.01	-50.0	-60.0	-60.0	0.00	-50.0	-50.0	-50.0	0.00	0.00
-40.0	-40.5	-40.0	-40.3	0.01	-40.5	-40.0	-40.3	0.01	-40.0	-40.0	-40.0	0.00	-39.5	-40.0	-39.8	0.01	-40.0	-40.0	-40.0	0.00	0.00
-30.0	-30.0	-30.0	-30.0	0.00	-30.0	-30.0	-30.0	0.00	-30.0	-30.0	-30.0	0.00	-30.0	-30.0	-30.0	0.00	-30.0	-30.0	-30.0	0.00	0.00
-20.0	-20.5	-20.0	-20.3	0.01	-20.0	-20.0	-20.0	0.00	-20.0	-20.0	-20.0	0.00	-20.0	-20.0	-20.0	0.00	-20.0	-20.0	-20.0	0.00	0.00
-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	0.00	-10.5	-10.0	-10.3	0.03	-10.0	-10.0	-10.0	0.00	-10.0	-10.0	-10.0	0.00	-9.5	-10.0	-9.8	0.03	0.01
0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0,0	0.00	0.00
10.9	10.0	10.0	10.0	0.00	9.5	10.0	9.8	0.03	10.0	10.0	10.0	0.00	10.0	10.0	10.0	0.00	10.0	10.0	10.0	0.00	0.01
20.0	20.0	20.0	20.0	0.00	19.5	20.0	19.8	0.01	20.0	20.0	20.0	0.00	20.0	20.0	20.0	0.00	19.5	20.0	19.8	0.01	0.01
30.0	29.5	30.0	29.8	0.01	29.5	30.0	29.8	0.01	29.5	30.0	29.8	0.01	30.0	30.0	30.0	0.00	29.5	30.0	29.8	0.01	0.01
40.0	40.0	40.0	40.0	0.00	39.5	40.0	39.8	0.01	40.0	40.0	40.0	0.00	40.0	40.0	40.0	0.00	39.5	40.0	39.8	0.01	0.00
50.0	50.5	50.0	50.3	0.01	49.5	50.0	49.8	0.01	49.5	50.0	49.8	0.01	49.5	50.0	49.8	0.01	49.5	50.0	49.8	0.01	0.01
Persentase ketidaktenatan total												0.00									

		Display p	oada Sister	n Konsol	<u></u>	l'é ar t							
	True Position												
Preset position	La	ser-X	Las	er-Z1	Laser-72								
	Ulangan 1	Ulangan 2	Vilangan 1	Ulangan 2	Ulangan 1 6	Ulangan 2							
-50.0	-50.0	-49.9	-50.0	-50.0	-60.0	-60.0							
-40.0	-39.9	-39.9	-40.0	-40.0	-40.0	-40.0							
-30.0	-29.9	-29.9	-30.0	-30.0	-30:0BIE	44.30.0							
-20.0	-20.0	-19.9	-20.0	-20.1	-20.0	-20.0							
-10.0	-9.9	-9.9	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0							
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	. 1.5h0.0 2.5	5 A 0,0 ar							
10.0	10.1	10.0	10.0	10.0	10.0	0.9E 9.9							
20.0	20.0	20.0	19.9	19.9	19.9%	0.020.0							
30.0	30.1	30.0	30	30	@ 30 -80-9	0 é0 30 ↔							
40.0	40.0	40	39.9	39.9	.39.9	39.9							
60.0	50.0	60.0	499	0 04	60.0	50.0							

Display pada Sistem Konsol

0 u 8.5 0.0; 49.3
		NULLY S	SI VEKE	CHUND		VINUS X	LAWAL	NUC RAI					44137132 12477443	STANSO L	514 W 5611C	IN LYNA	THE ANI	All F							
• 1						Koordinale	ntto-V (h	Ē					: : : 						Koordinsis	E - opus	ē				
Roording surface (m)		ŧŀ				-				ş			UD X-NCUPS BLOUCES		₹	[ŀ		•	ľ	-			ŀ	Atotal
	Utengent	(thingan?	×	Y	Imped	Umpuz	X	Å (0.	1) Juniou	angm?	-	v		HEURIN	rugun)	~	•	Magna		-			200	4	
01:	-31.50	000	81.8-	5	38 B)	0069-	417	ня В	00.65	· 0538-	10 9766	00 10	-10	03%-	-93.50	80 80 80	100	008-	-30	<u>2</u> 65-	0.0° - 8	300	8 8 8	30 030	5
æ	8.9-	20.64	20	60	996	0561-	0962-	þø	\$000	· 033į-	19 W 61	Q1 0.0	•	98¢.	05EI-	923t-	ЮQ	CYRE	9)Q-	976 <u>-</u>	¢ 300	38	127 201 201	8	а В
5	63.50	6983-	88	БÖ	50 BN	63.00	126 2	р Ю	60:00	* 033	59.50 CJ	00 10	Ģ	-59 00	-69.50	-65.2S	1070	08	90'6S-	63.00	3 200	3 <u>50 -</u> 51	8 8	30 30	80 28
4	-26.50	382	88	E S	0060	9356	1202	30	13.65	88	0 92.65	00 20	+	33.77	33.50	38,60	0/0	C022:	88	¥.62	* 200	9K) -38	(S) - (S)	00 00	9.8
7	4550	300	-1978	E.	WQ.	0002	100.02	80	05.61	-1560	19 63 61	00 00	-21	0361-	2050	000 7 -	¢0'0	C381-	WQ-	¥ĕ₽	1. 300	92~ 0316	61-10	35 D.M	0.0U
8	(0)X	1980	X	Ę	2020	2002	20001	920	18.50	1 0002	3.75 0	00 10	31	19:01	2002	1250	0.00	19.50	50 (B)	19.75	0.0% 11	67 35(761 151	010 O	9%
9	8922	30	ä	ы Ш о	39.00	33.50	39.25	300	658	3 (3 85	10 05E	Q0 12		38.50	2260	60 %	0,03	2012	16 6 £	33.26	X 200	6C 120	121 03	00 0	3.6
5	67 FJ	200	38	9	693	69.50	0369	- MO	9000	1 (4) 14	3.8	00 00	61	10.65	65:59	55.25	1ÖÖ	800	(d 89	53.00	S 200	65 3518	20 20	000	9,00
3	0022	200	12.22	5	ių at	054	19.76	80	000	0.8	0 46	01 0.0	12	13.00	USE)	2.50	5	100	Wel.	0 661	1 300	62. 648	W W	2010 S	Цġ¢
	0535	88	22.32	ā	58,50	95 <u>C</u> (1 27.83	E.	00,63	1 0775	10 00161	00 10	100	28.50	100.00	8625	100	376	102,00	33.FS	0.00	65 506	765 OS	00	9.01
										EX.	datepoten	tital 0.0											R(P))	the second	RN N
																							٥	•	0
		NWN	ISI FER	TEENCON	SENU LAS	ER ADEAL P	YEDA BOA	REKORD	1						EN	UASIFER	JERAKAN	SEAU LAS	ER ANAL F	ADA BD4	NGROPAN	5		,	
	_					Vindesia	mb. Kin	12									2	3	Konstrats	miX-uthro	é				
Roording autory (m)		Ę		F		-		F		1 0		F	Vicantificat curricum Y from						-		ŀ		101		
	Utenceri	Uknosnž	=	-	haped	Umpm2	-	4	I Judian	angen?	-	, ,		hager	Uangunž	×	-	Ulangant	Ulangani	×	Å (that	our luo	gan2 x	V	
81-	2007-	101.00	100	БÖ	100.00	03.68-	0665-	- 000	100,000	36.50	10 V 63	00 05	-101	-100.50	10050	2300 i-	1070	120.20	-163 60	-105.25	000 -10	20 (0) -10	0:00 -100	000 00	0°C
5	8	36	8 3 197	8	60 FO	40,05	97,03-	000	0562	- 69%)-	19.FU 0.	00 10	10 - C	ω la-	4000	\$2.50	100	C9 (2)	-81,00	ŝ	34 300	080 1 1	\$ 5.	Q Q Q	39
\$	0504	90 QQ QQ	89 192	800	60.00	63.63	3265	000	69.50	- 6520	59.25 0.	00 15	17 0	-51.00	-6200	-0509-	100	C((Q	10 QQ 20	8	3 200	8	8 8	S	S.
7	803 1	CØ97	90(t)-	000	10 (1)	-33.50	202	0,01	93.60	- 09°22	9 19 6	00 LU	Ŧ	990 7	9207	89 87	E S	(i)	39	Ş	3- 300	360	89 19	5	5
Ŗ	80 X	ସ୍ଥାହ-	-20 X	0.01	0002+	19.30	4959	0.05	20:00	· 093]-	19.TE 0.	00 10	17	88. 9	223	89 8	50	C()(2;	9 1 9	80	50	016	90 19	5	5
R	1\$\$9	19.60	1956	800	21,20	80	20.20	80	82	SUS -	0000	8	12	14.02	88	2922	80	SUIC	910Z	1000				5	5
Ŋ	850	88 8	ЯØ	0Ħ	10.00	8	40.50	80	804	225	000	8		607		80.9	6.0	\$X(\$	E						3
8	65.50	80	29.50	100	60.50	8009	60 X	900	9009	(52)	1025 0.	80 69	61	613	88	6 .75	8	300	61 B	6230	300	300	3		50
B	932	2962	æ	100	80.00	90'U	102.01	0.0	10018	\$0.03	0 0504	00 15	13	818	9.Q	897£	50	96Q	£0£)	8 8	800	8	8	200	ន្ត
10	100.00	100,00	103.00	80	101,00	100.00	100.75	100	00 100	1 20/021	00.50 0.	00 13	400	100.00	05001	182	8	100,00	10250	100.25	0.00 16	929 I IX	8		8
										EN EN	defeption	httei 0.0			1								宗夏		E
		ENUM	SIPERCE	ENUME	13610436	ROBORN	BACKEL	DAVIE BY	IIIAL	•				•	EAL	AS PERC	PANA	ERULASE	e kozatk	LPNOKE	DANG SAGI	M.			
						Cherristics of	Posts - V Cr	8											Kincensis	untie Y fin	E				
Employed antion (m)		٩		F			L SANIA			K		-	Transford surgence from				F		-		-		8		
	Utenant	Uknoanž	-	Ē	Regent	Utangun2	-	V	ngmi (angan?	×	2		Uzupent	Umganz			Utangant	Utangan	×	A Um	ngan Unan	in Sing	₹	A 1014
8	835	2008-	208-) H	88	-100,00	83 69-	D,O	0505	100 1-1	02,00 0.	00 00		10201-	00001-	-1002	000	101 00	-103.00	-10040	0.01 -14	010 -10	250 -100	82 000	900 0
萃	093J-	8.4	NR:	8	69.62	0582·	100.6.1-	0.01	40.00	-13.60	2 26.	00 00	4	(A) 43*	1000	\$7(¢	000	1 0918	W 2."-	i€6!:-	3- 300	1)00 14	8	5 CM	ន្ត
27	05.25	958- 197	83	80	60.00	(E03	100 039	800	60.30	- COED	5000 0	00 00	4	6505	6130	-00,75	100	0000-	-90,00	€00)	0- 000	3- 1000	8 8	80	8
Ŧ	8 ¥	06184 1	99 Q.	5	200	39.00	1926[?	g	00.01	930	0 WC	00 co	4	6301-	5.CF	40.50	100-	305-	987 1	31.ec	÷ 1,00))• (Ø)	(i) (i)	Se se	ŝ
ħ	83	00'81-	861-	98	-19,00	0002-	0363-	880	20.00	-15.50 -	19.75 0.	00 15	31	-20.00	-23,20	-20,00	000	002	3002-	-20,00	3- 300	X- 001	8 8	8 8 8	ыç
R	800	20.02	R R	8	20.50	8	20 16	ж Ок	20,00	200	9 150	10 20	21	(0) (Q)	20:00	ęŋS	üΰ	20100	210)	193	Q10	02 30	102 102	80	ន្ត
8	45.55	89	20 22 20	0.01	40.50	810	89	ES.	83	18	10.75 0.	C2 0.0	4	40.50	10:01	æ25	10.0	920)	10 50	85CF	0.02	050 40	101	8	201 201
8	833	86	88	Ыġ	88	3	60.00	000	50.50	1000	9 050	00 10	1 9	e a m	6030	60.25	¢¢¢	00100	(i)))	6000	000 B	000 60	10 10	000	080
8	1973	88	92 92 92	600	8,0‡	808	40 X	щõ	\$1.00	ST (2)	13.75 Q.	00 15	13	0(° 13	63 62	80.75	0.01	000	10 EO	1250	3 100	00 501	8 8	ы С	5
#	101.00	101 001	101,20	ы Б	101,60	31.03	101 601	36	COT (A)	1.050001	0.75 6.	00 10	100	100,000	(0)(0)	100,001	ŝ	100,50	101,50	CC 101	Q.Ni: \$	X1 20/6	8 90	0000	90 90
										g	Net append	105: 0.0											夜夏		

64

ampiran 11. Evaluasi pergerakan laser pada ruang linac

0

٩.,

}.

Investigasi Akurasi..., Wiganti, Krlstina Tri, FMIPA UI, 2008

:

0

Ś.