



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGARUH PERLAKUAN AUSTEMPER  
TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO  
*THIN WALL DUCTILE IRON (TWDI)***

**SKRIPSI**

**WAHYU DWI HARYONO  
0606075334**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI & MATERIAL  
DEPOK  
JULI 2010**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGARUH PERLAKUAN AUSTEMPER  
TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO  
*THIN WALL DUCTILE IRON (TWDI)***

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**WAHYU DWI HARYONO  
0606075334**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK METALURGI & MATERIAL  
DEPOK  
JULI 2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Wahyu Dwi Haryono**

**NPM : 0606075334**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 6 Juli 2010**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:

Nama : Wahyu Dwi Haryono

Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material

Judul : Pengaruh Perlakuan Austemper terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis pada *Thin Wall Ductile Iron* (TWDI)

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Johnny Wahyuadi M, DEA ( )

Penguji 1 : Dwi Marta Nurjaya, ST, MT ( )

Penguji 2 : Rianti Dewi Sulamet Ariobimo, ST, M.Eng ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 6 Juli 2010

## KATA PENGANTAR

*“Maka Allah memberi mereka pahala di dunia dan pahala yang baik di akhirat.  
Dan Allah mencintai orang-orang yang berbuat kebaikan.” (Ali ‘Imran: 148)*

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan nikmat-Nya laporan skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya. Skripsi yang berjudul **“Pengaruh Perlakuan Austemper terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis pada Thin Wall Ductile Iron (TWDI)”** disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan akademis untuk meraih gelar Sarjana Teknik di Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa tanpa dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tugas skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga besar saya yang telah mendoakan serta memberikan bantuan baik moril maupun materiil;
2. Prof. Dr. Ir. Johny Wahyuadi M, DEA, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
3. Ibu Rianti Dewi Sulamet Ariobimo, selaku pembimbing dan teman selama pembuatan skripsi, yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberi pengarahan dan bimbingan serta diskusi untuk menyelesaikan tugas skripsi ini;
4. Orang tua tercinta di Gombong, Mba Eka di Bojong Gede, Dik Arif, Dik Nida, dan Keluarga besar kami yang selalu menyokong, menyemangati, dan ikut mendanai kegiatan belajar dan kemahasiswaan saya.
5. Ewaldo Zulfikar, Wandi Wahyudi, Ari Azhari (almarhum, semoga Allah SWT merahmatinya), Didi Darul Fadli, Irlinda Desita, Lusiana Eka dan Chintya Viola Chairany, selaku teman selama proses penelitian skripsi, yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas skripsi ini;

6. Seluruh pihak dan rekan kerja PT. X yang telah banyak membantu dalam program penelitian mulai dari pegarahan sampai memberikan data-data yang saya butuhkan;
7. Ustad Hendra, Ustad Ricky, dkk di Al Hikmah Mampang, Akhina Amin Ilyas, Teman-teman LTQ Al Hikmah.
8. Teman-teman seperjuangan di Pembinaan SALAM UI yang selalu memberikan SMS penyemangat.
9. Teman-teman *ngaji* di UI atas pembimbingan dan penyejuk dalam menapaki kehidupan, mencapai sebaikan kebaikan di dunia dan akhirat.
10. Anak-anak dan pendamping ETOS Jakarta yang memberikan semangat, memahami kondisi, dan memacu untuk bekerja keras dalam mengerjakan skripsi ini.

Saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu metalurgi dan material ke depan.

Depok, 6 Juli 2010

Penulis

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wahyu Dwi Haryono  
NPM : 0606075334  
Departemen : Teknik Metalurgi dan Material  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Pengaruh Perlakuan Austemper terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis pada *Thin Wall Ductile Iron* (TWDI)**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya,

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 6 Juli 2010

Yang menyatakan

(Wahyu Dwi Haryono)

## ABSTRAK

Nama : Wahyu Dwi Haryono

Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material

Judul : Pengaruh Perlakuan Austemper terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis *Thin Wall Ductile Iron* (TWDI)

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan austemper pada temperatur 350°C dan austenisasi yang diberikan pada temperatur 960°C terhadap struktur mikro dan sifat mekanis dari *thin wall ductile iron* (TWDI). TWDI yang digunakan adalah besi tuang nodular jenis FCD 450 dengan ketebalan 1 mm sebanyak 5 pelat. Proses austemper dilakukan dalam dapur *fluidized bed*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa seluruh pelat TWDI berubah menjadi *thin wall austemper ductile iron* (TWADI), hal ini ditandai dengan adanya perubahan matriks dari ferrite menjadi ausferrite. Sifat kekuatan tarik dan kekerasan mengalami peningkatan yang signifikan dibandingkan dengan TWDI sebelum dilakukan proses austemper. Pelat TWADI yang diperoleh mempunyai kekuatan tarik antara 441-765 N/mm<sup>2</sup>, terjadi peningkatan sebesar 121% dari pelat TWDI yang mempunyai kekuatan antara 108-412 N/mm<sup>2</sup>. Pelat TWADI mempunyai kekerasan dengan rentang antara 364-379 HB, terjadi peningkatan sampai 103% dari pelat TWDI yang mana kekerasannya berkisar antara 171-207 HB.



## ABSTRACT

Name : Wahyu Dwi Haryono  
Major : Metallurgy and Materials Engineering  
Title : Effect of Austempering Treatment to Microstructure and  
Mechanical Properties in Thin Wall Ductile Iron (TWDI)

This research was held to identify the effect of austempering process at 360°C and austenization given at 690°C to microstructure and mechanical properties on *thin wall ductile iron* (TWDI). The specimens used were 5 plates of FCD 450 with 1 mm thickness. Austempering process were held in fluidized bed. The result that all TWDI transformed to thin wall austempered ductile iron (TWADI), it shown by matrix transformation from ferrite to ausferrite. The tensile strength and hardness were increase significantly than TWDI before austempered. The UTS of TWADI were 441-765 N/mm<sup>2</sup>, increased untill 121% than TWDI which the UTS obtained were between 108-412 N/mm<sup>2</sup>. The hardness of TWADI obtained were 364-379 BHN, increasing 103% from the TWDI which were 171-207 BHN.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	ii
<b>PENGESAHAN</b>	iii
<b>KATA PENGANTAR</b>	iv
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH</b>	vi
<b>ABSTRAK</b>	vii
<b>ABSTRACT</b>	viii
<b>DAFTAR ISI</b>	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xii
<b>DAFTAR TABEL</b>	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	xvi
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
<b>BAB 2 DASAR TEORI</b>	
2.1 Besi Ulet Nodular Dinding Tipis ( <i>Thin Wall Ductile Iron</i> )	5
2.2 Besi Ulet Austemper Dinding Tipis ( <i>Thin Wall Austempered Ductile Iron</i> )	5

2.3	Jumlah Nodul ( <i>Nodule Count</i> ) dan Kenodulan ( <i>Nodularity</i> )	8
2.4	Perhitungan Jumlah Nodul dan Kenodulan	9
2.5	Besi Ulet Austemper ( <i>Austempered Ductile Iron</i> )	10
2.5.1	Keunggulan <i>Austempered Ductile Iron</i> (ADI)	11
2.6	Proses Austemper	17
2.7	Struktur Mikro ADI	18
<b>BAB 3</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1	Diagram Alir Penelitian	21
3.2	Alat dan Bahan	22
3.2.1	Alat	22
3.2.1.1	Alat Pembuatan Pola	22
3.2.1.2	Alat Pembuatan Cetakan	22
3.2.1.3	Alat Pembuatan Logam Cair	22
3.2.1.4	Alat Pembuatan Cetakan	22
3.2.1.5	Alat Penuangan Logam Cair	23
3.2.1.6	Alat Pembongkar Cetakan	23
3.2.1.7	Alat Permesinan	23
3.2.1.8	Alat Proses Austemper	23
3.2.2	Bahan Baku	24
3.2.2.1	Bahan Baku Logam Cair	24
3.2.2.2	Bahan Baku Cetakan	24
3.3	Prosedur Penelitian	25
3.3.1	Pembuatan Disain Cetakan	25
3.3.2	Perbaikann Pola	26

3.3.3	Pembuatan Cetakan	27
3.3.4	Pembuatan Logam Cair dan Perlakuan Cairan Logam	27
3.3.4.1	Pembuatan Besi Tuang Kelabu (FC)	27
3.3.4.2	Pembuatan Besi Tuang Nodular	28
3.3.5	Penuangan Logam Cair	29
3.3.6	Pembongkaran Cetakan	30
3.3.7	Perlakuan <i>Shot Blasting</i>	30
3.3.8	Preparasi Sampel	31
3.3.8.1	Preparasi Sampel Uji Komposisi Kimia	33
3.3.8.2	Preparasi Sampel Pengamatan Struktur Mikro	33
3.3.8.3	Preparasi Uji Kekerasan	35
3.3.8.4	Preparasi Uji Tarik	35
3.3.9	Proses Austempering	35
3.3.9.1	Pengambilan Data Sampel	37
3.3.9.2	Penamaan Sampel	37
3.3.10	Pengujian	37
3.3.10.1	Pengujian Komposisi Kimia	37
3.3.10.2	Pengamatan Makro	37
3.3.10.3	Pengamatan Struktur Mikro	38
3.3.10.4	Pengujian Tarik	39
3.3.10.5	Pengujian Keras	40

#### **BAB 4 PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1	Pengujian Komposisi Kimia	42
4.2	Pengamatan Visual	43

4.3	<b>Pengamatan Struktur Mikro</b>	45
4.3.1	Pengaruh Nodularitas, Jumlah nodul dan Diameter rata-rata nodul	52
4.3.1.1	Jumlah Nodul ( <i>Nodul Count</i> )	52
4.3.1.2	Diameter Rata-rata Nodul	54
4.3.1.3	Nodularitas pada Posisi	55
4.3.1.4	Kekuatan Tarik dan Nodularitas	56
4.4	<b>Pengujian Mekanik</b>	57
4.4.1	Uji Tarik	57
4.4.2	Uji Kekerasan	61
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN</b>	64
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	65

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Berat relatif per unit <i>yield strength</i> beberapa material	3
Gambar 2.1	Nilai CE untuk beberapa jenis material	7
Gambar 2.2	Pengaruh ketebalan pelat besi tuang nodular terhadap jumlah nodul	9
Gambar 2.3	Perbandingan <i>yield strength</i> ADI vs BTN dan baja	12
Gambar 2.4	Perbandingan <i>yield strength</i> ADI dan aluminium	13
Gambar 2.5	Perbandingan Modulus Young beberapa material	13
Gambar 2.6	Perbandingan kekuatan tarik ADI dan besi tuang nodular	13
Gambar 2.7	Perbandingan <i>fracture toughness</i> ADI dan besi tuang nodular	14
Gambar 2.8	Perbandingan ketahanan aus ADI dengan beberapa material lain	15
Gambar 2.9	Perbandingan kekuatan bending-fatigue baja dan ductile iron	16
Gambar 2.10	Pengaruh ketebalan ADI terhadap ketahanan a) $315\pm C$ and b) $370\pm C$	16
Gambar 2.11	Perbandingan tingkat kebisingan mesin yang terbuat dari ADI dan baja	17
Gambar 2.12	(a) <i>Ductile iron austempered at 260 °C</i> (b) <i>Same iron as in (a) austempered at 370 °C</i>	19
Gambar 3.1	Diagram alir proses penelitian	21
Gambar 3.2	(a) Desain pengecoran Stefanescu (b) Desain cetakan	25

	penelitian	
Gambar 3.3	Penipisan ukuran pelat untuk cetakan pada pola	26
Gambar 3.4	Pemasangan pelat pada pola	26
Gambar 3.5	Proses pelapisan pada pola	26
Gambar 3.6	Penambahan lem cetakan pasir	27
Gambar 3.7	Penggabungan flask cetakan; kup dan drag	27
Gambar 3.8	Penuangan logam cair	30
Gambar 3.9	Hasil pengecoran besi tuang FCD 45	30
Gambar 3.10	Mesin <i>shot blasting</i> (a) bagian luar, (b) bagian dalam	31
Gambar 3.11	Benda cor setelah dikeluarkan dari mesin <i>shot blasting</i>	31
Gambar 3.12	Metoda pengambilan sampel pegujian untuk pelat	32
Gambar 3.13	Metode penamaan pelat sampel	33
Gambar 3.14	Sampel hasil <i>mounting</i>	34
Gambar 3.15	Alur proses austempering	36
Gambar 3.16	Dapur fluidized bed untuk perlakuan austenisasi	36
Gambar 3.17	<i>Tensile strength machine</i>	40
Gambar 3.18	Indentor pada mesin uji keras	41
Gambar 3.19	Geometri pelat	41
Gambar 3.20	(a) Cetakan dan (b) Pola	41
Gambar 4.1	Hasil pengecoran dan saluran tuang P5 setelah proses <i>shoot blasting</i>	44
Gambar 4.2	(a) Sampel TWDI (b) Sampel TWADI	45

Gambar 4.3	Struktur mikro pelat A	47
Gambar 4.4	Struktur mikro pada temperatur austemper a. $T_A = 350^\circ\text{C}$ b. $T_A = 400^\circ\text{C}$	50
Gambar 4.5	Grafik pengaruh jumlah nodul terhadap posisi pelat A	52
Gambar 4.6	Grafik perbandingan nilai diameter nodul terhadap posisi pelat A	54
Gambar 4.7	Grafik nodularitas grafit berdasarkan posisi pada pelat A	55
Gambar 4.8	Grafik kekuatan tarik terhadap nodularitas pada TWDI dan TWADI	57
Gambar 4.9	Grafik hubungan nilai kekuatan tarik terhadap posisi pelat	58
Gambar 4.10	Perbandingan nilai elongasi pelat A pada TWDI dan TWADI	60
Gambar 4.11	Grafik hubungan nilai kekerasan Brinel terhadap posisi pelat	62



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Syarat komposisi besi tuang nodular untuk bahan ADI	6
Tabel 2.2	Standard ADI untuk Eropa (EN 1564)	10
Tabel 2.3	Standard ADI untuk USA (ASTM A897/A897M-03)	10
Tabel 2.4	Hasil pengujian material yang telah digunakan sebagai <i>crankshaft</i>	11
Tabel 2.5	Perbandingan sifat mekanis baja, BTN pearlitik dan ADI grade 150/100/7	14
Table 2.6	Perbandingan sifat mekanis baja, BTN pearlitik dan ADI grade 150/100/7	21
Tabel 3.1	Pembuatan bahan baku peleburan ( <i>charging</i> )	24
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Komposisi Kimia P5	42
Tabel 4.2	Tebal aktual benda hasil pengecoran P5A	44
Tabel 4.3	Pengukuran nodularitas, jumlah nodul, dan diameter rata-rata nodul TWDI	52
Tabel 4.4	Perbandingan kekuatan tarik dan Nodularitas pada TWDI dan TWADI	56
Tabel 4.5	Data kekuatan tarik TWADI	57

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Struktur mikro TWDI dan TWADI
- Lampiran 2 Ketebalan Aktual Pelat
- Lampiran 3 Data Hasil Perhitungan Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata TWDI dengan software NIS-Elements
- Lampiran 4 Data Hasil Perhitungan Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata TWADI dengan software NIS-Elements
- Lampiran 5 Data Pengujian Kekerasan dan Kekuatan Tarik
- Lampiran 6 Diagram Fasa dan Diagram CCT dari Fe-C-Si
- Lampiran 7 Standard ASTM A 536-84
- Lampiran 8 ASTM A 987/A 897M-02
- Lampiran 9 JIS G 5503
- Lampiran 10 JIS Z 2241
- Lampiran 11 JIS Z 2243
- Lampiran 12 JIS Z 2245

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan dunia teknologi akan jenis material logam baru yang diinginkan memiliki keunggulan sifat mekanis turut mendorong ilmuwan untuk melakukan penelitian secara intensif selama berabad-abad. Material yang dibutuhkan adalah material yang tahan pada kondisi ekstem seperti panas, dingin, tahan impak dan tahan aus, sehingga setidaknya material tersebut harus memiliki kekuatan tarik, kekerasan dan elongasi yang menjawab kebutuhan.

Dalam sebuah penelitian menunjukkan bahwa setiap pengurangan berat komponen otomotif sebanyak 113,6 kg akan menghemat bahan bakar sebesar 0,425 km/liter<sup>[1]</sup>. Hornung juga menyatakan bahwa setiap 100 kg pengurangan dari berat kendaraan akan menghemat 0,5 liter bahan bakar untuk 100 km perjalanan<sup>[2]</sup>.

Pengembangan material besi telah dilakukan sejak berabad-abad lalu dengan maksud untuk memperoleh material yang memiliki rasio kekuatan terhadap berat tinggi, ketangguhan, ketahanan aus, ketahanan fatik dan biaya rendah. Penelitian kemudian diarahkan pada *ductile iron* yang populer di dunia pengecoran hingga sekarang. Peningkatan kekuatan dan keuletan untuk mengantisipasi perkembangan material lain. *Ductile iron* merupakan material berbahan baku *gray cast iron*, P.D Merica (AIME) berkata tentang pengembangan daerah besi tuang dalam kuliah Henry Marion Howe pada 1936 menyatakan bahwa pada suatu waktu akan tercapai sebuah “*objective ideal dari ductile gray iron*”<sup>[3]</sup>.

Penelitian *ductile iron* didasarkan pada pengalaman empirik. Dengan struktur metalografi ditentukan dengan campuran dari Fe<sub>3</sub>C+Fe dan grafit Kristal kemudian membentuk *flake*. Riset di *British Cast Iron Research Association* dimulai pada 1930-an ditemukan sistem paduan tidak hanya Fe-C-Si tetapi juga sistem Ni-C dan Co-C. Laju pendinginan dan inokulasi dengan Ca-Si memicu terjadi presipitasi grafit bulat pada Ni dan *Co base alloys*. Ditemukanya unsur

tambahan cerium (Ce) menghasilkan grafit bulat dalam semua system uji<sup>[3]</sup>.

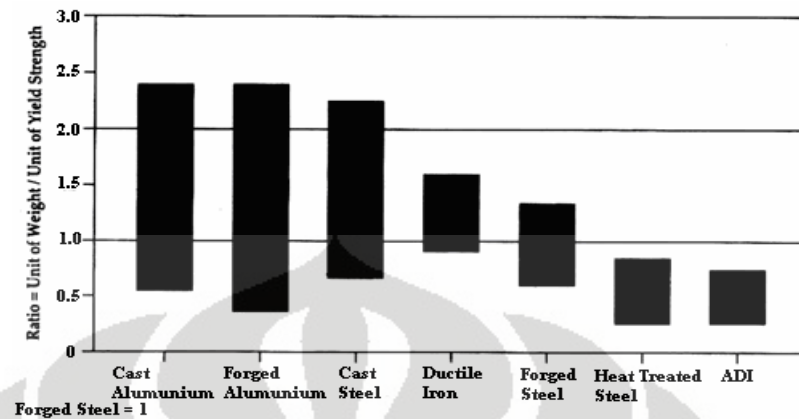
Penelitian terhadap efek penambahan magnesium (Mg) pada besi tuang 1942 oleh Research Laboratory of The International Nickel Co., Inc. dengan tujuan awal menggantikan chromium (Cr) dengan Mg sebagai penstabil karbida pada besi tuang putih tahan abrasi. Ditekankan dengan pengaruh kuat sebesar 0,5% Mg pada stuktur metalografi martensit besi tuang putih, kemudian dikembangkan pada besi tuang kelabu. Penambahan 0.5% Mg dan tambahan unsur lain diperoleh kekuatan tarik mencapai 20.000 psi minimum hasil penuangan<sup>[3]</sup>. Selanjutnya penemuan jenis besi tuang tersebut disebut besi tuang nodular. *Ductile iron* mempunyai karakter yang spesifik dibandingkan baja dan paduan lain dan pilihan utama pada pemilihan *ductile iron* sebagai material komponen otomotif, mesin rol kelas dan *part* pada mesin pertanian. Kemampuan permesinan merupakan faktor utama pada ekonomomi produksi total, dengan kemampuan permesinan paling baik di atas baja dan besi tuang dengan grades kekuatan sama atau kekerasan sebanding.

Kapasitas *damping* dari *ductile iron* sebanding dengan besi tuang kelabu, dan jauh melampaui baja. Komponen *ductile iron* tidak berisik dibanding dibuat dari besi, di samping itu komponen perkakas mesin membutuhkan kekuatan lebih dari pada besi tuang kelabu berikan, keakuratan dimensi lebih besar dan kemulusan dari *part* mesin sama seperti pada baja.

Sifat mekanik besi tuang nodular dapat ditingkatkan yaitu meliputi kekuatan, ketangguhan dan ketahanan ausnya melalui proses *austemper*. Proses ini dilakukan dengan tahap austenisasi dan dilanjutkan dengan pencelupan pada medium pendingin pada temperatur 220-550°C selama rentang waktu tertentu<sup>[4]</sup>. Perubahan sifat mekanik terjadi karena selama proses karena adanya perubahan struktur mikro pada matriks besi tuang nodular. Jenis besi tuang nodular yang mengalami proses *austemper* selanjutnya dikenal dengan nama *austemper ductile iron* (ADI)

Diagram di bawah ini menginformasikan rasio antara berat dengan *yield strength* material beberapa material. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa besi tuang nodular (*ductile iron*) memiliki rasio antara berat dengan kekuatan luluh (*yield strength*) yang lebih besar dibandingkang dengan aluminium. Artinya,

terbukti bahwa dengan berat yang sama besi tuang nodular memiliki kekuatan yang lebih baik daripada aluminium.



Gambar 1.1 Berat relatif per unit *yield strength* beberapa material.

Perkembangan ADI di Indonesia sampai saat ini masih lebih fokus pada tahap penelitian. Material ADI sudah banyak dipakai yaitu untuk bahan pembuat roda gigi, poros engkol, *sprocket* dan *die*<sup>[4]</sup>. Tahap produksi sudah dilakukan namun masih dalam skala yang sangat kecil walaupun sesungguhnya Indonesia sangat potensial untuk memproduksi ADI karena banyak industri pengecoran di Indonesia yang berbasis pada pengecoran besi tuang kelabu (FC) dan besi tuang nodular (FCD). Hal lain yang menyebabkan Indonesia memiliki potensi untuk menghasilkan ADI yaitu FCD yang dihasilkan di Indonesia oleh semua skala industri pengecoran walaupun tidak memenuhi persyaratan FCD untuk ADI<sup>[5]</sup>, ternyata FCD yang dihasilkan di Indonesia tetap dapat dijadikan ADI.<sup>[6]</sup>

## 1.2 Perumusan Masalah

Material *thin wall ductile iron* sebagai bahan pada perlakuan austemper idealnya merupakan material terbaik untuk hasil yang memuaskan. Namun kadang masalah yang timbul tidak semua material bahan sesuai dengan kriteria. Pada proses austemper sifat mekanis yang dihasilkan berkorelasi dengan struktur mikro yang tampak. Sehingga proses austemper tidak selalu berhasil, tentunya sangat berpengaruh terhadap sifat mekanis TWADI dihasilkan. Efektifitas ketebalan dinding tipis tentunya berpengaruh terhadap seberapa besar perubahan sifat mekanis dan mikro struktur TWADI.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui sifat mekanik yang meliputi kekuatan tarik dan kekerasan, struktur mikro, hasil pengecoran sebelum dan setelah perlakuan austempering terhadap sampel dinding tipis FCD 450.
2. Membandingkan sifat-sifat sampel dinding tipis TWDI dengan TWADI FCD 450 akibat pengaruh proses austempering.
3. Mengetahui pengaruh dari pengaruh dari mikro struktur termasuk jumlah nodul, diameter rata-rata nodul dan nodularitas terhadap kekuatan mekanis TWDI dan TWADI.

### 1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini baru dilakukan penelitian pembuatan material dinding tipis FCD 1 mm menggunakan proses pengecoran vertikal dengan modifikasi dari desain sistem saluran tuang Stefanescu. Target yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui perbandingan struktur mikro dan sifat mekanis pelat TWDI dengan TWADInya.

Selanjutnya proses pembuatan austemper ductile iron (ADI) dengan bahan baku thin wall ductile iron (TWDI) melalui tahapan - tahapan proses yaitu pembuatan pola cetakan, pembuatan cetakan, pembuatan logam cair, liquid treatment, pengecoran, pembongkaran cetakan, permesinan dan pengujian.

Variabel dari penelitian ini adalah perbedaan sifat mekanis dan strukturmikro dari thin wall ductile iron (TWDI) dan thin wall austemper ductile iron (TWADI). Beberapa pengujian yang dilakukan meliputi pengujian struktur mikro, kekuatan tarik, kekerasan dan austemper.

## BAB 2 DASAR TEORI

### 2.1 Besi Ulet Nodular Dinding Tipis (*Thin Wall Ductile Iron-TWDI*)

Sejak para ilmuwan berhasil membuat besi tuang nodular dalam bentuk yang tipis (*thin wall ductile iron – TWDI*) dengan ketebalan kurang dari 5 mm, penggunaan besi tuang di industri otomotif kembali bersaing dengan aluminium. Apabila TWDI tersebut diberikan perlakuan panas berupa proses austempering, diperoleh TWADI (*thin wall austempered ductile iron*) yang mana merupakan material dengan sifat-sifat jauh lebih baik daripada aluminium dan baja dalam hal kombinasi antara kekuatan (*strength*), keuletan (*ductility*), kekakuan (*stiffness*), penyerapan energi (*vibration damping capacity*) dan biaya produksi (*reduced cost*). Potensi penggunaan besi tuang nodular untuk komponen otomotif yang ringan terganggu oleh pembentukan karbida pada proses pengecoran pelat tipis besi tuang nodular, terutama pada TWDI dengan ketebalan 2-3 mm, namun dengan adanya pengembangan yang telah dilakukan terkait dengan proses inokulasi, pembuatan TWDI yang bersih dari karbida bisa dilakukan sehingga bisa diperoleh TWADI dengan kualitas yang baik<sup>[7]</sup>. Penelitian dan pengembangan TWDI yang telah dilakukan saat ini sampai pada pengaruh minimum ketebalan pelat 2 mm.

Pembuatan TWDI masih menjadi perhatian bagi industri pengecoran modern, faktor-faktor penting yang harus diperhatikan dalam pembuatan TWDI yaitu temperatur penuangan (*pouring temperature*), komposisi kimia (*chemical composition*), konduktivitas termal cetakan (*thermal conductivity of the molding materials*), jenis dan jumlah inokulan (*type and amount of inoculating material in combination with the spheroidizing method adopted*), disain cetakan (*casting design*) dan faktor-faktor pada proses pengecoran lainnya<sup>[7]</sup>.

### 2.2 Besi Ulet Austemper Dinding Tipis (*Thin Wall Ductile Iron-TWADI*)

Pada umumnya ADI dibuat dengan ketebalan antara 10-100 mm. Pembuatan ADI dengan ketebalan yang lebih besar dari 100 mm sangat sulit

dilakukan karena adanya segregasi unsur-unsur yang mempengaruhi kemampuan pemadatan yang juga ditambahkan untuk mencegah pembentukan pearlite. Besi tuang nodular dengan ketebalan melebihi 100 mm akan memiliki kemampuan proses austemper (*austemperability*) yang buruk dan mikrostruktur yang heterogen, namun kedua masalah tersebut tidak terjadi dalam pembuatan TWDI karena ukurannya yang tipis membuat segregasi tidak terlalu signifikan. Namun demikian, ADI dengan ketebalan yang sangat tipis (kurang dari 4 mm) masih dalam tahap pengembangan. Kemungkinan hal tersebut karena sulitnya mendapatkan besi tuang tipis yang bebas dari karbida. Kehadiran karbida dapat menurunkan kemampuan permesinan (*machinability*) produk cor dan sifat-sifat mekanis. Proses austempler TWDI dengan kandungan Si yang rendah pada 360 °C menunjukkan kekuatan maksimum (*ultimate strength*) melebihi 1100 MPa dengan elongasi lebih dari 10%<sup>[7]</sup>. Penelitian tersebut membuktikan bahwa TWADI mampu menjadi pilihan tepat untuk kualifikasi material dengan keuntungan dalam hal ekonomi dan sifat mekanis.

Faktor-faktor yang mempengaruhi ADI untuk komponen tipis dan memiliki kekuatan yang tinggi adalah<sup>[6]</sup>:

a. Komposisi kimia

Untuk mendapatkan TWDI yang baik, proses pengecoran harus dilakukan dengan material yang memiliki *castability* yang besar. Oleh karena itu disarankan untuk menggunakan besi tuang hipereutektik (CE: 4,4 – 4,6%). Kandungan Si juga tidak boleh terlalu banyak karena dapat menurunkan keuletan (*ductility*). Kandungan unsur-unsur paduan lainnya juga harus sedikit karena dapat mempengaruhi nodularisasi dan inokulasi. Tabel 2.1 di bawah ini merupakan persyaratan komposisi besi tuang nodular agar bisa dijadikan ADI.

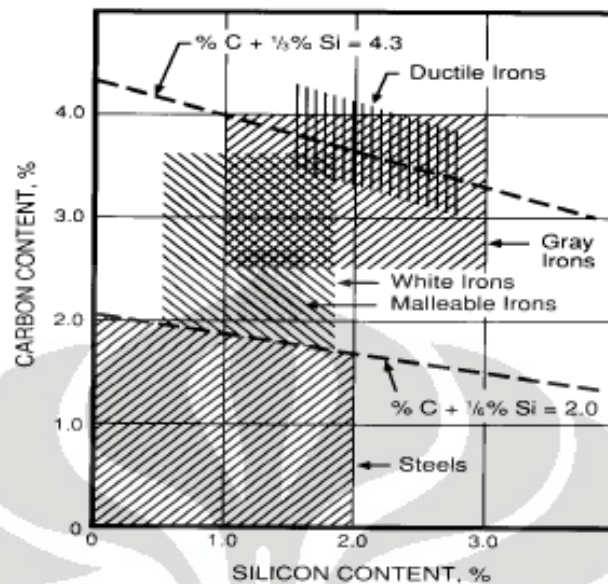
Tabel 2.1 Syarat komposisi besi tuang nodular untuk bahan ADI

C%	Si%	Mn%	Cu%	Ni%	Mo%
3,5-3,7	2,5-2,7	0,25-0,31	0,05-0,8	0,01-0,8	max. 0,25

Perhitungan CE juga penting dalam mengatur komposisi kimia, yaitu



seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.1 Nilai CE untuk beberapa jenis material <sup>[22]</sup>.

- b. Pembuatan cetakan dan proses pengecoran (*molding and casting*)  
 Disain cetakan dan prosedur pengecoran juga sangat berpengaruh pada pembuatan TWDI. Toleransi terhadap perubahan dimensi produk pengecoran cukup besar sehingga cetakan harus dibuat dengan teliti. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan selama proses pembuatan TWDI yaitu disain cetakan, *preheating* cetakan, penggunaan *heater*, filter dan pelapisan permukaan cetakan sehingga permukaan TWDI akan baik.
- c. Struktur pembekuan (*solidification structure*), segregasi mikro dan karbida  
 Struktur pembekuan juga berpengaruh pada TWDI, penelitian menunjukkan bahwa daerah yang terakhir membeku (*last to freeze – LTF*) logam cair adalah pada daerah *intra-dendritic liquid*. Dengan meningkatnya laju pembekuan maka penyebaran LTF pun akan semakin seragam namun laju pembekuan yang sangat cepat pun akan menyebabkan terbentuknya karbida yang mana akan menurunkan keuletan (*ductility*), ketangguha (*toughness*) dan kemampuan permesinan (*machinability*).

- d. Kinetika transformasi padatan (*solid state transformation kinetic*), sifat-sifat dan struktur mikro akhir

Peningkatan jumlah nodul akan menyebabkan meningkatnya luas area interfasa antara grafit dengan matriks. Interfasa grafit-matriks merupakan tempat terjadinya nukleasi heterogen sehingga dapat meningkatkan laju transformasi fasa yang melibatkan *solid-state nucleation*, misalnya pengendapan austenite selama austenisasi dan pengendapan ferrite selama austempering. Adanya jumlah nodul yang besar akan menurunkan jarak difusi karbon dari matriks ke nodul. Peningkatan laju nukleasi heterogen dan jarak difusi yang pendek akan meningkatkan laju *solid-state transformation*. Pada proses austempering TWDI sangat diharapkan adanya kinetika transformasi yang cepat dan segregasi mikro yang kecil pada matriks sehingga dapat menghilangkan austenite sisa pada LTF dan menghasilkan mikrostruktur yang halus dan homogen sehingga sifat-sifat mekanis yang diperoleh juga akan lebih baik.

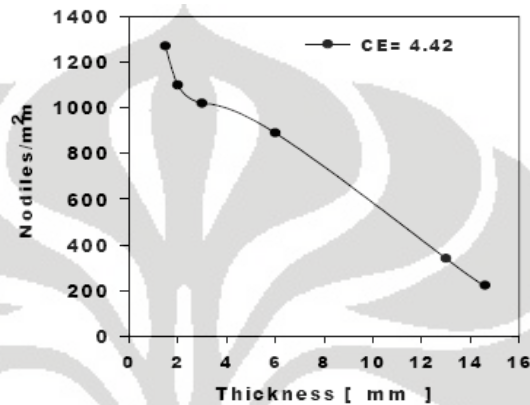
### 2.3 Jumlah Nodul (*Nodule Count*) dan Kenodulan (*Nodularity*)

Pada pengecoran besi tuang, pengurangan ketebalan akan mengakibatkan peningkatan jumlah nodul, kenodulan dan kandungan pearlite sedangkan ukuran nodul akan mengalami penurunan<sup>[8]</sup> karena adanya rasio yang tinggi antara luas permukaan terhadap volum sehingga pendinginan logam cair terjadi secara cepat. Besi tuang nodular bisa menghasilkan jumlah nodul antara 260-1700 nodul/mm<sup>2</sup>.

Perbedaan jumlah nodul (*nodule count*) bisa dilihat jika membandingkan antara pengecoran biasa dengan pengecoran dinding tipis (*thin wall casting <4mm*). Peningkatan laju nukleasi berhubungan dengan laju pendinginan yang lebih tinggi, hal tersebut akan menurunkan ukuran butir dan menghasilkan perubahan pada profil segregasi<sup>[9]</sup>. Agar dapat dijadikan ADI, besi tuang nodular harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut:

- kenodulan (*nodularity*) >90% atau >80% (untuk nodul tipe I dan II),
- jumlah nodul (*nodule count*) >100/mm<sup>2</sup>,
- memiliki matriks ferrite/pearlite dengan perbandingan yang konsisten,
- kandungan karbida dan inklusi pada level minimum, dan
- memiliki komposisi kimia yang konsisten<sup>[23]</sup>.

Oleh karena TWDI merupakan benda yang tipis maka laju pembekuannya tinggi sehingga jumlah nodul (*nodule count*) pun akan meningkat. Gambar 1 menunjukkan variasi antara ketebalan besi tuang nodular terhadap jumlah nodul yang terbentuk. Jumlah nodul besi tuang nodular dengan tebal 3 mm mencapai 1000 nodul/mm<sup>2</sup> sedangkan besi tuang nodular dengan tebal 25 mm hanya memiliki 100-200 nodul/mm<sup>2</sup>.



Gambar 2.2. Pengaruh ketebalan pelat besi tuang nodular terhadap jumlah nodul<sup>[10]</sup>

#### 2.4 Perhitungan Jumlah Nodul dan Kenodulan

Perhitungan jumlah nodul dapat dilakukan dengan membandingkan foto mikrostruktur non-etsa dengan *Microstructure Rating Chart 1993* yang dikeluarkan oleh *American Foundry Society - AFS* dan *Graphite Rating in Ductile Iron Chart 1999* yang dikeluarkan oleh *Ductile Iron Society - DIS*. Berdasarkan pada ASTM A 247, kenodulan dapat ditentukan dengan cara membandingkan atau menghitung setiap jenis grafit yang ada dan dilaporkan dalam bentuk persen. Standar perhitungan kenodulan juga ditentukan dalam JIS G5502 1989 sebagai berikut:

$$\text{nodularity} = \frac{0n_1+0,3n_2+0,7n_3+0,9n_4+1n_5}{n_1+n_2+n_3+n_4+n_5} \cdot 100\% \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan  $n_1$ ,  $n_2$ ,  $n_3$ ,  $n_4$ , dan  $n_5$  adalah jenis grafit yang tercantum pada diagram klasifikasi bentuk dari grafit. Pada tahun 2001 perhitungan ini diubah menjadi hanya memperhitungkan tipe V dan tipe VI saja terhadap keseluruhan jumlah grafit yang ada dengan memperhatikan diameter dari nodul grafit. Dengan

bantuan *image analysis* perhitungan nodularitas dikembangkan menjadi rumus 2.2 sebagai berikut.<sup>[11]</sup>

$$\text{nodularity} = \frac{A_{cc}}{A_{cc} + A_{un.cc}} \cdot 100\% \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Perhitungan jumlah nodul dilakukan setelah ditentukan S, C dan diameter minimal nodul yang akan dihitung. Diameter minimal nodul yang akan dihitung yang biasa digunakan adalah 5  $\mu\text{m}$ .

## 2.5 Besi Ulet Austemper (ADI)

*Austempered Ductile Iron* (ADI) menawarkan keunggulan yang mampu menarik perhatian dunia industri yaitu kombinasi yang sangat baik dari segi biaya produksi (*low cost production*), fleksibilitas disain (*design flexibility*), kemampuan proses permesinan (*good machinability*), rasio yang tinggi antara kekuatan terhadap berat (*high strength-to-weight ratio*), ketangguhan (*good toughness*), ketahanan aus (*wear resistance*) dan ketahanan fatik (*fatigue resistance*)<sup>[12]</sup>. Tabel 2.1 dan 2.2 di bawah ini merupakan klasifikasi ADI.

Tabel 2.2. Standard ADI untuk Eropa (EN 1564)<sup>[14]</sup>.

ADI Grade	Min. Tensile Strength (Mpa)	Min. Yield Strength (Mpa)	Elongation (%)	Hardness (BHN)
800	800	500	8	260-320
1000	1000	700	5	300-360
1200	1200	850	2	340-440
1400	1400	1100	1	380-480

Tabel 2.3. Standard ADI untuk USA (ASTM A897/A897M-03)<sup>[14]</sup>.

ADI Grade	Min. Tensile Strength		Min. Yield Strength		Elongation %	Impact Energy		Hardness BHN
	MPa	KSi	MPa	KSi		Joules	Ft-lb	
1	900	130	650	90	9	100	75	269-341
2	1050	150	750	110	7	80	60	302-375
3	1200	175	850	125	4	60	45	341-444
4	1400	200	1100	155	2	35	25	388-477
5	1600	230	1300	185	1	20	15	402-512

Di dunia industri otomotif, ADI semakin banyak digunakan untuk menggantikan material komponen-komponen otomotif yang sebelumnya. Salah

satu perusahaan promotor yang melakukan hal ini adalah perusahaan bernama TVR. Pada awalnya, baja tempa dipilih sebagai material untuk *crankshaft* pada kendaraan. Oleh karena biaya manufaktur baja tempa mahal, industri beralih kepada besi ulet (*ductile iron*) namun setelah diuji material tersebut mengalami kegagalan sehingga pada akhirnya ditemukan ADI sebagai material yang cocok untuk *crankshaft*. Sifat *internal damping* ADI juga membantu meningkatkan performa mesin dibandingkan dengan *crankshaft* yang terbuat dari baja ataupun *ductile iron*. Perbandingan sifat-sifat mekanis antara ketiga material yang telah digunakan Perusahaan TVR untuk membuat *crankshaft* tersebut ditunjukkan pada tabel 2.5.

	Steel	Ductile iron	ADI	ASTM ADI Grade 1
Yield strength MPa	738	538	827	550
Tensile strength Mpa	910	903	1083	850
Fatigue strength Mpa	400	324	427	N/A
Impact energy Joules	325	75	141	100
Elong (%)	23.2	10.8	13.7	10
Hardness BHN	226-266	262-277	300	269-321

Tabel 2.4. Hasil pengujian material yang telah digunakan sebagai *crankshaft*, yaitu *steel*, *ductile iron*, *ADI*, dan *ASTM 897-90 Standard ADI Grade 1*<sup>[12]</sup>.

### 2.5.1 Keunggulan *Austempered Ductile Iron* (ADI)

Keunggulan ADI dari sudut pandang sifat-sifat mekanis yaitu<sup>[13]</sup>:

- a. Kemampuan permesinan yang baik (*good machinability*),

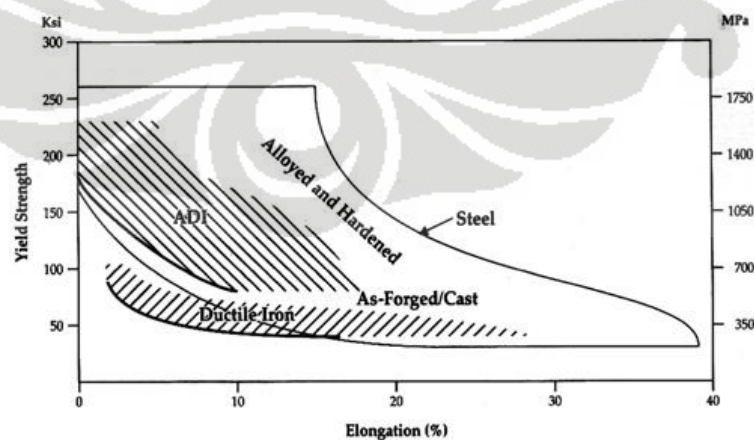
Berikut ini merupakan beberapa cara untuk melakukan permesinan terhadap ADI:

- Permesinan sebelum *austempering*: untuk menghindari kesulitan pada permesinan ADI, proses permesinan lebih baik dilakukan sebelum proses *austempering*.

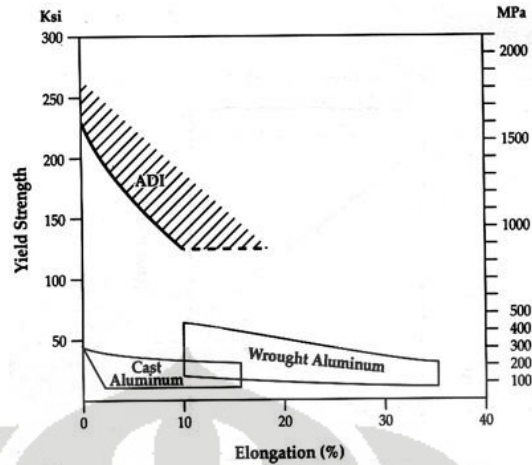
- Permesinan sebelum dan setelah austempering: proses ini bisa digunakan apabila diinginkan produk dengan dimensi yang akurat dan penyelesaian permukaan yang tidak bisa dilakukan selama perlakuan panas. Cara ini membutuhkan jenis mesin yang lebih banyak namun tetap lebih efektif dalam hal biaya.
- Permesinan setelah perlakuan panas: proses ini dilakukan untuk mendapatkan dimensi produk akhir yang akurat dan penyelesaian permukaan yang diinginkan. ADI grade 1 dan 2 merupakan jenis *structural grade*, bisa dilakukan permesinan sedangkan ADI grade 4 dan 5 merupakan *jenis wear grade*, memiliki kekerasan yang tinggi dan tidak disarankan untuk dilakukan permesinan.

b. Kekuatan (*strength*)

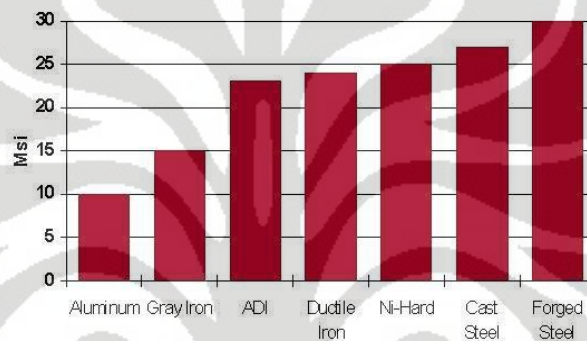
Hampir 80% baja cor dan baja tempa dapat digantikan dengan beberapa jenis ADI dengan kekuatan yang sama (gambar 2.2). Dibandingkan dengan aluminium, ADI 2,4 kali lebih berat dan 2,3 kali lebih kaku<sup>[26]</sup>. Namun ADI memiliki *yield strength* lebih dari 3 kali nilai *yield strength* aluminium cor maupun aluminium tempa (gambar 2.3) sehingga apabila kita membandingkan rasio antara berat terhadap *yield strength* (*weight per unit of yield strength*) dari ADI dengan aluminium maka ADI memiliki rasio yang lebih besar (gambar 2.4). Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa ADI lebih ringan daripada aluminium.



Gambar 2.3. Perbandingan yield strength ADI vs BTN dan baja<sup>[13]</sup>.

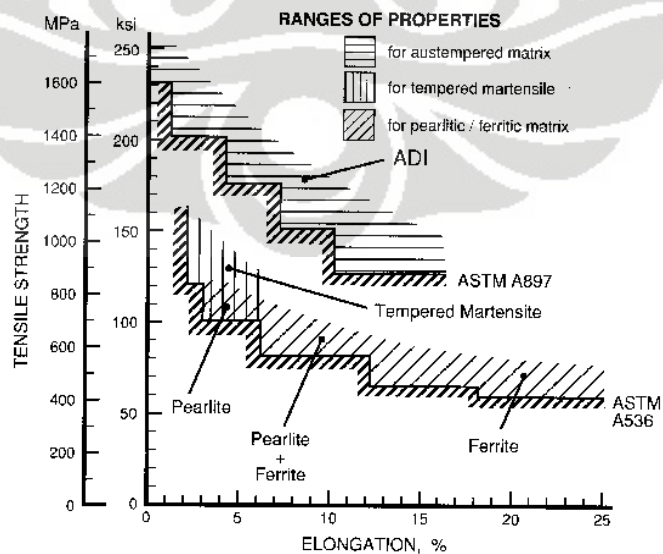


Gambar 2.4. Perbandingan yield strength ADI dan aluminium<sup>[13]</sup>.



Gambar 2.5. Perbandingan Modulus Young beberapa material<sup>[13]</sup>.

Gambar 2.9 memberikan gambaran mengenai perbandingan antara sifat kekuatan tarik (*tensile properties*) dan elongasi antara ADI (ASTM A897) dengan besi tuang nodular (ASTM A536). Dengan nilai elongasi yang sama, ADI memiliki kekuatan (*strength*) 2 kali lebih besar daripada besi tuang nodular<sup>[13]</sup>.



Gambar 2.6 Perbandingan kekuatan tarik ADI dan besi tuang nodular<sup>[13]</sup>.

c. *Fracture Toughness*

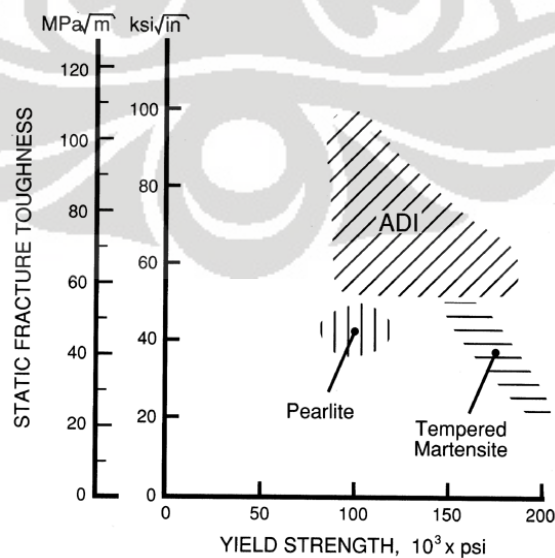
Para ahli menentukan bahwa material harus memiliki ketahanan terhadap perambatan retak halus (*microcrack*) yang dimiliki oleh semua material. Ketahanan ini disebut dengan *fracture toughness*. Perbandingan *fracture toughness* ADI dengan besi tuang nodular bisa dilihat pada gambar 4.2. Dari gambar tersebut, ADI memiliki *fracture toughness* lebih besar daripada besi tuang nodular, bahkan pada ADI dengan kekuatan yang lebih rendah (*ductility* lebih tinggi) memiliki *fracture toughness* 2 kali lebih besar daripada besi tuang nodular pearlitik (*pearlitic ductile iron*).

Table 2.5 Perbandingan sifat mekanis baja, BTN pearlitik dan ADI grade 150/100/7<sup>[14]</sup>.

Mechanical Property	MATERIAL		
	Forged Steel	Pearlitic Ductile Iron	Grade 150/100/7 ADI
Yield strength, ksi (mPa)	75 (520)	70 (480)	120 (830)
Tensile strength, ksi (mPa)	115 (790)	100 (690)	160 (1100)
Elongation, %	10	3	10
Hardness, Bhn	262	262	286
Impact strength**, ft-lb (joules)	130 (175)	40 (55)	120 (165)

\*\* *Un-notched charpy at room temperature.*

*Fracture toughness* ADI menurun seiring dengan bertambahnya kandungan Mn namun meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur asutempering dengan nilai maksimum pada temperatur antara 340-370°C.



Gambar 2.7 Perbandingan *fracture toughness* ADI dan besi tuang nodular<sup>[14]</sup>.

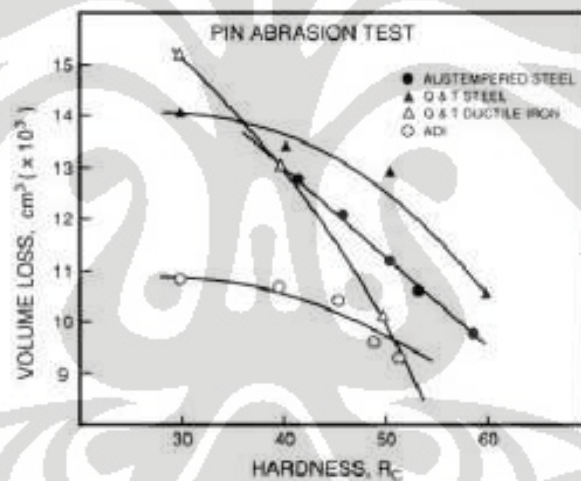


d. Kekerasan (*hardness*)

Proses austempering akan meningkatkan kekerasan pada ADI. Semakin tinggi temperatur austempering, diperoleh mikrostruktur upper ausferrite<sup>[15]</sup>.

e. Ketahanan aus (*wear resistance*)

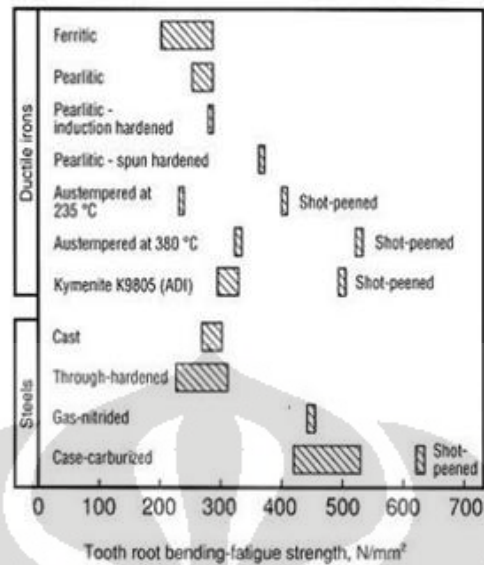
Ketahanan abrasi ADI melebihi kemampuan yang dimiliki besi dan baja. Tidak seperti *carburised steel* yang akan kehilangan ketahanan aus apabila lapisan hasil karburisasinya hilang karena penggunaan, ketahanan aus ADI justru akan meningkat pada saat digunakan karena ADI mengalami *strain-induced transformation*. Ketahanan aus ADI jauh lebih baik daripada baja sehingga dapat menggantikan baja untuk aplikasi yang membutuhkan ketahanan abrasi yang tinggi. Dengan tingkat kekerasan yang sama, sifat ketahanan aus ADI melebihi besi dan baja (gambar 2.6).



Gambar 2.8. Perbandingan ketahanan aus ADI dengan beberapa material lain<sup>[13]</sup>.

f. Kekuatan fatik (*fatigue strength*)

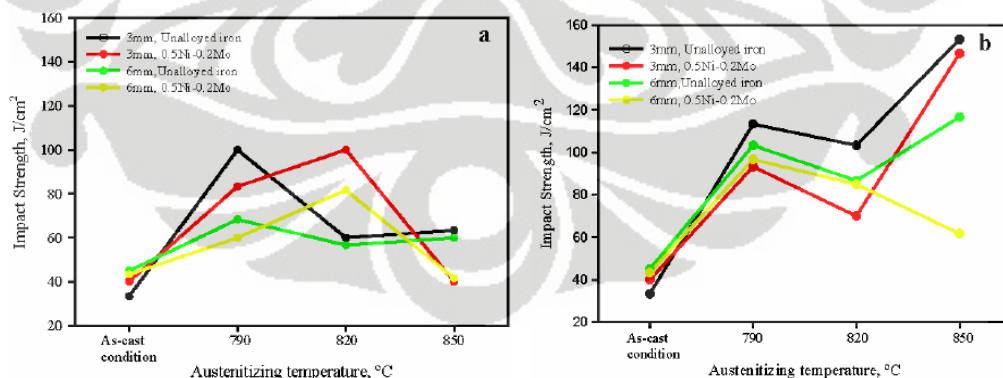
Sifat dinamik ADI melebihi baja tempa, baja cor dan baja paduan mikro (gambar 2.7). Tidak seperti aluminium, batas ketahanan (*endurance limit*) ADI hampir konstan setelah 10 juta siklus.



Gambar 2.9. Perbandingan kekuatan bending-fatigue baja dan ductile iron<sup>[14]</sup>.

g. Ketahanan impact (*impact strength*)

Proses austempering akan meningkatkan ketahanan impact, semakin tinggi temperatur austempering maka ketahanan impact ADI akan semakin tinggi. Hal tersebut terjadi karena adanya kandungan karbon yang lebih tinggi di dalam austenite. Namun seiring dengan pengurangan ketebalan ADI maka ketahanan impact akan menurun. Hal ini terjadi karena luas permukaan material yang semakin kecil sehingga besarnya energi impact yang diserap material pun akan semakin kecil<sup>[8]</sup>.

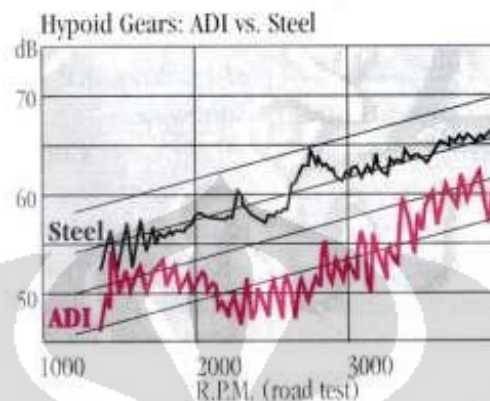


Gambar 2.10. Pengaruh ketebalan ADI terhadap ketahanan a)  $315\pm C$  and b)  $370\pm C$ <sup>[8]</sup>.

h. Sifat penyerapan energi suara (*noise dumping*)

Adanya grafit di dalam matriks ADI akan meningkatkan kemampuan penyerapan energi. Sifat penyerapan bunyi ADI lebih baik daripada

aluminium (*a log decrement of 0.000526 for ADI vs 0.000150 for aluminium*). Dibandingkan dengan baja, komponen yang terbuat dari ADI akan lebih tenang (gambar 2.8).



Gambar 2.11. Perbandingan tingkat kebisingan mesin yang terbuat dari ADI dan baja<sup>[13]</sup>.

## 2.6 Proses Austempering

Austempering merupakan suatu proses perlakuan panas pada lingkungan isothermal yang dilakukan pada material berbasis pada besi (*ferrous*) untuk meningkatkan kekuatan (*strength*) dan ketangguhan (*toughness*) material. Proses austempering juga bermanfaat untuk mencegah terjadinya distorsi. Proses austempering terdiri atas austenisasi pada temperatur antara 815-930°C<sup>[9,16]</sup> kemudian dilanjutkan dengan pendinginan cepat (*quench*) ke temperatur antara 280-450°C<sup>[8]</sup> sehingga material akan mengalami perubahan mikrostruktur.

Proses perlakuan panas biasa terdiri atas austenisasi kemudian dilanjutkan dengan pendinginan cepat (*quench*) ke dalam wadah berisi oli atau air hingga material mencapai temperatur kamar. Proses ini akan menghasilkan struktur kristalin yang disebut martensite. Martensite merupakan fasa yang sangat keras dan getas, oleh karena itu untuk meningkatkan kekuatan (*strength*) dan ketangguhan (*toughness*) material perlu dilakukan proses tempering. Biasanya proses tempering dilakukan lebih dari satu kali. Gambar 2.34 di bawah ini memberikan perbandingan skema proses austempering dengan proses perlakuan panas biasa. Dengan adanya penahanan (*holding*) yang diberikan pada material, austempering memiliki keunggulan dalam hal kualitas dibandingkan dengan proses perlakuan panas biasa, yaitu dapat menghasilkan mikrostruktur yang lebih

kuat dan tangguh perubahan dimensi lebih dapat dikontrol dan dapat menghindari terjadinya retak dan distorsi. Pada proses perlakuan panas biasa, laju pendinginan material terjadi secara tidak homogen sehingga dapat menyebabkan retak dan distorsi.

Pada proses austempering terjadi dua tahap reaksi transformasi, yaitu<sup>[23]</sup> :

Reaksi tahap 1 :  $\gamma_C \rightarrow \alpha + \gamma_{HC}$  (*toughening*)

Reaksi tahap 2 :  $\gamma_{HC} \rightarrow \alpha + \varepsilon$ -carbide (*embrittlement*)

Setelah reaksi austempering tahap 1 terjadi secara sempurna, diperoleh struktur mikro ADI dengan matriks yang terdiri atas *acicular ferrite* ( $\alpha$ ) dan *carbon stabilized austenite* ( $\gamma_{HC}$ ). Struktur mikro tersebut menghasilkan kekuatan yang tinggi dan keuletan yang baik. Apabila reaksi austempering tahap 2 dibiarkan terjadi, *carbon rich austenite* ( $\gamma_{HC}$ ) akan terdekomposisi menjadi *ferrite* ( $\alpha$ ) dan karbida ( $\varepsilon$ -carbide) sehingga fraksi volum *carbon stabilized austenite* akan berkurang<sup>[17,18]</sup>. Karbida akan menurunkan sifat-sifat mekanis ADI, sehingga pembentukan karbida harus dihindari. Reaksi austempering tahap 2 akan terjadi apabila waktu tahan austempering terlalu lama. Oleh karena itu waktu tahan austempering haruslah optimum.

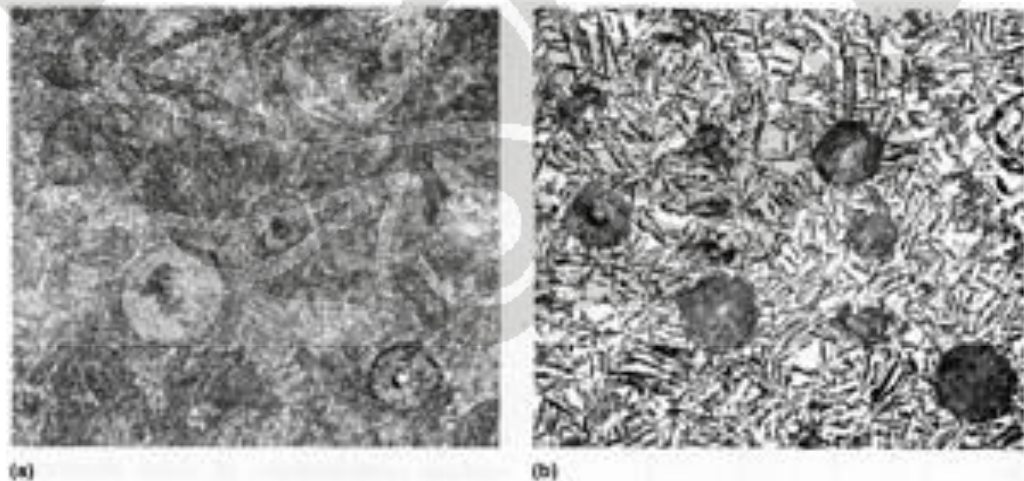
## 2.7 Struktur Mikro ADI

Secara umum sifat-sifat mekanis material termasuk besi tuang dan ADI ditentukan oleh mikrostrukturnya. Komponen mikrostruktur yang menentukan sifat-sifat besi tuang terdiri atas komposisi matriks, ukuran, distribusi, fraksi volum dan morfologi dari konstituen mikrostrukturalnya<sup>[17]</sup>. Sifat-sifat unggul yang dimiliki ADI disebabkan oleh struktur matriks ADI yang unik, yaitu terdiri atas ferrite asikular (*acicular ferrite*) dan austenite stabil (*carbon stabilized austenite*) yang disebut *ausferrite*. Pada saat besi tuang nodular diberikan perlakuan *austempering*, terjadi nukleasi dan pertumbuhan *acicular ferrite* yang diikuti dengan difusi karbon menuju austenite. *Ausferrite* memiliki kekuatan dua kali lebih besar daripada besi tuang nodular dengan matriks pearlitik, ferritik maupun martensitik yang dihasilkan dari perlakuan panas biasa.

Fasa *austenite* pada ADI kaya akan karbon dan secara termodinamis

bersifat stabil, hal inilah yang menyebabkan terjadi peningkatan sebagian besar sifat-sifat pada ADI. Fasa *austenite* pada ADI bisa mengalami *strain-induced transformation* ketika ADI diberikan tegangan secara lokal, misalnya pada proses permesinan, akan menghasilkan sejumlah martensite yang mana akan meningkatkan ketahanan aus permukaannya. Berbeda dengan austenite pada baja, austenite pada baja merupakan fasa metastabil yang sangat berbahaya karena fasa tersebut akan berubah menjadi fasa yang lain ketika digunakan pada temperatur tinggi. Pada besi tuang nodular, adanya 2-3 wt% Si akan mencegah pembentukan besi karbida ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) yang cepat. Oleh karena itu karbon yang keluar selama pembentukan ferrite akan masuk ke matriks austenite sehingga austenite kaya akan karbon dan menjadi stabil secara termal dan martensite pun tidak terbentuk meskipun kecepatan pendinginan lebih lambat<sup>[19]</sup>.

Pada temperatur austempering yang lebih rendah ( $260^\circ\text{C}$ ) diperoleh struktur ausferrite yang halus, memiliki kekuatan tinggi dan tahan aus yang baik. Sedangkan pada temperatur austempering yang lebih tinggi ( $370^\circ\text{C}$ ) diperoleh struktur ausferrite yang lebih kasar, ketahanan fatik yang tinggi dan keuletan yang baik (gambar 2.9). Semakin tinggi temperatur austempering, difusi karbon akan semakin cepat dan pertumbuhan ferrite asikular dan austenite akan semakin besar. Sebaliknya semakin rendah temperatur austempering, laju nukleasi akan semakin cepat sehingga diperoleh struktur ausferrite yang lebih halus<sup>[8]</sup>.



Gambar 2.12. (a) Ductile iron austempered at  $260^\circ\text{C}$  exhibits a fine acicular structure with the following properties: tensile strength, 1585 Mpa (230 ksi); yield strength, 1380 MPa (200 ksi); elongation, 3%; unnotched impact, 54 J; hardness, 475 HB. (b) Same iron as in (a) austempered at  $370^\circ\text{C}$  exhibits a coarse acicular structure with the following properties: tensile strength, 1035 MPa (150 ksi); yield strength, 825 MPa (120 ksi); elongation, 11%; unnotched impact, 130 J; hardness, 321 HB. Both etched with 3% nital.  $300\times$ .<sup>[18]</sup>

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

Beberapa tahapan akan dilakukan pada penelitian ini mulai dari proses pembuatan pelat tipis besi tuang nodular (TWDI) FCD 450 hingga proses austempering untuk mendapatkan TWADI 1 mm, yaitu:

1. Studi Literatur

Pengumpulan data-data yang diperlukan dari literatur untuk menganalisa hasil dari data penelitian yang akan diperoleh.

2. Kerja dan Studi Lapangan

- a. Proses Pengecoran Vertikal

Pada proses pengecoran vertikal akan dilakukan pembuatan cetakan pasir (*green sand*), peleburan logam, proses *liquid treatment*, dan proses pengecoran. Ukuran sampel 75 mm x 150 mm dengan ketebalan 1 mm. Sampel akan dibuat dalam bentuk pelat sebanyak 5 buah.

- b. Proses Austempering

Proses austempering yang akan dilakukan terdiri atas proses austenisasi pada temperatur 960°C selama 30 menit dilanjutkan dengan proses austempering pada temperatur 350°C selama 10 menit dengan menggunakan dapur fluidized bed.

- c. Pengujian

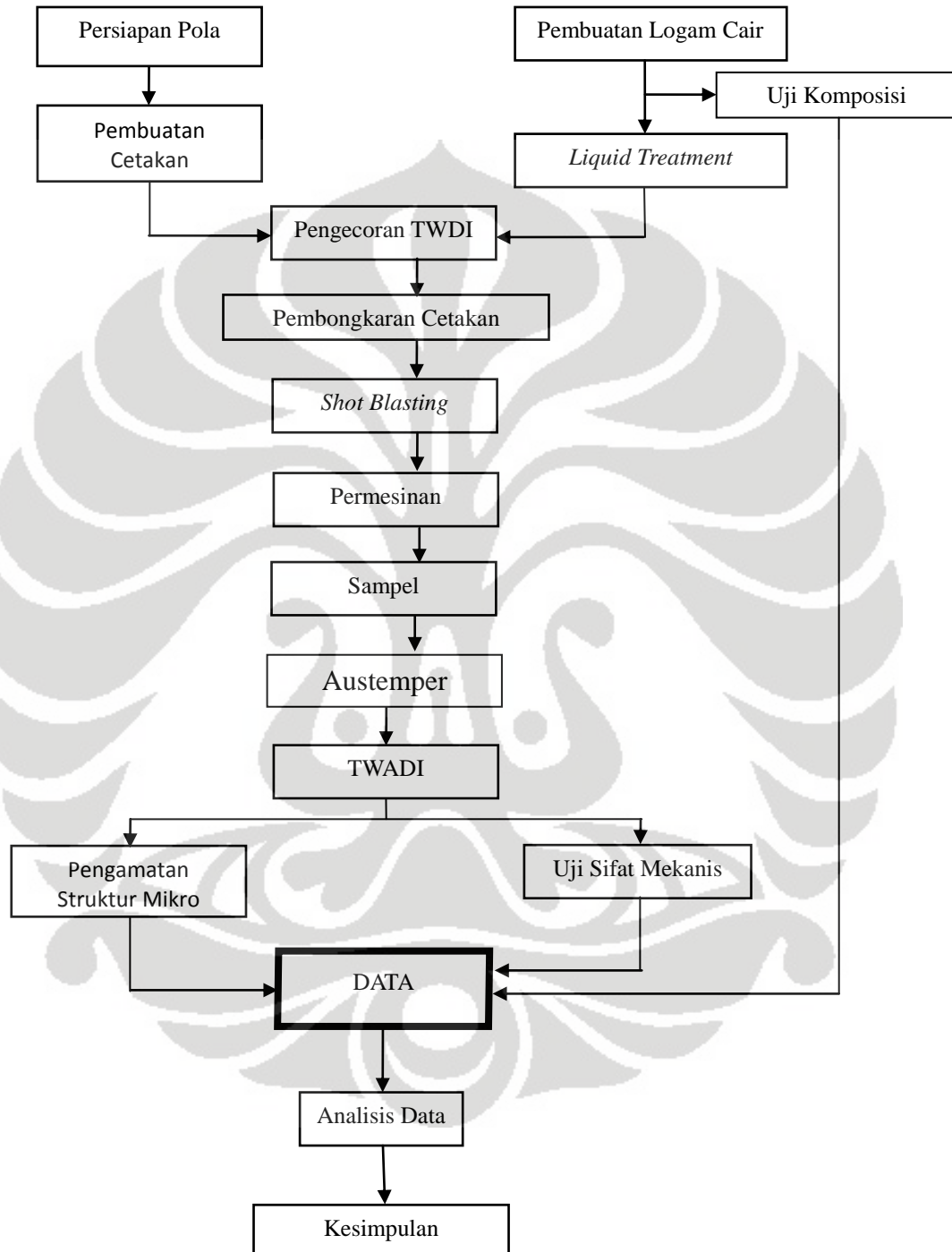
Pengujian yang akan dilakukan meliputi pengujian komposisi kimia, pengamatan mikrostruktur dengan mikroskop optik, penghitungan jumlah nodul (*nodule count*), kenodulan (*nodularity*), diameter nodul rata-rata, fraksi volum matriks dan pengujian mekanis yang meliputi uji keras dan uji tarik<sup>[5]</sup>.

3. Wawancara / Diskusi

Bertanya/berdiskusi dengan orang yang ahli dan berkompeten terhadap penelitian ini dalam rangka upaya meningkatkan pemahaman terhadap literatur dan kondisi lapangan.

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3.1. Diagram alir proses penelitian.

## 3.2 Alat dan Bahan

### 3.2.1 Alat

Berikut ini adalah alat-alat yang digunakan dalam penelitian:

#### 3.2.1.1 Alat Pembuatan Pola

Alat yang digunakan untuk pembuatan pola antara lain: mesin gergaji, mesin bubut kayu, mesin bor, penggaris, jangka sorong, amplas, martil dan pensil.

#### 3.2.1.2 Alat Pembuatan Cetakan

Alat yang digunakan untuk pembuatan cetakan meliputi:

1) Mesin pencampur pasir (*mixer*)

Alat ini mencampur pasir dengan bahan aditif lainnya.

2) Sepasang flask

Flask yang digunakan adalah tipe excel karena metode pengecoran yang dilakukan vertikal.

3) Mesin pengangkut

Digunakan untuk memindahkan cetakan terutama ketika cetakan sudah dibuat karena berat yang cukup besar.

#### 3.2.1.3 Alat Pembuatan Logam Cair

Alat yang digunakan untuk pembuatan logam cair meliputi:

1) *Electric furnace*

*Electric furnace* merupakan jenis dapur peleburan yang menggunakan energi listrik untuk proses induksi.

2) *CE meter*

CE meter adalah uji komposisi kimia untuk mengontrol kandungan elemen dalam logam cair.

3) *Thermocoupe*

*Thermocoupe* merupakan alat untuk mengukur temperatur logam cair.

#### 3.2.1.4 Alat Pembuatan Cetakan

Alat yang digunakan untuk pembuatan cetakan meliputi:

1) Mesin pencampur pasir (*mixer*)



Alat ini mencampur pasir dengan bahan aditif lainnya.

2) Sepasang flask

Flask yang digunakan adalah tipe excel karena metode pengecoran yang dilakukan vertikal.

3) Mesin pengangkut

Digunakan untuk memindahkan cetakan terutama ketika cetakan sudah dibuat karena berat yang cukup besar.

### 3.2.1.5 Alat Penuangan Logam Cair

Alat yang digunakan untuk pengecoran meliputi:

1) Ladel

Ladel adalah tempat untuk menampung logam cair untuk dituangkan ke dalam rongga cetakan.

2) Thermocouple

Alat digunakan untuk mengukur temperatur logam cair. Tujuan agar diketahui temperatur penuangan.

3) Mesin pengangkut

### 3.2.1.6 Alat Pembongkar Cetakan

Alat yang digunakan untuk melakukan pembongkaran berupa mesin guncang yang diletakkan di bawah tanah. Selain itu, untuk memastikan produk cor bersih dari pasir yang melekat, digunakan mesin pembersih menggunakan bola-bola baja kecil yang ditumbukan.

### 3.2.1.7 Alat Permesinan

Alat yang digunakan untuk melakukan permesinan berupa mesin pemotong, mesin bubut, mesin gerinda dan amplas.

### 3.2.1.8 Alat Proses Austemper

Alat digunakan adalah fluidized bed dengan media udara dan gas nitrogen.

### 3.2.2 Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan pada saat dilakukan pengecoran meliputi: bahan baku logam cair dan bahan baku cetakan.

#### 3.2.2.1 Bahan Baku Logam Cair

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan logam cair

No	Nama Material	Kuantitas	
		Awal (kg)	Penambahan (kg)
1	Return Scrap	400	
2	Steel scrap	800	
3	Carburizer	34	4,5
4	FeSi	10	8,4
5	FeMn	2,4	
6	Inokulan	9	
7	FeSiMg	12	

Tabel 3.1 Pembuatan bahan baku peleburan (charging)

#### 3.2.2.2 Bahan Baku Cetakan

Bahan utama yang digunakan untuk membuat cetakan terdiri dari:

1) Pasir silika

Pasir silika merupakan bahan baku utama dari cetakan pasir. Pasir ini berikatan secara kimia.

2) Asam furan

Asam furan merupakan bahan pengikat yang dilakukan katalisasi tanpa pemanasan.

3) Serbuk arang

Serbuk arang ditambahkan ke cetakan agar bersifat mampu ambruk ketika dilakukan pembongkaran sehingga dapat dipakai kembali.

4) Pelating

Pelating merupakan serbuk karang laut yang dioleskan pada *pattern pelate* sehingga memudahkan pelepasan ketika membuat cetakan.

5) Isomol

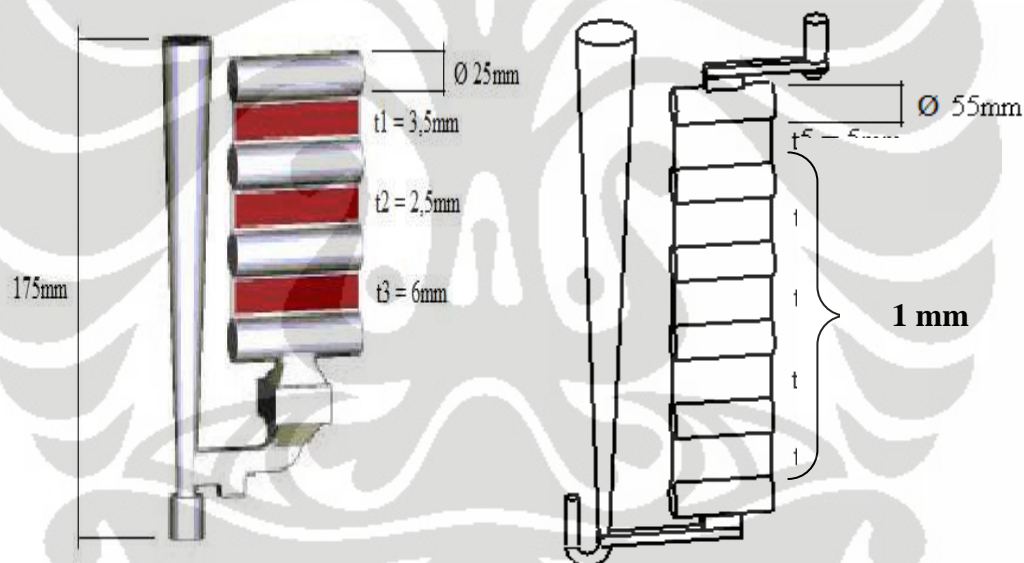
Isomol adalah gabungan antara cat dengan alkohol yang dioleskan pada dinding cetakan yang bertujuan untuk menghasilkan permukaan cetakan

yang baik. Tepat setelah dilakukan pemolesan, campuran ini langsung dibakar dengan api untuk menguapkan kandungan alkohol.

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Pembuatan Desain Cetakan

Desain cetakan pada penelitian ini merupakan modifikasi dari desain yang sebelumnya telah dikembangkan oleh Stefanescu pada tahun 2002. Desain pengecoran Stefanescu merupakan desain pengecoran vertical dengan *ingate* terletak di bawah (*bottom ingate*), yang terdiri dari 3 pelat tipis ukuran 100x25 mm dengan ketebalan (dari bawah ke atas) masing-masing 6 mm, 2,5 mm dan 3,5 mm, dan 4 buah *riser* yang disusun di samping setiap pelat (*risered plates*). Besar diameter *riser* adalah 25 mm dan tinggi dari saluran tuang adalah 175 mm.



Gambar 3.2a Desain pengecoran Stefanescu<sup>[20]</sup>.

Gambar 3.2b Desain cetakan penelitian.

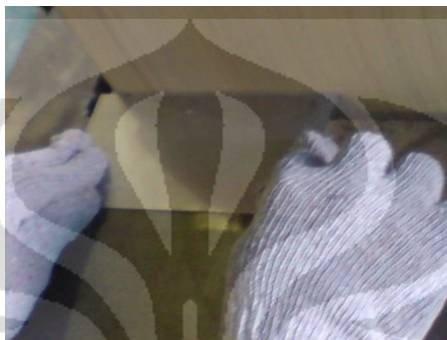
Modifikasi dari desain ini meliputi jumlah dan ukurandari benda cor. Benda cor yang dihasilkan berjumlah lima buah dengan ukuran 150x75 mm dari ketebalan 1-5 mm. Modifikasi desain untuk penelitian ini meliputi:

- Dimensi pelat tipis berukuran 150x75 mm dengan ketebalan pelat tipis 1 mm.
- Jumlah pelat tipis sebanyak 5 buah.
- Tinggi sprue 855 mm.

d) Posisi ketebalan terkecil (1 mm) paling dekat dengan *ingate*.

### 3.3.2 Pembuatan Pola

Pola terbuat dari material kayu, terdiri atas beberapa bagian yaitu *gating system* dan benda cor dengan ukuran 150x75 mm dengan ketebalan 5 pelat yang sama sebesar 1 mm.



Gambar 3.3 Penipisan ukuran pelat untuk cetakan pada pola..



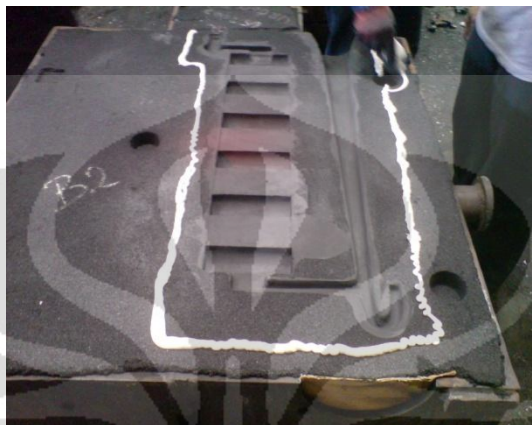
Gambar 3.4 Pemasangan pelat pada pola.



Gambar 3.5 proses pelapisan pada pola.

### 3.3.3 Pembuatan Cetakan

Pembuatan cetakan dilakukan dengan menggunakan cetakan furan sand. Pembuatan cetakan ini diperlukan flask sebagai tempat *pattern plate*. Tipe flask dipakai merupakan tipe Excel.



Gambar 3.6 penambahan lem cetakan pasir.



Gambar 3.7 Penggabungan flask cetakan; kup dan drag.

### 3.3.4 Pembuatan Logam Cair dan Perlakuan Cairan Logam

Pembuatan logam cair dilakukan dalam dapur induksi. Pembuatan logam cair terdiri dari dua tahap yaitu: pembuatan besi tuang kelabu (*ferro casting*) dan pembuatan besi tuang nodular (*ferro casting ductile*).

#### 3.3.4.1 Pembuatan Besi Tuang Kelabu (FC)

Tahapan ini terdiri dari:

##### 1) Pemuatan bahan baku (*charging*)

Merupakan tahapan pengisian bahan baku pertama kali sebelum tanur

dinyalakan. Selain itu, tahapan ini juga terjadi ketika dilakukan peleburan berikutnya dengan kondisi tanur induksi yang masih panas. Material bahan baku meliputi *return scrap* dan *steel scrap*.

#### 2) Peleburan (*melting*)

Tahapan ini diawali pemanasan material sampai pada titik leburnya. Setelah semua material melebur, dilakukan penambahan seperti *carburizer* kemudian temperatur pemanasan dinaikkan sampai dapat dilakukan pengangkatan terak. Kemudian logam cair ditaburi *slag remover* untuk mengikat terak agar mudah dilakukan pemisahan dengan logam cair. Penaburan *slag remover* ini dilakukan sampai terak dalam logam cair diperkirakan habis.

#### 3) Pengecekan komposisi kimia

Ketika temperatur logam cair mencapai sekitar 1400°C, maka dilakukan pengambilan sampel untuk pemeriksaan komposisi kimia dengan spektrometer. Temperatur logam cair masih tetap ditahan pada temperatur ini sampai dihasilkan komposisi kimia logam cair. Jika komposisi yang diinginkan telah tercapai, maka dilakukan pengecekan terhadap temperatur logam cair untuk persiapan *tapping*. Namun jika komposisi yang diinginkan belum tercapai, maka dilakukan penambahan terhadap unsur-unsur yang belum memenuhi.

#### 4) Pengeluaran cairan logam (*tapping*)

Setelah komposisi kimia cairan logam sudah sesuai target dan temperature *tapping* sudah tercapai, maka cairan logam siap untuk dikeluarkan dari dalam tanur induksi kedalam ladle penuang. Pengeluaran cairan logam dilakukan dengan cara menungkikkan tanur dengan hidrolik secara perlahan sampai cairan logam habis.

### 3.3.4.2 Pembuatan Besi Tuang Nodular

Pembuatan besi tuang nodular dilakukan melalui proses *liquid treatment* untuk mengontrol bentuk grafit berbentuk bulatan atau nodular. Tahapan ini

dilakukan bersamaan dengan tahap *tapping*. Tahapan ini terdiri dari dua jenis, yaitu inokulasi dan nodulasi. Inokulasi dilakukan dengan cara menaburkan inokulan pada saat logam cair dituang ke dalam panci tuang, sedangkan nodulasi dilakukan dengan menggunakan metode *sandwich*.

Pada metode ini, nodulan diletakkan dalam panci tuang di bawah *steel scrap* sebelum logam cair dituangkan. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya ledakan yang cukup besar akibat reaksi secara langsung dengan logam cair. Selain itu, dengan cara seperti ini jumlah logam Mg yang bereaksi lebih efektif. Pada proses ini, inokulan yang digunakan adalah Fe-Si sedangkan nodulan yang digunakan Fe-Si-Mg. Inokulasi bertujuan untuk memicu pertumbuhan grafit sekaligus meratakan persebaran grafit di dalam logam cair. Pertumbuhan grafit terjadi karena sementit dipacu oleh silikon untuk bereaksi menjadi ferit dan grafit.

Setelah dilakukan inokulasi, kemudian terjadi proses nodulasi ketika logam cair mencapai dasar panci tuang. Ciri-ciri yang tampak pada proses ini adalah terjadi ledakan di dalam panci tuang yang mengeluarkan asap putih dan cahaya. Hal ini terjadi karena nodulan bersifat eksplosif. Pada proses *liquid treatment* ini, magnesium mengubah grafit dari bentuk serpih menjadi bulatan. Proses ini berlangsung sekitar 10-15 menit. Temperatur efektif untuk terjadinya nodulasi adalah sekitar 1380°C.

### 3.3.5 Penuangan Logam Cair

Proses pengecoran dari ladle setelah dilakukan *liquid treatment*. Penuangan dari ladle ke rongga cetakan melalui sprue basin. Pengukuran temperature dilakukan tepat sebelum logam cair dituangkan pada rongga cetakan dengan thermocouple terlihat pada gambar 3.8 di bawah ini.

Rentang temperatur yang diatur pada suhu sekitar 1450°C sampai 1339 untuk memastikan cetakan dapat terisi penuh oleh cairan. Lama waktu penuangan diukur menggunakan stopwatch mulai penuangan hingga seluruh cetakan terisi penuh oleh logam cair. Setelah cetakan dibongkar dengan membuka flask untuk kemudian dilakukan pembersihan dengan *shot blasting*.



Gambar 3.8 Penuangan logam cair

### 3.3.6 Pembongkaran Cetakan

Pembongkaran dilakukan setelah solidifikasi material TWDI usai. Pelaksanaan pembongkaran benda cor TWDI dari cetakan dilakukan setelah sekitar 2 jam benda cor bersolidifikasi.



Gambar 3.9 Hasil pengecoran besi tuang FCD 45.

### 3.3.7 Perlakuan *Shot Blasting*

Benda cor dimasukkan ke dalam mesin shot blasting yang untuk membersihkan bagian permukaannya. Butiran-butiran baja dengan diameter 0,3-0,8 mm . Di dalam mesin butiran-butiran material shot blas tersebut ditembakkan dalam mesin melalui sebuah mesin pelempar selama kurang lebih 30 menit. Selain itu keunggulan shot blast dapat meningkatkan strength material besi.





Gambar 3.10 a) Mesin *shot blasting* (bagian luar) Gambar (b) Mesin *shot blasting* (bagian dalam).

Benda cor pasca dilakukan *shot blasting* tampak bersih bebas dari pengotor pasir cetakan dan bersinar.



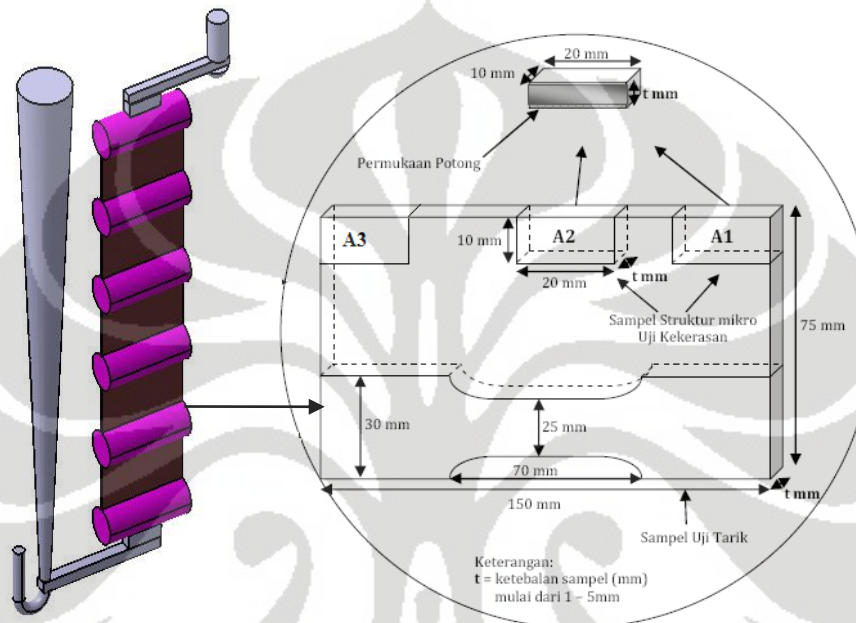
Gambar 3.11 Benda cor setelah dikeluarkan dari mesin *shot blasting*.

### 3.3.8 Preparasi Sampel

#### 1) Metode pengambilan sampel

Metode pengambilan sampel untuk uji komposisi kimia dilakukan dengan cara mengambil sedikit cairan logam dan menuangkannya kedalam cetakan uji spektrometer sebelum penuangan logam cair ke dalam rongga cetakan. Cetakan uji spektrometer dibuat dari bahan logam *ferro*, dengan tujuan supaya kecepatan pendinginan tinggi sehingga terjadi pembekuan putih atau tidak terbentuk grafit pada sampel. Sedangkan produk hasil cor berupa pelat dengan ketebalan 1 mm

dan 5 mm, gambar 3.9 kemudian dilakukan preparasi sampel untuk dilakukan pengujian, yang terdiri atas: pengujian struktur mikro, pengujian tarik dan pengujian kekerasan. Untuk *test piece y block* diambil dua bagian yaitu pada kemudian dilakukan preparasi sampel untuk dilakukan pengujian, yang terdiri atas: pengujian struktur mikro, pengujian tarik dan pengujian kekerasan. Berikut metode pengambilan sampel pengujian untuk pelat.



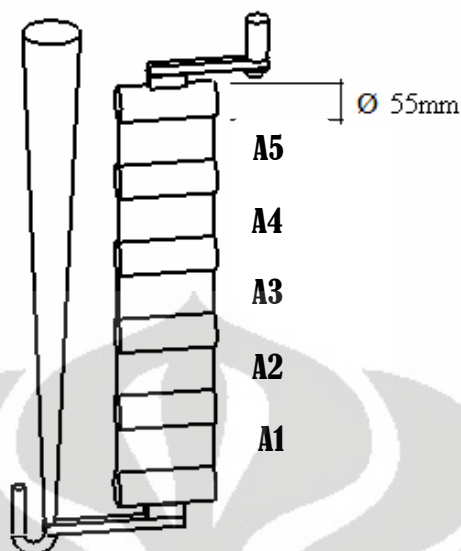
Gambar 3.12 Metoda pengambilan sampel pegujian untuk pelat.

Pengujian struktur mikro, pengujian kekerasan dan pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Departemen Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia.

## 2) Metode penamaan sampel

Pengecoran dalam penelitian ini memasuki tahap ke-5 lebih dikenal dengan P5, maka pemberian nama kode dilakukan pertama kali berdasarkan desain pengecoran dibuat, yaitu P5T3, Desain T3 merupakan desain pengecoran terdapat 5 buah pelat. Ketebalan pelat yang digunakan pada desain pengecoran pelat dinding tipis yang sama yaitu 1 mm. Jenis desain pada pembuatan cetakan ditandai dengan kode huruf A. Penamaan sampel pelat selanjutnya ditambahkan angka pada kode sampel. Gambar xx. Sebagai contoh: P5T3A1 untuk pelat 1 mm

dari desain T3, pelat cetakan A pada no urut 1.



Gambar 3.13 metode penamaan pelat sampel.

#### 3.3.8.1 Preparasi Sampel Uji Komposisi Kimia

Sampel uji komposisi kimia diambil dari cetakan uji berupa cetakan uji spektrometer. Preparasi selanjutnya dilakukan dengan memotong sedikit pada bagian atasnya kemudian dibubut bagian dasarnya. Proses pembubutan ini dilakukan agar diperoleh permukaan uji yang rata dan bersih dari kotoran atau lemak yang dapat mempengaruhi hasil pengujian. Setelah dibubut, sampel uji komposisi ini tidak boleh dipegang pada bagian bawahnya agar tidak terkontaminasi oleh tangan.

#### 3.3.8.2 Preparasi Sampel Pengamatan Struktur Mikro

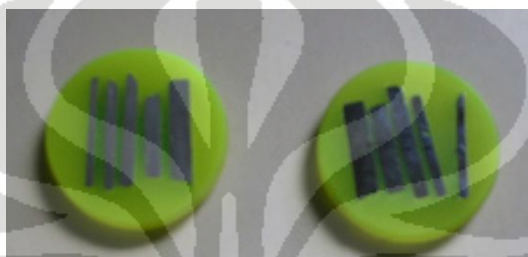
Untuk preparasi sampel pengamatan struktur mikro dilakukan dengan berbagai tahap preparasi antara lain pemotongan, *mounting*, pengamplasan, pemolesan dan etsa.

##### 1) Pemotongan (*Cutting*)

Pemotongan sampel dilakukan dengan metode penggergajian. Pemilihan metode pemotongan atau alat potong yang tepat sangat penting dalam proses pemotongan agar dapat mengurangi tingkat deformasi pada permukaan sampel.

## 2) *Mounting*

Proses *mounting* bertujuan untuk memudahkan penanganan sampel yang berukuran kecil dan tidak beraturan tanpa merusak sampel. Jenis *mounting* yang digunakan untuk pengamatan struktur mikro adalah *compression mounting* dengan menggunakan resin sebagai media. Sampel dimasukkan ke dalam cetakan mesin *compression mounting*, kemudian ditambahkan resin dan dipanaskan serta diberi tekanan. Setelah itu didinginkan dengan media air.



Gambar 3.14. Sampel hasil *mounting*

## 3) Pengamplasan (*Grinding*)

Pengamplasan bertujuan untuk mendapatkan kehalusan permukaan dan menghilangkan goresan-goresan kasar pada permukaan sampel pada saat pemotongan. Pengamplasan dilakukan dengan menggunakan kertas amplas dengan nomor grid #80, #180, #360, #500, #700, #800 dan #1200 yang dilakukan secara bertahap, dimulai dari amplas dengan nomor grid paling kecil (kasar) ke nomor grid yang besar (halus). Pada saat pengamplasan, pemberian air dilakukan untuk menghindari efek pemanasan terhadap struktur mikro dan mengalirkan geram logam yang terkikis. Selain itu, perubahan arah pengamplasan penting dilakukan agar permukaan sampel benar-benar halus dan merata.

## 4) Pemolesan (*Polishing*)

Pemolesan bertujuan untuk memperoleh permukaan sampel yang halus, bebas goresan dan mengkilap seperti cermin serta menghilangkan ketidakteraturan dengan menggunakan *diamond pasto* yang ditambahkan air. Proses ini berturut-turut mulai dari tingkat kehalusan 6  $\mu$ m, 3  $\mu$ m, 2  $\mu$ m, dan 0,25  $\mu$ m. Permukaan sampel yang akan diamati di bawah mikroskop harus benar-benar

rata agar cahaya yang datang dari mikroskop dipantulkan kembali secara fokus.

#### 5) Etsa (*Etching*)

Etsa merupakan suatu proses pengikisan batas butir secara selektif dan terkendali dengan mencelupkan sampel ke dalam larutan penetsa baik menggunakan listrik maupun tidak sehingga detail struktur yang akan diamati dapat terlihat dengan jelas dan tajam. Zat etsa yang digunakan adalah Nital 2%. Sampel dicelupkan ke dalam larutan Nital 2% selama kurang lebih 60 detik kemudian dicuci dengan air mengalir dan dikeringkan.

#### 3.3.8.3 Preparasi Uji Kekerasan

Preparasi untuk uji kekerasan berasal dari sampel yang sebelumnya digunakan untuk pengamatan struktur mikro yang telah dilakukan pemolesan kembali.

#### 3.3.8.4 Preparasi Uji Tarik

Preparasi uji tarik dilakukan dengan pemotongan bagian sisi yang berseberangan dengan sisi yang digunakan untuk pengambilan sampel. Preparasi uji tarik dilakukan dengan pemotongan bagian sisi yang berseberangan dengan sisi yang digunakan untuk pengambilan sampel pengamatan struktur mikro. Pemotongan dilakukan dengan arah memanjang dengan lebar 30 mm.

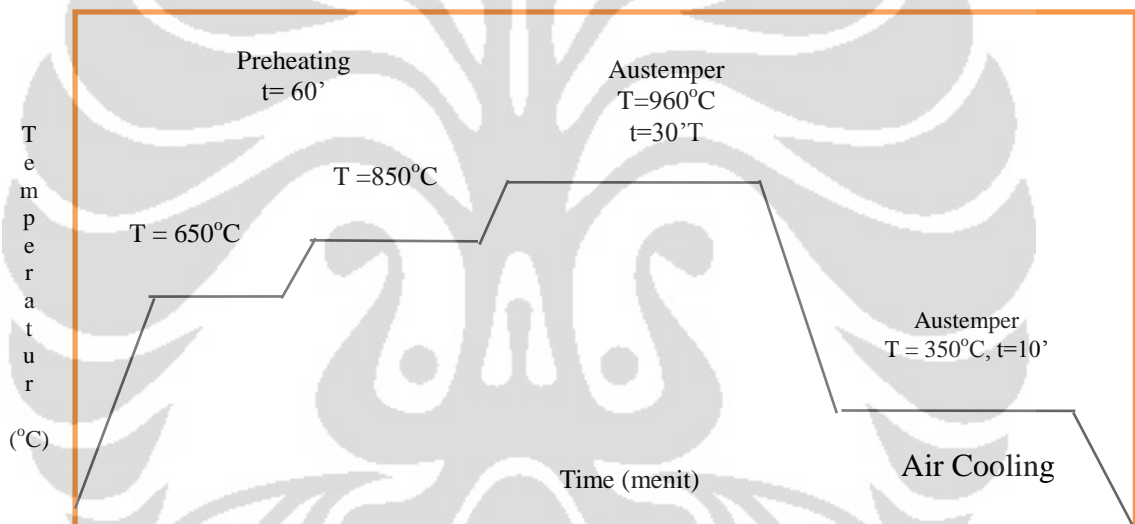
Sampel hasil pemotongan dibentuk sesuai standar JIS Z 2201 dengan menggunakan *milling machine*. Setelah itu, permukaan sampel digerinda untuk menghilangkan *skin effect* karena struktur ini bersifat rapuh sehingga dapat mengganggu pada saat dilakukan pengujian tarik. Cara pengambilan sampel uji tarik seperti pada gambar 3.12.

### 3.3.9 Proses Austempering

Dapur fluidized bed dipanaskan terlebih dahulu pada suhu austenisasi yang diinginkan yaitu 960°C. Proses *preheating* dilakukan dalam waktu 2 jam dimulai pada temperature 569°C.

Lima buah sampel TWDI yang telah dipotong melintang dua bagian diambil salah satu bagian untuk proses austempering. Setiap sampel yang akan dimasukkan dalam dapur fluidized bed diikat dengan kawat, sebagai alat menggantung agar proses mengeluarkan sampel mudah.

Proses austempering bertujuan untuk Dapur austempering yang digunakan yaitu jenis dapur fluidized pemanas. Pemanasan benda uji untuk TWADI digunakan temperature austenisasi  $960^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit kemudian dilakukan pemindahan sampel ke dapur fluidized bed kedua dengan suhu austempering pada  $350^{\circ}\text{C}$  dengan waktu tahan 10 menit. Setelah itu dilakukan pendinginan di udara (air cooling) selama beberapa waktu hingga permukaan dingin.



Gambar 3.15 Alur proses austempering.



Gambar. 3.16 Dapur Fluidized bed untuk perlakuan austenisasi.

### 3.3.9.1 Pengambilan Data Sampel

Pengambilan sampel diawali dengan memisahkan pelat dari *gating system*, Gambar 3.11. Semua sampel untuk pengujian diambil dari pelat tersebut. Sampel dipotong menjadi dua bagian sama besar. Bagian pertama untuk dilakukan karakterisasi TWDI FCD 450 1 mm dan bagian yang lainnya untuk dibuat menjadi TWADI 1 mm melalui proses austemper. Pelat dipotong untuk mendapatkan sampel foto struktur mikro, uji keras dan uji tarik. Pengambilan data yang pertama kali dilakukan adalah pengamatan struktur mikro pada kedua bagian ujung sampel. Kemudian dilakukan pengujian keras dengan menggunakan *Brinell Hardness Tester*. Data uji keras diambil sebanyak 5 titik untuk tiap pelat. Pengujian terakhir adalah pengujian tarik pada pelat yang telah disiapkan. Proses pengambilan data pengujian sampel pada TWDI dan TWADI sama.

### 3.3.9.2 Penamaan Sampel

Sampel uji dilakukan penamaan berdasarkan posisi dalam cetakan, sebagai mana pada sampel hasil cor P-5 cetakan berkode A setelah proses austemper juga dilakukan hal yang sama diberikan nama dari posisi bawah hingga atas cetakan TWADI yaitu: A1, A2, A3, A4, dan A5 hasil austemper.

## 3.3.10 Pengujian

### 3.3.10.1 Pengujian Komposisi Kimia

Pengambilan sampel untuk komposisi kimia dilakukan sesaat sebelum dilakukan penuangan dari dapur ke panci tuang. Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan spektrometer yang telah dikalibrasi. Uji komposisi kimia ini bertujuan untuk mengetahui kadar unsurunsur yang terkandung dalam sampel.

### 3.3.10.2 Pengamatan Makro

Pengamatan makro dilakukan sesaat setelah benda cor dibongkar dari cetakan dan dibersihkan. Tujuan pengamatan makro ini adalah untuk melihat kondisi dari benda cor sebelum dan sesudah dilakukan proses-proses lanjut seperti pembuangan saluran tuang dan proses shot blasting. Kondisi tersebut dilaporkan

dalam bentuk foto. Selain itu juga dilakukan penimbangan berat pelat.

### 3.3.10.3 Pengamatan Struktur Mikro

Struktur mikro dilakukan untuk mengetahui jenis matriks, fraksi volum grafit-matriks, jumlah nodul (*nodule count*), bentuk nodul (*nodule shape*), kenodulan (*nodularity*) dan diameter rata-rata nodul (*nodule size*) yang dihasilkan. Identifikasi grafit dilakukan dengan mengambil acuan pada JIS G5502 Sedangkan indentifikasi matriks dilakukan dengan melihat pada *ASM Metal Handbook*, *ASM Handbook* dan referensi-referensi lain.

Ketika selesai pada tahap pemolesan, semua sampel dilakukan pengambilan gambar struktur mikro berupa struktur grafit bebas. Pengamatan ini dilakukan untuk menghasilkan gambar non etsa yang digunakan untuk menghitung nodularitas, jumlah nodul, dan diameter rata-rata nodul.

Baru setelah semua sampel diambil struktur mikro non etsa, kemudian dilanjutkan tahap etsa untuk melihat struktur mikro berupa batas butir dan fasa yang terbentuk. Pengamatan struktur mikro dilakukan di bawah mikroskop optik digital Canon. Pengamatan dilakukan dengan perbesaran 50x, 100x, 200x, dan 500x Temperatur saat pengambilan gambar dilakukan pada temperatur kamar. Sedangkan teknik yang digunakan adalah teknik polikrom untuk menghasilkan gambar berwarna.

Foto struktur mikro kemudian digunakan untuk menghitung nodularitas, jumlah nodul dan diameter rata-rata nodul. Adapun metode perhitungan untuk variabel-variabel ini adalah sebagai berikut:

#### 1) Metode perhitungan nodularitas

Pada tahap pertama, penentuan kenodulan dilakukan dengan melihat standar JIS No. G5502 dan ASTM A427. Setelah itu dilakukan perhitung secara manual. Proses perhitungan tersebut adalah sebagai berikut:

- a) Pengukuran dilakukan pada foto struktur mikro non etsa pada pembesaran 200X.
- b) Langkah pertama semua grafit yang ada dihitung. Langkah selanjutnya dengan menggunakan bantuan penggaris mal lingkaran, setiap grafit



dimal. Semua grafit yang pas masuk mengisi mal dihitung sebagai grafit nodul.

- c) Kenodulan diperoleh dengan membagi jumlah grafit nodul dengan jumlah keseluruhan grafit dan mengalikannya dengan 100%.

## 2) Metode perhitungan jumlah nodul

Perhitungan jumlah nodul diawali dengan membandingkan foto struktur mikro non etsa dengan *Microstructure Rating Chart 1993* yang dikeluarkan oleh *American Foundry Society - AFS* dan *Graphite Rating in Ductile Iron Chart 1999* yang dikeluarkan oleh *Ductile Iron Society – DIS*. Jumlah nodul maksimum yang ada pada tabel-tabel tersebut hanya mencapai 300 nodul/mm<sup>2</sup> untuk AFS dan 600 nodul/mm<sup>2</sup> untuk DIS, sedangkan jumlah nodul yang terjadi pada TWDI melebihi jumlah tersebut. Selain itu, juga digunakan referensi yang dibuat oleh Ruxanda, tetapi tidak dapat digunakan karena pada referensi *Ruxanda* dicantumkan nilai S.

Perhitungan kemudian dilanjutkan dengan cara manual pada foto struktur mikro non etsa pada pembesaran 100X dan 200X dengan menghitung semua grafit yang ada tanpa melihat kebulatannya. Kemudian perhitungan jumlah nodul dikoreksi dengan melakukan perhitungan menggunakan program perhitungan jumlah nodul dengan batas minimal diameter grafit adalah 5  $\mu$ m. Hasil kedua perhitungan lalu dibandingkan.

## 3) Metode perhitungan diameter rata-rata nodul

Perhitungan diameter rata-rata nodul pada tahap awal juga dilakukan secara manual dengan menggunakan mal lingkaran pada foto struktur mikro non etsa pada pembesaran 200X. Semua nodul diukur dengan menggunakan mal lalu dihitung rata-ratanya. Hasilnya lalu dibagi dengan 200.

### 3.3.10.4 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik (*tensile strength*) dan elongasi dari pelat tipis ini. Pengujian tarik menggunakan standard JIS Z 2241. Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik *Shimadzu Servopulser*. Mesin ini memiliki kapasitas 20 ton (200 KN) dan belum

terintegrasi dengan sistem komputerisasi. Sehingga, data yang dihasilkan melalui pembentukan grafik oleh jarum pembaca terdapat pada selembar kertas. Prinsip kerja mesin uji tarik adalah sampel atau benda uji ditarik dengan beban kontinu sambil diukur pertambahan panjangnya.



Gambar 3.17 *Tensile strength machine.*

Penghitungan nilai kekuatan tarik menggunakan formula seperti dibawah ini :

$$UTS = \frac{P_{max}}{A_0} = \text{MPa} / \text{mm}^2 \quad \dots\dots\dots(3.1)$$

### 3.3.10.5 Pengujian Keras

Pengujian keras dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan dari TWADI 1 mm tersebut. Standard yang digunakan adalah JIS 2243 (BHN) dan JIS 2245 (Rockwell). Kekerasan suatu material dapat didefinisikan sebagai ketahanan material terhadap gaya penekanan dari material yang lebih keras. Metode penekanan tersebut dapat berupa goresan, pantulan, ataupun penjejakan.

Pada pengujian ini, penentuan kekerasan material dilakukan dengan metode indentasi (penjejakan) dengan metode Brinell. Pada metode ini digunakan indenter berupa bola yang terbuat dari *tungsten carbide* yang akan meninggalkan jejak berbentuk lingkaran bulat. Jejak ini nantinya akan diukur menggunakan mikroskop khusus pengukur jejak dan setelah itu akan dihitung nilai kekerasannya sesuai dengan rumus :

$$Shn = \frac{\text{Load mass}}{\text{indented area}} = \frac{P}{\frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \dots\dots\dots(3.2)$$

dimana :

D : Diameter bola ( pengindentasi)

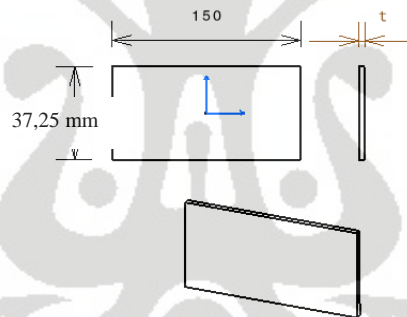
d : Diameter jejak

P : Beban

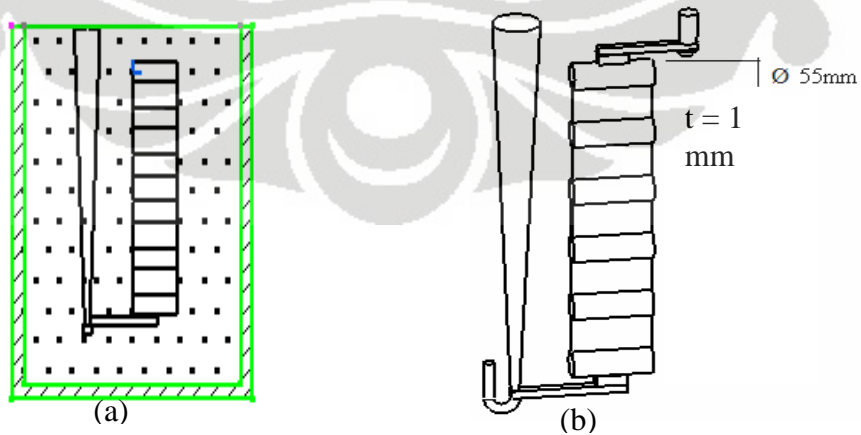


Gambar 3.18 Indentor pad mesin uji tarik

$$\% \text{ elongasi (dari sampel)} = \frac{(l_f - l_o)}{l_o} \times 100\% = \% \dots\dots\dots(3.3)$$



Gambar 3.19: Geometri pelat.



Gambar 3.20 : (a) Cetakan dan (b) Pola.

**BAB 4**  
**PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Pengujian Komposisi Kimia**

Tabel di bawah ini merupakan perbandingan komposisi kimia antara standar manufaktur<sup>[21]</sup> dan hasil pengujian komposisi kimia FCD 45, Tabel IV.1

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Komposisi Kimia P5.

Heat No.	Kode	Elemen	Standar Manufaktur <sup>[21]</sup>	Aktual
2808904B	P5	C	3,5-3,9	3,819
		Si	2,4-2,8	2,764
		Mn	0,3-0,5	0,356
		P	0,03max	0,024
		S	0,02max	0,023
		Cu	0,15max	0,021
		Cr	0,15max	0,054
		Ni	0,15max	0,026
		Mg	0,03min	0,068

Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia pada Tabel 4.1 di atas komposisi logam cair P5 sesuai dengan standar komposisi kimia FCD 45. Dari data komposisi kimia ini dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai *carbon equivalent* (CE) sebagai parameter untuk memperkirakan struktur mikro yang akan terbentuk. Nilai CE tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$CE = \%C + 0,31\%Si \dots\dots\dots(4.1)$$

$$CE = \%C + 0,3\%Si + 0,33\%P - 0,027\%Mn + 0,4\%S \dots\dots\dots(4.2)$$

Dari perhitungam diperoleh bahwa nilai CE pada logam cair pada saat pengecoran, yaitu:

$$\begin{aligned} CE &= \%C + 0,31\%Si \\ &= 3,819\% + 0,31 (2,764\%) \\ &= 4,676\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CE} &= \%C + 0,3\%Si + 0,33\%P - 0,027\%Mn + 0,4\%S \\
 &= 3,819\% + 0,3(2,764\%) + 0,33(0,024\%) - 0,027(0,356) + 0,4(0,023) \\
 &= 4,656\%
 \end{aligned}$$

Persamaan perhitungan	Nilai CE
a. % C + 0,31% Si	4,676%
b. %C + 0.3% Si + 0.33%P - 0.027% Mn + 0.4% S	4,656%

Nilai CE sebesar 4,676% dan 4,656% memenuhi persyaratan CE minimum oleh Loper untuk menghasilkan struktur bebas dari karbida. Namun, nilai CE ini tidak dapat memenuhi persyaratan Loper untuk membuat TWDI dengan ketebalan 3 – 5 mm, nilai CE yang dipersyaratkan loper yaitu 4,79 – 4,92%. Hal ini dibuktikan dengan adanya karbida walaupun dalam jumlah yang sangat sedikit.

Berdasarkan literatur lainnya, nilai CE sebesar 4,676% dan 4,656% memenuhi persyaratan yang dibutuhkan untuk pengecoran dinding tipis berdasarkan Stefanescu ( $CE > 4,3\%$ ). Nilai CE yang sesuai dengan rencana penelitian ini diharapkan mampu mencegah terbentuknya struktur karbida.

Berdasarkan rekomendasi yang disarankan Harding untuk komposisi besi ulet yang cocok untuk austemper<sup>[22]</sup>, Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai CE sebesar 4,375% dan 4,334% . pembatasan unsur paduan bertujuan untuk menghindari terbentuk karbida dan juga memisahkan kuat pada daerah antar selular dimana yang menyebabkan reaksi austemper tertunda yang menghasilkan struktur mikro heterogen dengan sifat *inferior*.

## 4.2 Pengamatan Visual

Hasil pengecoran, gambar 4.1 menunjukkan bahwa cetakan terisi sempurna dan tampak tidak terjadinya *shrinkage* pada benda maupun *gating system*. Jenis cacat yang terjadi pada cetakan P5A adalah berupa cacat sirip pada bagian sisi pelat. Cacat sirip ini terjadi karena adanya celah pada cetakan. Fenomena yang terlihat pada benda adalah terjadi perubahan dimensi pada

ketebalan pelat. Perubahan dimensi ini karena cetakan tidak kuat menahan tekanan logam cair saat melewati pelat tipis. Selain itu perubahan dimensi ini mungkin karena pelat yang *bending*.



Gambar 4.1 Hasil pengecoran dan saluran tuang P5 setelah proses *shoot blasting*.

Setelah proses permesinan dan pemotongan selesai, gambar 4.2, dilakukan pengukuran ketebalan aktual benda, seperti terlihat pada tabel 4.2

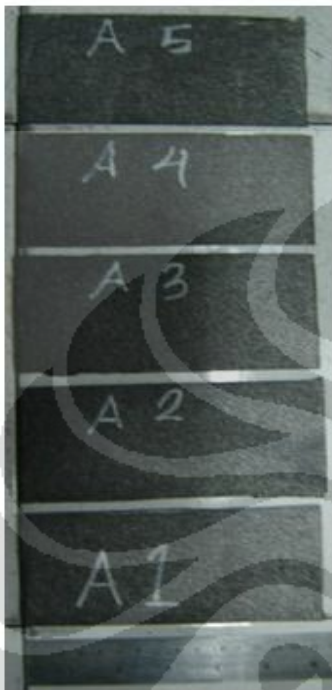
Tabel 4.2 Tebal aktual benda hasil pengecoran P5A.

Posisi	Tebal aktual (mm)
1	2,71958
2	2,08583
3	2,30917
4	2,15083
5	2,15375

Ketebalan target yang diinginkan pada pengecoran ini yaitu 1 mm. Dalam penelitian, pelat tipis yang telah berhasil sebesar 2,085 dan pelat paling tebal 2,72 mm. Ketebalan benda yang paling mendekati target yaitu P5A2 dengan selisih ketebalan dari target awal yaitu 1,08 mm.

Nilai ketebalan pengecoran P5A rata-rata ketebalan akan meningkat dari bagian cetakan atas ke bawah. Mengindikasikan bahwa bagian paling bawah

merupakan bagian yang memperoleh dengan tekanan terbesar dari logam cair akibat peletakan pelat tipis pada saluran masuk. Logam cair yang masuk menyebabkan cetakan pasir terdorong sehingga terjadi perubahan dimensi.



Gambar 4.2a Sampel TWADI



Gambar 4.2b Sampel TWADI

Pengamatan makro setelah proses perlakuan austemper, diperlihatkan pada gambar 4.2. Gambar sampel TWADI terlihat masih kasar dan berwarna lebih gelap. Struktur makro TWADI diperoleh setelah proses Austempering diperlihatkan pada gambar 4.3b di atas. Permukaan sampel TWADI terlihat lebih halus dari pada permukaan sampel TWADI sebelumnya, disebabkan karena telah dilakukan pengamplasan TWADI sebelum proses pemanasan austemper. Terlihat sampel TWADI lebih solid.

### 4.3 Pengamatan Struktur Mikro

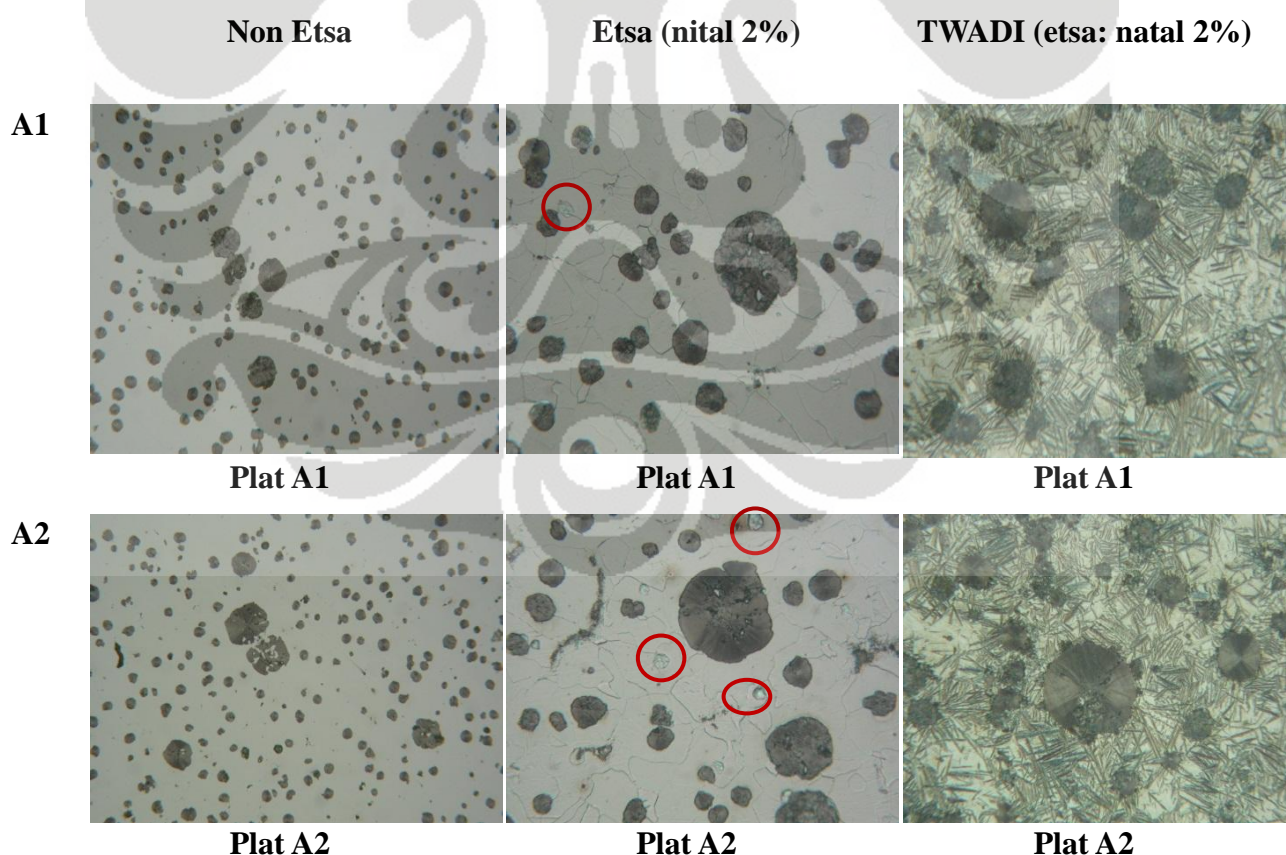
Pada pengamatan struktur mikro untuk sampel TWADI, pembahasan dilakukan dengan mengambil sampel pelat P5A. Sampel yang dipilih merupakan jenis sampel yang ketebalan seragam dalam satu cetakan, dengan ketebalan 1 mm semua dalam satu cetakan.

Identifikasi pelat hasil pengecoran dilakukan pada pelat non etsa dan pelat etsa. Informasi yang dapat diperoleh dari pelat non etsa yaitu karakteristik grafit. Selanjutnya pengamatan pada pelat etsa dilakukan untuk identifikasi matriks yang terbentuk serta mengetahui apakah pelat tersebut bersih dari karbida.

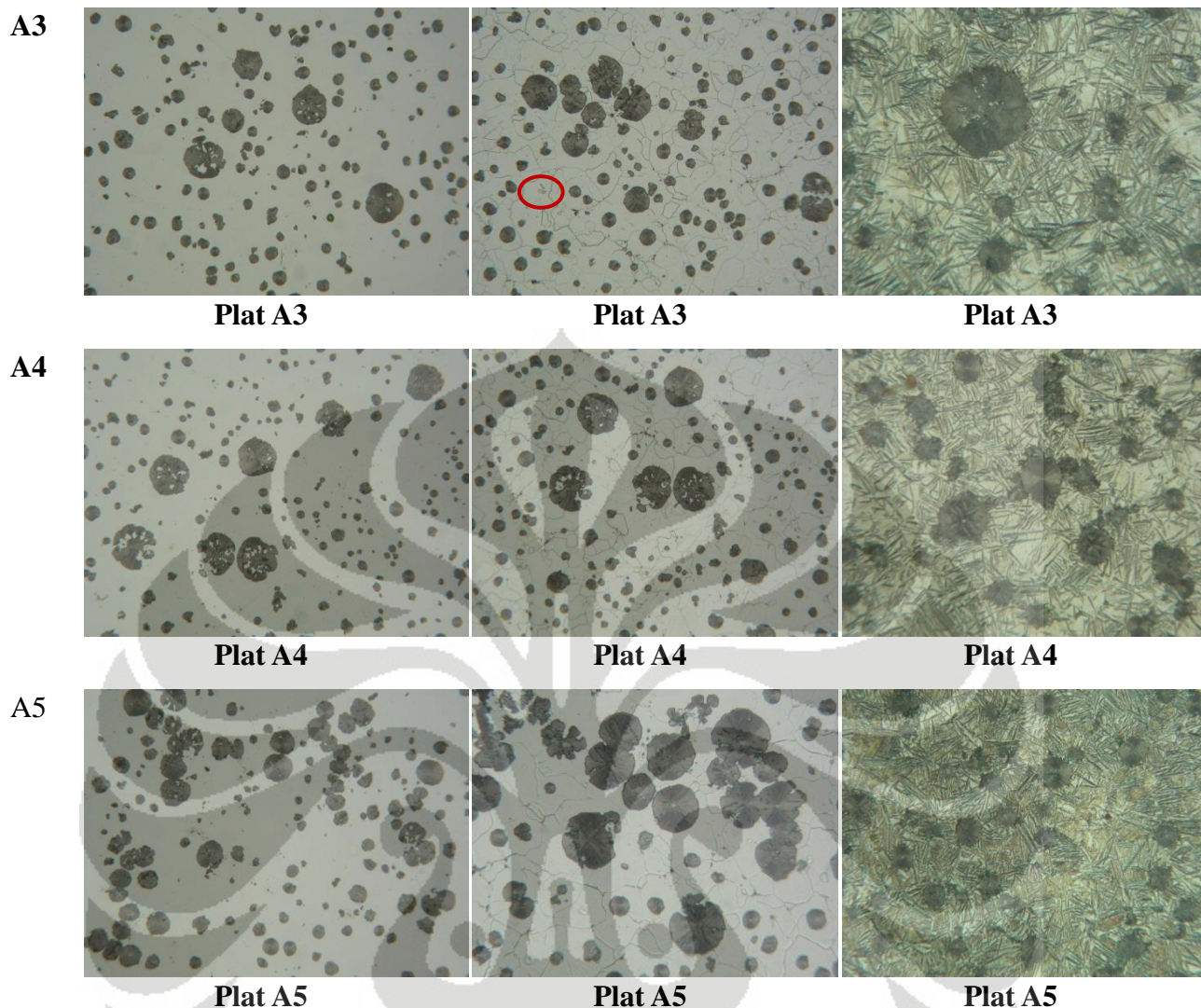
Pada pengamatan struktur mikro dilakukan pembahasan dengan membandingkan struktur mikro pada posisi pelat pertama hingga kelima pada cetakan P5A. Masing-masing foto mikro kondisi TWDI akan dibandingkan dengan foto mikro pada kondisi TWADI untuk mengetahui perubahan struktur mikro akibat pengaruh austemper.

Berdasarkan hasil foto struktur mikro, matrik hasil pengecoran TWDI pelat A non etsa dan dietsa memperlihatkan grafit nodular dalam matriks feritis. Namun, karbida juga terlihat dalam bentuk presipitat berwarna putih yang berkumpul dalam gugus-gugus kecil.

Setelah proses austemper dihasilkan *Thin Wall Ductile Iron* (TWADI), dengan stuktur mikro seperti yang terdapat di bawah ini:







Gambar 4.3 Struktur mikro pelat A.

Pengamatan foto mikro pelat non etsa bertujuan untuk melihat jumlah nodul dan kenodulan. Pada pengamatan pelat A1 dan A2 diamati secara kasat mata jumlah nodul pelat A1 terlihat sedikit lebih banyak dibanding pelat A2, pelat A2 terdapat nodul besar yang pecah kenodulan relatif sama untuk kedua bagian foto mikro pada pelat A1 dan A2.

Pada foto mikro pelat A2 terdapat sejumlah nodul besar dan nodul kecil yang relatif sama dengan pelat A3, jumlah nodul berukuran besar relatif sama baik pada pelat A2 dan pelat A3, pada foto pelat A2 terdapat sebuah *exploded graphite[.]* pada nodul besar. Setelah foto mikro diamati kenodulan pada nodul-nodul foto mikro pelat A2 lebih baik dari A3.

Setelah bandingkan dengan foto mikro pelat A3, pada pelat A4 terlihat

memiliki jumlah nodul relatif lebih banyak dengan distribusi tidak sebaik pada pelat A3. Jumlah nodul berukuran besar pada pelat A4 lebih banyak namun mengalami bentuk nampak pecah. Tingkat kenodulan secara kasat mata pada pelat A3 terlihat lebih baik. Selanjutnya pengamatan pada foto pelat A5 memperlihatkan ukuran modul terlihat jumlah nodul berukuran besar cukup memiliki komposisi signifikan dibandingkan dengan pelat A4. Jumlah nodul besar dan menengah hampir sama dengan jumlah nodul berukuran kecil, akan tetapi dengan jarak yang sangat berdekatan antar nodul. Sedangkan kenodulan pada pelat A5 menunjukkan peningkatan dibanding nodul pelat A4. Nodul pelat A5 terlihat lebih *solid* dalam ukuran lebih kecil dibanding pelat A4 pecahnya nodul memperlihatkan nodul terbentuk tidak sempurna dengan ukuran lebih besar.

Pada pengamatan foto mikro pelat etsa diperlihatkan tampilan lebih jelas pada struktur mikro. Struktur etsa digunakan untuk menunjukkan matriks dan karbida pada pelat. Tampak batas butir dan matrik pada gambar. Pada pelat A1 sampai dengan A5 diperlihatkan daerah berwarna abu-abu di luar nodul merupakan matriks ferrit. Pada semua foto etsa yang diperlihatkan belum ditemukan karbida hal ini. Karbida ditandai dengan warna putih berbentuk mozaik kecil berada pada matriks dan di luar nodul. pada foto etsa juga ditemukan warna putih bulat seperti jejak tetesan air yang diindikasikan sebagai inklusi.

Pada pelat A1 ditemukan inklusi kecil pada bagian kanan kiri atas. Pengamatan pada pelat A2 menunjukkan adanya inklusi lebih banyak. Selain itu, pada terdapat daerah seperti gosong berwarna coklat yang kemungkinan besar adanya oksidasi menyebabkan korosi. Pada A4 juga ditemukan adanya garis hitam seperti flake kemungkinan besar pengotor akibat kurang bersih preparasi sampel.

Pada sampel etsa A3 tidak terdapat karbida pada foto mikro, dengan perbesaran foto lebih kecil dari foto mikro umumnya yaitu 500 X. Foto mikro dari pelat A4 tidak menunjukkan adanya inklusi dan pengotor lain seperti pada pelat A2 etsa. Perbandingan hasil pengamatan foto etsa pelat A 3 dan pelat 3 tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari sisi matrik dan keberadaan karbida.

Pada foto etsa pelat A5 ditemukan sejumlah inklusi pada struktur mikro yang terdistribusi pada sejumlah titik. Perbandingan dengan pelat A4 dari matrik dan keberadaan karbida sama-sama tidak ditemukan. Pengamatan pada besi besi

ulet austemper menunjukkan adanya matriks ausferit yang terdiri atas ferrit asikular dan austenit stabil dengan pengayaan karbon. Ferrit berbentuk jarum-jarum yang berorientasi pada arah tertentu dan daerah berwarna putih merupakan matrik austenit.

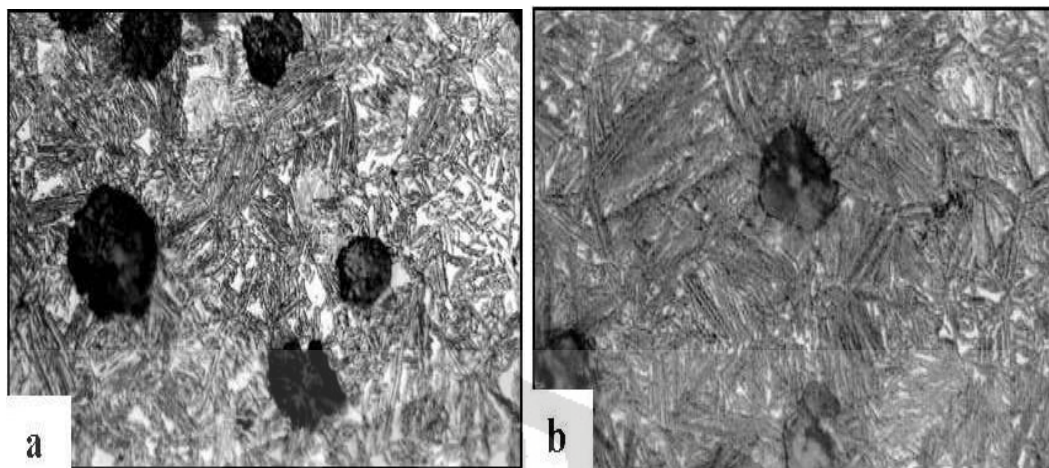
Perlakuan austemper tidak merubah jumlah dan kenodulan grafit. Foto mikro pelat A1 ferrit asikular memiliki jarum yang memiliki panjang yang berbeda pada orientasi berbeda. Di beberapa daerah austenit daerah berwarna putih. Pada pelat A2 demikian memiliki kemiripan pada matrik ferrit asikular dan austenit stabil dengan pelat A1. Pada pengamatan kedua pelat tidak ditemukan adanya karbida. Sebagian besar nodul besar kecil pada kedua pelat seolah-olah tertutup oleh perpanjangan jarum ferrit asikular.

Pada pelat A3 tampak struktur ferrit asikular lebih panjang. Nodul-nodul pada pelat A3 lebih merata sehingga pertumbuhan jarum lebih bebas menempati ruang-kosong pada matriks. Dibanding matrik ausferit pada pelat A2, terlihat distribusi ferrit asikular pada A3 terlihat lebih merata dengan pertumbuhan jarum lebih panjang.

Foto mikro pada pelat A3 terlihat adanya.

Pengamatan pada foto mikro pelat A4, terdapat gugus nodul yang terdapat pada beberapa titik. Pada struktur ferrit asikular terjadi rentang deviasi yang cukup jauh, terdapat daerah ferrit asikular panjang dan pendek. Beberapa nodul yang membentuk gugus merupakan sebab terjadinya hambatan bagi jarum ferrit yang akan berkembang. Dibandingkan dengan foto pelat A3 terdapat perbedaan cukup berbeda dari distribusi panjang ferrit asikular dan distribusi nodul. Perbedaan distribusi mempengaruhi sifat mekanik pada kedua pelat tersebut.

Foto mikro pelat A5 menunjukkan struktur mikro yang sangat baik. Distribusi nodul yang cukup baik mempengaruhi distribusi panjang ferrit asikular yang baik pada matriks. Hampir tidak menemukan ruang kosong berupa austenit stabil pada foto mikro, pertumbuhan ferrit asikular dan nodul sangat teratur. Perbandingan dengan struktur mikro pelat A4 terlihat jelas, tidak adanya gugus-gugus nodul pada foto mikro pelat A4 mempengaruhi pertumbuhan memanjang ferrit asikular. Gambar struktur mikro sampel kemudian dibandingkan dengan literatur berikut ini:



Gambar 4.4 Struktur mikro pada temperatur austemper a. TA= 350°C b. TA= 400°C<sup>[7]</sup>.

Pengamatan pada hasil penelitian *Mourad* . Pada sampel austemper 350°C tersebut menunjukkan kandungan lebih tinggi austenit stabil.

Dari semua gambar struktur mikro penelitian TWADI yang dilakukan menunjukkan matriks yang terbentuk adalah ferit, di mana grafit mengelilingi dengan bentuk bulat. Namun dari pengamatan gambar struktur mikro tersebut tidak ditemukan adanya karbida kemungkinan karena kadar CE yang sudah memenuhi kriteria pengecoran *thin wall ductile iron*.

Karbida terbentuk selama proses pembekuan yang disebabkan oleh temperatur penuangan yang cukup tinggi. Diketahui bahwa ketebalan pelat pada penelitian ini yaitu sekitar 2 mm, karbida memiliki kecenderungan yang tinggi terbentuk pada benda berdimensi tipis. Pengaruh Mg dalam logam cair juga dapat menyebabkan terbentuk karbida, meskipun peran utama membentuk nodul.

Karbida tidak terlihat pada struktur mikro TWADI, biasanya berbentuk presipitat-presipitat berwarna putih. . Karbida dapat pada struktur mikro ini menurunkan sifat mekanis pada pelat hasil pengecoran serta juga menurunkan nilai keuletan. Terbentuknya karbida ini juga karena adanya efek *fading* yang terjadi karena pengaruh proses Mg *treatment* dan inokulasi yang semakin berkurang seiring berjalannya waktu. Ketika logam cair didiamkan beberapa saat setelah kedua proses tersebut dilakukan, maka pada saat itu grafit yang terbentuk akan berkurang dan *primary carbide* akan muncul.

Pengamatan pada pelat TWADI pada semua pelat tidak ditemukan carbide pada foto struktur mikro akibat tereliminansinya karbida pada proses austemper

pada suhu austenisasi 960°C selama 30 menit dan suhu austemper 350°C selama 10 menit. Pada temperatur perlakuan panas pada suhu 900°C dan dilakukan selama 1-3 jam<sup>[23]</sup>. Ketebalan sampel yang minim membuat proses *breakdown* lebih optimal pada proses penghilangan karbida tersebut.

Mengingat keterbatasan dalam pengamatan struktur mikro dalam pendeteksian lebih lanjut bisa dimungkinkan masih ditemukan karbida yang terisisa. Akan tetapi proses menghilangkan karbida seoptimal mungkin perlu dilakukan pengaturan komposisi unsure Mn dan Si agar berada pada batas yang disarankan.

Struktur matriks yang terbentuk setelah proses austemper adalah ausferit yaitu gabungan austenit stabil karbon tinggi dan ferit asikular (*acicular ferrite*). Ferit asikular terlihat matriks ferrit berbentuk tajam memanjang yang terbentuk dari austenit induk, ferit jenis ini terbentuk bersamaan dengan grafit nodul. Pada perlakuan austemper FCD tersebut terjadi nukleasi dan pertumbuhan asikular ferrit yang diikuti dengan difusi karbon menuju austenit.

Fasa austenit pada ADI kaya karbon dan secara termodinamis bersifat stabil, yang menyebabkan terjadinya peningkatan pada sebagian besar sifat-sifat pada ADI. Fasa austenit pada ADI bisa mengalami *strain-induced transformation* ketika ADI diberikan tegangan secara lokal, misalnya proses permesinan yang akan meningkatkan ketahanan aus permukaannya. Pada besi tuang nodular, adanya 2-3% Si akan mencegah pembentukan besi karbida ( $Fe_3C$ ) yang cepat.

Oleh karena itu karbon yang keluar selama pembentukan ferrit akan masuk ke matriks austenit sehingga austenit yang kaya karbon dan menjadi stabil secara thermal dan martensit tidak terbentuk meskipun kecepatan pendinginan lebih lambat. Dari foto mikro yang diperoleh, belum bisa menunjukkan besar ukuran dari matrik ausferit. Namun, berdasarkan sumber diketahui bahwa dengan suhu austemper semakin tinggi maka ferit asikular dan austenit semakin besar. Sebaliknya semakin rendah temperature austempering, laju nukleasi akan semakin cepat sehingga diperoleh struktur ausferit yang lebih halus<sup>[8]</sup>.

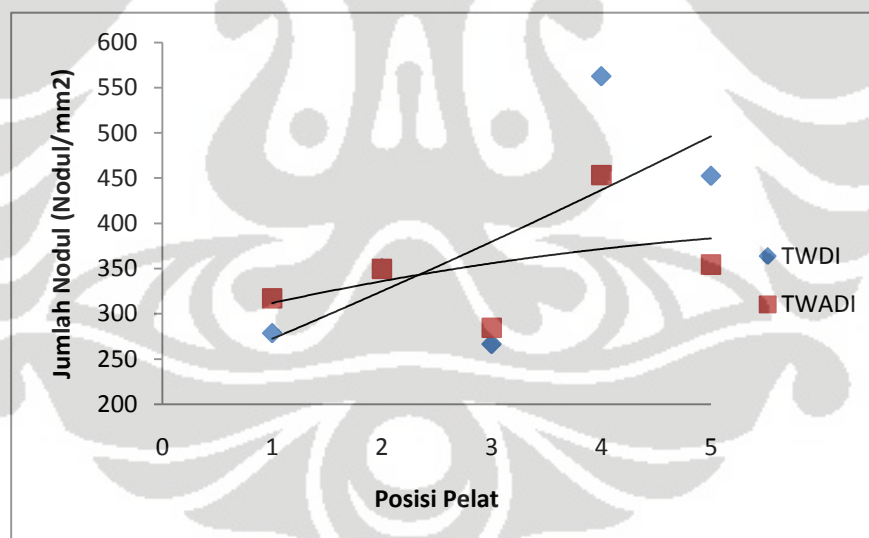
### 4.3.1 Pengaruh Nodularitas, Jumlah nodul dan Diameter rata-rata nodul

Setelah dilakukan penghitungan dan pengamatan pada besi tuang nodular diperoleh data berikut.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran nodularitas, jumlah nodul, dan diameter rata-rata nodul TWDI.

Pelat	Posisi	Nodularitas (%)	Jumlah Nodul (nodul/mm <sup>2</sup> )	D Nodul (μm)
A	A1	85	1113	12
	A2	86	1235	11
	A3	87	1292	10
	A4	89	1267	9
	A5	87	1413	10

#### 4.3.1.1 Jumlah Nodul (*Nodul Count*)



Gambar 4.5 Grafik pengaruh jumlah nodul terhadap posisi pelat A.

Berdasarkan grafik di atas, jumlah nodul meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan pendinginan. Hal ini terjadi pada cetakan A.

Pada grafik TWDI, Pelat A4 memiliki jumlah nodul tertinggi dibanding posisi yang lain sesuai pada urutan A1,A2, A3, A4 dan A5 jumlah nodul pada

masing-masing pelat relatif meningkat. Hal ini sesuai dengan yang dijelaskan, bahwa jumlah nodul meningkat seiring dengan meningkatnya ketebalan. Walaupun ketebalan masing-masing pelat yang diinginkan sebesar 1mm, tetapi nilai ketebalan pelat pada setiap posisi mengalami penyimpangan ketebalan dari ketebalan target. Peningkatan jumlah nodul tersebut berbanding lurus dengan pengurangan ketebalan pelat<sup>[8]</sup> dilihat sesuai urutan ketebalan pelat dari A1-A5 pada tabel 4.1.

Pelat A1 dengan jumlah nodul 279 nodul/mm<sup>2</sup> merupakan pelat dengan ketebalan tertinggi, dibandingkan dengan pelat A2 dengan jumlah nodul 350/mm<sup>2</sup> terjadi peningkatan jumlah nodul dari sebelumnya dengan ketebalan berkurang. Pada posisi A3 jumlah nodul berkurang dibanding A2. Peningkatan ketebalan dari A2 ke A3 menyebabkan penurunan jumlah nodul pada A3 secara signifikan. Sedangkan pada posisi pelat A3 dibandingkan terjadi peningkatan jumlah nodul sangat signifikan lebih dari 2 kali lipat, sedangkan dilihat dari ketebalan pelat dari posisi A3 ke posisi A4 perbedaan ketebalan tidak terlampau jauh. Posisi A4 dibandingkan dengan A5 memperlihatkan penurunan kecil jumlah nodul, dengan ketebalan relatif sama.

Pengamatan jumlah nodul ini memperlihatkan permainan laju pembekuan pelat pada masing-masing cetakan, pada pelat A1 dengan ketebalan tertinggi memiliki jumlah nodul paling sedikit. Sedangkan pada A3 dengan ketebalan lebih besar dari pelat A2 maka terjadi penurunan jumlah sampai jumlah terendah dari ke empat pelat lain. Pengaruh kecepatan pembekuan yang lambat disebabkan berada pada posisi tengah cetakan mengakibatkan jumlah nodul lebih sedikit.

Pada posisi A4 dan A5 terjadi perbedaan jumlah nodul dengan ketebalan yang hampir dikatakan sama. Akan tetapi, adanya pengaruh laju pembekuan yang tinggi sangat mempengaruhi jumlah nodul pelat A4.

TWDI merupakan benda yang tipis maka laju pembekuannya tinggi sehingga jumlah nodul (*nodule count*) pun akan meningkat. Gambar 4.7 menunjukkan variasi antara ketebalan besi tuang nodular terhadap jumlah nodul yang terbentuk. Jumlah nodul besi tuang nodular dengan tebal 3 mm mencapai 1000 nodul/mm<sup>2</sup> sedangkan besi tuang nodular dengan tebal 25 mm hanya memiliki 100-200 nodul/mm<sup>2</sup>.

Berdasarkan Tabel 4.3 disimpulkan bahwa semua pelat A memenuhi syarat sebagai bahan dijadikan ADI sesuai dengan ketebalan sesuai dengan literatur Mourad<sup>[7]</sup>.

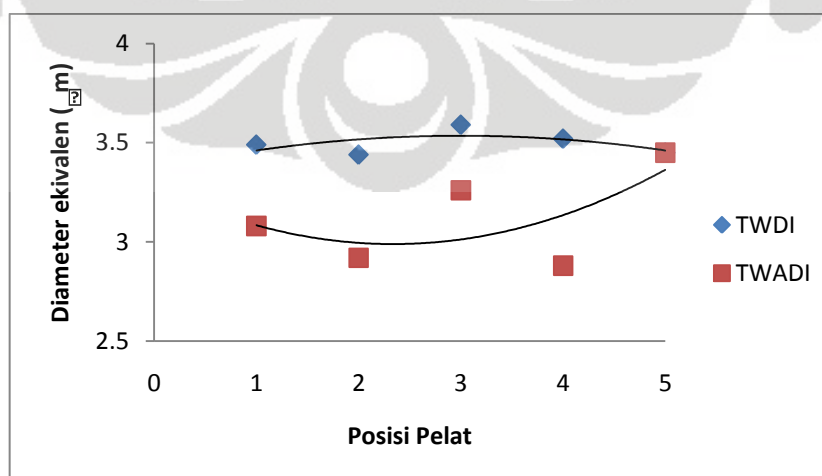
Pengamatan jumlah nodul dari pelat TWDI dan TWADI, pelat A1 menunjukkan terjadi peningkatan jumlah nodul dalam jumlah relatif sedikit. Pada pelat A2 jumlah nodul sama tanpa perubahan akibat austemper. Pelat A3 terlihat jumlah nodul meningkat relatif sedikit. Pada A4 dan A5 terjadi penurunan jumlah nodul cukup besar. Setelah austemper pada kedua pelat ini jumlah nodul lebih sedikit.

Pengamatan jumlah nodul setelah dilakukan austemper menunjukkan adanya perbedaan sedikit dengan *trend* yang sama. Perbedaan terjadi pada besaran jumlah nodul tiap pelat dalam jumlah yang relatif ditoleransi. Sesama pelat A1-A5 TWADI pada grafik menunjukkan keadaan yang relatif sama pada grafik TWDI hanya berada pada rentang nilai berbeda.

Dari analisa di atas dapat dijelaskan bahwa efek austemper terhadap jumlah nodul pada pelat TWDI tidak berpengaruh signifikan. Dari *trend* grafik jumlah nodul pada TWDI dan TWADI yang diperlihatkan relatif sama. Perbedaan nilai jumlah nodul kemungkinan terjadi akibat pengambilan posisi foto sampel pelat yang berbeda antara TWDI dan TWADI.

#### 4.3.1.2 Diameter Rata-rata Nodul

Pengukuran diameter nodul dengan software NIS pada setiap pelat A TWDI, diameter rata-rata nodul diukur dalam mikro meter ( $\mu\text{m}$ )



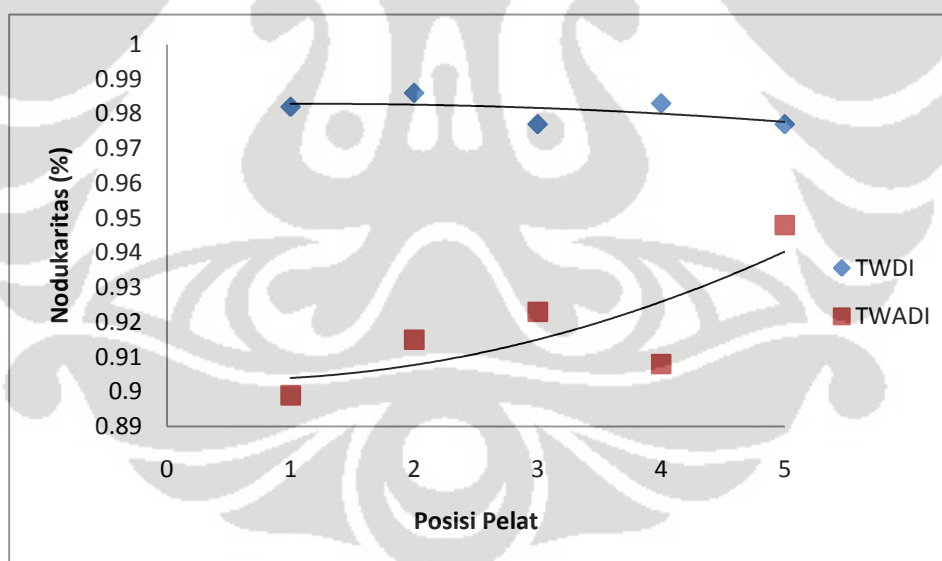
Gambar 4.6 Grafik perbandingan nilai diameter nodul terhadap posisi pelat A.



Pada grafik di atas diketahui, pelat-pelat A dibandingkan dari sesama pelat diameter rata-rata nodul pada cetakan A mengalami peningkatan pada posisi pelat pertama. Ketebalan aktual pelat A1 Ketebalan aktual pelat A1 lebih besar maka dengan peningkatan ketebalan diketahui jumlah nodul yang terbentuk akan turun sehingga rasio volume ruang grafit berpresipitasi membentuk bulatan semakin besar. Diketahui bahwa penurunan diameter nodul menyebabkan dengan penurunan ketebalan pelat A<sup>[8]</sup>. Pada perbandingan diameter ekivalen A1 TWDI dan TWADI dari tabel diketahui semakin rendah. Pelat A3 juga ditemukan mengalami penurunan setelah austemper. Berbeda dengan pelat A5 diameter ekivalen nodul tetap setelah dilakukan austemper. Jika mengacu pada penelitian Harding, kemungkinan penurunan diameter ini karena adanya perbedaan titik pengambilan foto struktur mikro sebelum dan sesudah austemper.

#### 4.3.1.3 Nodularitas pada Posisi

Berikut ini grafik yang menunjukkan nodularitas (kenodulan) terhadap posisi, sebagai berikut.



Gambar 4.7 Grafik nodularitas grafit berdasarkan posisi pada pelat A.

Pada pengecoran besi tuang, pengurangan ketebalan dengan pengecoran dinding tipis (TWDI) pelat A akan mengakibatkan peningkatan jumlah nodul dan kenodulan, sedangkan pada ukuran nodul akan mengalami penurunan<sup>[8]</sup>. Pada pelat A1 pada sampel TWDI setelah dilakukan austemper mengalami penurunan

kenodulan sebesar 0,083. Gambar struktur mikro pelat A1 dibandingkan antara sebelum dan sesudahnya tidak menunjukkan penurunan kenodulan. Sementara pada pelat A3 etsa menunjukkan beberapa *exploded graphite* berukuran besar setelah austemper terlihat grafit berukuran besar dalam kenodulan baik. Perbedaan daerah pengambilan daerah mikrostruktur dari struktur mikro TWDI mungkin terjadi. Pelat A5 sebelum austemper beberapa nodul menunjukkan tingkat kenodulan tinggi dan jarak nodul saling berdekatan, beberapa exploded grafit muncul. Pada gambar strruktur mikro setelah austemper terlihat kenodulan lebih rendah.

Pada grafik menunjukkan efek penurunan kenodulan grafit setelah austemper. Penurunan rata-rata kenodulan setelah austemper yaitu 0,0634 (6,34%). Penurunan ini kemungkinan terjadi akibat gambar yang berbeda dari struktur awal. Berdasarkan, referensi jurnal yang ada diketahui bahwa austemper tidak mempengaruhi kenodulan.

#### 4.3.1.4 Kekuatan Tarik dan Nodularitas

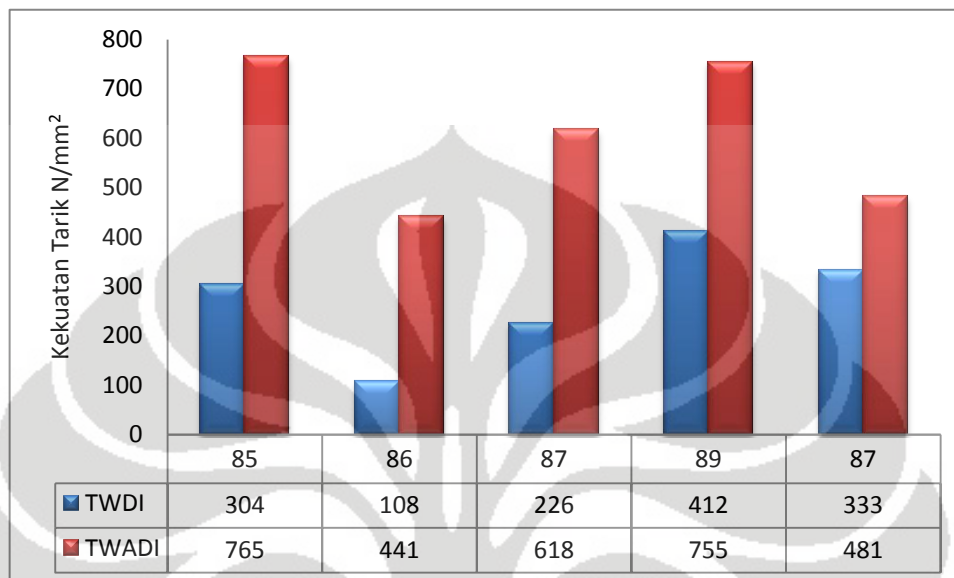
Dari data kekuatan tarik dan nodularitas yang diperoleh pada pengujian TWDI dan TWADI, maka dibandingkan data tersebut pada table berikut.

Tabel 4.4 Perbandingan kekuatan tarik dan Nodularitas pada TWDI dan TWADI.

Posisi	Kekuatan tarik (N/mm <sup>2</sup> )		Nodularitas (%)	
	TWDI	TWADI	TWDI	TWADI
A1	304	765	85	85
A2	108	441	86	86
A3	226	618	87	87
A4	412	755	89	89
A5	333	481	87	87

Peningkatan nodularitas berpengaruh besar terhadap kekuatan mekanik terutama kekuatan tarik<sup>[5]</sup>. Grafik 4.4 menunjukkan, pada pada keadaan awal pada nodularitas 85% berada pada tingkat kekuatan tertinggi , kemudian

diperlihatkan bahwa kekuatan tarik meningkat sebanding dengan peningkatan nodularitas pada rentang 86%-89%, setelah nodularitas > 89% kekuatan turun kembali. Menunjukkan bahwa tidak pada semua rentang nodularitas yang tinggi kekuatan tarik mengalami peningkatan.



Gambar 4.8 Grafik kekuatan tarik terhadap nodularitas pada TWDI dan TWADI.

#### 4.4 Pengujian Mekanik

##### 4.4.1 Uji Tarik

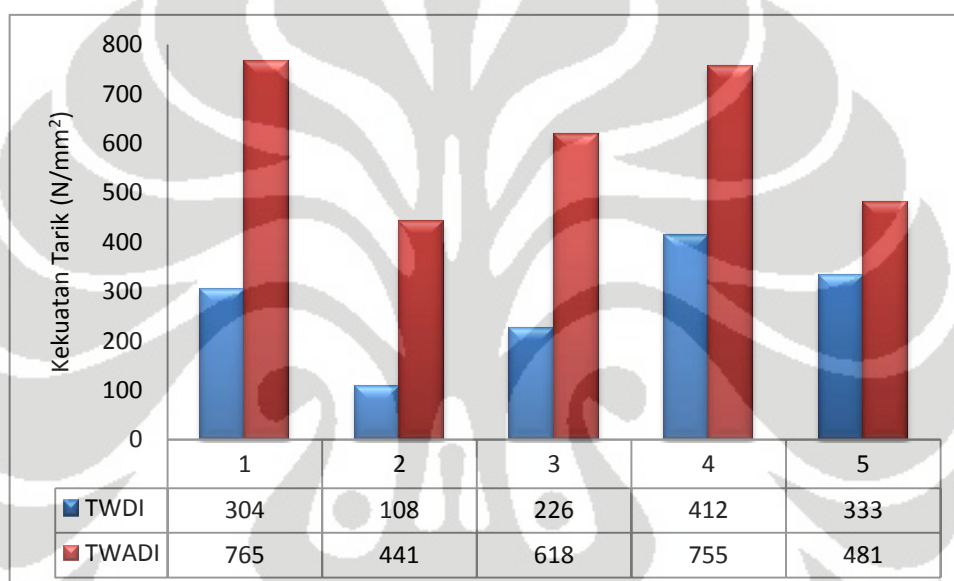
Kekuatan tarik cenderung mengalami peningkatan dengan perlakuan austemper. Hal ini disebabkan karena pengaruh perubahan struktur mikro yang dapat diketahui pada gambar, yaitu perubahan dari grafit dengan perlit feritis menjadi bainit besi (ausferit).

Tabel 4.5 Data kekuatan tarik TWADI.

Kode Sampel	Bentuk sampel	UTS (N/mm <sup>2</sup> )	
		TWDI	TWADI
A1	pelat	304	765
A2		108	441
A3		226	618
A4		412	755
A5		333	481

Faktor utama yang menentukan sifat mekanis yaitu matrik dasar struktur mikro. Keberadaan fasa perlit dalam matrik Semakin banyak keberadaan fasa perlit dalam matrik struktur mikro maka kekuatan tarik besi tuang nodular akan semakin tinggi

Berdasarkan table 4.5 di atas perbandingan nilai *tensile strength* di bawah, kekuatan tarik TWDI P5A diketahui I bahwa masih berada di bawah kekuatan tarik minimum yaitu sebesar  $108 \text{ N/mm}^2$ . Perbandingan kekuatan tarik antarpelat sebagai berikut.



Gambar 4.9 Grafik hubungan nilai kekuatan tarik terhadap posisi pelat.

Pada pelat TWDI, penurunan kekuatan tarik terjadi pada pelat A1 dan A2. kemungkinan perbedaan ketebalan terpaut cukup besar berpengaruh pada kekuatan tarik antara pelat A1 dan A2. Selanjutnya dari pelat A2 ke A3 peningkatan terjadi dengan lebih dari 2 kali lipat, perbedaan ketebalan signifikan pada A3 membuat kekuatan tarik meningkat. Kemudian *trend* yang sama juga terjadi dari pelat A3 dan A4 akibat tingginya jumlah nodul yang signifikan berpengaruh terhadap kekuatan tarik. Pada pengamatan dari A4 dan A5 diperlihatkan penurunan kekuatan tarik. Kemungkinan akibat jumlah nodul pada A5 menurun.

Perbandingan pada sesama pelat A TWADI menunjukkan pengaruh yang

hampir bersamaan dengan *trend* akan tetapi terjadi peningkatan besaran kekuatan tarik yang tinggi pada tiap pelat TWADI dari kondisi sebelum austemper.

Perbandingan kekuatan tarik sebelum dan setelah austemper memperlihatkan peningkatan signifikan pada tiap pelat. Perbandingan antara pelat A1 TWADI dan TWADI memperlihatkan peningkatan sangat tinggi. Perbandingan kekuatan tarik dari pelat A1 hingga A5 rata-rata lebih dari 100%, perubahan terkecil terjadi pada pelat A5 dimana nilai kekuatan tarik berubah dari 333 N/mm<sup>2</sup> menjadi 481 N/mm<sup>2</sup> sekitar 44% kenaikan. Sedangkan peningkatan kekuatan tarik terbesar pada pelat A2 naik dari 108 N/mm<sup>2</sup> menjadi 441 N/mm<sup>2</sup> atau 309% naik.

Pelat A1 dengan jumlah nodul mendekati 300 nodul/mm<sup>2</sup>, kenodulan sekitar 90% dan tanpa karbida selama pengamatan mikro merupakan bahan baku ADI yang telah terpenuhi beberapa dari syarat standarisasi ADI<sup>[24]</sup>. Kenyataan di lapangan ternyata bahan baku tersebut belum memenuhi standar. Dari hasil pengamatan struktur mikro ternyata ditemukan sejumlah inklusi berwarna putih yang kemungkinan menyebabkan penurunan kekuatan tarik pelat tersebut. Setelah dilakukan austemper terhadap TWADI pada struktur mikro inklusi tidak ditemukan. Asumsi kami austemper tersebut tidak menghilangkan inklusi akan tetapi karena perbedaan titik pengambilan gambar pelat A1 setelah austemper berbeda. Pada hasil austemper kekuatan tarik berubah signifikan karena terjadi perubahan matrik ferit menjadi ausferit. Berdasarkan pembahasan struktur mikro nodul, kekuatan tarik tidak dipengaruhi signifikan oleh keadaan nodul sebelum dan setelah austemper. Hal ini juga dikuatkan oleh jurnal sebagai acuan.

Pada pelat A3 juga mengalami hampir memiliki kesamaan kondisi seperti pelat A1, yaitu ditemukan inklusi berwarna putih. Setelah austemper nilai kekuatan tariknya meningkat tajam mendekati 200%.

Sedangkan pada pelat A5, pada pengamatan struktur mikro tidak ditemukan inklusi. Kemungkinan berada pada pengambilan gambar tanpa adanya inklusi. Pada pelat ini, proses austemper menghasilkan peningkatan kekuatan tarik terendah. Pada gambar struktur mikro ausferit yang ditunjukkan sangat baik. Matriks ausferit kurang berkembang dengan baik dapat menjadi sebab peningkatan kekuatan tarik pada pelat A5 yang cukup rendah. Pelat A5 termasuk memiliki jumlah nodul terbanyak, jumlah dan persebaran nodul dapat

mempengaruhi pertumbuhan ferit asikular yang mempengaruhi kekuatan tarik.

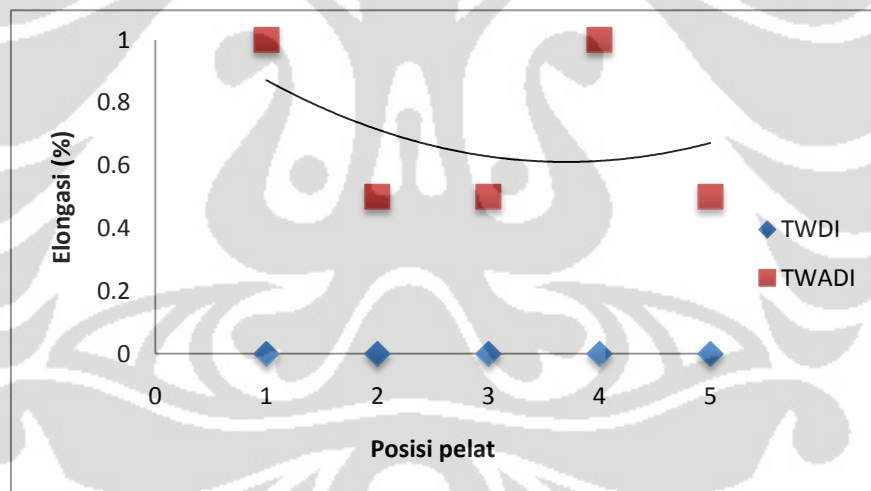
Berdasarkan grafik hubungan nilai kekuatan tarik terhadap posisi pelat diperoleh kesimpulan bahwa kekuatan tarik pelat pada penelitian masih berada di bawah nilai kekuatan tarik minimum dipersyaratkan pada pembuatan TWDI FCD 45.

Akan tetapi terjadi perubahan cukup signifikan ketika dilakukan austemper hingga mengubah nilai kekuatan tarik rata pada pelat awal sebesar  $28 \text{ kg/mm}^2$  selanjutnya akibat austemper mengalami peningkatan kekuatan tarik rata-rata menjadi sebesar  $62 \text{ kg/mm}^2$ . Maka diperoleh persentase kenaikan kekuatan tarik rata-rata pelat akhir (x), sebesar:

$$X = \frac{(\text{Kekuatan tarik rata - rata pelat diaustemper}) - (\text{kekuatan tarik rata - rata awal})}{\text{kekuatan tarik rata - rata awal}} \times 100\%$$

$$= 62-28/28 \times 100\%$$

$$= 121\%$$



Gambar 4.10 Perbandingan nilai elongasi pelat A pada TWDI dan TWADI.

Pada grafik 4.10 ditunjukkan bahwa pelat A tidak memiliki nilai elongasi. Hal ini berarti pelat bersifat brittle artinya pelat tersebut tidak bisa menahan deformasi yang diberikan sampai mengalami perpatahan. Nilai elongasi berkorelasi dengan keuletan material tersebut. Diperoleh benang merah kesimpulan bahwa pelat A TWDI keuletannya masih rendah. Sedangkan setelah austemper diperoleh rentang kenaikan elongasi antara 0,5-1%. Pada pelat A1

TWDI memiliki elongasi kurang baik, setelah austemper elongasi bertambah 1% yang menyatakan keuletan dari pelat A1 bertambah 1%.

Begitu pula pada pelat A, setelah austemper mengalami kenaikan elongasi sebesar 0,5%. Hal ini mengindikasikan diperoleh peningkatan fraksi austenit sisa, menyebabkan terjadi peningkatan elongasi.

Perlu diketahui pula bahwa penyebab rendahnya nilai kekuatan tarik ini tersebut pula adalah munculnya inklusi berwarna putih pada struktur mikro dan bentuk grafit yang *exploded*. *Exploded grafit* ini membuat grafit tidak memperoleh bentuk bulatan sempurna sehingga pemberian gaya, grafit tidak kekuatan yang tinggi yang mampu menahan gaya yang diberikan kepadanya.

Pada umumnya *exploded graphite* ditemukan pada bagian tebal benda cor dengan pendinginan lambat atau dengan kadar karbon tinggi. Karbida yang terdapat pada pelat dapat meningkatkan nilai kekeras material sekaligus membuat material getas. Faktor ini yang membuat rendahnya nilai tari pelat A.

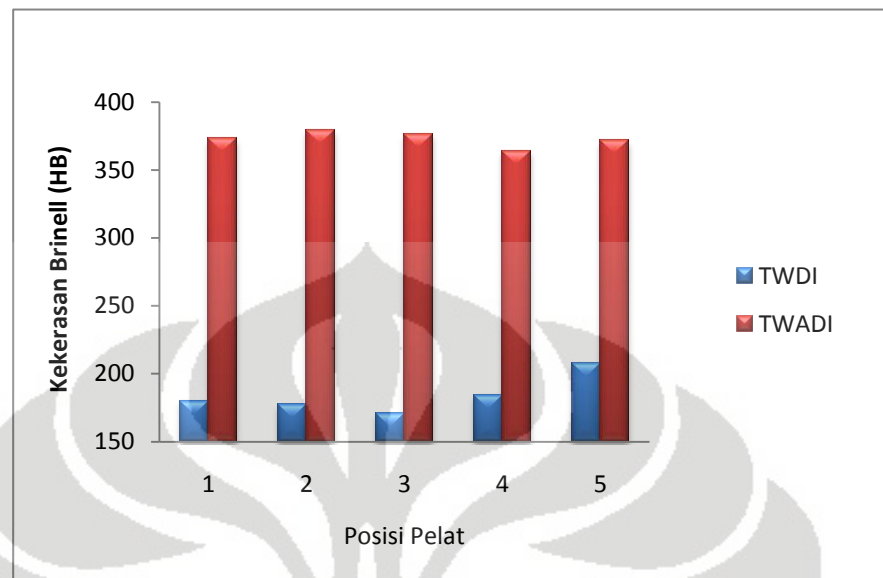
Sebaliknya, kekuatan tarik pelat pasca austemper meningkat secara signifikan. Perlakuan austemper mengakibatkan karbida pada pelat menghilang, hal ini berpengaruh terhadap penyebab getas pada pelat sebelumnya. Meningkatnya kekuatan tarik juga dipengaruhi oleh terjadinya perubahan struktur mikro dalam matriks ausferit (asikular ferit dan austenit) yang bersifat lebih ulet dari matriks ferit.

#### 4.4.2 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Brinell dengan beban sebesar 187,5 kg, diameter bola jejak 3,2 mm, dan waktu penjejakan selama 15 menit, dapat dilihat pada gambar Sampel pelat austemper diidentifikasi kekerasannya untuk memperoleh perubahan sifat-sifat material agar dapat dilakukan perbandingan dengan kekerasan sebetulnya, sebagai berikut:

Dari grafik 4.7 diketahui bahwa pelat posisi paling atas (posisi 5) memiliki kekerasan paling tinggi dibandingkan posisi lainnya. Dalam cetakan yang sama P5A, pelat A5 lebih keras dari A1 karena pelat tersebut paling dahulu membeku dan proses pembekuan pelat tidak dipengaruhi oleh pelat lain dibawahnya. Berbeda dengan pelat paling bawah (pelat A1) sebelum pelat terisi penuh, bagian

cetakan telah mengalami perpindahan panas cairan logam yang akan menuju kebagian atas.



Gambar 4.11 Grafik hubungan nilai kekerasan Brinell terhadap posisi pelat.

Persentase peningkatan kekerasan TWDI (Y), yaitu:

$$Y = \frac{(\text{Kekerasan rata - rata pelat diaustemper}) - (\text{kekerasan rata - rata awal})}{\text{kekerasan rata - rata awal}} \times 100\%$$

$$Y = (373 - 184) \text{ HB} / 184 \text{ HB} \times 100\%$$

$$\approx 103 \%$$

Peningkatan kekerasan pada TWDI –TWADI relatif stabil pada rentang 70-100 HB menunjukkan grafit dan matriks dalam struktur mikro pelat A terbentuk cukup homogen dan merata. Peningkatan kekerasan rata-rata pelat setelah proses austemper, yaitu 103%. Peningkatan ini menunjukkan austemper berperan sangat baik dalam meningkatkan sifat keras materil TWDI.

Semua material TWDI telah memenuhi standar minimal dan maksimal sebagai bahan baku ADI. Pada grafik 4.5 ditunjukkan bahwa standar minimal TWDI yaitu 143 HB dan standard maksimum 217 HB. Pelat A1 TWDI memiliki kekerasan 181 HB setelah dilakukan austemper mengalami kenaikan menjadi 373 HB. Kenaikan kekerasan sebesar 106% dari TWDI nya. Sedangkan pelat A3 diketahui kekesan awal 171 HB setelah austemper mengalami kenaikan menjadi 377 HB. Diperoleh kenaikan kekerasan pelat sebesar 120%. Pelat A5



memperlihatkan kenaikan kekerasan terkecil dengan dari kekerasan 207 HB menjadi 372 HB atau persentase sebesar 80%. Perubahan tidak signifikan disebabkan kekerasan *ductile iron* sebelum austemper telah cukup tinggi.

Dengan ketebalan cetakan pelat yang sama yaitu 1 mm. Akan tetapi dengan kecepatan pendinginan yang beda akan menghasilkan struktur mikro berbeda. Struktur mikro pada pelat A5 distribusi dari nodul ditemukan dalam bentuk relatif seragam. Dengan banyaknya grafit pada pelat maka nilai kekerasan meningkat. Sedangkan pada pelat A1, A2, A3 dikategorikan baik, distribusi yang buruk justru terlihat sekali pada A4.

Grafik memperlihatkan bahwa nilai kekerasan pelat hasil austemper saling berdekatan dari A1-A5 menunjukkan bahwa pengerasan yang terjadi pada pelat ini lebih didominasi oleh pengaruh perubahan struktur mikro. Perubahan struktur mikro terjadi pada matriks ferit menjadi asikular ferit dan austenite (ausferit), perubahan tersebut akibat adanya perlakuan panas pada suhu austenisasi dan austempering. Pengerasan setelah austemper disebabkan adanya matriks austenit sisa yang stabil dengan kandungan karbon tinggi.

Proses selanjutnya dilakukan austemper untuk mendapatkan perbaikan sifat mekanis pelat tersebut. Proses austemper yang telah dilakukan pada pelat ternyata berdampak signifikan terhadap kekerasan pelat. Pelat mengalami peningkatan kekerasan berkali-kali lipat dari kekerasan pelat semula. Pelat berdimensi tipis tersebut menyebabkan kekerasan meningkat karena adanya penghalusan struktur dan kecepatan transformasi *ausferit* meningkat<sup>[7]</sup>.

## BAB 5

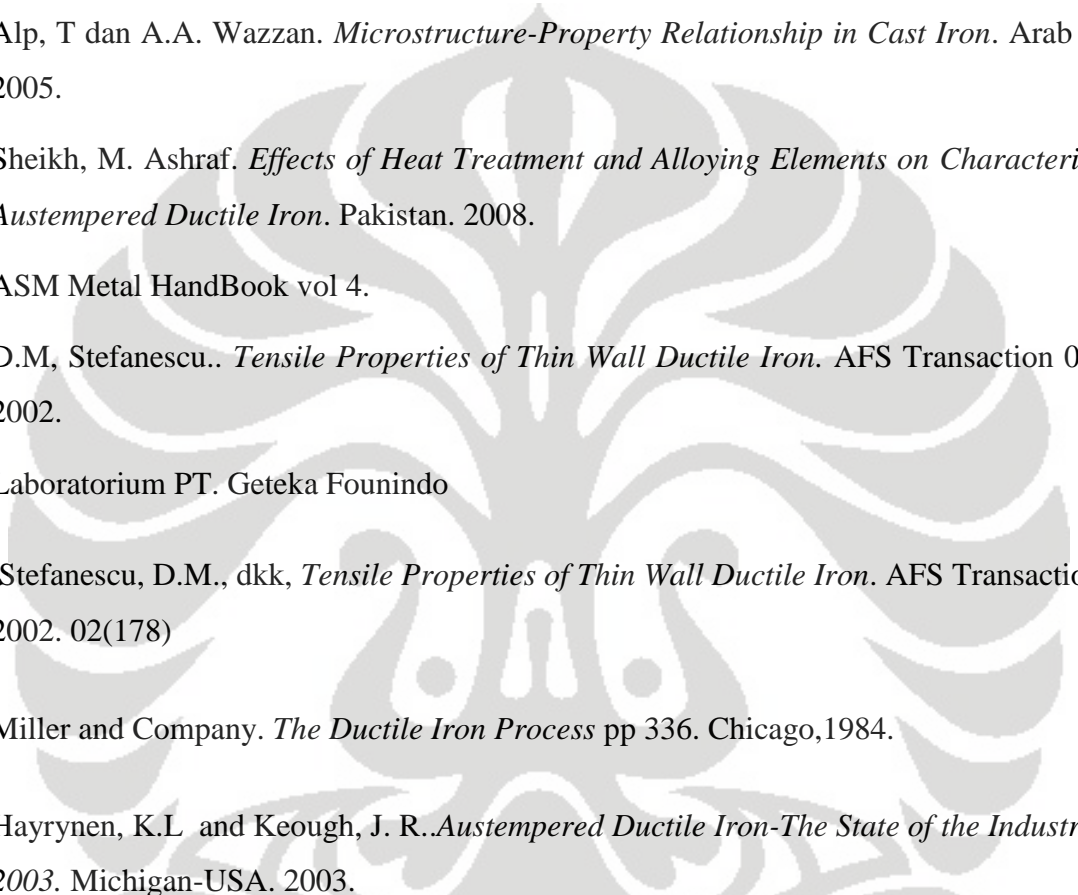
### KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan terhadap penelitian ini, maka ada beberapa hal penting menjadi kesimpulan kami, yaitu:

1. Struktur mikro sampel pelat TWDI yaitu grafit dalam matrik ferrit, sedangkan setelah proses austempering sampel pelat TWADI struktur mikro asikular ferrit dan austenit.
2. Sifat mekanis *Thin Wall Ductile Austemper Ductile Iron* (TWADI) berupa kekuatan tarik dan kekerasan meningkat secara signifikan setelah austemper dipengaruhi oleh perubahan matriks ferit menjadi ausferit.
3. Proses austemper tidak berpengaruh signifikan terhadap nodul. Maka, nodul tidak berpengaruh besar terhadap peningkatan sifat mekanis setelah austemper.
4. Dari lima buah sampel uji tarik diperoleh rentang kekuatan tarik sampel pelat TWDI dengan rentang 108 N/mm<sup>2</sup> hingga 412 N/mm<sup>2</sup>, berarti bahwa semua kekuatan tarik sampel pelat TWDI tersebut berada di bawah standar FCD45 yaitu 450 N/mm<sup>2</sup>.
5. Pelat TWADI mempunyai kekuatan tarik dengan rentang antara 441 N/mm<sup>2</sup> sampai dengan 765 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan pelat TWDI mempunyai kekuatan berkisar antara 108 N/mm<sup>2</sup> sampai dengan 412 N/mm<sup>2</sup>. Maka diketahui bahwa peningkatan kekuatan tarik rata-rata sampel pelat TWADI adalah 103 % di atas kekuatan tarik rata-rata sampel TWDI.
6. Pelat TWADI mempunyai kekerasan dengan rentang antara 364 HB sampai dengan 379 HB. Sedangkan pelat TWDI mempunyai kekerasan berkisar antara 171 HB sampai dengan 207 HB. Maka diketahui bahwa peningkatan kekerasan rata-rata sampel pelat TWADI adalah 103 % di atas kekuatan tarik rata-rata sampel TWDI.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Schrems, K. K., dkk, *Statistical Analysis of the Mechanical Properties of Thin-walled Ductile Iron Casting*. SAE Technical Paper, 2003.
- [2] Bockus, Stasys. *Relation between Section Thickness, Microstructure and Mechanical Properties of Ductile Iron Casting*. Material Science. Kaunas-Lithuania. 2008.
- [3] Karsay, S. I. *Ductile iron production practice*. United State of America. 1985.
- [4] Kanicki, D.P. *Casting Advntages, Applications, and Market Size*. ASM Handbook, Vol. 15 Casting pp.37-36. 1998.
- [5] [www.ductile.org](http://www.ductile.org), download 19/10/2009
- [6] Smith, W.F. *Structure and Properties of Engineering Alloys*. McGraw-Hill Book Co., Singapore. 1993.
- [7] Mourad, Mohamed M dkk. *Optimizing the Properties of Thin Wall Austempered Ductile Iron*. 68<sup>th</sup> World Foundry Congress. Cairo - Egypt. 2008.
- [8] Figueroa, M dkk. *Impact Strength of Thin Wall Ductile Iron with Dual Matrix Structure*. Mexico. 2008.
- [9] Echeverría M.D., Simison. *Surface Rectivity of Thin Wall Ductile Iron. The Effect of Nodule Count and Microstructure*. Mechanical Technology Group; A.D. INTEMA; S.N. 2008.
- [10] Martinez, dkk, *Applications of ADI in high strength thin wall automotive parts*. *World Conference on ADI*. National University of Mar del Plata. 2002
- [11] Callister Jr., William D. *Materials Science and Engineering an Introduction*. 6th Edition. New York : John Willey and Sons, Inc., 2003.
- [12] ADI Treatments Ltd. Australia, Maret 2004.
- [13] [www.aditreatments.com](http://www.aditreatments.com), download 07/5/2010
- [14] [www.ductile.org](http://www.ductile.org), download 07/6/2010

- 
- [15] Raharjo, Wahyu Purwo. *Pengaruh Temperatur dan Waktu Austempering terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Besi Cor Nodular FCD 45*. Universitas Sebelas Maret Surakarta. 2006.
- [16] A.A. Nofal dan L. Jekova. *Novel Processing Techniques and Application of Austempered Ductile Iron (Review)*. Cairo – Egypt. 2009.
- [17] Alp, T dan A.A. Wazzan. *Microstructure-Property Relationship in Cast Iron*. Arab Saudi. 2005.
- [18] Sheikh, M. Ashraf. *Effects of Heat Treatment and Alloying Elements on Characteristics of Austempered Ductile Iron*. Pakistan. 2008.
- [19] ASM Metal Handbook vol 4.
- [20] D.M, Stefanescu.. *Tensile Properties of Thin Wall Ductile Iron*. AFS Transaction 02-178, 2002.
- [21] Laboratorium PT. Geteka Founindo
- [22] Stefanescu, D.M., dkk, *Tensile Properties of Thin Wall Ductile Iron*. AFS Transactions, 2002. 02(178)
- [23] Miller and Company. *The Ductile Iron Process* pp 336. Chicago,1984.
- [24] Hayrynen, K.L and Keough, J. R..*Austempered Ductile Iron-The State of the Industry in 2003*. Michigan-USA. 2003.



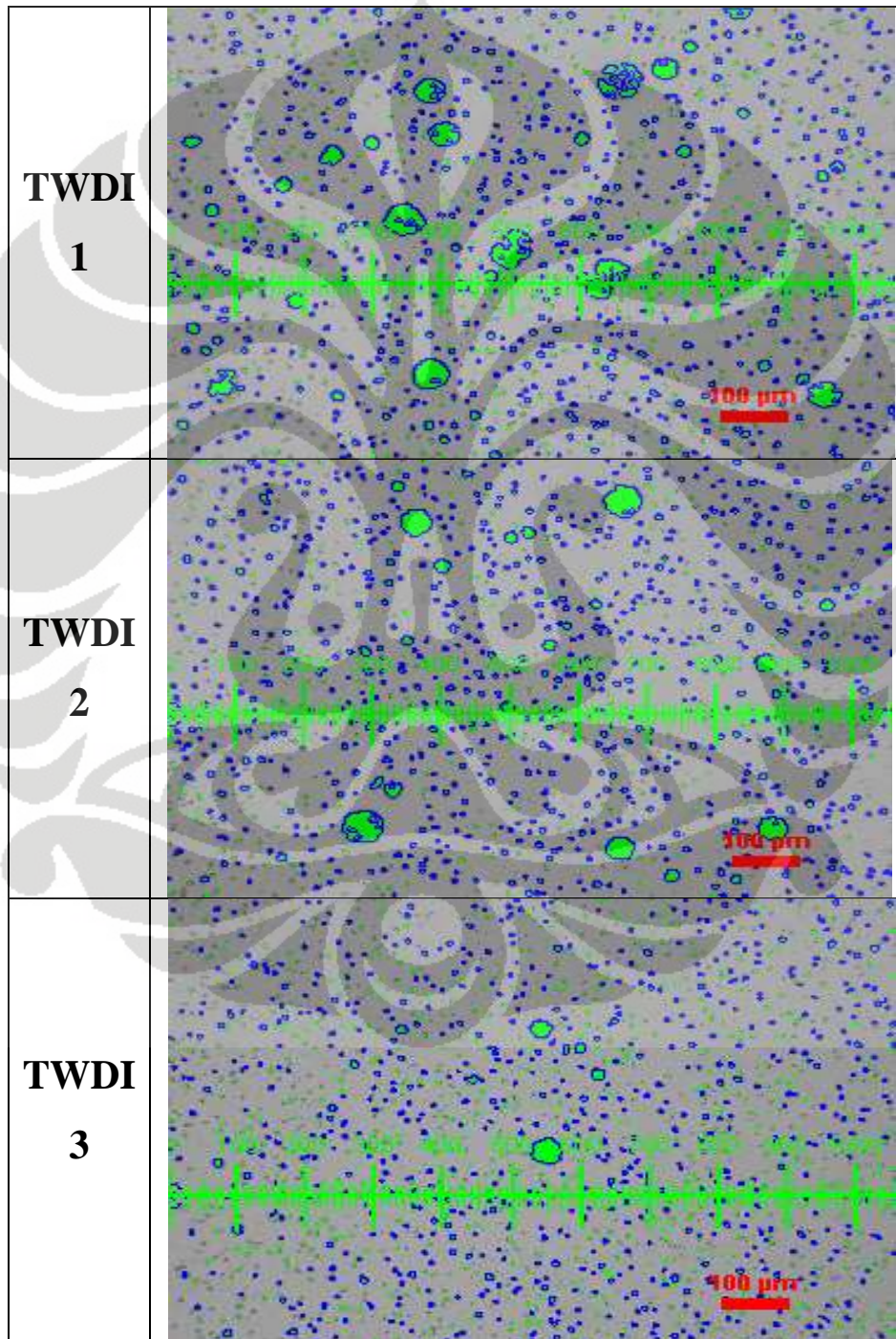
# **LAMPIRAN 1**

**Struktur mikro TWDI dan TWADI**

## Gambar Hasil Pengukuran Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata TWDI

Pengukuran dilakukan dengan software NIS-Elements.

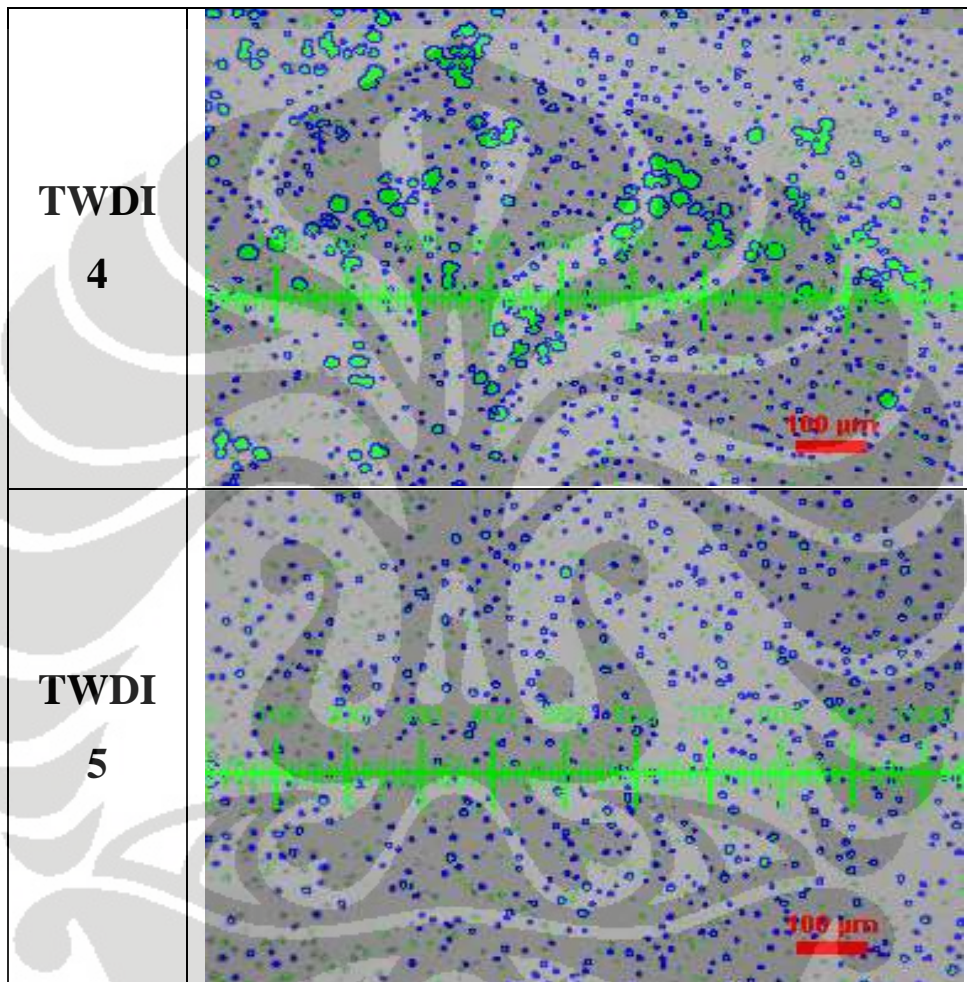
Perbesaran foto struktur mikro: 100x, tanpa etsa.



## Gambar Hasil Pengukuran Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata TWDI

Pengukuran dilakukan dengan software NIS-Elements.

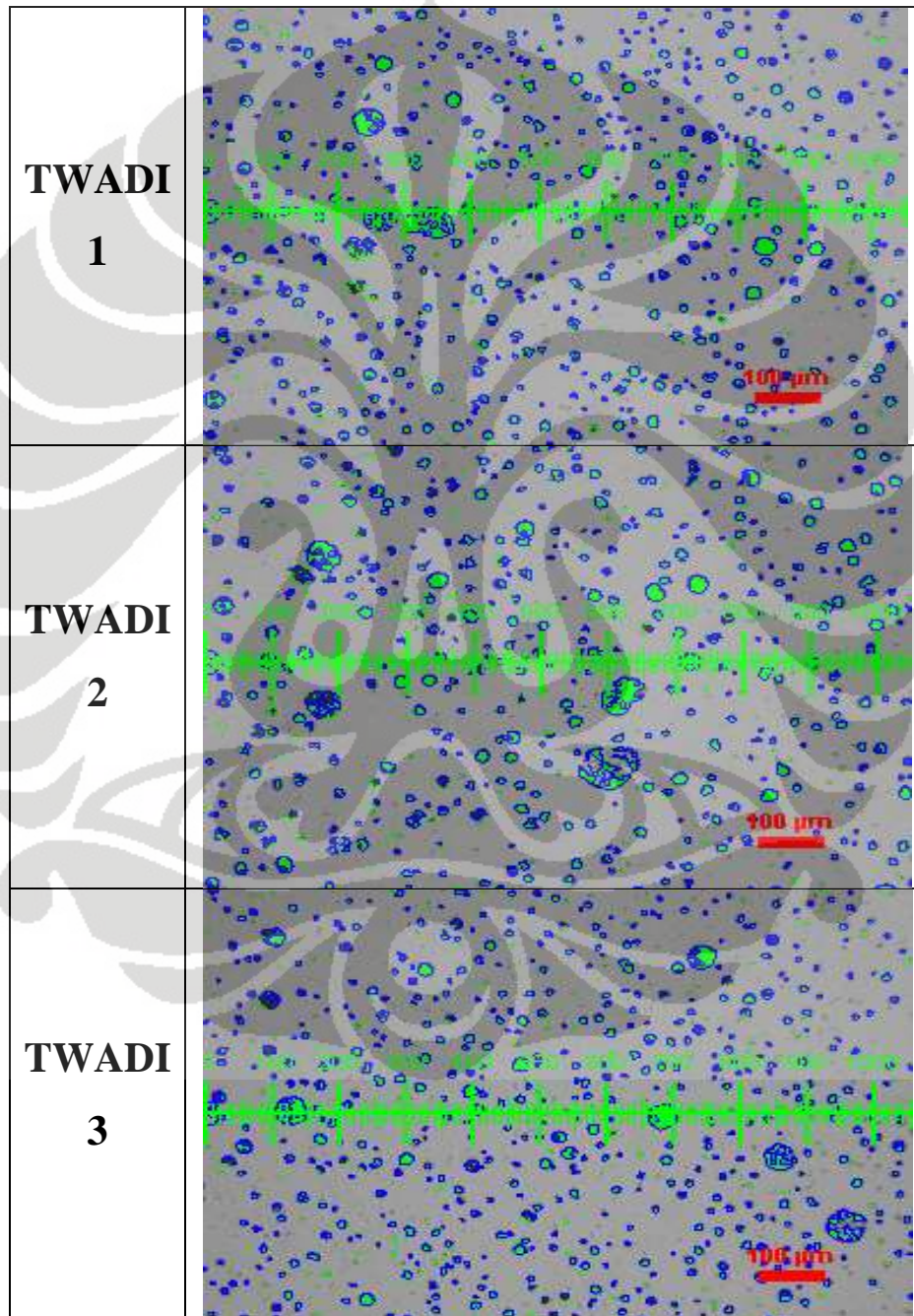
Perbesaran foto struktur mikro: 100x, tanpa etsa.



## Gambar Hasil Pengukuran Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata TWADI

Pengukuran dilakukan dengan software NIS-Elements.

Perbesaran foto struktur mikro: 100x, tanpa etsa.

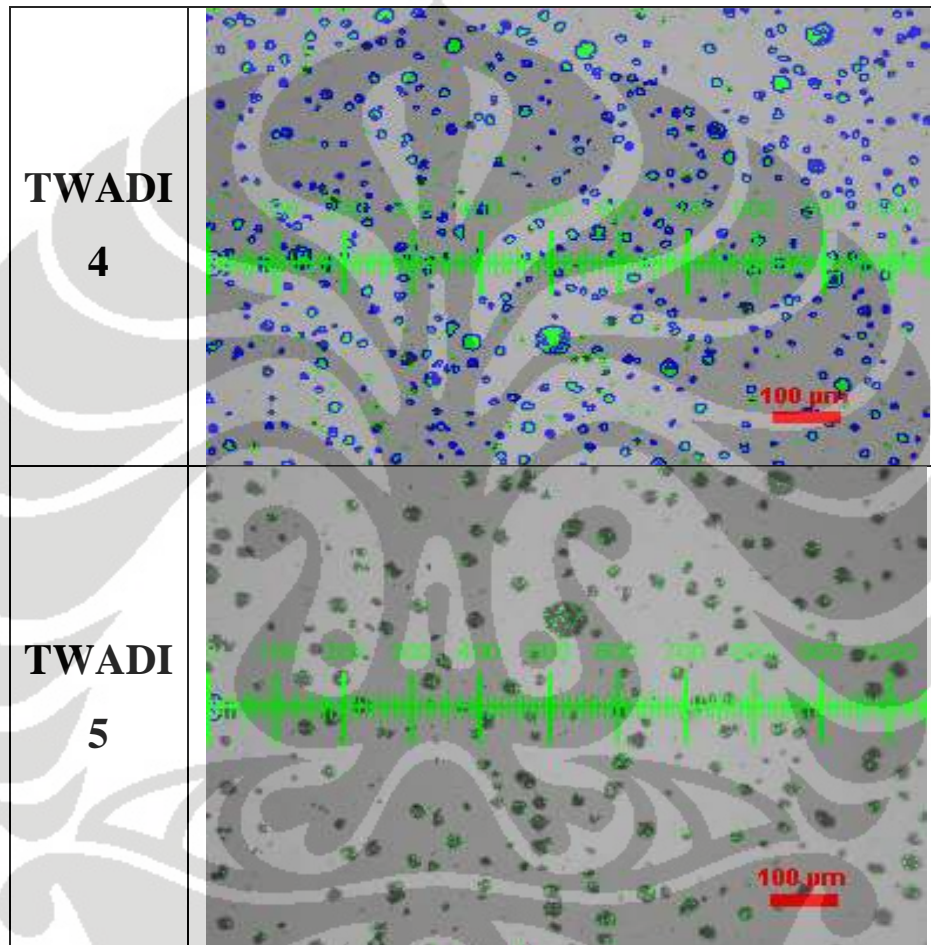




## Gambar Hasil Pengukuran Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata TWADI

Pengukuran dilakukan dengan software NIS-Elements.

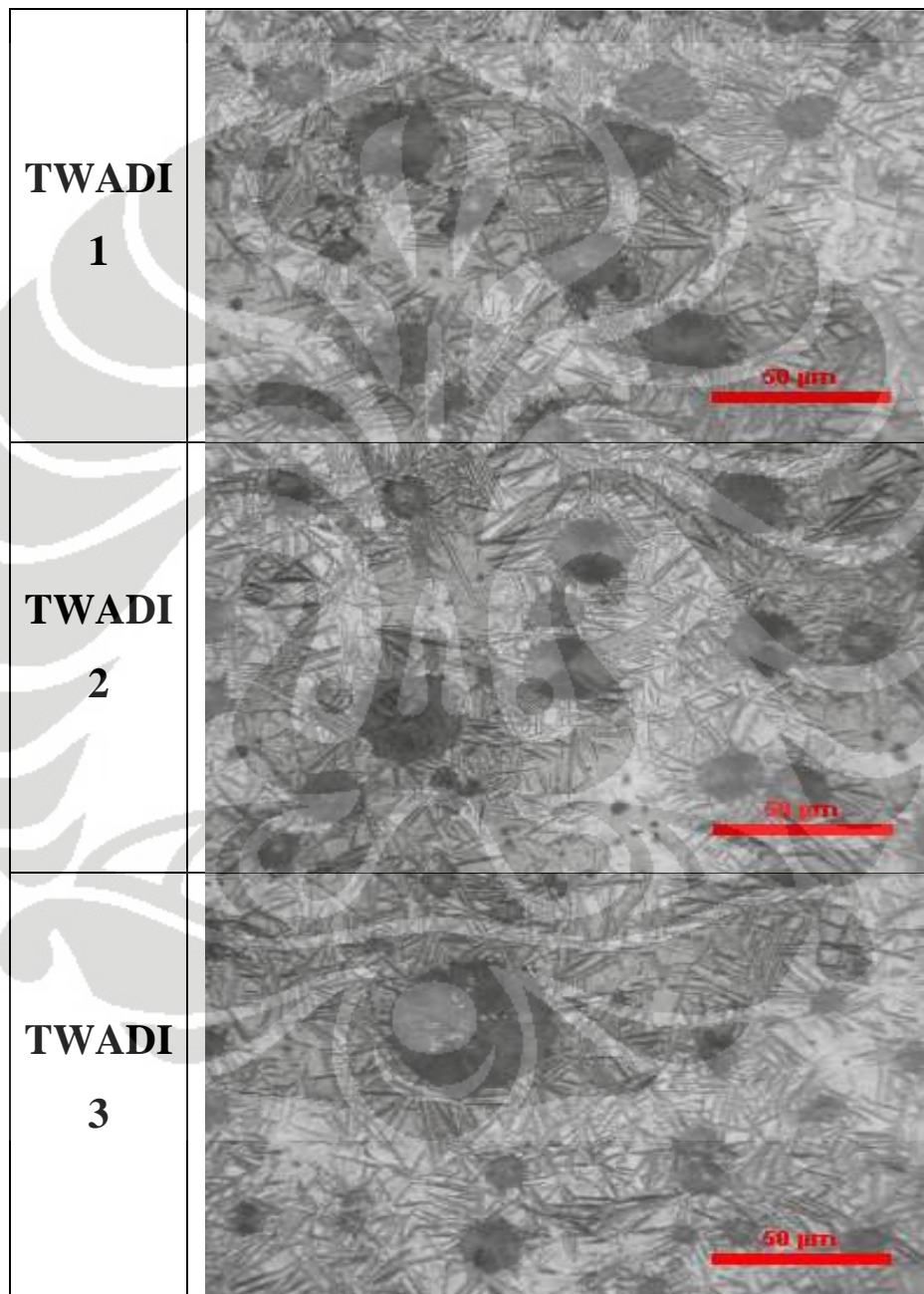
Perbesaran foto struktur mikro: 100x, tanpa etsa.



## Gambar Struktur Mikro TWADI Hasil Austempering

Pengukuran dilakukan dengan software NIS-Elements.

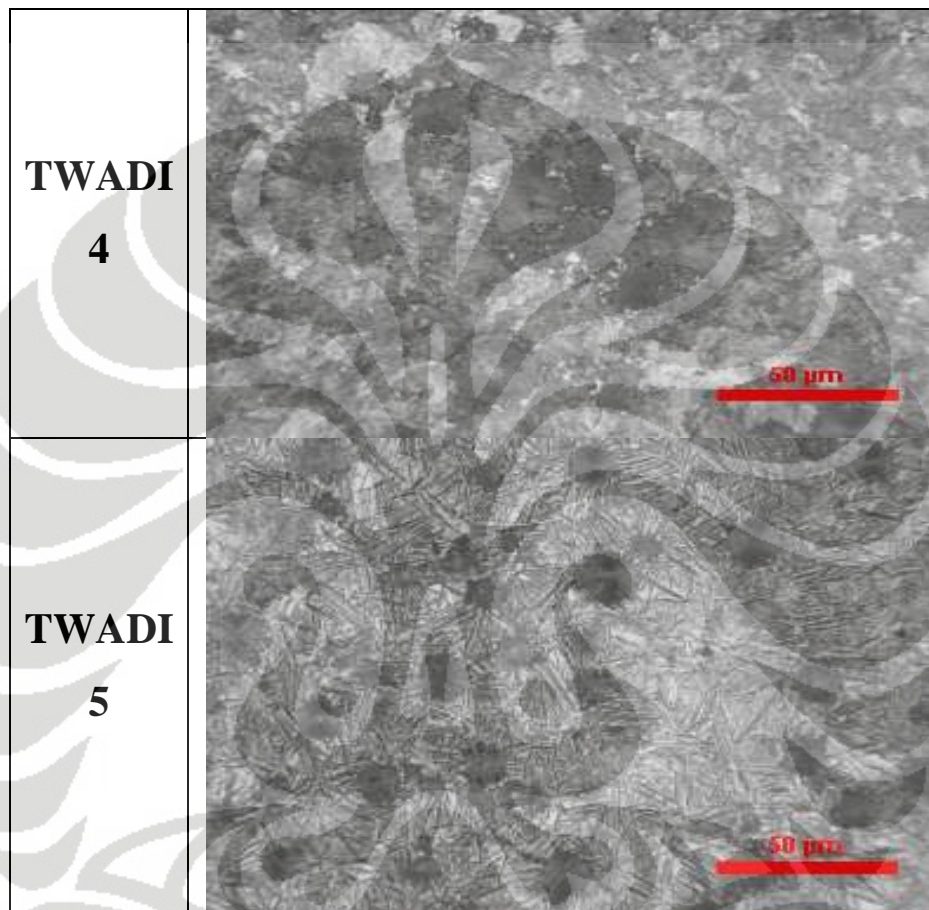
Perbesaran foto struktur mikro: 500x, etsa: nital 2%.



## Gambar Struktur Mikro TWADI Hasil Austempering

Pengukuran dilakukan dengan software NIS-Elements.

Perbesaran foto struktur mikro: 500x, etsa: nital 2%.





# **LAMPIRAN 2**

## **Ketebalan Aktual Pelat**

**Tabel Hasil Pengukuran Ketebalan (t) Aktual  
TWDI 1**

Sampel	t Titik diukur	t rata-rata	t target	Selisih per Titik	% Selisih per Titik	Selisih Rata-rata	% Selisih Rata-rata
1	3,46	2,7195833	1	2,46	246	1,719583	171,9583
	3,3		1	2,3	230		
	3,09		1	2,09	209		
	2,47		1	1,47	147		
	2,16		1	1,16	116		
	2,24		1	1,24	124		
	2,28		1	1,28	128		
	2,5		1	1,5	150		
	2,03		1	1,03	103		
	2,4		1	1,4	140		
	2,39		1	1,39	139		
	2,24		1	1,24	124		
	2,54		1	1,54	154		
	2,42		1	1,42	142		
	2,39		1	1,39	139		
	2,51		1	1,51	151		
	2,66		1	1,66	166		
	2,72		1	1,72	172		
	2,87		1	1,87	187		
	3,09		1	2,09	209		
3,13	1	2,13	213				
3,37	1	2,37	237				
3,16	1	2,16	216				
3,85	1	2,85	285				

**Tabel Hasil Pengukuran Ketebalan (t) Aktual  
TWDI 2**

Sampel	t Titik diukur	t rata-rata	t target	Selisih per Titik	% Selisih per Titik	Selisih Rata-rata	% Selisih Rata-rata
2	2,08	2,0858333	1	1,08	108	1,085833	108,5833
	2		1	1	100		
	2,05		1	1,05	105		
	2,14		1	1,14	114		
	2		1	1	100		
	2,09		1	1,09	109		
	2,46		1	1,46	146		
	2,87		1	1,87	187		
	2,88		1	1,88	188		
	2,81		1	1,81	181		
	2,61		1	1,61	161		
	2,57		1	1,57	157		
	2,04		1	1,04	104		
	1,91		1	0,91	91		
	1,79		1	0,79	79		
	1,95		1	0,95	95		
	1,83		1	0,83	83		
	1,99		1	0,99	99		
	1,98		1	0,98	98		
	2,15		1	1,15	115		
1,6	1	0,6	60				
1,48	1	0,48	48				
1,41	1	0,41	41				
1,37	1	0,37	37				

**Tabel Hasil Pengukuran Ketebalan (t) Aktual  
TWDI 3**

Sampel	t Titik diukur	t rata-rata	t target	Selisih per Titik	% Selisih per Titik	Selisih Rata-rata	% Selisih Rata-rata
3	2,25	2,3091667	1	1,25	125	1,309167	130,9167
	2,11		1	1,11	111		
	2		1	1	100		
	2		1	1	100		
	2,19		1	1,19	119		
	2,56		1	1,56	156		
	2,49		1	1,49	149		
	2,52		1	1,52	152		
	2,13		1	1,13	113		
	2,34		1	1,34	134		
	2,44		1	1,44	144		
	2,47		1	1,47	147		
	2,6		1	1,6	160		
	2,51		1	1,51	151		
	2,29		1	1,29	129		
	2,12		1	1,12	112		
	1,95		1	0,95	95		
	2,27		1	1,27	127		
	2,45		1	1,45	145		
	2,49		1	1,49	149		
2,07	1	1,07	107				
2,38	1	1,38	138				
2,32	1	1,32	132				
2,47	1	1,47	147				

**Tabel Hasil Pengukuran Ketebalan (t) Aktual  
TWDI 4**

Sampel	t Titik diukur	t rata-rata	t target	Selisih per Titik	% Selisih per Titik	Selisih Rata-rata	% Selisih Rata-rata
4	1,9	2,1508333	1	0,9	90	1,150833	115,0833
	2,29		1	1,29	129		
	2,08		1	1,08	108		
	2,22		1	1,22	122		
	2,16		1	1,16	116		
	2,2		1	1,2	120		
	2,46		1	1,46	146		
	2,3		1	1,3	130		
	2,14		1	1,14	114		
	2,07		1	1,07	107		
	2,17		1	1,17	117		
	2,21		1	1,21	121		
	2,42		1	1,42	142		
	2,39		1	1,39	139		
	2,53		1	1,53	153		
	2,36		1	1,36	136		
	2,2		1	1,2	120		
	2,08		1	1,08	108		
	1,91		1	0,91	91		
	1,98		1	0,98	98		
1,93	1	0,93	93				
1,94	1	0,94	94				
1,81	1	0,81	81				
1,87	1	0,87	87				



**Tabel Hasil Pengukuran Ketebalan (t) Aktual  
TWDI 5**

Sampel	t Titik diukur	t rata-rata	t target	Selisih per Titik	% Selisih per Titik	Selisih Rata-rata	% Selisih Rata-rata
5	2,17	2,1512	1	1,17	117	1,1512	115,12
	2,1		1	1,1	110		
	2,16		1	1,16	116		
	2,16		1	1,16	116		
	2,37		1	1,37	137		
	2,38		1	1,38	138		
	2,33		1	1,33	133		
	2,29		1	1,29	129		
	2,09		1	1,09	109		
	2,09		1	1,09	109		
	2,07		1	1,07	107		
	2,01		1	1,01	101		
	2,09		1	1,09	109		
	2,39		1	1,39	139		
	2,12		1	1,12	112		
	2,39		1	1,39	139		
	2,38		1	1,38	138		
	2,21		1	1,21	121		
	2,13		1	1,13	113		
	2,23		1	1,23	123		
2,32	1	1,32	132				
1,77	1	0,77	77				
1,86	1	0,86	86				
1,84	1	0,84	84				
1,83	1	0,83	83				



# **LAMPIRAN 3**

**Data Hasil Perhitungan**

**Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata  
TWDI dengan software NIS-Elements**

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul  
TWDI 1**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged	1	1	5,42	2,63	1	101,5
2.	Merged	1	6	10,85	3,72	0,954	106,25
3.	Merged	1	8	5,42	2,63	1	122,5
4.	Merged	1	13	5,42	2,63	1	74,5
5.	Merged	1	17	10,85	3,72	0,954	64,75
6.	Merged	1	22	8,14	3,22	1	90
7.	Merged	1	23	10,85	3,72	1	65,5
8.	Merged	1	25	16,27	4,55	1	98,83
9.	Merged	1	26	5,42	2,63	1	89,5
10.	Merged	1	31	10,85	3,72	1	77
11.	Merged	1	32	5,42	2,63	1	72
12.	Merged	1	39	8,14	3,22	1	65,67
13.	Merged	1	44	16,27	4,55	1	76,5
14.	Merged	1	45	8,14	3,22	1	70,33
15.	Merged	1	46	2,71	1,86	1	74
16.	Merged	1	49	10,85	3,72	0,823	64,75
17.	Merged	1	50	10,85	3,72	1	81,5
18.	Merged	1	54	18,99	4,92	1	95,29
19.	Merged	1	55	8,14	3,22	1	78,33
20.	Merged	1	56	18,99	4,92	1	83,71
21.	Merged	1	59	8,14	3,22	1	76
22.	Merged	1	62	5,42	2,63	1	88,5
23.	Merged	1	66	13,56	4,16	0,85	89,6
24.	Merged	1	67	5,42	2,63	1	80
25.	Merged	1	70	16,27	4,55	1	86,5
26.	Merged	1	71	13,56	4,16	1	123
27.	Merged	1	75	16,27	4,55	0,763	78,67
28.	Merged	1	79	8,14	3,22	1	69
29.	Merged	1	80	5,42	2,63	1	69
30.	Merged	1	81	5,42	2,63	1	82
31.	Merged	1	84	2,71	1,86	1	79
32.	Merged	1	85	16,27	4,55	1	63,33
33.	Merged	1	88	16,27	4,55	1	99
34.	Merged	1	95	13,56	4,16	1	66,2
35.	Merged	1	99	8,14	3,22	0,9	65,33
36.	Merged	1	100	5,42	2,63	1	87
37.	Merged	1	102	18,99	4,92	1	71
38.	Merged	1	118	18,99	4,92	1	70,14
39.	Merged	1	119	13,56	4,16	0,971	85,8
40.	Merged	1	121	5,42	2,63	1	84,5
41.	Merged	1	131	13,56	4,16	1	74,4
42.	Merged	1	132	5,42	2,63	1	85
43.	Merged	1	133	18,99	4,92	1	64,57
44.	Merged	1	145	16,27	4,55	1	82,17
45.	Merged	1	146	8,14	3,22	1	67
46.	Merged	1	148	13,56	4,16	0,75	75,2

(lanjutan)

47.	Merged	1	153	18,99	4,92	0,89	79
48.	Merged	1	156	18,99	4,92	1	69,71
49.	Merged	1	163	13,56	4,16	0,971	85,2
50.	Merged	1	164	2,71	1,86	1	71
51.	Merged	1	166	5,42	2,63	1	88,5
52.	Merged	1	173	2,71	1,86	1	117
53.	Merged	1	176	18,99	4,92	0,798	67,29
54.	Merged	1	183	13,56	4,16	1	81,2
55.	Merged	1	188	8,14	3,22	1	65,33
56.	Merged	1	189	10,85	3,72	0,954	59,5
57.	Merged	1	190	13,56	4,16	1	68,8
58.	Merged	1	193	16,27	4,55	1	74,67
59.	Merged	1	194	10,85	3,72	0,954	87,75
60.	Merged	1	200	16,27	4,55	0,9	73,33
61.	Merged	1	202	13,56	4,16	1	84,2
62.	Merged	1	204	2,71	1,86	1	114
63.	Merged	1	205	18,99	4,92	1	79,57
64.	Merged	1	207	2,71	1,86	1	78
65.	Merged	1	213	13,56	4,16	0,85	73,6
66.	Merged	1	215	2,71	1,86	1	84
67.	Merged	1	218	18,99	4,92	1	75,86
68.	Merged	1	222	2,71	1,86	1	77
69.	Merged	1	228	10,85	3,72	0,954	72,5
70.	Merged	1	235	5,42	2,63	1	80
71.	Merged	1	236	5,42	2,63	1	80,5
72.	Merged	1	239	13,56	4,16	1	78,8
73.	Merged	1	243	16,27	4,55	1	96,67
74.	Merged	1	244	18,99	4,92	0,933	60,14
75.	Merged	1	247	2,71	1,86	1	84
76.	Merged	1	258	16,27	4,55	0,9	57,67
77.	Merged	1	260	5,42	2,63	1	115
78.	Merged	1	270	8,14	3,22	1	72,67
79.	Merged	1	273	13,56	4,16	1	87,4
80.	Merged	1	274	18,99	4,92	0,933	74,29
81.	Merged	1	282	2,71	1,86	1	74
82.	Merged	1	283	16,27	4,55	1	89,33
83.	Merged	1	285	18,99	4,92	1	68,71
84.	Merged	1	291	10,85	3,72	1	82,25
85.	Merged	1	293	5,42	2,63	1	77
86.	Merged	1	306	2,71	1,86	1	79
87.	Merged	1	312	8,14	3,22	1	82
88.	Merged	1	314	13,56	4,16	1	69,2
89.	Merged	1	317	10,85	3,72	1	76,5
90.	Merged	1	319	5,42	2,63	1	64,5
91.	Merged	1	321	8,14	3,22	1	81
92.	Merged	1	325	16,27	4,55	1	72,5
93.	Merged	1	326	8,14	3,22	1	68
94.	Merged	1	328	18,99	4,92	1	67,14
95.	Merged	1	332	18,99	4,92	0,89	62
96.	Merged	1	333	16,27	4,55	1	82
97.	Merged	1	334	10,85	3,72	0,954	54,75
98.	Merged	1	339	16,27	4,55	1	72,5
99.	Merged	1	347	8,14	3,22	1	80

(lanjutan)

100.	Merged	1	351	5,42	2,63	1	87
101.	Merged	1	352	5,42	2,63	1	116,5
102.	Merged	1	359	2,71	1,86	1	79
103.	Merged	1	365	16,27	4,55	1	75
104.	Merged	1	376	10,85	3,72	1	69,5
105.	Merged	1	395	16,27	4,55	0,9	58,17
106.	Merged	1	401	18,99	4,92	0,933	71,86
107.	Merged	1	404	13,56	4,16	1	71,8
108.	Merged	1	406	10,85	3,72	1	111,25
109.	Merged	1	409	16,27	4,55	1	81,67
110.	Merged	1	411	2,71	1,86	1	59
111.	Merged	1	416	13,56	4,16	1	94
112.	Merged	1	423	18,99	4,92	1	91,43
113.	Merged	1	428	10,85	3,72	0,954	71,5
114.	Merged	1	431	10,85	3,72	1	77,5
115.	Merged	1	432	2,71	1,86	1	85
116.	Merged	1	434	16,27	4,55	1	73,17
117.	Merged	1	443	10,85	3,72	1	71,75
118.	Merged	1	444	5,42	2,63	1	65
119.	Merged	1	445	10,85	3,72	1	68,25
120.	Merged	1	457	13,56	4,16	1	69,8
121.	Merged	1	463	5,42	2,63	1	70,5
122.	Merged	1	464	2,71	1,86	1	81
123.	Merged	1	465	10,85	3,72	0,954	76,25
124.	Merged	1	467	8,14	3,22	1	58,67
125.	Merged	1	468	13,56	4,16	1	86
126.	Merged	1	469	10,85	3,72	1	71,75
127.	Merged	1	476	2,71	1,86	1	84
128.	Merged	1	478	13,56	4,16	1	77,6
129.	Merged	1	479	8,14	3,22	1	93,67
130.	Merged	1	483	2,71	1,86	1	74
131.	Merged	1	487	2,71	1,86	1	84
132.	Merged	1	496	10,85	3,72	1	64,75
133.	Merged	1	500	13,56	4,16	1	86
134.	Merged	1	507	5,42	2,63	1	120
135.	Merged	1	510	8,14	3,22	1	74,67
136.	Merged	1	518	5,42	2,63	1	94,5
137.	Merged	1	519	16,27	4,55	1	108,5
138.	Merged	1	524	8,14	3,22	1	77,67
139.	Merged	1	526	2,71	1,86	1	85
140.	Merged	1	528	13,56	4,16	0,971	70
141.	Merged	1	529	8,14	3,22	1	80,67
142.	Merged	1	531	2,71	1,86	1	90
143.	Merged	1	536	2,71	1,86	1	81
144.	Merged	1	549	5,42	2,63	1	70,5
145.	Merged	1	550	5,42	2,63	1	91
146.	Merged	1	551	2,71	1,86	1	69
147.	Merged	1	559	2,71	1,86	1	88
148.	Merged	1	562	8,14	3,22	1	76,67
149.	Merged	1	567	10,85	3,72	1	91,5
150.	Merged	1	571	16,27	4,55	1	89,17
151.	Merged	1	575	10,85	3,72	1	106,25
152.	Merged	1	578	10,85	3,72	0,954	82,25

(lanjutan)

153.	Merged	1	580	18,99	4,92	0,89	75,14
154.	Merged	1	587	10,85	3,72	0,823	103
155.	Merged	1	588	10,85	3,72	0,954	80,75
156.	Merged	1	590	13,56	4,16	1	98,8
157.	Merged	1	595	10,85	3,72	1	71
158.	Merged	1	610	18,99	4,92	0,933	70,71
159.	Merged	1	614	10,85	3,72	1	82,75
160.	Merged	1	617	2,71	1,86	1	88
161.	Merged	1	619	10,85	3,72	1	77,25
162.	Merged	1	624	13,56	4,16	1	79,6
163.	Merged	1	627	5,42	2,63	1	69
164.	Merged	1	628	2,71	1,86	1	108
165.	Merged	1	629	16,27	4,55	1	100
166.	Merged	1	635	18,99	4,92	1	67,14
167.	Merged	1	641	2,71	1,86	1	80
168.	Merged	1	642	8,14	3,22	0,9	87
169.	Merged	1	652	5,42	2,63	1	88
170.	Merged	1	662	16,27	4,55	1	80,17
171.	Merged	1	665	2,71	1,86	1	72
172.	Merged	1	674	5,42	2,63	1	72,5
173.	Merged	1	678	8,14	3,22	0,839	89
174.	Merged	1	684	5,42	2,63	1	81,5
175.	Merged	1	687	13,56	4,16	0,85	80
176.	Merged	1	688	16,27	4,55	1	67,67
177.	Merged	1	689	8,14	3,22	1	77,67
178.	Merged	1	703	10,85	3,72	0,954	83
179.	Merged	1	706	5,42	2,63	1	86
180.	Merged	1	707	5,42	2,63	1	125
181.	Merged	1	709	16,27	4,55	1	94,5
182.	Merged	1	718	18,99	4,92	1	85,57
183.	Merged	1	727	18,99	4,92	1	96,43
184.	Merged	1	729	10,85	3,72	1	86,25
185.	Merged	1	730	8,14	3,22	1	85
186.	Merged	1	731	2,71	1,86	1	78
187.	Merged	1	734	5,42	2,63	1	87
188.	Merged	1	736	16,27	4,55	1	68
189.	Merged	1	742	5,42	2,63	1	72
190.	Merged	1	744	10,85	3,72	1	67
191.	Merged	1	751	5,42	2,63	1	79,5
192.	Merged	1	753	10,85	3,72	1	94,5
193.	Merged	1	762	8,14	3,22	1	75,67
194.	Merged	1	766	8,14	3,22	1	108
195.	Merged	1	768	13,56	4,16	1	95,8
196.	Merged	1	778	18,99	4,92	1	77,43
197.	Merged	1	779	18,99	4,92	1	84,86
198.	Merged	1	782	18,99	4,92	1	101,14
199.	Merged	1	784	2,71	1,86	1	119
200.	Merged	1	785	5,42	2,63	1	106
201.	Merged	1	787	18,99	4,92	1	111
202.	Merged	1	789	5,42	2,63	1	86,5
203.	Merged	1	794	8,14	3,22	1	96,33
204.	Merged	1	796	5,42	2,63	1	68,5
205.	Merged	1	804	16,27	4,55	1	84,67

(lanjutan)

206.	Merged	1	805	8,14	3,22	1	91,67
207.	Merged	1	806	16,27	4,55	1	77,67
208.	Merged	1	819	8,14	3,22	1	79,33
209.	Merged	1	827	2,71	1,86	1	80
210.	Merged	1	828	13,56	4,16	1	72,2
211.	Merged	1	832	8,14	3,22	1	109,33
212.	Merged	1	833	13,56	4,16	0,75	104,2
213.	Merged	1	836	8,14	3,22	1	87
214.	Merged	1	841	16,27	4,55	0,9	87,33
215.	Merged	1	844	13,56	4,16	1	85
216.	Merged	1	845	10,85	3,72	1	114,25
217.	Merged	1	846	16,27	4,55	0,9	78,5
218.	Merged	1	848	5,42	2,63	1	73
219.	Merged	1	850	2,71	1,86	1	79
220.	Merged	1	853	18,99	4,92	1	95,14
221.	Merged	1	856	18,99	4,92	0,933	71,14
222.	Merged	1	861	10,85	3,72	0,954	88,25
223.	Merged	1	868	5,42	2,63	1	84
224.	Merged	1	869	5,42	2,63	1	81,5
225.	Merged	1	872	8,14	3,22	1	99
226.	Merged	1	873	10,85	3,72	0,823	85,75
227.	Merged	1	878	8,14	3,22	1	83,67
228.	Merged	1	881	2,71	1,86	1	68
229.	Merged	1	882	5,42	2,63	1	80
230.	Merged	1	887	8,14	3,22	0,9	101,67
231.	Merged	1	891	10,85	3,72	0,954	105,25
232.	Merged	1	892	8,14	3,22	1	105,33
233.	Merged	1	893	10,85	3,72	1	98,75
234.	Merged	1	894	2,71	1,86	1	76
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	10,32	5,29	2,71	18,99			
EqDiameter	3,49	0,98	1,86	4,92			
Circularity	0,982	0,046	0,75	1			
MeanIntensity	82,16	13,73	54,75	125			
Area	840000	$\mu\text{m}^2$					
Nodule Count	278,57143	nodule/mm <sup>2</sup>					

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul  
TWDI 2**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged	1	1	19,13	4,94	0,933	92,14
2.	Merged	1	2	5,47	2,64	1	90
3.	Merged	1	3	10,93	3,73	0,823	111
4.	Merged	1	4	16,4	4,57	0,9	76,33
5.	Merged	1	7	13,66	4,17	1	72,8
6.	Merged	1	8	2,73	1,87	1	94
7.	Merged	1	10	2,73	1,87	1	117
8.	Merged	1	12	16,4	4,57	1	84
9.	Merged	1	14	10,93	3,73	1	75,25
10.	Merged	1	22	5,47	2,64	1	92
11.	Merged	1	24	2,73	1,87	1	96
12.	Merged	1	26	10,93	3,73	1	76,5
13.	Merged	1	27	5,47	2,64	1	82
14.	Merged	1	30	10,93	3,73	1	69,25
15.	Merged	1	31	2,73	1,87	1	69
16.	Merged	1	34	5,47	2,64	1	109,5
17.	Merged	1	39	19,13	4,94	1	65,43
18.	Merged	1	52	8,2	3,23	0,9	80,67
19.	Merged	1	59	5,47	2,64	1	93,5
20.	Merged	1	70	10,93	3,73	0,954	57
21.	Merged	1	74	10,93	3,73	1	77,25
22.	Merged	1	75	5,47	2,64	1	77
23.	Merged	1	79	2,73	1,87	1	98
24.	Merged	1	83	13,66	4,17	1	79,2
25.	Merged	1	85	2,73	1,87	1	77
26.	Merged	1	89	19,13	4,94	1	80,57
27.	Merged	1	90	5,47	2,64	1	66
28.	Merged	1	91	8,2	3,23	1	107,33
29.	Merged	1	92	8,2	3,23	1	79,67
30.	Merged	1	96	8,2	3,23	1	66,67
31.	Merged	1	97	2,73	1,87	1	94
32.	Merged	1	104	10,93	3,73	1	73,25
33.	Merged	1	105	8,2	3,23	0,9	70
34.	Merged	1	106	2,73	1,87	1	86
35.	Merged	1	108	16,4	4,57	0,9	79
36.	Merged	1	113	13,66	4,17	0,85	79,8
37.	Merged	1	115	19,13	4,94	0,933	70,43
38.	Merged	1	116	8,2	3,23	1	75,67
39.	Merged	1	122	13,66	4,17	1	89,2
40.	Merged	1	127	16,4	4,57	1	87,33
41.	Merged	1	129	10,93	3,73	0,954	64,75
42.	Merged	1	142	16,4	4,57	1	75,17
43.	Merged	1	147	2,73	1,87	1	76
44.	Merged	1	150	10,93	3,73	1	71
45.	Merged	1	153	8,2	3,23	0,839	65,67
46.	Merged	1	161	2,73	1,87	1	107



(lanjutan)

47.	Merged	1	162	19,13	4,94	1	63,29
48.	Merged	1	167	8,2	3,23	1	78,33
49.	Merged	1	168	5,47	2,64	1	79,5
50.	Merged	1	169	16,4	4,57	0,617	74,5
51.	Merged	1	176	13,66	4,17	1	83,6
52.	Merged	1	177	8,2	3,23	0,9	94
53.	Merged	1	181	19,13	4,94	1	68,43
54.	Merged	1	189	10,93	3,73	1	73,5
55.	Merged	1	194	5,47	2,64	1	52,5
56.	Merged	1	196	8,2	3,23	1	66,33
57.	Merged	1	205	5,47	2,64	1	82,5
58.	Merged	1	207	8,2	3,23	1	81,67
59.	Merged	1	208	2,73	1,87	1	68
60.	Merged	1	212	19,13	4,94	1	68,29
61.	Merged	1	218	10,93	3,73	1	61
62.	Merged	1	220	10,93	3,73	1	80,5
63.	Merged	1	223	5,47	2,64	1	83
64.	Merged	1	225	2,73	1,87	1	108
65.	Merged	1	233	13,66	4,17	1	67
66.	Merged	1	234	2,73	1,87	1	84
67.	Merged	1	236	8,2	3,23	1	94,33
68.	Merged	1	240	2,73	1,87	1	82
69.	Merged	1	241	16,4	4,57	1	75,5
70.	Merged	1	246	16,4	4,57	1	104,5
71.	Merged	1	264	16,4	4,57	1	56,67
72.	Merged	1	265	2,73	1,87	1	75
73.	Merged	1	271	5,47	2,64	1	77,5
74.	Merged	1	276	5,47	2,64	1	98,5
75.	Merged	1	277	13,66	4,17	1	81,8
76.	Merged	1	279	13,66	4,17	1	87,2
77.	Merged	1	280	2,73	1,87	1	79
78.	Merged	1	282	5,47	2,64	1	75,5
79.	Merged	1	286	10,93	3,73	1	72,75
80.	Merged	1	288	16,4	4,57	1	77,17
81.	Merged	1	293	16,4	4,57	1	69,83
82.	Merged	1	296	10,93	3,73	1	58,5
83.	Merged	1	298	5,47	2,64	1	78,5
84.	Merged	1	301	10,93	3,73	1	78,75
85.	Merged	1	305	19,13	4,94	1	64,71
86.	Merged	1	312	5,47	2,64	1	54,5
87.	Merged	1	315	2,73	1,87	1	110
88.	Merged	1	323	16,4	4,57	0,9	74,83
89.	Merged	1	325	5,47	2,64	1	79,5
90.	Merged	1	327	19,13	4,94	1	87,71
91.	Merged	1	330	5,47	2,64	1	71,5
92.	Merged	1	332	13,66	4,17	1	73,8
93.	Merged	1	334	19,13	4,94	0,798	75,29
94.	Merged	1	336	8,2	3,23	1	69
95.	Merged	1	340	5,47	2,64	1	123,5
96.	Merged	1	341	19,13	4,94	0,89	80,86
97.	Merged	1	348	19,13	4,94	0,933	79,43
98.	Merged	1	349	13,66	4,17	0,85	67,4
99.	Merged	1	351	13,66	4,17	1	73

(lanjutan)

100.	Merged	1	362	19,13	4,94	1	82,14
101.	Merged	1	363	10,93	3,73	1	56
102.	Merged	1	372	5,47	2,64	1	80,5
103.	Merged	1	374	19,13	4,94	1	73,71
104.	Merged	1	377	10,93	3,73	0,954	72
105.	Merged	1	382	2,73	1,87	1	77
106.	Merged	1	388	10,93	3,73	1	62,25
107.	Merged	1	390	13,66	4,17	0,971	73,2
108.	Merged	1	393	2,73	1,87	1	55
109.	Merged	1	395	10,93	3,73	1	79,25
110.	Merged	1	396	13,66	4,17	1	87,8
111.	Merged	1	397	5,47	2,64	1	97,5
112.	Merged	1	398	2,73	1,87	1	83
113.	Merged	1	399	2,73	1,87	1	70
114.	Merged	1	402	2,73	1,87	1	80
115.	Merged	1	407	5,47	2,64	1	99,5
116.	Merged	1	409	2,73	1,87	1	88
117.	Merged	1	424	10,93	3,73	1	85,5
118.	Merged	1	425	13,66	4,17	0,971	90,6
119.	Merged	1	426	5,47	2,64	1	59,5
120.	Merged	1	427	2,73	1,87	1	70
121.	Merged	1	436	19,13	4,94	1	55
122.	Merged	1	438	2,73	1,87	1	91
123.	Merged	1	439	5,47	2,64	1	85,5
124.	Merged	1	441	19,13	4,94	1	75
125.	Merged	1	448	8,2	3,23	1	86,67
126.	Merged	1	453	13,66	4,17	0,971	56,2
127.	Merged	1	455	13,66	4,17	1	93
128.	Merged	1	458	16,4	4,57	1	75,5
129.	Merged	1	467	2,73	1,87	1	94
130.	Merged	1	468	8,2	3,23	1	77
131.	Merged	1	470	13,66	4,17	1	78,8
132.	Merged	1	474	8,2	3,23	0,9	86,33
133.	Merged	1	481	16,4	4,57	0,9	74,33
134.	Merged	1	484	5,47	2,64	1	86
135.	Merged	1	491	2,73	1,87	1	88
136.	Merged	1	492	8,2	3,23	1	77,67
137.	Merged	1	495	8,2	3,23	0,9	73
138.	Merged	1	497	8,2	3,23	1	65,33
139.	Merged	1	501	5,47	2,64	1	63
140.	Merged	1	503	16,4	4,57	1	93,5
141.	Merged	1	504	19,13	4,94	0,933	83,14
142.	Merged	1	508	19,13	4,94	1	79,71
143.	Merged	1	511	8,2	3,23	1	75
144.	Merged	1	518	2,73	1,87	1	84
145.	Merged	1	519	13,66	4,17	1	73,8
146.	Merged	1	520	13,66	4,17	1	83,6
147.	Merged	1	521	8,2	3,23	1	76
148.	Merged	1	523	10,93	3,73	1	69
149.	Merged	1	529	8,2	3,23	1	86
150.	Merged	1	530	13,66	4,17	0,971	76,4
151.	Merged	1	540	19,13	4,94	1	77,57
152.	Merged	1	547	2,73	1,87	1	68

(lanjutan)

153.	Merged	1	549	8,2	3,23	1	72
154.	Merged	1	555	5,47	2,64	1	83
155.	Merged	1	558	13,66	4,17	1	64,6
156.	Merged	1	560	16,4	4,57	1	99,17
157.	Merged	1	564	8,2	3,23	1	79,67
158.	Merged	1	565	10,93	3,73	1	69,5
159.	Merged	1	574	2,73	1,87	1	64
160.	Merged	1	576	5,47	2,64	1	76
161.	Merged	1	578	10,93	3,73	1	72,25
162.	Merged	1	583	16,4	4,57	0,9	67,5
163.	Merged	1	593	5,47	2,64	1	68,5
164.	Merged	1	597	10,93	3,73	0,954	70,75
165.	Merged	1	598	10,93	3,73	0,954	93,5
166.	Merged	1	601	10,93	3,73	1	70
167.	Merged	1	603	19,13	4,94	1	77
168.	Merged	1	614	13,66	4,17	0,971	72,2
169.	Merged	1	616	10,93	3,73	1	77
170.	Merged	1	617	16,4	4,57	1	66,67
171.	Merged	1	623	10,93	3,73	1	68,5
172.	Merged	1	628	8,2	3,23	1	78,67
173.	Merged	1	633	10,93	3,73	1	83,25
174.	Merged	1	635	8,2	3,23	1	73
175.	Merged	1	636	5,47	2,64	1	80
176.	Merged	1	637	10,93	3,73	1	104,5
177.	Merged	1	641	10,93	3,73	1	78,25
178.	Merged	1	643	19,13	4,94	0,933	62,86
179.	Merged	1	645	19,13	4,94	1	71,71
180.	Merged	1	648	13,66	4,17	1	77
181.	Merged	1	653	16,4	4,57	1	82,83
182.	Merged	1	656	8,2	3,23	1	57,67
183.	Merged	1	657	19,13	4,94	0,89	64,86
184.	Merged	1	660	5,47	2,64	1	59
185.	Merged	1	663	8,2	3,23	1	116,33
186.	Merged	1	665	8,2	3,23	1	77,33
187.	Merged	1	673	5,47	2,64	1	106
188.	Merged	1	675	2,73	1,87	1	103
189.	Merged	1	681	2,73	1,87	1	103
190.	Merged	1	683	16,4	4,57	1	77,67
191.	Merged	1	687	16,4	4,57	1	72,83
192.	Merged	1	692	2,73	1,87	1	73
193.	Merged	1	694	8,2	3,23	1	82,33
194.	Merged	1	696	19,13	4,94	1	87,29
195.	Merged	1	697	5,47	2,64	1	78,5
196.	Merged	1	699	16,4	4,57	1	71
197.	Merged	1	702	19,13	4,94	0,933	95,29
198.	Merged	1	705	2,73	1,87	1	100
199.	Merged	1	709	5,47	2,64	1	91,5
200.	Merged	1	711	10,93	3,73	1	94
201.	Merged	1	712	10,93	3,73	1	76,75
202.	Merged	1	714	2,73	1,87	1	65
203.	Merged	1	717	10,93	3,73	1	70,5
204.	Merged	1	727	2,73	1,87	1	78
205.	Merged	1	730	2,73	1,87	1	131

(lanjutan)

206.	Merged	1	736	13,66	4,17	1	87
207.	Merged	1	739	2,73	1,87	1	70
208.	Merged	1	743	10,93	3,73	1	102,5
209.	Merged	1	745	2,73	1,87	1	72
210.	Merged	1	752	5,47	2,64	1	86,5
211.	Merged	1	754	19,13	4,94	1	95,43
212.	Merged	1	766	5,47	2,64	1	87
213.	Merged	1	768	10,93	3,73	1	84
214.	Merged	1	769	2,73	1,87	1	90
215.	Merged	1	776	16,4	4,57	1	77,33
216.	Merged	1	785	13,66	4,17	0,971	72,4
217.	Merged	1	790	8,2	3,23	1	93
218.	Merged	1	792	13,66	4,17	1	72,2
219.	Merged	1	800	2,73	1,87	1	60
220.	Merged	1	805	2,73	1,87	1	109
221.	Merged	1	808	5,47	2,64	1	77,5
222.	Merged	1	809	8,2	3,23	1	68,67
223.	Merged	1	810	19,13	4,94	0,798	72,57
224.	Merged	1	812	10,93	3,73	1	104,5
225.	Merged	1	815	5,47	2,64	1	97
226.	Merged	1	819	13,66	4,17	1	116,4
227.	Merged	1	824	8,2	3,23	1	67,33
228.	Merged	1	827	13,66	4,17	1	80,6
229.	Merged	1	829	10,93	3,73	1	67
230.	Merged	1	831	8,2	3,23	1	97,67
231.	Merged	1	835	19,13	4,94	1	64,71
232.	Merged	1	837	2,73	1,87	1	67
233.	Merged	1	839	16,4	4,57	0,9	90,67
234.	Merged	1	841	10,93	3,73	1	109
235.	Merged	1	842	10,93	3,73	1	81,75
236.	Merged	1	853	2,73	1,87	1	82
237.	Merged	1	854	13,66	4,17	1	72
238.	Merged	1	855	8,2	3,23	1	95,33
239.	Merged	1	856	16,4	4,57	1	85,67
240.	Merged	1	859	16,4	4,57	1	78
241.	Merged	1	860	2,73	1,87	1	121
242.	Merged	1	864	5,47	2,64	1	81,5
243.	Merged	1	866	16,4	4,57	1	70,33
244.	Merged	1	869	10,93	3,73	1	64,25
245.	Merged	1	872	13,66	4,17	1	76,2
246.	Merged	1	873	2,73	1,87	1	81
247.	Merged	1	875	5,47	2,64	1	93,5
248.	Merged	1	876	10,93	3,73	0,954	59,75
249.	Merged	1	884	8,2	3,23	1	97,67
250.	Merged	1	885	13,66	4,17	1	72,6
251.	Merged	1	887	19,13	4,94	1	88,14
252.	Merged	1	890	8,2	3,23	0,9	80
253.	Merged	1	898	8,2	3,23	1	81,67
254.	Merged	1	902	19,13	4,94	0,933	72,57
255.	Merged	1	903	2,73	1,87	1	83
256.	Merged	1	908	8,2	3,23	1	85,33
257.	Merged	1	909	5,47	2,64	1	97
258.	Merged	1	917	10,93	3,73	1	78

(lanjutan)

259.	Merged	1	921	13,66	4,17	1	89,2
260.	Merged	1	926	5,47	2,64	1	83,5
261.	Merged	1	929	5,47	2,64	1	96
262.	Merged	1	931	5,47	2,64	1	77,5
263.	Merged	1	936	10,93	3,73	1	58,25
264.	Merged	1	937	5,47	2,64	1	95
265.	Merged	1	943	10,93	3,73	1	94,5
266.	Merged	1	948	2,73	1,87	1	64
267.	Merged	1	954	2,73	1,87	1	84
268.	Merged	1	957	10,93	3,73	1	93,75
269.	Merged	1	960	2,73	1,87	1	86
270.	Merged	1	961	5,47	2,64	1	78,5
271.	Merged	1	962	19,13	4,94	1	89
272.	Merged	1	965	19,13	4,94	0,933	111,86
273.	Merged	1	967	13,66	4,17	0,971	76
274.	Merged	1	968	16,4	4,57	1	77,67
275.	Merged	1	971	10,93	3,73	0,954	102
276.	Merged	1	972	10,93	3,73	1	90,75
277.	Merged	1	975	19,13	4,94	0,933	80,14
278.	Merged	1	983	5,47	2,64	1	84,5
279.	Merged	1	984	16,4	4,57	0,9	76,5
280.	Merged	1	987	2,73	1,87	1	99
281.	Merged	1	990	5,47	2,64	1	84,5
282.	Merged	1	994	5,47	2,64	1	75
283.	Merged	1	1006	19,13	4,94	0,933	77
284.	Merged	1	1009	5,47	2,64	1	116
285.	Merged	1	1019	10,93	3,73	1	74
286.	Merged	1	1024	10,93	3,73	1	88,5
287.	Merged	1	1026	5,47	2,64	1	65
288.	Merged	1	1027	2,73	1,87	1	90
289.	Merged	1	1029	16,4	4,57	1	82,67
290.	Merged	1	1033	16,4	4,57	1	76,17
291.	Merged	1	1035	19,13	4,94	1	78,86
292.	Merged	1	1037	16,4	4,57	1	85,67
293.	Merged	1	1042	19,13	4,94	1	76,29
294.	Merged	1	1045	10,93	3,73	1	71,5
295.	Merged	1	1050	19,13	4,94	1	92
296.	Merged	1	1052	16,4	4,57	0,9	103,83
297.	Merged	1	1053	2,73	1,87	1	63
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	10,1	5,47	2,73	19,13			
EqDiameter	3,44	1,03	1,87	4,94			
Circularity	0,986	0,041	0,617	1			
MeanIntensity	80,72	13,51	52,5	131			
Area	848000	$\mu\text{m}^2$					
Nodule Count	350,23585	nodule/mm <sup>2</sup>					

(lanjutan)

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul  
TWDI 3**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged 1	1	2	16,52	4,59	0,9	96,33
2.	Merged 1	1	6	5,51	2,65	1	101,5
3.	Merged 1	1	9	13,77	4,19	1	85,2
4.	Merged 1	1	10	19,28	4,95	0,933	116,29
5.	Merged 1	1	14	5,51	2,65	1	79,5
6.	Merged 1	1	17	19,28	4,95	1	72,14
7.	Merged 1	1	20	2,75	1,87	1	65
8.	Merged 1	1	22	13,77	4,19	1	113,4
9.	Merged 1	1	25	5,51	2,65	1	97,5
10.	Merged 1	1	30	19,28	4,95	1	79,86
11.	Merged 1	1	33	11,02	3,75	0,954	95,5
12.	Merged 1	1	41	2,75	1,87	1	92
13.	Merged 1	1	42	13,77	4,19	1	78,6
14.	Merged 1	1	44	5,51	2,65	1	89
15.	Merged 1	1	47	8,26	3,24	1	69,67
16.	Merged 1	1	50	16,52	4,59	0,684	80,17
17.	Merged 1	1	55	2,75	1,87	1	90
18.	Merged 1	1	57	13,77	4,19	1	65
19.	Merged 1	1	60	8,26	3,24	1	70,33
20.	Merged 1	1	64	11,02	3,75	1	70,5
21.	Merged 1	1	71	16,52	4,59	1	88,33
22.	Merged 1	1	76	2,75	1,87	1	79
23.	Merged 1	1	77	13,77	4,19	1	66,6
24.	Merged 1	1	79	8,26	3,24	1	97,67
25.	Merged 1	1	82	5,51	2,65	1	67,5
26.	Merged 1	1	85	2,75	1,87	1	63
27.	Merged 1	1	86	8,26	3,24	0,9	65
28.	Merged 1	1	89	11,02	3,75	1	90
29.	Merged 1	1	92	2,75	1,87	1	102
30.	Merged 1	1	99	8,26	3,24	0,9	103,33
31.	Merged 1	1	108	5,51	2,65	1	102
32.	Merged 1	1	117	13,77	4,19	1	94,4
33.	Merged 1	1	125	11,02	3,75	0,954	61,75
34.	Merged 1	1	127	11,02	3,75	1	89,75
35.	Merged 1	1	132	11,02	3,75	1	95,5
36.	Merged 1	1	135	11,02	3,75	0,954	83,25
37.	Merged 1	1	136	16,52	4,59	1	76,17
38.	Merged 1	1	137	16,52	4,59	1	56,5
39.	Merged 1	1	143	2,75	1,87	1	107
40.	Merged 1	1	144	16,52	4,59	1	91,67
41.	Merged 1	1	146	2,75	1,87	1	99
42.	Merged 1	1	151	13,77	4,19	1	70
43.	Merged 1	1	153	16,52	4,59	1	73,17
44.	Merged 1	1	158	5,51	2,65	1	49,5
45.	Merged 1	1	160	5,51	2,65	1	91
46.	Merged 1	1	163	5,51	2,65	1	66

(lanjutan)

47.	Merged 1	1	165	11,02	3,75	1	95,75
48.	Merged 1	1	166	19,28	4,95	1	66,43
49.	Merged 1	1	168	16,52	4,59	1	68,83
50.	Merged 1	1	170	11,02	3,75	0,954	81
51.	Merged 1	1	178	19,28	4,95	0,933	76,43
52.	Merged 1	1	180	13,77	4,19	1	103,6
53.	Merged 1	1	187	19,28	4,95	0,933	64,86
54.	Merged 1	1	190	16,52	4,59	1	87,67
55.	Merged 1	1	204	8,26	3,24	0,9	87,67
56.	Merged 1	1	205	5,51	2,65	1	121,5
57.	Merged 1	1	212	2,75	1,87	1	72
58.	Merged 1	1	213	11,02	3,75	1	71,25
59.	Merged 1	1	231	16,52	4,59	1	99,83
60.	Merged 1	1	233	2,75	1,87	1	85
61.	Merged 1	1	237	2,75	1,87	1	77
62.	Merged 1	1	241	11,02	3,75	0,823	73
63.	Merged 1	1	243	16,52	4,59	0,8	86
64.	Merged 1	1	245	5,51	2,65	1	75,5
65.	Merged 1	1	249	19,28	4,95	1	71,86
66.	Merged 1	1	253	5,51	2,65	1	66
67.	Merged 1	1	254	2,75	1,87	1	95
68.	Merged 1	1	255	13,77	4,19	1	68,2
69.	Merged 1	1	256	5,51	2,65	1	67,5
70.	Merged 1	1	265	11,02	3,75	1	77
71.	Merged 1	1	270	2,75	1,87	1	72
72.	Merged 1	1	272	16,52	4,59	0,8	68
73.	Merged 1	1	276	5,51	2,65	1	65,5
74.	Merged 1	1	282	2,75	1,87	1	73
75.	Merged 1	1	287	8,26	3,24	1	74,67
76.	Merged 1	1	290	19,28	4,95	1	77,57
77.	Merged 1	1	291	19,28	4,95	0,628	65,14
78.	Merged 1	1	294	13,77	4,19	1	68
79.	Merged 1	1	298	5,51	2,65	1	100,5
80.	Merged 1	1	303	8,26	3,24	1	91,67
81.	Merged 1	1	307	16,52	4,59	0,9	75,5
82.	Merged 1	1	308	11,02	3,75	1	93
83.	Merged 1	1	309	19,28	4,95	1	75,57
84.	Merged 1	1	313	5,51	2,65	1	57,5
85.	Merged 1	1	331	19,28	4,95	1	65,86
86.	Merged 1	1	348	2,75	1,87	1	89
87.	Merged 1	1	349	19,28	4,95	1	67,29
88.	Merged 1	1	353	11,02	3,75	0,954	95
89.	Merged 1	1	357	13,77	4,19	1	70,6
90.	Merged 1	1	358	11,02	3,75	1	68,25
91.	Merged 1	1	368	8,26	3,24	1	77,33
92.	Merged 1	1	372	11,02	3,75	1	68,5
93.	Merged 1	1	374	11,02	3,75	0,954	91
94.	Merged 1	1	375	2,75	1,87	1	67
95.	Merged 1	1	388	5,51	2,65	1	61,5
96.	Merged 1	1	416	2,75	1,87	1	84
97.	Merged 1	1	433	13,77	4,19	1	92
98.	Merged 1	1	434	11,02	3,75	0,954	76,75
99.	Merged 1	1	436	19,28	4,95	1	101

(lanjutan)

100.	Merged 1	1	442	8,26	3,24	1	73,33
101.	Merged 1	1	444	11,02	3,75	0,823	107,75
102.	Merged 1	1	450	11,02	3,75	0,954	85,75
103.	Merged 1	1	458	11,02	3,75	1	69,25
104.	Merged 1	1	464	11,02	3,75	1	72,5
105.	Merged 1	1	465	19,28	4,95	0,933	72,29
106.	Merged 1	1	466	16,52	4,59	1	78
107.	Merged 1	1	471	13,77	4,19	1	69
108.	Merged 1	1	473	19,28	4,95	0,628	80,14
109.	Merged 1	1	476	19,28	4,95	1	76,29
110.	Merged 1	1	477	11,02	3,75	1	57,75
111.	Merged 1	1	480	2,75	1,87	1	58
112.	Merged 1	1	484	5,51	2,65	1	73,5
113.	Merged 1	1	485	13,77	4,19	1	78,8
114.	Merged 1	1	489	13,77	4,19	1	69,6
115.	Merged 1	1	490	16,52	4,59	1	90
116.	Merged 1	1	493	2,75	1,87	1	82
117.	Merged 1	1	494	8,26	3,24	1	84
118.	Merged 1	1	495	13,77	4,19	1	82
119.	Merged 1	1	503	5,51	2,65	1	91,5
120.	Merged 1	1	504	8,26	3,24	1	85,67
121.	Merged 1	1	507	11,02	3,75	1	80,75
122.	Merged 1	1	509	2,75	1,87	1	72
123.	Merged 1	1	511	16,52	4,59	0,9	72,17
124.	Merged 1	1	517	2,75	1,87	1	87
125.	Merged 1	1	527	5,51	2,65	1	67
126.	Merged 1	1	529	13,77	4,19	1	93,4
127.	Merged 1	1	531	2,75	1,87	1	75
128.	Merged 1	1	532	19,28	4,95	1	72,43
129.	Merged 1	1	533	13,77	4,19	1	66,8
130.	Merged 1	1	547	5,51	2,65	1	79,5
131.	Merged 1	1	550	16,52	4,59	1	81,5
132.	Merged 1	1	554	8,26	3,24	1	70,33
133.	Merged 1	1	570	2,75	1,87	1	81
134.	Merged 1	1	573	5,51	2,65	1	86
135.	Merged 1	1	574	11,02	3,75	0,954	87,5
136.	Merged 1	1	579	5,51	2,65	1	86,5
137.	Merged 1	1	581	19,28	4,95	1	84,86
138.	Merged 1	1	590	16,52	4,59	1	67,83
139.	Merged 1	1	596	11,02	3,75	0,954	68
140.	Merged 1	1	600	5,51	2,65	1	85
141.	Merged 1	1	602	2,75	1,87	1	67
142.	Merged 1	1	612	2,75	1,87	1	88
143.	Merged 1	1	618	16,52	4,59	1	66,5
144.	Merged 1	1	621	5,51	2,65	1	77,5
145.	Merged 1	1	631	11,02	3,75	1	74,25
146.	Merged 1	1	634	19,28	4,95	0,933	125,29
147.	Merged 1	1	635	13,77	4,19	1	79,8
148.	Merged 1	1	638	2,75	1,87	1	85
149.	Merged 1	1	639	2,75	1,87	1	87
150.	Merged 1	1	647	19,28	4,95	1	74,29
151.	Merged 1	1	648	11,02	3,75	1	81,25
152.	Merged 1	1	650	16,52	4,59	0,9	73,83



(lanjutan)

153.	Merged 1	1	651	19,28	4,95	0,798	77,86
154.	Merged 1	1	653	2,75	1,87	1	72
155.	Merged 1	1	656	19,28	4,95	0,798	77,57
156.	Merged 1	1	664	2,75	1,87	1	89
157.	Merged 1	1	669	2,75	1,87	1	69
158.	Merged 1	1	670	5,51	2,65	1	105
159.	Merged 1	1	674	16,52	4,59	0,9	69,33
160.	Merged 1	1	676	19,28	4,95	0,933	78,14
161.	Merged 1	1	687	16,52	4,59	1	81,33
162.	Merged 1	1	688	5,51	2,65	1	82
163.	Merged 1	1	689	16,52	4,59	0,9	67,67
164.	Merged 1	1	696	16,52	4,59	0,684	75,17
165.	Merged 1	1	699	5,51	2,65	1	82
166.	Merged 1	1	705	16,52	4,59	0,9	82,67
167.	Merged 1	1	706	13,77	4,19	1	63,4
168.	Merged 1	1	727	2,75	1,87	1	83
169.	Merged 1	1	729	19,28	4,95	1	83,86
170.	Merged 1	1	733	16,52	4,59	1	71,83
171.	Merged 1	1	734	8,26	3,24	1	109,67
172.	Merged 1	1	746	5,51	2,65	1	74
173.	Merged 1	1	761	11,02	3,75	1	78,25
174.	Merged 1	1	778	16,52	4,59	1	99,67
175.	Merged 1	1	779	13,77	4,19	1	84,6
176.	Merged 1	1	790	8,26	3,24	1	79
177.	Merged 1	1	792	11,02	3,75	1	80
178.	Merged 1	1	801	16,52	4,59	1	85,17
179.	Merged 1	1	804	16,52	4,59	0,9	88
180.	Merged 1	1	811	13,77	4,19	0,75	89,4
181.	Merged 1	1	812	13,77	4,19	1	68
182.	Merged 1	1	813	8,26	3,24	0,9	81
183.	Merged 1	1	816	16,52	4,59	1	92,5
184.	Merged 1	1	817	8,26	3,24	1	95,67
185.	Merged 1	1	819	11,02	3,75	1	66,25
186.	Merged 1	1	820	19,28	4,95	1	84
187.	Merged 1	1	821	16,52	4,59	1	86
188.	Merged 1	1	824	2,75	1,87	1	99
189.	Merged 1	1	831	13,77	4,19	1	84,4
190.	Merged 1	1	833	13,77	4,19	1	75,6
191.	Merged 1	1	835	16,52	4,59	1	87,17
192.	Merged 1	1	838	13,77	4,19	1	75,8
193.	Merged 1	1	840	5,51	2,65	1	79
194.	Merged 1	1	841	13,77	4,19	0,971	71,6
195.	Merged 1	1	846	5,51	2,65	1	88
196.	Merged 1	1	849	2,75	1,87	1	77
197.	Merged 1	1	851	5,51	2,65	1	79,5
198.	Merged 1	1	852	13,77	4,19	1	73,6
199.	Merged 1	1	855	5,51	2,65	1	100
200.	Merged 1	1	856	16,52	4,59	0,9	87,17
201.	Merged 1	1	860	5,51	2,65	1	82,5
202.	Merged 1	1	862	19,28	4,95	1	91
203.	Merged 1	1	867	13,77	4,19	1	81,8
204.	Merged 1	1	869	19,28	4,95	1	75,57
205.	Merged 1	1	872	16,52	4,59	0,9	79,83

(lanjutan)

206.	Merged 1	1	873	5,51	2,65	1	68,5
207.	Merged 1	1	875	11,02	3,75	1	70,5
208.	Merged 1	1	876	2,75	1,87	1	90
209.	Merged 1	1	880	2,75	1,87	1	105
210.	Merged 1	1	888	11,02	3,75	0,954	98,5
211.	Merged 1	1	893	19,28	4,95	1	73
212.	Merged 1	1	894	2,75	1,87	1	92
213.	Merged 1	1	895	11,02	3,75	1	86,5
214.	Merged 1	1	901	19,28	4,95	0,933	84,29
215.	Merged 1	1	902	16,52	4,59	1	90
216.	Merged 1	1	910	8,26	3,24	1	94,33
217.	Merged 1	1	913	2,75	1,87	1	111
218.	Merged 1	1	923	13,77	4,19	1	97,8
219.	Merged 1	1	928	8,26	3,24	1	105
220.	Merged 1	1	930	13,77	4,19	1	91,8
221.	Merged 1	1	933	13,77	4,19	1	87,8
222.	Merged 1	1	937	19,28	4,95	1	90,29
223.	Merged 1	1	938	19,28	4,95	1	107,43
224.	Merged 1	1	939	16,52	4,59	1	94,83
225.	Merged 1	1	941	16,52	4,59	0,9	74
226.	Merged 1	1	944	5,51	2,65	1	131
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	10,98	5,66	2,75	19,28			
EqDiameter	3,59	1,05	1,87	4,95			
Circularity	0,977	0,061	0,628	1			
MeanIntensity	81,74	13,24	49,5	131			
Area	848000	$\mu\text{m}^2$					
Nodule Count	266,50943	nodule/mm <sup>2</sup>					

(lanjutan)

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul  
TWDI 4**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged	1	5	5,51	2,65	1	87
2.	Merged	1	9	2,75	1,87	1	105
3.	Merged	1	15	11,02	3,75	1	99,25
4.	Merged	1	26	13,77	4,19	0,971	71
5.	Merged	1	27	13,77	4,19	1	70,4
6.	Merged	1	29	13,77	4,19	1	89
7.	Merged	1	30	2,75	1,87	1	97
8.	Merged	1	34	5,51	2,65	1	69
9.	Merged	1	35	19,28	4,95	1	82,29
10.	Merged	1	37	5,51	2,65	1	37
11.	Merged	1	38	19,28	4,95	1	101,71
12.	Merged	1	41	13,77	4,19	1	84,2
13.	Merged	1	44	19,28	4,95	1	68,57
14.	Merged	1	47	2,75	1,87	1	78
15.	Merged	1	50	11,02	3,75	1	77
16.	Merged	1	51	19,28	4,95	1	75,14
17.	Merged	1	55	19,28	4,95	1	76,29
18.	Merged	1	57	16,52	4,59	1	83,67
19.	Merged	1	60	8,26	3,24	0,9	106
20.	Merged	1	61	19,28	4,95	1	67,86
21.	Merged	1	67	16,52	4,59	1	89,5
22.	Merged	1	68	19,28	4,95	1	57,43
23.	Merged	1	69	11,02	3,75	1	61,5
24.	Merged	1	72	13,77	4,19	1	94,2
25.	Merged	1	74	2,75	1,87	1	88
26.	Merged	1	75	5,51	2,65	1	104
27.	Merged	1	79	13,77	4,19	1	84,2
28.	Merged	1	80	19,28	4,95	0,628	125,86
29.	Merged	1	86	16,52	4,59	1	86,5
30.	Merged	1	90	8,26	3,24	1	95,33
31.	Merged	1	91	16,52	4,59	1	90,17
32.	Merged	1	94	2,75	1,87	1	97
33.	Merged	1	103	19,28	4,95	1	71,86
34.	Merged	1	108	16,52	4,59	1	99,5
35.	Merged	1	109	2,75	1,87	1	117
36.	Merged	1	112	19,28	4,95	1	76,14
37.	Merged	1	113	13,77	4,19	1	110,8
38.	Merged	1	114	16,52	4,59	1	71,17
39.	Merged	1	115	16,52	4,59	1	80,33
40.	Merged	1	116	2,75	1,87	1	85
41.	Merged	1	117	5,51	2,65	1	135,5
42.	Merged	1	118	11,02	3,75	0,954	110
43.	Merged	1	122	2,75	1,87	1	70
44.	Merged	1	123	13,77	4,19	1	73,4
45.	Merged	1	126	5,51	2,65	1	81,5
46.	Merged	1	128	5,51	2,65	1	86,5

(lanjutan)

47.	Merged	1	136	16,52	4,59	1	57,17
48.	Merged	1	138	11,02	3,75	1	68,75
49.	Merged	1	139	5,51	2,65	1	95,5
50.	Merged	1	147	13,77	4,19	1	81
51.	Merged	1	149	5,51	2,65	1	80
52.	Merged	1	152	8,26	3,24	1	104
53.	Merged	1	154	19,28	4,95	1	70
54.	Merged	1	157	11,02	3,75	1	73,75
55.	Merged	1	159	8,26	3,24	0,784	70,33
56.	Merged	1	163	19,28	4,95	0,933	65,29
57.	Merged	1	165	13,77	4,19	1	112
58.	Merged	1	166	11,02	3,75	1	114
59.	Merged	1	168	13,77	4,19	0,971	78,4
60.	Merged	1	172	19,28	4,95	1	70,57
61.	Merged	1	173	19,28	4,95	1	79,29
62.	Merged	1	177	8,26	3,24	1	74,33
63.	Merged	1	179	13,77	4,19	1	120,2
64.	Merged	1	181	11,02	3,75	0,954	95,25
65.	Merged	1	186	19,28	4,95	0,933	83,86
66.	Merged	1	194	19,28	4,95	0,933	80,86
67.	Merged	1	200	11,02	3,75	1	131,25
68.	Merged	1	202	19,28	4,95	1	69,43
69.	Merged	1	203	5,51	2,65	1	71,5
70.	Merged	1	206	19,28	4,95	1	96,86
71.	Merged	1	207	16,52	4,59	1	57
72.	Merged	1	211	5,51	2,65	1	83
73.	Merged	1	212	8,26	3,24	1	92,67
74.	Merged	1	219	11,02	3,75	1	63,25
75.	Merged	1	221	16,52	4,59	1	68,17
76.	Merged	1	227	16,52	4,59	1	114,17
77.	Merged	1	230	16,52	4,59	1	76
78.	Merged	1	231	16,52	4,59	0,9	68,67
79.	Merged	1	233	5,51	2,65	1	81,5
80.	Merged	1	234	19,28	4,95	1	54,43
81.	Merged	1	248	2,75	1,87	1	76
82.	Merged	1	249	8,26	3,24	1	65,33
83.	Merged	1	255	5,51	2,65	1	83,5
84.	Merged	1	261	5,51	2,65	1	68
85.	Merged	1	265	11,02	3,75	1	97,5
86.	Merged	1	266	2,75	1,87	1	76
87.	Merged	1	272	11,02	3,75	1	86
88.	Merged	1	276	16,52	4,59	1	81,83
89.	Merged	1	280	11,02	3,75	1	77,75
90.	Merged	1	281	19,28	4,95	1	83,14
91.	Merged	1	282	13,77	4,19	0,636	80,4
92.	Merged	1	289	16,52	4,59	0,8	79,67
93.	Merged	1	291	11,02	3,75	0,954	100,75
94.	Merged	1	292	2,75	1,87	1	141
95.	Merged	1	294	16,52	4,59	0,9	77,83
96.	Merged	1	298	19,28	4,95	1	77,29
97.	Merged	1	300	5,51	2,65	1	90,5
98.	Merged	1	304	13,77	4,19	1	84,6
99.	Merged	1	306	13,77	4,19	1	76,6

(lanjutan)

100.	Merged	1	307	2,75	1,87	1	72
101.	Merged	1	309	19,28	4,95	0,653	60,57
102.	Merged	1	310	13,77	4,19	1	91,4
103.	Merged	1	311	5,51	2,65	1	86,5
104.	Merged	1	313	16,52	4,59	1	76,83
105.	Merged	1	316	8,26	3,24	1	84
106.	Merged	1	319	11,02	3,75	1	84,75
107.	Merged	1	320	8,26	3,24	1	78
108.	Merged	1	321	2,75	1,87	1	84
109.	Merged	1	322	8,26	3,24	1	82,33
110.	Merged	1	325	5,51	2,65	1	95
111.	Merged	1	327	2,75	1,87	1	78
112.	Merged	1	328	19,28	4,95	0,933	69,14
113.	Merged	1	331	13,77	4,19	1	76,2
114.	Merged	1	335	2,75	1,87	1	68
115.	Merged	1	341	5,51	2,65	1	78
116.	Merged	1	347	13,77	4,19	1	79,8
117.	Merged	1	350	13,77	4,19	1	70
118.	Merged	1	351	2,75	1,87	1	78
119.	Merged	1	355	5,51	2,65	1	77
120.	Merged	1	357	11,02	3,75	1	88,75
121.	Merged	1	359	8,26	3,24	0,9	72,67
122.	Merged	1	362	11,02	3,75	1	84,25
123.	Merged	1	368	16,52	4,59	1	78
124.	Merged	1	370	16,52	4,59	0,9	63,33
125.	Merged	1	372	2,75	1,87	1	60
126.	Merged	1	379	16,52	4,59	1	62,67
127.	Merged	1	380	5,51	2,65	1	88
128.	Merged	1	381	5,51	2,65	1	104
129.	Merged	1	384	16,52	4,59	1	64,17
130.	Merged	1	385	19,28	4,95	0,89	71,86
131.	Merged	1	386	5,51	2,65	1	84
132.	Merged	1	387	2,75	1,87	1	96
133.	Merged	1	389	13,77	4,19	0,85	83,2
134.	Merged	1	390	5,51	2,65	1	81,5
135.	Merged	1	394	5,51	2,65	1	82
136.	Merged	1	395	5,51	2,65	1	76,5
137.	Merged	1	403	19,28	4,95	1	104
138.	Merged	1	404	11,02	3,75	1	74,5
139.	Merged	1	405	11,02	3,75	1	80,25
140.	Merged	1	406	16,52	4,59	0,9	65,33
141.	Merged	1	410	16,52	4,59	1	83,5
142.	Merged	1	411	2,75	1,87	1	113
143.	Merged	1	414	2,75	1,87	1	81
144.	Merged	1	415	2,75	1,87	1	82
145.	Merged	1	416	8,26	3,24	1	96,33
146.	Merged	1	417	5,51	2,65	1	76,5
147.	Merged	1	418	16,52	4,59	1	58
148.	Merged	1	419	2,75	1,87	1	90
149.	Merged	1	424	11,02	3,75	1	48
150.	Merged	1	427	8,26	3,24	1	71,33
151.	Merged	1	430	11,02	3,75	0,954	82,5
152.	Merged	1	433	2,75	1,87	1	48

(lanjutan)

153.	Merged	1	436	13,77	4,19	1	89,4
154.	Merged	1	437	16,52	4,59	0,9	65,83
155.	Merged	1	438	8,26	3,24	1	78,67
156.	Merged	1	440	8,26	3,24	1	77,33
157.	Merged	1	445	11,02	3,75	1	67,75
158.	Merged	1	448	5,51	2,65	1	72,5
159.	Merged	1	453	5,51	2,65	1	72
160.	Merged	1	455	19,28	4,95	1	74,86
161.	Merged	1	459	8,26	3,24	0,9	98,67
162.	Merged	1	461	11,02	3,75	0,954	104
163.	Merged	1	463	8,26	3,24	1	78,33
164.	Merged	1	466	11,02	3,75	1	68,25
165.	Merged	1	467	19,28	4,95	0,89	91,71
166.	Merged	1	470	16,52	4,59	0,684	74
167.	Merged	1	471	2,75	1,87	1	85
168.	Merged	1	472	5,51	2,65	1	82,5
169.	Merged	1	476	16,52	4,59	1	83,67
170.	Merged	1	477	5,51	2,65	1	74,5
171.	Merged	1	478	2,75	1,87	1	88
172.	Merged	1	480	11,02	3,75	1	95,5
173.	Merged	1	484	13,77	4,19	1	79,6
174.	Merged	1	485	5,51	2,65	1	79,5
175.	Merged	1	488	2,75	1,87	1	76
176.	Merged	1	489	11,02	3,75	1	81
177.	Merged	1	493	8,26	3,24	1	101,67
178.	Merged	1	496	2,75	1,87	1	82
179.	Merged	1	497	2,75	1,87	1	85
180.	Merged	1	501	2,75	1,87	1	80
181.	Merged	1	502	8,26	3,24	1	53,33
182.	Merged	1	510	13,77	4,19	1	76
183.	Merged	1	511	5,51	2,65	1	71
184.	Merged	1	518	2,75	1,87	1	81
185.	Merged	1	520	5,51	2,65	1	75,5
186.	Merged	1	521	5,51	2,65	1	72,5
187.	Merged	1	522	19,28	4,95	0,798	77
188.	Merged	1	526	8,26	3,24	1	91,33
189.	Merged	1	529	13,77	4,19	1	67,4
190.	Merged	1	531	5,51	2,65	1	94
191.	Merged	1	532	2,75	1,87	1	80
192.	Merged	1	537	2,75	1,87	1	75
193.	Merged	1	539	11,02	3,75	1	106,25
194.	Merged	1	540	11,02	3,75	1	77,5
195.	Merged	1	543	16,52	4,59	1	69,5
196.	Merged	1	547	11,02	3,75	1	76,75
197.	Merged	1	554	11,02	3,75	1	96,25
198.	Merged	1	559	16,52	4,59	1	70,67
199.	Merged	1	561	19,28	4,95	0,798	80,43
200.	Merged	1	564	5,51	2,65	1	127
201.	Merged	1	565	8,26	3,24	1	82
202.	Merged	1	568	11,02	3,75	0,954	80,25
203.	Merged	1	569	2,75	1,87	1	78
204.	Merged	1	574	16,52	4,59	1	81,67
205.	Merged	1	576	19,28	4,95	1	58,86

(lanjutan)

206.	Merged	1	577	5,51	2,65	1	75,5
207.	Merged	1	583	11,02	3,75	1	75,75
208.	Merged	1	584	16,52	4,59	1	113,17
209.	Merged	1	586	16,52	4,59	1	72,5
210.	Merged	1	588	16,52	4,59	1	89,33
211.	Merged	1	590	8,26	3,24	1	74,67
212.	Merged	1	597	19,28	4,95	0,933	79,57
213.	Merged	1	599	13,77	4,19	1	70,6
214.	Merged	1	601	11,02	3,75	0,954	82,5
215.	Merged	1	604	19,28	4,95	0,933	57,71
216.	Merged	1	606	19,28	4,95	0,628	69,14
217.	Merged	1	607	2,75	1,87	1	82
218.	Merged	1	608	19,28	4,95	1	97,71
219.	Merged	1	609	11,02	3,75	0,954	87,25
220.	Merged	1	610	5,51	2,65	1	101,5
221.	Merged	1	613	2,75	1,87	1	77
222.	Merged	1	614	2,75	1,87	1	56
223.	Merged	1	615	2,75	1,87	1	71
224.	Merged	1	618	5,51	2,65	1	64,5
225.	Merged	1	619	16,52	4,59	0,9	67,5
226.	Merged	1	620	5,51	2,65	1	81,5
227.	Merged	1	621	11,02	3,75	0,68	77,5
228.	Merged	1	622	5,51	2,65	1	93
229.	Merged	1	625	2,75	1,87	1	89
230.	Merged	1	626	11,02	3,75	1	73,75
231.	Merged	1	627	2,75	1,87	1	82
232.	Merged	1	632	2,75	1,87	1	80
233.	Merged	1	633	8,26	3,24	1	86
234.	Merged	1	644	13,77	4,19	1	79,4
235.	Merged	1	646	2,75	1,87	1	78
236.	Merged	1	647	5,51	2,65	1	75,5
237.	Merged	1	648	2,75	1,87	1	110
238.	Merged	1	656	13,77	4,19	1	58,8
239.	Merged	1	661	5,51	2,65	1	78,5
240.	Merged	1	662	13,77	4,19	0,971	82,2
241.	Merged	1	670	8,26	3,24	0,9	79,67
242.	Merged	1	676	19,28	4,95	0,933	67,14
243.	Merged	1	679	19,28	4,95	0,933	79,43
244.	Merged	1	682	8,26	3,24	1	83,67
245.	Merged	1	684	8,26	3,24	1	91,33
246.	Merged	1	689	19,28	4,95	1	74,29
247.	Merged	1	691	11,02	3,75	1	73,25
248.	Merged	1	693	2,75	1,87	1	59
249.	Merged	1	694	8,26	3,24	0,9	78,33
250.	Merged	1	695	16,52	4,59	0,9	83,33
251.	Merged	1	697	19,28	4,95	1	62
252.	Merged	1	698	8,26	3,24	1	91,67
253.	Merged	1	699	5,51	2,65	1	74
254.	Merged	1	700	11,02	3,75	1	100,75
255.	Merged	1	702	2,75	1,87	1	88
256.	Merged	1	703	13,77	4,19	1	78,4
257.	Merged	1	704	11,02	3,75	0,954	91,5
258.	Merged	1	706	13,77	4,19	1	66,2

(lanjutan)

259.	Merged	1	708	8,26	3,24	1	83
260.	Merged	1	711	11,02	3,75	1	67
261.	Merged	1	715	5,51	2,65	1	81,5
262.	Merged	1	717	2,75	1,87	1	87
263.	Merged	1	718	2,75	1,87	1	92
264.	Merged	1	725	13,77	4,19	1	71,2
265.	Merged	1	728	13,77	4,19	0,713	76
266.	Merged	1	731	5,51	2,65	1	102
267.	Merged	1	732	2,75	1,87	1	98
268.	Merged	1	734	5,51	2,65	1	83,5
269.	Merged	1	738	13,77	4,19	0,85	77,6
270.	Merged	1	739	19,28	4,95	1	58,71
271.	Merged	1	740	16,52	4,59	1	86,67
272.	Merged	1	745	11,02	3,75	0,954	70,75
273.	Merged	1	746	2,75	1,87	1	77
274.	Merged	1	750	16,52	4,59	1	52,5
275.	Merged	1	752	5,51	2,65	1	78,5
276.	Merged	1	753	11,02	3,75	1	82,5
277.	Merged	1	759	5,51	2,65	1	77,5
278.	Merged	1	762	5,51	2,65	1	94
279.	Merged	1	763	16,52	4,59	1	72
280.	Merged	1	764	13,77	4,19	1	68,2
281.	Merged	1	765	16,52	4,59	0,9	78,83
282.	Merged	1	766	11,02	3,75	1	88,5
283.	Merged	1	768	11,02	3,75	1	69,25
284.	Merged	1	770	2,75	1,87	1	117
285.	Merged	1	771	11,02	3,75	1	79,5
286.	Merged	1	775	19,28	4,95	0,89	53,57
287.	Merged	1	777	5,51	2,65	1	84
288.	Merged	1	778	13,77	4,19	1	90,8
289.	Merged	1	780	2,75	1,87	1	113
290.	Merged	1	781	13,77	4,19	1	63,8
291.	Merged	1	782	16,52	4,59	1	76,17
292.	Merged	1	784	19,28	4,95	0,798	76
293.	Merged	1	785	2,75	1,87	1	88
294.	Merged	1	789	19,28	4,95	0,933	77,57
295.	Merged	1	790	16,52	4,59	1	85,33
296.	Merged	1	800	5,51	2,65	1	73,5
297.	Merged	1	801	8,26	3,24	1	81,33
298.	Merged	1	803	11,02	3,75	1	74,5
299.	Merged	1	809	8,26	3,24	1	77,67
300.	Merged	1	811	11,02	3,75	0,954	92,75
301.	Merged	1	815	5,51	2,65	1	82
302.	Merged	1	818	2,75	1,87	1	85
303.	Merged	1	821	13,77	4,19	1	71,6
304.	Merged	1	823	13,77	4,19	1	93
305.	Merged	1	825	8,26	3,24	0,9	78,67
306.	Merged	1	826	11,02	3,75	0,954	83,5
307.	Merged	1	828	13,77	4,19	1	73,6
308.	Merged	1	829	8,26	3,24	1	88
309.	Merged	1	830	11,02	3,75	1	76,5
310.	Merged	1	832	11,02	3,75	0,954	83,75
311.	Merged	1	835	19,28	4,95	1	83,57



(lanjutan)

312.	Merged	1	836	16,52	4,59	1	63,67
313.	Merged	1	841	11,02	3,75	1	102,5
314.	Merged	1	842	19,28	4,95	1	80,29
315.	Merged	1	844	13,77	4,19	1	83,2
316.	Merged	1	846	11,02	3,75	1	94,5
317.	Merged	1	856	5,51	2,65	1	73
318.	Merged	1	857	13,77	4,19	1	91,4
319.	Merged	1	865	13,77	4,19	1	67,8
320.	Merged	1	866	5,51	2,65	1	83,5
321.	Merged	1	873	2,75	1,87	1	79
322.	Merged	1	875	16,52	4,59	1	80,5
323.	Merged	1	881	16,52	4,59	1	79,67
324.	Merged	1	882	2,75	1,87	1	77
325.	Merged	1	883	5,51	2,65	1	81,5
326.	Merged	1	884	13,77	4,19	1	81
327.	Merged	1	889	19,28	4,95	1	80,57
328.	Merged	1	890	8,26	3,24	0,9	84,33
329.	Merged	1	896	16,52	4,59	1	68,67
330.	Merged	1	904	2,75	1,87	1	91
331.	Merged	1	906	19,28	4,95	1	76,86
332.	Merged	1	907	19,28	4,95	0,89	83,29
333.	Merged	1	909	19,28	4,95	1	92,14
334.	Merged	1	911	8,26	3,24	1	75,33
335.	Merged	1	913	13,77	4,19	1	90,6
336.	Merged	1	915	16,52	4,59	1	62,5
337.	Merged	1	919	2,75	1,87	1	91
338.	Merged	1	922	8,26	3,24	1	89,67
339.	Merged	1	923	19,28	4,95	1	94,86
340.	Merged	1	924	16,52	4,59	1	79,17
341.	Merged	1	929	13,77	4,19	1	75,6
342.	Merged	1	934	11,02	3,75	0,823	101,75
343.	Merged	1	938	13,77	4,19	1	95
344.	Merged	1	939	19,28	4,95	1	76,71
345.	Merged	1	941	13,77	4,19	1	77,4
346.	Merged	1	944	13,77	4,19	1	84,8
347.	Merged	1	950	5,51	2,65	1	70,5
348.	Merged	1	951	8,26	3,24	1	100
349.	Merged	1	952	2,75	1,87	1	70
350.	Merged	1	953	13,77	4,19	0,971	81,4
351.	Merged	1	955	19,28	4,95	1	91,43
352.	Merged	1	957	11,02	3,75	1	83,25
353.	Merged	1	963	8,26	3,24	1	90,33
354.	Merged	1	964	5,51	2,65	1	75
355.	Merged	1	965	13,77	4,19	1	66
356.	Merged	1	966	16,52	4,59	1	79,33
357.	Merged	1	970	8,26	3,24	1	121,33
358.	Merged	1	971	5,51	2,65	1	89,5
359.	Merged	1	977	11,02	3,75	1	93
360.	Merged	1	979	19,28	4,95	1	108,71
361.	Merged	1	984	2,75	1,87	1	92
362.	Merged	1	991	2,75	1,87	1	79
363.	Merged	1	993	2,75	1,87	1	87
364.	Merged	1	994	5,51	2,65	1	84,5

(lanjutan)

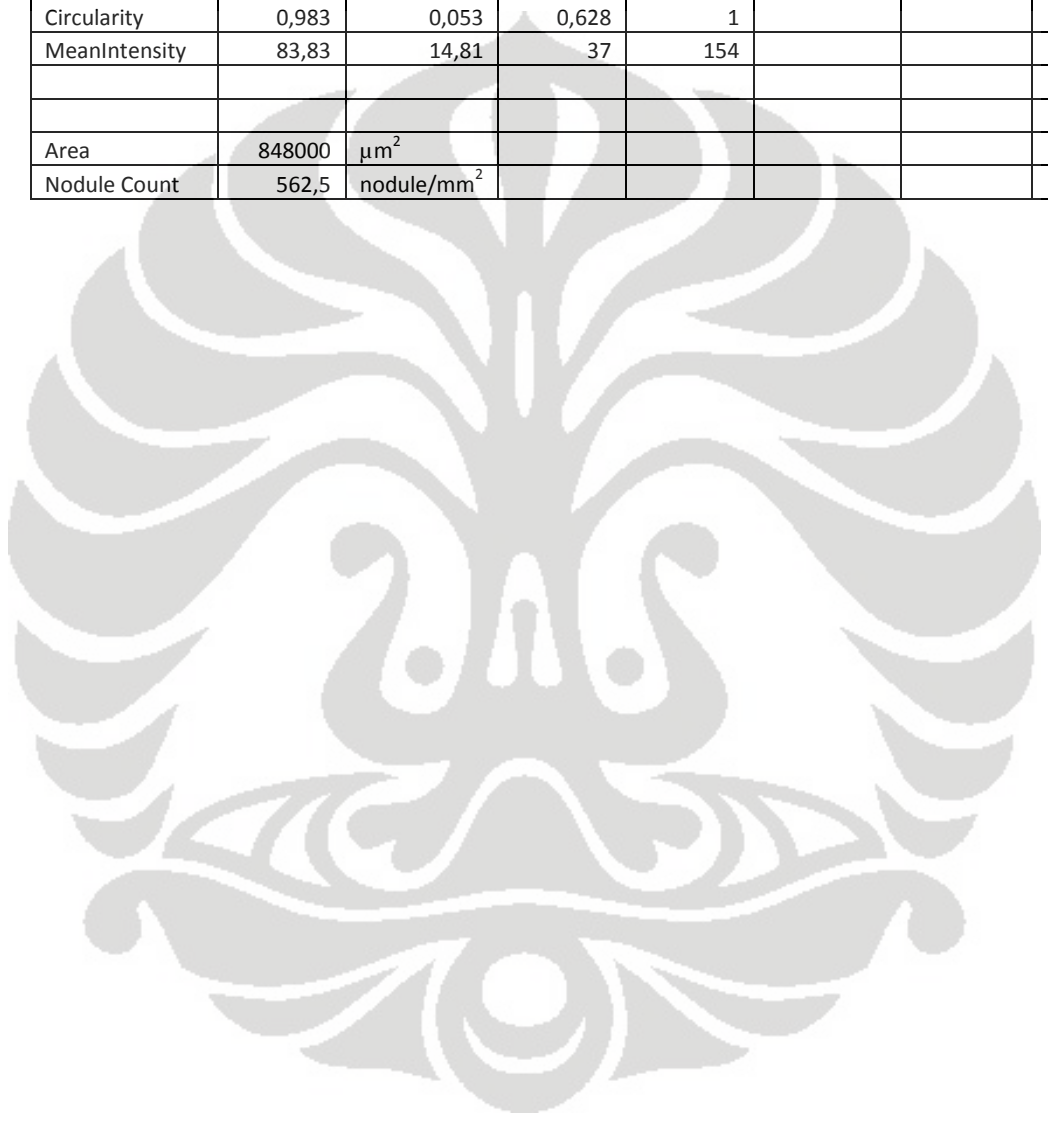
365.	Merged	1	997	5,51	2,65	1	94
366.	Merged	1	1001	11,02	3,75	1	84
367.	Merged	1	1002	16,52	4,59	1	70,83
368.	Merged	1	1007	5,51	2,65	1	86
369.	Merged	1	1008	8,26	3,24	1	80,67
370.	Merged	1	1015	13,77	4,19	1	99,8
371.	Merged	1	1016	5,51	2,65	1	65
372.	Merged	1	1018	2,75	1,87	1	89
373.	Merged	1	1019	2,75	1,87	1	92
374.	Merged	1	1022	8,26	3,24	1	88
375.	Merged	1	1026	8,26	3,24	1	99,67
376.	Merged	1	1027	19,28	4,95	0,933	98
377.	Merged	1	1028	16,52	4,59	1	89,33
378.	Merged	1	1034	16,52	4,59	1	75
379.	Merged	1	1035	2,75	1,87	1	111
380.	Merged	1	1038	16,52	4,59	1	81,17
381.	Merged	1	1042	2,75	1,87	1	85
382.	Merged	1	1043	19,28	4,95	0,933	87
383.	Merged	1	1049	13,77	4,19	1	90,8
384.	Merged	1	1052	19,28	4,95	1	74,57
385.	Merged	1	1053	2,75	1,87	1	90
386.	Merged	1	1056	19,28	4,95	0,933	81,14
387.	Merged	1	1058	5,51	2,65	1	79
388.	Merged	1	1059	5,51	2,65	1	77
389.	Merged	1	1063	2,75	1,87	1	86
390.	Merged	1	1068	8,26	3,24	1	86
391.	Merged	1	1075	2,75	1,87	1	86
392.	Merged	1	1076	5,51	2,65	1	98
393.	Merged	1	1077	13,77	4,19	1	87,8
394.	Merged	1	1081	5,51	2,65	1	80,5
395.	Merged	1	1083	5,51	2,65	1	63
396.	Merged	1	1087	8,26	3,24	1	84,33
397.	Merged	1	1090	5,51	2,65	1	89,5
398.	Merged	1	1091	8,26	3,24	1	86,67
399.	Merged	1	1094	2,75	1,87	1	84
400.	Merged	1	1095	8,26	3,24	1	98,33
401.	Merged	1	1098	11,02	3,75	1	49,5
402.	Merged	1	1099	13,77	4,19	1	69,4
403.	Merged	1	1100	5,51	2,65	1	103
404.	Merged	1	1101	13,77	4,19	1	111,4
405.	Merged	1	1106	8,26	3,24	1	97,33
406.	Merged	1	1111	8,26	3,24	1	69,67
407.	Merged	1	1120	5,51	2,65	1	94
408.	Merged	1	1122	13,77	4,19	1	69,8
409.	Merged	1	1123	16,52	4,59	1	85,5
410.	Merged	1	1129	5,51	2,65	1	79
411.	Merged	1	1132	19,28	4,95	0,798	65,29
412.	Merged	1	1133	11,02	3,75	0,954	112,25
413.	Merged	1	1137	2,75	1,87	1	88
414.	Merged	1	1138	13,77	4,19	1	106,2
415.	Merged	1	1141	16,52	4,59	1	71,5
416.	Merged	1	1144	8,26	3,24	1	79,67
417.	Merged	1	1145	13,77	4,19	1	103,4

(lanjutan)

418.	Merged	1	1146	16,52	4,59	1	91,67
419.	Merged	1	1150	16,52	4,59	1	95,5
420.	Merged	1	1152	16,52	4,59	1	77,5
421.	Merged	1	1155	19,28	4,95	1	99,86
422.	Merged	1	1157	8,26	3,24	1	97,67
423.	Merged	1	1160	8,26	3,24	1	92,33
424.	Merged	1	1162	11,02	3,75	1	63,75
425.	Merged	1	1163	2,75	1,87	1	154
426.	Merged	1	1165	8,26	3,24	0,9	94
427.	Merged	1	1166	2,75	1,87	1	90
428.	Merged	1	1167	11,02	3,75	1	91,5
429.	Merged	1	1168	16,52	4,59	1	69,5
430.	Merged	1	1170	16,52	4,59	1	103,5
431.	Merged	1	1171	13,77	4,19	1	89
432.	Merged	1	1172	8,26	3,24	1	95
433.	Merged	1	1174	2,75	1,87	1	97
434.	Merged	1	1182	2,75	1,87	1	94
435.	Merged	1	1184	8,26	3,24	1	101
436.	Merged	1	1186	16,52	4,59	1	86,5
437.	Merged	1	1188	8,26	3,24	1	78
438.	Merged	1	1189	11,02	3,75	1	81,75
439.	Merged	1	1193	19,28	4,95	0,933	101,29
440.	Merged	1	1195	8,26	3,24	1	105,33
441.	Merged	1	1198	11,02	3,75	1	89,25
442.	Merged	1	1200	16,52	4,59	1	85,5
443.	Merged	1	1201	19,28	4,95	1	78,86
444.	Merged	1	1205	16,52	4,59	0,9	75,83
445.	Merged	1	1208	5,51	2,65	1	78
446.	Merged	1	1213	16,52	4,59	1	93,83
447.	Merged	1	1220	19,28	4,95	0,933	69,57
448.	Merged	1	1222	11,02	3,75	1	96,5
449.	Merged	1	1227	5,51	2,65	1	129,5
450.	Merged	1	1228	16,52	4,59	1	95,17
451.	Merged	1	1229	5,51	2,65	1	131,5
452.	Merged	1	1231	5,51	2,65	1	97
453.	Merged	1	1232	2,75	1,87	1	93
454.	Merged	1	1233	13,77	4,19	1	115,8
455.	Merged	1	1235	5,51	2,65	1	96,5
456.	Merged	1	1241	5,51	2,65	1	83,5
457.	Merged	1	1242	19,28	4,95	1	81,57
458.	Merged	1	1245	16,52	4,59	1	77,33
459.	Merged	1	1246	5,51	2,65	1	88,5
460.	Merged	1	1248	8,26	3,24	1	88,67
461.	Merged	1	1250	2,75	1,87	1	107
462.	Merged	1	1252	13,77	4,19	1	99,6
463.	Merged	1	1253	2,75	1,87	1	85
464.	Merged	1	1255	16,52	4,59	1	97,83
465.	Merged	1	1257	8,26	3,24	1	99,33
466.	Merged	1	1263	5,51	2,65	1	92,5
467.	Merged	1	1264	2,75	1,87	1	91
468.	Merged	1	1265	11,02	3,75	1	77,25
469.	Merged	1	1268	11,02	3,75	1	104
470.	Merged	1	1270	16,52	4,59	1	93,67

(lanjutan)

471.	Merged	1	1274	2,75	1,87	1	104
472.	Merged	1	1275	16,52	4,59	0,9	90
473.	Merged	1	1280	8,26	3,24	1	89,33
474.	Merged	1	1286	11,02	3,75	0,954	87,75
475.	Merged	1	1288	13,77	4,19	1	112,4
476.	Merged	1	1289	8,26	3,24	0,9	102,33
477.	Merged	1	1290	2,75	1,87	1	141
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	10,59	5,6	2,75	19,28			
EqDiameter	3,52	1,04	1,87	4,95			
Circularity	0,983	0,053	0,628	1			
MeanIntensity	83,83	14,81	37	154			
Area	848000	$\mu\text{m}^2$					
Nodule Count	562,5	nodule/mm <sup>2</sup>					



(lanjutan)

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul  
TWDI 5**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged 1	1	1	13,56	4,16	1	99,2
2.	Merged 1	1	2	5,42	2,63	1	89,5
3.	Merged 1	1	4	2,71	1,86	1	111
4.	Merged 1	1	6	10,85	3,72	1	90,5
5.	Merged 1	1	7	8,14	3,22	0,9	114
6.	Merged 1	1	11	13,56	4,16	1	136,2
7.	Merged 1	1	12	2,71	1,86	1	84
8.	Merged 1	1	13	8,14	3,22	1	94,33
9.	Merged 1	1	14	18,99	4,92	1	71,29
10.	Merged 1	1	17	13,56	4,16	1	93,8
11.	Merged 1	1	23	8,14	3,22	1	82
12.	Merged 1	1	24	16,27	4,55	1	71,33
13.	Merged 1	1	25	8,14	3,22	1	77,33
14.	Merged 1	1	27	10,85	3,72	0,954	84,25
15.	Merged 1	1	31	10,85	3,72	1	83,25
16.	Merged 1	1	36	5,42	2,63	1	78
17.	Merged 1	1	38	16,27	4,55	1	91,17
18.	Merged 1	1	39	5,42	2,63	1	85
19.	Merged 1	1	41	5,42	2,63	1	75
20.	Merged 1	1	42	8,14	3,22	1	84,67
21.	Merged 1	1	49	8,14	3,22	1	86
22.	Merged 1	1	50	16,27	4,55	0,9	80,5
23.	Merged 1	1	55	16,27	4,55	1	80,33
24.	Merged 1	1	56	8,14	3,22	1	89
25.	Merged 1	1	58	10,85	3,72	1	109,5
26.	Merged 1	1	59	13,56	4,16	1	66
27.	Merged 1	1	60	8,14	3,22	1	99
28.	Merged 1	1	63	5,42	2,63	1	71
29.	Merged 1	1	67	13,56	4,16	1	65,2
30.	Merged 1	1	69	16,27	4,55	1	82,67
31.	Merged 1	1	70	16,27	4,55	0,9	78,33
32.	Merged 1	1	73	5,42	2,63	1	101
33.	Merged 1	1	74	5,42	2,63	1	76,5
34.	Merged 1	1	77	16,27	4,55	1	77,5
35.	Merged 1	1	78	10,85	3,72	1	71,5
36.	Merged 1	1	81	5,42	2,63	1	96
37.	Merged 1	1	84	5,42	2,63	1	68,5
38.	Merged 1	1	88	2,71	1,86	1	72
39.	Merged 1	1	93	8,14	3,22	0,9	101,67
40.	Merged 1	1	94	13,56	4,16	1	73,2
41.	Merged 1	1	98	10,85	3,72	1	85
42.	Merged 1	1	101	10,85	3,72	1	79,75
43.	Merged 1	1	104	5,42	2,63	1	63,5
44.	Merged 1	1	105	18,99	4,92	0,89	69
45.	Merged 1	1	109	13,56	4,16	1	78
46.	Merged 1	1	111	13,56	4,16	1	99,2

(lanjutan)

47.	Merged 1	1	112	13,56	4,16	1	71
48.	Merged 1	1	118	10,85	3,72	1	84,75
49.	Merged 1	1	122	18,99	4,92	1	82,86
50.	Merged 1	1	123	2,71	1,86	1	92
51.	Merged 1	1	125	16,27	4,55	1	86,17
52.	Merged 1	1	128	10,85	3,72	0,954	79
53.	Merged 1	1	131	2,71	1,86	1	73
54.	Merged 1	1	133	5,42	2,63	1	102,5
55.	Merged 1	1	136	10,85	3,72	1	66,25
56.	Merged 1	1	137	16,27	4,55	0,473	76,33
57.	Merged 1	1	138	10,85	3,72	0,954	79,75
58.	Merged 1	1	140	10,85	3,72	0,718	107,75
59.	Merged 1	1	141	16,27	4,55	0,9	69,67
60.	Merged 1	1	142	18,99	4,92	0,89	89,29
61.	Merged 1	1	144	16,27	4,55	1	86,5
62.	Merged 1	1	145	8,14	3,22	1	79
63.	Merged 1	1	148	10,85	3,72	0,954	92,75
64.	Merged 1	1	150	5,42	2,63	1	81,5
65.	Merged 1	1	153	18,99	4,92	0,933	80
66.	Merged 1	1	158	10,85	3,72	1	71,25
67.	Merged 1	1	160	16,27	4,55	0,8	72,67
68.	Merged 1	1	164	8,14	3,22	1	75,33
69.	Merged 1	1	165	8,14	3,22	1	87,67
70.	Merged 1	1	174	16,27	4,55	1	96,33
71.	Merged 1	1	175	16,27	4,55	1	65,17
72.	Merged 1	1	181	16,27	4,55	1	74,33
73.	Merged 1	1	184	10,85	3,72	1	75
74.	Merged 1	1	186	5,42	2,63	1	81
75.	Merged 1	1	187	2,71	1,86	1	83
76.	Merged 1	1	191	16,27	4,55	0,9	84,17
77.	Merged 1	1	192	13,56	4,16	1	73
78.	Merged 1	1	195	10,85	3,72	1	75,75
79.	Merged 1	1	201	8,14	3,22	0,9	75,33
80.	Merged 1	1	207	8,14	3,22	1	77
81.	Merged 1	1	215	18,99	4,92	1	110,57
82.	Merged 1	1	216	10,85	3,72	1	81,25
83.	Merged 1	1	219	16,27	4,55	1	85,17
84.	Merged 1	1	220	13,56	4,16	1	80,2
85.	Merged 1	1	221	16,27	4,55	1	79,67
86.	Merged 1	1	222	2,71	1,86	1	49
87.	Merged 1	1	223	5,42	2,63	1	71
88.	Merged 1	1	227	2,71	1,86	1	93
89.	Merged 1	1	228	16,27	4,55	1	63,67
90.	Merged 1	1	229	5,42	2,63	1	95
91.	Merged 1	1	232	16,27	4,55	1	59,5
92.	Merged 1	1	234	5,42	2,63	1	83,5
93.	Merged 1	1	235	10,85	3,72	1	80
94.	Merged 1	1	239	10,85	3,72	0,954	104,25
95.	Merged 1	1	246	5,42	2,63	1	83
96.	Merged 1	1	247	5,42	2,63	1	91
97.	Merged 1	1	253	10,85	3,72	1	70
98.	Merged 1	1	255	8,14	3,22	1	78,67
99.	Merged 1	1	257	8,14	3,22	1	88

(lanjutan)

100.	Merged 1	1	261	13,56	4,16	1	97,2
101.	Merged 1	1	262	8,14	3,22	1	62,33
102.	Merged 1	1	264	8,14	3,22	1	97,67
103.	Merged 1	1	267	5,42	2,63	1	86,5
104.	Merged 1	1	269	2,71	1,86	1	86
105.	Merged 1	1	272	5,42	2,63	1	64
106.	Merged 1	1	275	2,71	1,86	1	88
107.	Merged 1	1	277	2,71	1,86	1	92
108.	Merged 1	1	279	5,42	2,63	1	87
109.	Merged 1	1	285	8,14	3,22	1	94
110.	Merged 1	1	287	8,14	3,22	1	93,33
111.	Merged 1	1	291	2,71	1,86	1	83
112.	Merged 1	1	293	5,42	2,63	1	80,5
113.	Merged 1	1	294	10,85	3,72	1	75
114.	Merged 1	1	297	13,56	4,16	1	70,4
115.	Merged 1	1	301	13,56	4,16	0,971	84
116.	Merged 1	1	303	18,99	4,92	1	53,29
117.	Merged 1	1	304	10,85	3,72	0,954	75,75
118.	Merged 1	1	309	10,85	3,72	0,954	76
119.	Merged 1	1	310	10,85	3,72	0,954	73,25
120.	Merged 1	1	313	5,42	2,63	1	84
121.	Merged 1	1	317	2,71	1,86	1	80
122.	Merged 1	1	320	16,27	4,55	1	75
123.	Merged 1	1	321	16,27	4,55	0,9	83,33
124.	Merged 1	1	322	8,14	3,22	1	74
125.	Merged 1	1	323	10,85	3,72	1	95
126.	Merged 1	1	326	10,85	3,72	0,954	92,75
127.	Merged 1	1	330	8,14	3,22	1	87
128.	Merged 1	1	335	5,42	2,63	1	73,5
129.	Merged 1	1	336	10,85	3,72	1	78,25
130.	Merged 1	1	337	8,14	3,22	1	81,33
131.	Merged 1	1	338	18,99	4,92	1	53
132.	Merged 1	1	339	13,56	4,16	1	73,6
133.	Merged 1	1	345	13,56	4,16	1	77,8
134.	Merged 1	1	350	5,42	2,63	1	77
135.	Merged 1	1	351	5,42	2,63	1	86,5
136.	Merged 1	1	353	8,14	3,22	1	73
137.	Merged 1	1	355	13,56	4,16	0,971	83,6
138.	Merged 1	1	359	10,85	3,72	1	88,75
139.	Merged 1	1	360	2,71	1,86	1	89
140.	Merged 1	1	361	10,85	3,72	1	61,5
141.	Merged 1	1	364	16,27	4,55	0,684	65
142.	Merged 1	1	373	8,14	3,22	1	82,67
143.	Merged 1	1	374	10,85	3,72	1	92,75
144.	Merged 1	1	375	10,85	3,72	1	95,25
145.	Merged 1	1	379	2,71	1,86	1	85
146.	Merged 1	1	380	16,27	4,55	1	68,5
147.	Merged 1	1	384	18,99	4,92	1	77,14
148.	Merged 1	1	388	18,99	4,92	0,933	78,43
149.	Merged 1	1	397	10,85	3,72	1	76,5
150.	Merged 1	1	402	13,56	4,16	1	73
151.	Merged 1	1	405	18,99	4,92	0,933	63,57
152.	Merged 1	1	406	5,42	2,63	1	79

(lanjutan)

153.	Merged 1	1	410	16,27	4,55	1	100,33
154.	Merged 1	1	412	10,85	3,72	0,954	86,25
155.	Merged 1	1	414	5,42	2,63	1	87
156.	Merged 1	1	420	18,99	4,92	1	66,14
157.	Merged 1	1	422	18,99	4,92	0,89	76,57
158.	Merged 1	1	423	8,14	3,22	0,9	69,67
159.	Merged 1	1	426	18,99	4,92	0,933	78
160.	Merged 1	1	427	16,27	4,55	1	92
161.	Merged 1	1	430	10,85	3,72	0,954	71,5
162.	Merged 1	1	433	2,71	1,86	1	73
163.	Merged 1	1	434	18,99	4,92	0,933	69,43
164.	Merged 1	1	437	13,56	4,16	1	82,2
165.	Merged 1	1	440	8,14	3,22	1	91
166.	Merged 1	1	442	10,85	3,72	1	91,5
167.	Merged 1	1	443	2,71	1,86	1	76
168.	Merged 1	1	454	5,42	2,63	1	84
169.	Merged 1	1	456	5,42	2,63	1	80,5
170.	Merged 1	1	458	10,85	3,72	0,954	77,75
171.	Merged 1	1	459	2,71	1,86	1	81
172.	Merged 1	1	460	5,42	2,63	1	56
173.	Merged 1	1	463	8,14	3,22	1	81
174.	Merged 1	1	473	5,42	2,63	1	87,5
175.	Merged 1	1	477	5,42	2,63	1	78,5
176.	Merged 1	1	482	13,56	4,16	1	80,6
177.	Merged 1	1	485	16,27	4,55	1	95,5
178.	Merged 1	1	486	8,14	3,22	1	79,33
179.	Merged 1	1	490	2,71	1,86	1	82
180.	Merged 1	1	493	13,56	4,16	1	64
181.	Merged 1	1	494	5,42	2,63	1	64,5
182.	Merged 1	1	497	2,71	1,86	1	85
183.	Merged 1	1	501	5,42	2,63	1	78
184.	Merged 1	1	505	16,27	4,55	0,684	73,67
185.	Merged 1	1	506	2,71	1,86	1	88
186.	Merged 1	1	508	2,71	1,86	1	87
187.	Merged 1	1	509	5,42	2,63	1	79
188.	Merged 1	1	511	2,71	1,86	1	71
189.	Merged 1	1	512	2,71	1,86	1	81
190.	Merged 1	1	513	5,42	2,63	1	82
191.	Merged 1	1	515	5,42	2,63	1	83
192.	Merged 1	1	522	8,14	3,22	1	73,33
193.	Merged 1	1	523	10,85	3,72	0,954	64,75
194.	Merged 1	1	525	8,14	3,22	1	76
195.	Merged 1	1	526	10,85	3,72	1	73,25
196.	Merged 1	1	533	5,42	2,63	1	83
197.	Merged 1	1	537	8,14	3,22	1	77
198.	Merged 1	1	538	5,42	2,63	1	65
199.	Merged 1	1	539	8,14	3,22	0,839	78
200.	Merged 1	1	541	5,42	2,63	1	78
201.	Merged 1	1	542	5,42	2,63	1	89
202.	Merged 1	1	547	13,56	4,16	0,75	76,8
203.	Merged 1	1	549	5,42	2,63	1	63
204.	Merged 1	1	551	5,42	2,63	1	79,5
205.	Merged 1	1	553	8,14	3,22	1	98,67



(lanjutan)

206.	Merged 1	1	556	18,99	4,92	0,72	71,29
207.	Merged 1	1	560	16,27	4,55	1	61,17
208.	Merged 1	1	568	5,42	2,63	1	62
209.	Merged 1	1	571	2,71	1,86	1	76
210.	Merged 1	1	572	18,99	4,92	0,933	77,14
211.	Merged 1	1	573	2,71	1,86	1	94
212.	Merged 1	1	580	2,71	1,86	1	80
213.	Merged 1	1	582	8,14	3,22	1	76
214.	Merged 1	1	585	8,14	3,22	0,9	87,33
215.	Merged 1	1	586	18,99	4,92	0,798	93,14
216.	Merged 1	1	587	13,56	4,16	0,85	96,8
217.	Merged 1	1	592	5,42	2,63	1	73,5
218.	Merged 1	1	595	18,99	4,92	1	93,86
219.	Merged 1	1	602	18,99	4,92	0,933	74,14
220.	Merged 1	1	603	10,85	3,72	1	73,5
221.	Merged 1	1	606	2,71	1,86	1	93
222.	Merged 1	1	609	18,99	4,92	1	76,14
223.	Merged 1	1	612	13,56	4,16	1	90,8
224.	Merged 1	1	617	2,71	1,86	1	83
225.	Merged 1	1	619	10,85	3,72	1	69
226.	Merged 1	1	621	8,14	3,22	1	44
227.	Merged 1	1	622	10,85	3,72	1	60,5
228.	Merged 1	1	623	2,71	1,86	1	76
229.	Merged 1	1	626	2,71	1,86	1	79
230.	Merged 1	1	627	16,27	4,55	1	72,5
231.	Merged 1	1	631	5,42	2,63	1	73
232.	Merged 1	1	632	2,71	1,86	1	84
233.	Merged 1	1	636	13,56	4,16	1	76
234.	Merged 1	1	639	2,71	1,86	1	83
235.	Merged 1	1	640	13,56	4,16	1	85,8
236.	Merged 1	1	641	18,99	4,92	0,933	75,43
237.	Merged 1	1	643	13,56	4,16	0,75	80,4
238.	Merged 1	1	644	13,56	4,16	0,713	72,8
239.	Merged 1	1	647	16,27	4,55	0,763	79
240.	Merged 1	1	650	18,99	4,92	0,72	84,57
241.	Merged 1	1	651	5,42	2,63	1	89,5
242.	Merged 1	1	654	2,71	1,86	1	72
243.	Merged 1	1	655	5,42	2,63	1	82
244.	Merged 1	1	659	16,27	4,55	1	63
245.	Merged 1	1	661	18,99	4,92	1	82,57
246.	Merged 1	1	663	10,85	3,72	1	85,75
247.	Merged 1	1	665	5,42	2,63	1	75
248.	Merged 1	1	666	5,42	2,63	1	82
249.	Merged 1	1	667	10,85	3,72	0,954	88,75
250.	Merged 1	1	670	5,42	2,63	1	79,5
251.	Merged 1	1	678	18,99	4,92	1	87,86
252.	Merged 1	1	680	16,27	4,55	1	86
253.	Merged 1	1	681	13,56	4,16	0,971	102,2
254.	Merged 1	1	682	5,42	2,63	1	73,5
255.	Merged 1	1	683	8,14	3,22	1	80,33
256.	Merged 1	1	686	10,85	3,72	1	68
257.	Merged 1	1	687	16,27	4,55	0,655	72,5
258.	Merged 1	1	691	2,71	1,86	1	82

(lanjutan)

259.	Merged 1	1	697	2,71	1,86	1	69
260.	Merged 1	1	698	2,71	1,86	1	90
261.	Merged 1	1	701	5,42	2,63	1	66,5
262.	Merged 1	1	702	5,42	2,63	1	101,5
263.	Merged 1	1	707	5,42	2,63	1	83,5
264.	Merged 1	1	712	5,42	2,63	1	66
265.	Merged 1	1	713	5,42	2,63	1	82,5
266.	Merged 1	1	714	2,71	1,86	1	77
267.	Merged 1	1	718	13,56	4,16	1	82,2
268.	Merged 1	1	721	16,27	4,55	1	69,83
269.	Merged 1	1	725	5,42	2,63	1	96,5
270.	Merged 1	1	726	10,85	3,72	1	75,75
271.	Merged 1	1	727	13,56	4,16	1	83,4
272.	Merged 1	1	730	8,14	3,22	1	61,33
273.	Merged 1	1	732	10,85	3,72	1	77
274.	Merged 1	1	733	8,14	3,22	0,9	110
275.	Merged 1	1	735	5,42	2,63	1	77,5
276.	Merged 1	1	739	10,85	3,72	0,954	85,5
277.	Merged 1	1	741	8,14	3,22	1	74,67
278.	Merged 1	1	745	10,85	3,72	0,954	79,75
279.	Merged 1	1	749	8,14	3,22	1	98
280.	Merged 1	1	753	10,85	3,72	1	88,5
281.	Merged 1	1	755	10,85	3,72	0,823	74,25
282.	Merged 1	1	756	16,27	4,55	1	73,17
283.	Merged 1	1	761	2,71	1,86	1	86
284.	Merged 1	1	766	18,99	4,92	0,933	88,86
285.	Merged 1	1	777	8,14	3,22	1	80,33
286.	Merged 1	1	781	5,42	2,63	1	72,5
287.	Merged 1	1	787	2,71	1,86	1	88
288.	Merged 1	1	792	18,99	4,92	1	83,43
289.	Merged 1	1	798	13,56	4,16	1	61,6
290.	Merged 1	1	805	16,27	4,55	1	75,17
291.	Merged 1	1	806	2,71	1,86	1	81
292.	Merged 1	1	808	5,42	2,63	1	75,5
293.	Merged 1	1	815	16,27	4,55	1	75,83
294.	Merged 1	1	820	2,71	1,86	1	80
295.	Merged 1	1	823	18,99	4,92	1	68,43
296.	Merged 1	1	824	2,71	1,86	1	80
297.	Merged 1	1	827	16,27	4,55	1	75,5
298.	Merged 1	1	828	16,27	4,55	1	68,5
299.	Merged 1	1	831	2,71	1,86	1	87
300.	Merged 1	1	836	10,85	3,72	0,954	81,25
301.	Merged 1	1	837	8,14	3,22	1	84
302.	Merged 1	1	839	10,85	3,72	1	89,5
303.	Merged 1	1	842	10,85	3,72	1	82
304.	Merged 1	1	843	13,56	4,16	1	71,4
305.	Merged 1	1	850	16,27	4,55	1	71,33
306.	Merged 1	1	851	2,71	1,86	1	62
307.	Merged 1	1	854	10,85	3,72	1	66,75
308.	Merged 1	1	856	13,56	4,16	1	130,2
309.	Merged 1	1	862	18,99	4,92	0,798	78,14
310.	Merged 1	1	866	13,56	4,16	1	93,2
311.	Merged 1	1	867	16,27	4,55	1	86,5

(lanjutan)

312.	Merged 1	1	872	8,14	3,22	1	73,33
313.	Merged 1	1	880	10,85	3,72	0,954	113,75
314.	Merged 1	1	881	8,14	3,22	1	102,33
315.	Merged 1	1	882	13,56	4,16	1	74,2
316.	Merged 1	1	884	16,27	4,55	1	85
317.	Merged 1	1	887	5,42	2,63	1	69,5
318.	Merged 1	1	890	13,56	4,16	1	83,4
319.	Merged 1	1	891	8,14	3,22	1	84,33
320.	Merged 1	1	892	16,27	4,55	0,684	64,83
321.	Merged 1	1	893	16,27	4,55	0,9	77,67
322.	Merged 1	1	895	18,99	4,92	1	74,14
323.	Merged 1	1	896	2,71	1,86	1	80
324.	Merged 1	1	903	5,42	2,63	1	96,5
325.	Merged 1	1	906	13,56	4,16	1	76,8
326.	Merged 1	1	908	2,71	1,86	1	97
327.	Merged 1	1	909	16,27	4,55	1	86,33
328.	Merged 1	1	918	13,56	4,16	1	73,2
329.	Merged 1	1	921	13,56	4,16	1	83,2
330.	Merged 1	1	922	8,14	3,22	0,9	79,67
331.	Merged 1	1	924	10,85	3,72	0,954	98,5
332.	Merged 1	1	932	13,56	4,16	1	91
333.	Merged 1	1	934	13,56	4,16	1	88
334.	Merged 1	1	938	5,42	2,63	1	71,5
335.	Merged 1	1	942	10,85	3,72	1	106,75
336.	Merged 1	1	950	10,85	3,72	1	71,25
337.	Merged 1	1	951	2,71	1,86	1	70
338.	Merged 1	1	953	10,85	3,72	1	91,5
339.	Merged 1	1	954	10,85	3,72	0,954	74,25
340.	Merged 1	1	955	18,99	4,92	1	69,71
341.	Merged 1	1	959	2,71	1,86	1	96
342.	Merged 1	1	962	10,85	3,72	1	91
343.	Merged 1	1	964	2,71	1,86	1	69
344.	Merged 1	1	965	5,42	2,63	1	66,5
345.	Merged 1	1	966	5,42	2,63	1	85,5
346.	Merged 1	1	967	18,99	4,92	1	86,29
347.	Merged 1	1	968	2,71	1,86	1	97
348.	Merged 1	1	970	18,99	4,92	0,89	69,86
349.	Merged 1	1	972	13,56	4,16	1	68,6
350.	Merged 1	1	973	10,85	3,72	1	72,25
351.	Merged 1	1	974	8,14	3,22	1	78,67
352.	Merged 1	1	975	8,14	3,22	0,9	70,67
353.	Merged 1	1	976	13,56	4,16	1	87,6
354.	Merged 1	1	981	8,14	3,22	1	86,33
355.	Merged 1	1	982	5,42	2,63	1	91,5
356.	Merged 1	1	984	2,71	1,86	1	91
357.	Merged 1	1	988	5,42	2,63	1	102,5
358.	Merged 1	1	990	10,85	3,72	1	78,75
359.	Merged 1	1	993	13,56	4,16	1	68,8
360.	Merged 1	1	996	2,71	1,86	1	97
361.	Merged 1	1	999	18,99	4,92	0,933	85,29
362.	Merged 1	1	1000	13,56	4,16	0,971	81,2
363.	Merged 1	1	1013	2,71	1,86	1	90
364.	Merged 1	1	1014	8,14	3,22	1	83,33

(lanjutan)

365.	Merged 1	1	1025	16,27	4,55	1	81,67
366.	Merged 1	1	1026	13,56	4,16	1	79,2
367.	Merged 1	1	1029	8,14	3,22	1	81
368.	Merged 1	1	1031	2,71	1,86	1	79
369.	Merged 1	1	1033	5,42	2,63	1	78,5
370.	Merged 1	1	1036	13,56	4,16	0,85	76,8
371.	Merged 1	1	1038	16,27	4,55	1	78,5
372.	Merged 1	1	1039	13,56	4,16	1	80,4
373.	Merged 1	1	1042	18,99	4,92	0,89	93,14
374.	Merged 1	1	1043	2,71	1,86	1	125
375.	Merged 1	1	1045	16,27	4,55	0,9	94,83
376.	Merged 1	1	1046	16,27	4,55	1	89,5
377.	Merged 1	1	1047	8,14	3,22	1	96,67
378.	Merged 1	1	1052	16,27	4,55	1	84,17
379.	Merged 1	1	1055	18,99	4,92	1	83,14
380.	Merged 1	1	1059	5,42	2,63	1	100,5
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	10,1	5,19	2,71	18,99			
EqDiameter	3,45	0,97	1,86	4,92			
Circularity	0,977	0,063	0,473	1			
MeanIntensity	81,24	11,67	44	136,2			
Area	840000	$\mu\text{m}^2$					
Nodule Count	452,38095	nodule/mm <sup>2</sup>					

(lanjutan)

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul  
TWADI 1**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged	1	2	13,66	4,17	0,57	114,2
2.	Merged	1	4	5,47	2,64	1	132
3.	Merged	1	6	5,47	2,64	1	63
4.	Merged	1	13	2,73	1,87	1	107
5.	Merged	1	21	13,66	4,17	0,57	74,4
6.	Merged	1	22	5,47	2,64	1	116,5
7.	Merged	1	25	2,73	1,87	1	79
8.	Merged	1	26	5,47	2,64	1	108,5
9.	Merged	1	30	5,47	2,64	1	89,5
10.	Merged	1	33	19,13	4,94	0,489	93
11.	Merged	1	37	13,66	4,17	1	99,4
12.	Merged	1	47	8,2	3,23	0,839	34,33
13.	Merged	1	49	19,13	4,94	0,628	114,71
14.	Merged	1	50	10,93	3,73	1	87,25
15.	Merged	1	52	2,73	1,87	1	78
16.	Merged	1	56	5,47	2,64	1	66,5
17.	Merged	1	60	10,93	3,73	1	96,75
18.	Merged	1	61	13,66	4,17	1	111,6
19.	Merged	1	70	13,66	4,17	0,636	65
20.	Merged	1	71	16,4	4,57	1	81,83
21.	Merged	1	77	2,73	1,87	1	62
22.	Merged	1	79	5,47	2,64	1	84
23.	Merged	1	81	19,13	4,94	1	91,14
24.	Merged	1	84	2,73	1,87	1	64
25.	Merged	1	95	10,93	3,73	0,954	76,25
26.	Merged	1	96	5,47	2,64	1	72,5
27.	Merged	1	99	8,2	3,23	0,784	65,33
28.	Merged	1	108	2,73	1,87	1	101
29.	Merged	1	113	5,47	2,64	1	96,5
30.	Merged	1	114	13,66	4,17	0,546	43,4
31.	Merged	1	122	19,13	4,94	0,89	82,71
32.	Merged	1	128	19,13	4,94	0,431	57,43
33.	Merged	1	129	2,73	1,87	1	55
34.	Merged	1	130	2,73	1,87	1	86
35.	Merged	1	132	8,2	3,23	0,839	91,67
36.	Merged	1	139	2,73	1,87	1	81
37.	Merged	1	142	5,47	2,64	1	29,5
38.	Merged	1	144	5,47	2,64	1	69,5
39.	Merged	1	147	13,66	4,17	1	76
40.	Merged	1	149	2,73	1,87	1	115
41.	Merged	1	150	8,2	3,23	0,9	24,67
42.	Merged	1	155	16,4	4,57	0,491	22,67
43.	Merged	1	164	8,2	3,23	0,839	49,33
44.	Merged	1	170	2,73	1,87	1	80
45.	Merged	1	171	8,2	3,23	0,839	80,67
46.	Merged	1	173	2,73	1,87	1	72

(lanjutan)

47.	Merged	1	176	16,4	4,57	0,9	77,83
48.	Merged	1	179	13,66	4,17	0,75	73,8
49.	Merged	1	180	16,4	4,57	0,9	77,5
50.	Merged	1	181	2,73	1,87	1	69
51.	Merged	1	192	13,66	4,17	1	74,2
52.	Merged	1	194	10,93	3,73	1	83,25
53.	Merged	1	196	2,73	1,87	1	84
54.	Merged	1	213	2,73	1,87	1	82
55.	Merged	1	216	2,73	1,87	1	73
56.	Merged	1	220	13,66	4,17	1	81,6
57.	Merged	1	221	8,2	3,23	1	83,67
58.	Merged	1	224	10,93	3,73	0,68	22,25
59.	Merged	1	230	8,2	3,23	0,839	61,33
60.	Merged	1	231	13,66	4,17	0,596	83,4
61.	Merged	1	235	8,2	3,23	0,9	16,33
62.	Merged	1	237	13,66	4,17	0,636	42,8
63.	Merged	1	239	2,73	1,87	1	71
64.	Merged	1	241	19,13	4,94	0,691	81,29
65.	Merged	1	243	8,2	3,23	1	56,33
66.	Merged	1	245	2,73	1,87	1	76
67.	Merged	1	248	2,73	1,87	1	89
68.	Merged	1	253	10,93	3,73	0,645	53
69.	Merged	1	254	13,66	4,17	0,523	88
70.	Merged	1	256	16,4	4,57	1	82
71.	Merged	1	257	5,47	2,64	1	89
72.	Merged	1	258	2,73	1,87	1	70
73.	Merged	1	265	2,73	1,87	1	94
74.	Merged	1	266	16,4	4,57	0,9	81,17
75.	Merged	1	267	19,13	4,94	1	72
76.	Merged	1	268	2,73	1,87	1	111
77.	Merged	1	276	2,73	1,87	1	66
78.	Merged	1	277	2,73	1,87	1	89
79.	Merged	1	288	5,47	2,64	1	42,5
80.	Merged	1	289	10,93	3,73	1	99
81.	Merged	1	290	8,2	3,23	1	49,33
82.	Merged	1	291	19,13	4,94	0,525	68,86
83.	Merged	1	295	19,13	4,94	1	76,86
84.	Merged	1	296	5,47	2,64	1	87,5
85.	Merged	1	301	10,93	3,73	0,777	87,25
86.	Merged	1	312	5,47	2,64	1	70
87.	Merged	1	314	2,73	1,87	1	71
88.	Merged	1	316	13,66	4,17	0,57	28,6
89.	Merged	1	317	16,4	4,57	0,538	117,33
90.	Merged	1	318	10,93	3,73	0,68	43
91.	Merged	1	320	5,47	2,64	1	78
92.	Merged	1	321	8,2	3,23	0,839	65,67
93.	Merged	1	322	8,2	3,23	0,839	73
94.	Merged	1	324	10,93	3,73	0,777	52
95.	Merged	1	328	2,73	1,87	1	79
96.	Merged	1	332	5,47	2,64	1	74,5
97.	Merged	1	333	8,2	3,23	0,839	64,33
98.	Merged	1	336	16,4	4,57	0,655	83,5
99.	Merged	1	347	2,73	1,87	1	84

(lanjutan)

100.	Merged	1	354	8,2	3,23	1	64,67
101.	Merged	1	356	2,73	1,87	1	50
102.	Merged	1	357	10,93	3,73	0,718	127,25
103.	Merged	1	366	8,2	3,23	0,784	30
104.	Merged	1	367	5,47	2,64	1	109
105.	Merged	1	371	2,73	1,87	1	79
106.	Merged	1	372	2,73	1,87	1	85
107.	Merged	1	374	2,73	1,87	1	49
108.	Merged	1	378	2,73	1,87	1	82
109.	Merged	1	381	5,47	2,64	1	76
110.	Merged	1	382	13,66	4,17	0,636	68,4
111.	Merged	1	383	2,73	1,87	1	83
112.	Merged	1	388	2,73	1,87	1	79
113.	Merged	1	393	8,2	3,23	1	83
114.	Merged	1	398	2,73	1,87	1	45
115.	Merged	1	402	2,73	1,87	1	71
116.	Merged	1	404	8,2	3,23	1	54,67
117.	Merged	1	408	2,73	1,87	1	57
118.	Merged	1	409	2,73	1,87	1	71
119.	Merged	1	410	5,47	2,64	1	59
120.	Merged	1	413	19,13	4,94	0,489	43
121.	Merged	1	415	2,73	1,87	1	109
122.	Merged	1	416	19,13	4,94	0,392	29,71
123.	Merged	1	417	19,13	4,94	0,466	48,43
124.	Merged	1	418	2,73	1,87	1	79
125.	Merged	1	422	8,2	3,23	1	54
126.	Merged	1	423	13,66	4,17	1	83,4
127.	Merged	1	424	2,73	1,87	1	45
128.	Merged	1	425	16,4	4,57	0,684	81,5
129.	Merged	1	426	2,73	1,87	1	94
130.	Merged	1	428	8,2	3,23	0,9	63,33
131.	Merged	1	429	2,73	1,87	1	64
132.	Merged	1	430	5,47	2,64	1	80
133.	Merged	1	431	5,47	2,64	1	92,5
134.	Merged	1	433	2,73	1,87	1	52
135.	Merged	1	434	13,66	4,17	0,546	74,4
136.	Merged	1	435	2,73	1,87	1	46
137.	Merged	1	440	10,93	3,73	0,68	41
138.	Merged	1	441	8,2	3,23	1	79
139.	Merged	1	442	13,66	4,17	1	105,6
140.	Merged	1	443	5,47	2,64	1	52
141.	Merged	1	445	13,66	4,17	0,57	54,2
142.	Merged	1	449	10,93	3,73	1	73,75
143.	Merged	1	452	13,66	4,17	0,636	89,2
144.	Merged	1	455	10,93	3,73	1	80
145.	Merged	1	457	16,4	4,57	0,592	92,33
146.	Merged	1	466	5,47	2,64	1	74,5
147.	Merged	1	470	5,47	2,64	1	104,5
148.	Merged	1	471	5,47	2,64	1	63
149.	Merged	1	473	2,73	1,87	1	73
150.	Merged	1	475	2,73	1,87	1	65
151.	Merged	1	478	8,2	3,23	1	18
152.	Merged	1	480	5,47	2,64	1	59

(lanjutan)

153.	Merged	1	482	16,4	4,57	0,473	72,67
154.	Merged	1	483	8,2	3,23	0,9	57
155.	Merged	1	484	19,13	4,94	0,392	31,86
156.	Merged	1	486	2,73	1,87	1	62
157.	Merged	1	487	5,47	2,64	1	47,5
158.	Merged	1	488	5,47	2,64	1	52,5
159.	Merged	1	489	5,47	2,64	1	41,5
160.	Merged	1	490	5,47	2,64	1	110
161.	Merged	1	493	5,47	2,64	1	37,5
162.	Merged	1	496	2,73	1,87	1	91
163.	Merged	1	497	2,73	1,87	1	47
164.	Merged	1	498	5,47	2,64	1	45
165.	Merged	1	500	2,73	1,87	1	66
166.	Merged	1	502	2,73	1,87	1	66
167.	Merged	1	503	5,47	2,64	1	41
168.	Merged	1	504	2,73	1,87	1	98
169.	Merged	1	505	2,73	1,87	1	49
170.	Merged	1	506	8,2	3,23	1	84,67
171.	Merged	1	509	2,73	1,87	1	75
172.	Merged	1	512	13,66	4,17	1	91
173.	Merged	1	515	2,73	1,87	1	80
174.	Merged	1	518	16,4	4,57	1	83,83
175.	Merged	1	519	10,93	3,73	0,954	49,5
176.	Merged	1	521	13,66	4,17	0,546	32,2
177.	Merged	1	523	2,73	1,87	1	95
178.	Merged	1	524	10,93	3,73	1	73,25
179.	Merged	1	525	10,93	3,73	0,954	81,75
180.	Merged	1	528	2,73	1,87	1	51
181.	Merged	1	538	13,66	4,17	0,636	76,6
182.	Merged	1	539	10,93	3,73	0,954	103,25
183.	Merged	1	543	2,73	1,87	1	104
184.	Merged	1	545	5,47	2,64	1	83
185.	Merged	1	547	2,73	1,87	1	132
186.	Merged	1	548	2,73	1,87	1	22
187.	Merged	1	550	19,13	4,94	0,417	82,71
188.	Merged	1	551	2,73	1,87	1	62
189.	Merged	1	552	5,47	2,64	1	90
190.	Merged	1	553	13,66	4,17	0,523	52,8
191.	Merged	1	555	13,66	4,17	0,57	88,6
192.	Merged	1	559	5,47	2,64	1	68
193.	Merged	1	561	5,47	2,64	1	62
194.	Merged	1	565	5,47	2,64	1	53,5
195.	Merged	1	566	5,47	2,64	1	45,5
196.	Merged	1	567	13,66	4,17	0,57	27,4
197.	Merged	1	568	2,73	1,87	1	80
198.	Merged	1	569	5,47	2,64	1	33
199.	Merged	1	570	8,2	3,23	1	68,67
200.	Merged	1	572	16,4	4,57	0,518	40,33
201.	Merged	1	574	5,47	2,64	1	78
202.	Merged	1	578	5,47	2,64	1	76,5
203.	Merged	1	580	2,73	1,87	1	48
204.	Merged	1	584	16,4	4,57	1	93
205.	Merged	1	590	10,93	3,73	0,954	43,75

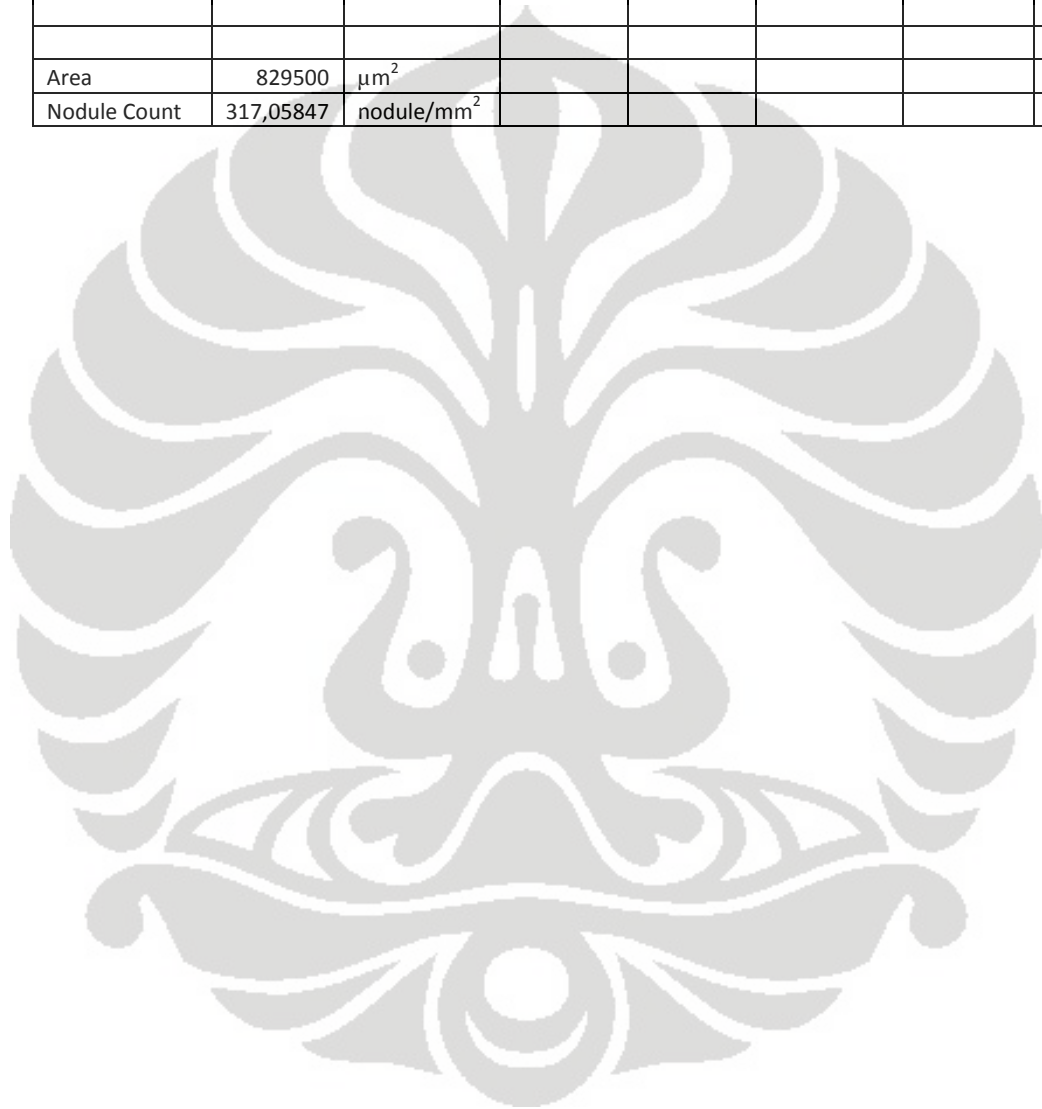


(lanjutan)

206.	Merged	1	592	5,47	2,64	1	71,5
207.	Merged	1	594	2,73	1,87	1	61
208.	Merged	1	596	2,73	1,87	1	59
209.	Merged	1	598	5,47	2,64	1	77,5
210.	Merged	1	599	2,73	1,87	1	42
211.	Merged	1	600	10,93	3,73	0,645	75,5
212.	Merged	1	601	10,93	3,73	1	83,25
213.	Merged	1	603	2,73	1,87	1	88
214.	Merged	1	604	8,2	3,23	1	91,33
215.	Merged	1	606	10,93	3,73	0,68	30,5
216.	Merged	1	612	5,47	2,64	1	102
217.	Merged	1	613	5,47	2,64	1	64
218.	Merged	1	617	2,73	1,87	1	55
219.	Merged	1	618	2,73	1,87	1	66
220.	Merged	1	622	8,2	3,23	1	33
221.	Merged	1	623	13,66	4,17	0,546	64,4
222.	Merged	1	627	2,73	1,87	1	122
223.	Merged	1	632	8,2	3,23	1	81,33
224.	Merged	1	633	5,47	2,64	1	70
225.	Merged	1	634	13,66	4,17	0,971	91,4
226.	Merged	1	639	8,2	3,23	1	101
227.	Merged	1	641	19,13	4,94	0,798	83,71
228.	Merged	1	646	10,93	3,73	1	57,25
229.	Merged	1	650	10,93	3,73	1	80,25
230.	Merged	1	655	10,93	3,73	0,777	107
231.	Merged	1	657	16,4	4,57	0,9	84
232.	Merged	1	664	5,47	2,64	1	89
233.	Merged	1	666	10,93	3,73	0,645	46
234.	Merged	1	667	2,73	1,87	1	64
235.	Merged	1	670	5,47	2,64	1	40
236.	Merged	1	671	8,2	3,23	0,9	60,33
237.	Merged	1	679	19,13	4,94	0,664	97,14
238.	Merged	1	681	5,47	2,64	1	22,5
239.	Merged	1	683	2,73	1,87	1	92
240.	Merged	1	685	2,73	1,87	1	43
241.	Merged	1	686	2,73	1,87	1	52
242.	Merged	1	688	10,93	3,73	0,68	43,75
243.	Merged	1	690	2,73	1,87	1	61
244.	Merged	1	700	10,93	3,73	1	86
245.	Merged	1	718	8,2	3,23	0,9	65
246.	Merged	1	720	13,66	4,17	0,607	11
247.	Merged	1	721	13,66	4,17	0,666	118,4
248.	Merged	1	724	19,13	4,94	0,417	44,29
249.	Merged	1	735	2,73	1,87	1	32
250.	Merged	1	740	8,2	3,23	0,9	102
251.	Merged	1	741	10,93	3,73	0,777	97,5
252.	Merged	1	744	2,73	1,87	1	99
253.	Merged	1	747	13,66	4,17	0,546	28,4
254.	Merged	1	750	5,47	2,64	1	22
255.	Merged	1	751	8,2	3,23	1	96
256.	Merged	1	753	2,73	1,87	1	93
257.	Merged	1	756	16,4	4,57	0,9	103,33
258.	Merged	1	760	13,66	4,17	0,636	31,6

(lanjutan)

259.	Merged	1	762	16,4	4,57	1	73,5
260.	Merged	1	764	2,73	1,87	1	86
261.	Merged	1	766	19,13	4,94	0,89	97,14
262.	Merged	1	769	10,93	3,73	0,718	140,75
263.	Merged	1	770	13,66	4,17	0,596	117,6
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	8,27	5,26	2,73	19,13			
EqDiameter	3,08	1,03	1,87	4,94			
Circularity	0,899	0,17	0,392	1			
MeanIntensity	71,87	24,16	11	140,75			
Area	829500	$\mu\text{m}^2$					
Nodule Count	317,05847	nodule/mm <sup>2</sup>					





# **LAMPIRAN 4**

**Data Hasil Perhitungan**

**Jumlah Nodul, Kenodulan dan Diameter Nodul Rata-rata  
TWADI dengan software NIS-Elements**

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul  
TWADI 1**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged	1	2	13,66	4,17	0,57	114,2
2.	Merged	1	4	5,47	2,64	1	132
3.	Merged	1	6	5,47	2,64	1	63
4.	Merged	1	13	2,73	1,87	1	107
5.	Merged	1	21	13,66	4,17	0,57	74,4
6.	Merged	1	22	5,47	2,64	1	116,5
7.	Merged	1	25	2,73	1,87	1	79
8.	Merged	1	26	5,47	2,64	1	108,5
9.	Merged	1	30	5,47	2,64	1	89,5
10.	Merged	1	33	19,13	4,94	0,489	93
11.	Merged	1	37	13,66	4,17	1	99,4
12.	Merged	1	47	8,2	3,23	0,839	34,33
13.	Merged	1	49	19,13	4,94	0,628	114,71
14.	Merged	1	50	10,93	3,73	1	87,25
15.	Merged	1	52	2,73	1,87	1	78
16.	Merged	1	56	5,47	2,64	1	66,5
17.	Merged	1	60	10,93	3,73	1	96,75
18.	Merged	1	61	13,66	4,17	1	111,6
19.	Merged	1	70	13,66	4,17	0,636	65
20.	Merged	1	71	16,4	4,57	1	81,83
21.	Merged	1	77	2,73	1,87	1	62
22.	Merged	1	79	5,47	2,64	1	84
23.	Merged	1	81	19,13	4,94	1	91,14
24.	Merged	1	84	2,73	1,87	1	64
25.	Merged	1	95	10,93	3,73	0,954	76,25
26.	Merged	1	96	5,47	2,64	1	72,5
27.	Merged	1	99	8,2	3,23	0,784	65,33
28.	Merged	1	108	2,73	1,87	1	101
29.	Merged	1	113	5,47	2,64	1	96,5
30.	Merged	1	114	13,66	4,17	0,546	43,4
31.	Merged	1	122	19,13	4,94	0,89	82,71
32.	Merged	1	128	19,13	4,94	0,431	57,43
33.	Merged	1	129	2,73	1,87	1	55
34.	Merged	1	130	2,73	1,87	1	86
35.	Merged	1	132	8,2	3,23	0,839	91,67
36.	Merged	1	139	2,73	1,87	1	81
37.	Merged	1	142	5,47	2,64	1	29,5
38.	Merged	1	144	5,47	2,64	1	69,5
39.	Merged	1	147	13,66	4,17	1	76
40.	Merged	1	149	2,73	1,87	1	115
41.	Merged	1	150	8,2	3,23	0,9	24,67
42.	Merged	1	155	16,4	4,57	0,491	22,67
43.	Merged	1	164	8,2	3,23	0,839	49,33
44.	Merged	1	170	2,73	1,87	1	80
45.	Merged	1	171	8,2	3,23	0,839	80,67
46.	Merged	1	173	2,73	1,87	1	72

(lanjutan)

47.	Merged	1	176	16,4	4,57	0,9	77,83
48.	Merged	1	179	13,66	4,17	0,75	73,8
49.	Merged	1	180	16,4	4,57	0,9	77,5
50.	Merged	1	181	2,73	1,87	1	69
51.	Merged	1	192	13,66	4,17	1	74,2
52.	Merged	1	194	10,93	3,73	1	83,25
53.	Merged	1	196	2,73	1,87	1	84
54.	Merged	1	213	2,73	1,87	1	82
55.	Merged	1	216	2,73	1,87	1	73
56.	Merged	1	220	13,66	4,17	1	81,6
57.	Merged	1	221	8,2	3,23	1	83,67
58.	Merged	1	224	10,93	3,73	0,68	22,25
59.	Merged	1	230	8,2	3,23	0,839	61,33
60.	Merged	1	231	13,66	4,17	0,596	83,4
61.	Merged	1	235	8,2	3,23	0,9	16,33
62.	Merged	1	237	13,66	4,17	0,636	42,8
63.	Merged	1	239	2,73	1,87	1	71
64.	Merged	1	241	19,13	4,94	0,691	81,29
65.	Merged	1	243	8,2	3,23	1	56,33
66.	Merged	1	245	2,73	1,87	1	76
67.	Merged	1	248	2,73	1,87	1	89
68.	Merged	1	253	10,93	3,73	0,645	53
69.	Merged	1	254	13,66	4,17	0,523	88
70.	Merged	1	256	16,4	4,57	1	82
71.	Merged	1	257	5,47	2,64	1	89
72.	Merged	1	258	2,73	1,87	1	70
73.	Merged	1	265	2,73	1,87	1	94
74.	Merged	1	266	16,4	4,57	0,9	81,17
75.	Merged	1	267	19,13	4,94	1	72
76.	Merged	1	268	2,73	1,87	1	111
77.	Merged	1	276	2,73	1,87	1	66
78.	Merged	1	277	2,73	1,87	1	89
79.	Merged	1	288	5,47	2,64	1	42,5
80.	Merged	1	289	10,93	3,73	1	99
81.	Merged	1	290	8,2	3,23	1	49,33
82.	Merged	1	291	19,13	4,94	0,525	68,86
83.	Merged	1	295	19,13	4,94	1	76,86
84.	Merged	1	296	5,47	2,64	1	87,5
85.	Merged	1	301	10,93	3,73	0,777	87,25
86.	Merged	1	312	5,47	2,64	1	70
87.	Merged	1	314	2,73	1,87	1	71
88.	Merged	1	316	13,66	4,17	0,57	28,6
89.	Merged	1	317	16,4	4,57	0,538	117,33
90.	Merged	1	318	10,93	3,73	0,68	43
91.	Merged	1	320	5,47	2,64	1	78
92.	Merged	1	321	8,2	3,23	0,839	65,67
93.	Merged	1	322	8,2	3,23	0,839	73
94.	Merged	1	324	10,93	3,73	0,777	52
95.	Merged	1	328	2,73	1,87	1	79
96.	Merged	1	332	5,47	2,64	1	74,5
97.	Merged	1	333	8,2	3,23	0,839	64,33
98.	Merged	1	336	16,4	4,57	0,655	83,5
99.	Merged	1	347	2,73	1,87	1	84

(lanjutan)

100.	Merged	1	354	8,2	3,23	1	64,67
101.	Merged	1	356	2,73	1,87	1	50
102.	Merged	1	357	10,93	3,73	0,718	127,25
103.	Merged	1	366	8,2	3,23	0,784	30
104.	Merged	1	367	5,47	2,64	1	109
105.	Merged	1	371	2,73	1,87	1	79
106.	Merged	1	372	2,73	1,87	1	85
107.	Merged	1	374	2,73	1,87	1	49
108.	Merged	1	378	2,73	1,87	1	82
109.	Merged	1	381	5,47	2,64	1	76
110.	Merged	1	382	13,66	4,17	0,636	68,4
111.	Merged	1	383	2,73	1,87	1	83
112.	Merged	1	388	2,73	1,87	1	79
113.	Merged	1	393	8,2	3,23	1	83
114.	Merged	1	398	2,73	1,87	1	45
115.	Merged	1	402	2,73	1,87	1	71
116.	Merged	1	404	8,2	3,23	1	54,67
117.	Merged	1	408	2,73	1,87	1	57
118.	Merged	1	409	2,73	1,87	1	71
119.	Merged	1	410	5,47	2,64	1	59
120.	Merged	1	413	19,13	4,94	0,489	43
121.	Merged	1	415	2,73	1,87	1	109
122.	Merged	1	416	19,13	4,94	0,392	29,71
123.	Merged	1	417	19,13	4,94	0,466	48,43
124.	Merged	1	418	2,73	1,87	1	79
125.	Merged	1	422	8,2	3,23	1	54
126.	Merged	1	423	13,66	4,17	1	83,4
127.	Merged	1	424	2,73	1,87	1	45
128.	Merged	1	425	16,4	4,57	0,684	81,5
129.	Merged	1	426	2,73	1,87	1	94
130.	Merged	1	428	8,2	3,23	0,9	63,33
131.	Merged	1	429	2,73	1,87	1	64
132.	Merged	1	430	5,47	2,64	1	80
133.	Merged	1	431	5,47	2,64	1	92,5
134.	Merged	1	433	2,73	1,87	1	52
135.	Merged	1	434	13,66	4,17	0,546	74,4
136.	Merged	1	435	2,73	1,87	1	46
137.	Merged	1	440	10,93	3,73	0,68	41
138.	Merged	1	441	8,2	3,23	1	79
139.	Merged	1	442	13,66	4,17	1	105,6
140.	Merged	1	443	5,47	2,64	1	52
141.	Merged	1	445	13,66	4,17	0,57	54,2
142.	Merged	1	449	10,93	3,73	1	73,75
143.	Merged	1	452	13,66	4,17	0,636	89,2
144.	Merged	1	455	10,93	3,73	1	80
145.	Merged	1	457	16,4	4,57	0,592	92,33
146.	Merged	1	466	5,47	2,64	1	74,5
147.	Merged	1	470	5,47	2,64	1	104,5
148.	Merged	1	471	5,47	2,64	1	63
149.	Merged	1	473	2,73	1,87	1	73
150.	Merged	1	475	2,73	1,87	1	65
151.	Merged	1	478	8,2	3,23	1	18
152.	Merged	1	480	5,47	2,64	1	59

(lanjutan)

153.	Merged	1	482	16,4	4,57	0,473	72,67
154.	Merged	1	483	8,2	3,23	0,9	57
155.	Merged	1	484	19,13	4,94	0,392	31,86
156.	Merged	1	486	2,73	1,87	1	62
157.	Merged	1	487	5,47	2,64	1	47,5
158.	Merged	1	488	5,47	2,64	1	52,5
159.	Merged	1	489	5,47	2,64	1	41,5
160.	Merged	1	490	5,47	2,64	1	110
161.	Merged	1	493	5,47	2,64	1	37,5
162.	Merged	1	496	2,73	1,87	1	91
163.	Merged	1	497	2,73	1,87	1	47
164.	Merged	1	498	5,47	2,64	1	45
165.	Merged	1	500	2,73	1,87	1	66
166.	Merged	1	502	2,73	1,87	1	66
167.	Merged	1	503	5,47	2,64	1	41
168.	Merged	1	504	2,73	1,87	1	98
169.	Merged	1	505	2,73	1,87	1	49
170.	Merged	1	506	8,2	3,23	1	84,67
171.	Merged	1	509	2,73	1,87	1	75
172.	Merged	1	512	13,66	4,17	1	91
173.	Merged	1	515	2,73	1,87	1	80
174.	Merged	1	518	16,4	4,57	1	83,83
175.	Merged	1	519	10,93	3,73	0,954	49,5
176.	Merged	1	521	13,66	4,17	0,546	32,2
177.	Merged	1	523	2,73	1,87	1	95
178.	Merged	1	524	10,93	3,73	1	73,25
179.	Merged	1	525	10,93	3,73	0,954	81,75
180.	Merged	1	528	2,73	1,87	1	51
181.	Merged	1	538	13,66	4,17	0,636	76,6
182.	Merged	1	539	10,93	3,73	0,954	103,25
183.	Merged	1	543	2,73	1,87	1	104
184.	Merged	1	545	5,47	2,64	1	83
185.	Merged	1	547	2,73	1,87	1	132
186.	Merged	1	548	2,73	1,87	1	22
187.	Merged	1	550	19,13	4,94	0,417	82,71
188.	Merged	1	551	2,73	1,87	1	62
189.	Merged	1	552	5,47	2,64	1	90
190.	Merged	1	553	13,66	4,17	0,523	52,8
191.	Merged	1	555	13,66	4,17	0,57	88,6
192.	Merged	1	559	5,47	2,64	1	68
193.	Merged	1	561	5,47	2,64	1	62
194.	Merged	1	565	5,47	2,64	1	53,5
195.	Merged	1	566	5,47	2,64	1	45,5
196.	Merged	1	567	13,66	4,17	0,57	27,4
197.	Merged	1	568	2,73	1,87	1	80
198.	Merged	1	569	5,47	2,64	1	33
199.	Merged	1	570	8,2	3,23	1	68,67
200.	Merged	1	572	16,4	4,57	0,518	40,33
201.	Merged	1	574	5,47	2,64	1	78
202.	Merged	1	578	5,47	2,64	1	76,5
203.	Merged	1	580	2,73	1,87	1	48
204.	Merged	1	584	16,4	4,57	1	93
205.	Merged	1	590	10,93	3,73	0,954	43,75

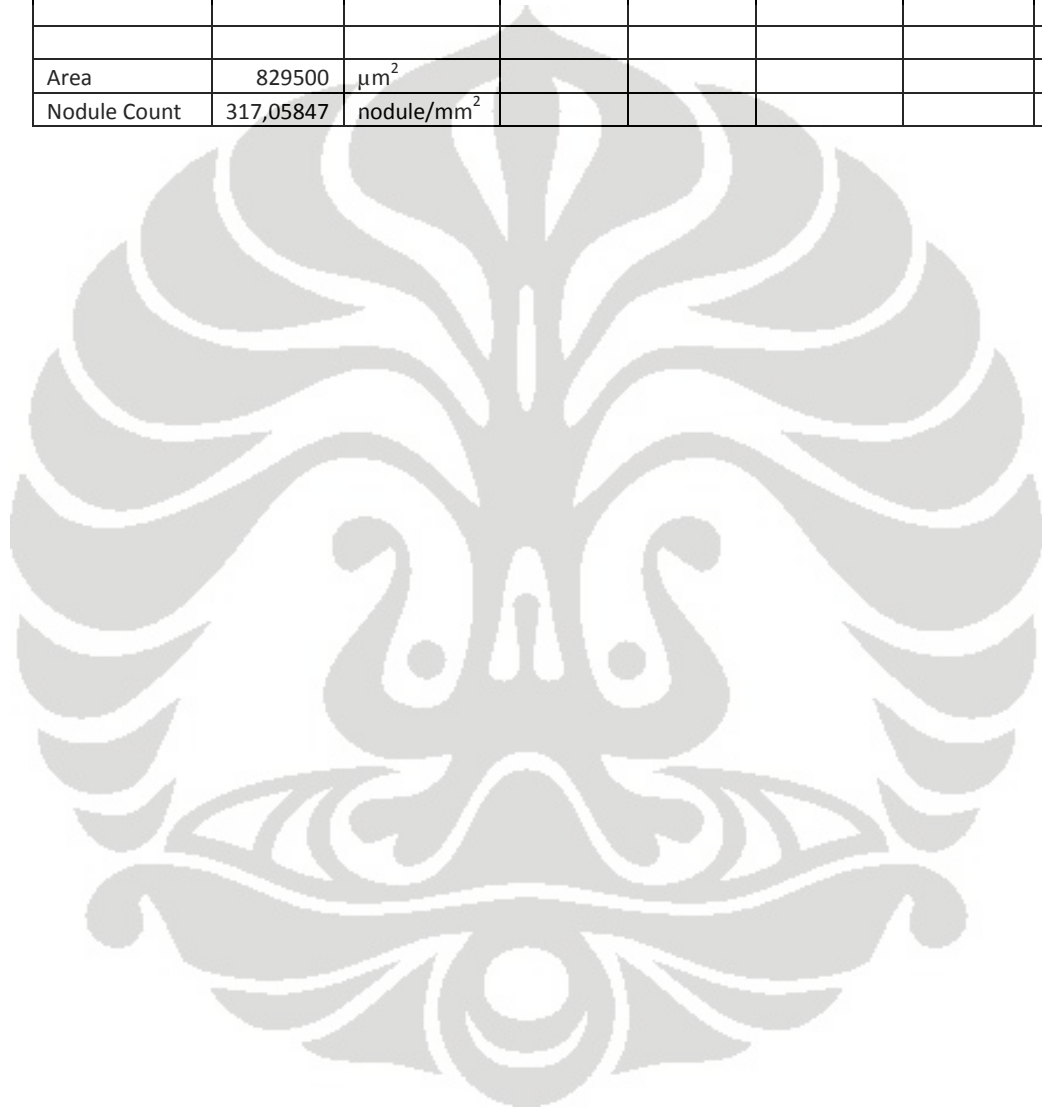
(lanjutan)

206.	Merged	1	592	5,47	2,64	1	71,5
207.	Merged	1	594	2,73	1,87	1	61
208.	Merged	1	596	2,73	1,87	1	59
209.	Merged	1	598	5,47	2,64	1	77,5
210.	Merged	1	599	2,73	1,87	1	42
211.	Merged	1	600	10,93	3,73	0,645	75,5
212.	Merged	1	601	10,93	3,73	1	83,25
213.	Merged	1	603	2,73	1,87	1	88
214.	Merged	1	604	8,2	3,23	1	91,33
215.	Merged	1	606	10,93	3,73	0,68	30,5
216.	Merged	1	612	5,47	2,64	1	102
217.	Merged	1	613	5,47	2,64	1	64
218.	Merged	1	617	2,73	1,87	1	55
219.	Merged	1	618	2,73	1,87	1	66
220.	Merged	1	622	8,2	3,23	1	33
221.	Merged	1	623	13,66	4,17	0,546	64,4
222.	Merged	1	627	2,73	1,87	1	122
223.	Merged	1	632	8,2	3,23	1	81,33
224.	Merged	1	633	5,47	2,64	1	70
225.	Merged	1	634	13,66	4,17	0,971	91,4
226.	Merged	1	639	8,2	3,23	1	101
227.	Merged	1	641	19,13	4,94	0,798	83,71
228.	Merged	1	646	10,93	3,73	1	57,25
229.	Merged	1	650	10,93	3,73	1	80,25
230.	Merged	1	655	10,93	3,73	0,777	107
231.	Merged	1	657	16,4	4,57	0,9	84
232.	Merged	1	664	5,47	2,64	1	89
233.	Merged	1	666	10,93	3,73	0,645	46
234.	Merged	1	667	2,73	1,87	1	64
235.	Merged	1	670	5,47	2,64	1	40
236.	Merged	1	671	8,2	3,23	0,9	60,33
237.	Merged	1	679	19,13	4,94	0,664	97,14
238.	Merged	1	681	5,47	2,64	1	22,5
239.	Merged	1	683	2,73	1,87	1	92
240.	Merged	1	685	2,73	1,87	1	43
241.	Merged	1	686	2,73	1,87	1	52
242.	Merged	1	688	10,93	3,73	0,68	43,75
243.	Merged	1	690	2,73	1,87	1	61
244.	Merged	1	700	10,93	3,73	1	86
245.	Merged	1	718	8,2	3,23	0,9	65
246.	Merged	1	720	13,66	4,17	0,607	11
247.	Merged	1	721	13,66	4,17	0,666	118,4
248.	Merged	1	724	19,13	4,94	0,417	44,29
249.	Merged	1	735	2,73	1,87	1	32
250.	Merged	1	740	8,2	3,23	0,9	102
251.	Merged	1	741	10,93	3,73	0,777	97,5
252.	Merged	1	744	2,73	1,87	1	99
253.	Merged	1	747	13,66	4,17	0,546	28,4
254.	Merged	1	750	5,47	2,64	1	22
255.	Merged	1	751	8,2	3,23	1	96
256.	Merged	1	753	2,73	1,87	1	93
257.	Merged	1	756	16,4	4,57	0,9	103,33
258.	Merged	1	760	13,66	4,17	0,636	31,6



(lanjutan)

259.	Merged	1	762	16,4	4,57	1	73,5
260.	Merged	1	764	2,73	1,87	1	86
261.	Merged	1	766	19,13	4,94	0,89	97,14
262.	Merged	1	769	10,93	3,73	0,718	140,75
263.	Merged	1	770	13,66	4,17	0,596	117,6
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	8,27	5,26	2,73	19,13			
EqDiameter	3,08	1,03	1,87	4,94			
Circularity	0,899	0,17	0,392	1			
MeanIntensity	71,87	24,16	11	140,75			
Area	829500	$\mu\text{m}^2$					
Nodule Count	317,05847	nodule/ $\text{mm}^2$					



(lanjutan)

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul  
TWADI 2**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged 1	1	3	2,71	1,86	1	136
2.	Merged 1	1	5	8,14	3,22	1	98
3.	Merged 1	1	7	8,14	3,22	0,784	38,33
4.	Merged 1	1	12	5,42	2,63	1	67,5
5.	Merged 1	1	13	13,56	4,16	0,546	61,6
6.	Merged 1	1	14	2,71	1,86	1	60
7.	Merged 1	1	21	10,85	3,72	0,954	75,5
8.	Merged 1	1	25	18,99	4,92	1	84,57
9.	Merged 1	1	28	2,71	1,86	1	39
10.	Merged 1	1	36	8,14	3,22	1	52
11.	Merged 1	1	37	2,71	1,86	1	79
12.	Merged 1	1	40	10,85	3,72	0,777	83
13.	Merged 1	1	45	5,42	2,63	1	51
14.	Merged 1	1	46	5,42	2,63	1	73,5
15.	Merged 1	1	47	10,85	3,72	1	111
16.	Merged 1	1	48	10,85	3,72	0,823	79,5
17.	Merged 1	1	50	16,27	4,55	0,9	81,33
18.	Merged 1	1	54	2,71	1,86	1	71
19.	Merged 1	1	59	2,71	1,86	1	69
20.	Merged 1	1	62	13,56	4,16	0,666	80
21.	Merged 1	1	63	2,71	1,86	1	63
22.	Merged 1	1	64	5,42	2,63	1	94,5
23.	Merged 1	1	65	13,56	4,16	1	82
24.	Merged 1	1	66	10,85	3,72	0,718	55,5
25.	Merged 1	1	67	13,56	4,16	0,523	72
26.	Merged 1	1	71	18,99	4,92	1	75
27.	Merged 1	1	72	2,71	1,86	1	98
28.	Merged 1	1	75	2,71	1,86	1	98
29.	Merged 1	1	77	5,42	2,63	1	104
30.	Merged 1	1	80	13,56	4,16	0,666	111,8
31.	Merged 1	1	82	2,71	1,86	1	44
32.	Merged 1	1	93	5,42	2,63	1	57
33.	Merged 1	1	94	10,85	3,72	0,777	66,25
34.	Merged 1	1	96	2,71	1,86	1	77
35.	Merged 1	1	98	8,14	3,22	1	102
36.	Merged 1	1	99	10,85	3,72	0,68	49,25
37.	Merged 1	1	102	16,27	4,55	0,684	69,33
38.	Merged 1	1	103	2,71	1,86	1	90
39.	Merged 1	1	106	8,14	3,22	0,839	94
40.	Merged 1	1	109	10,85	3,72	1	83
41.	Merged 1	1	111	5,42	2,63	1	85,5
42.	Merged 1	1	113	2,71	1,86	1	82
43.	Merged 1	1	114	10,85	3,72	0,68	41
44.	Merged 1	1	115	10,85	3,72	0,718	127,25
45.	Merged 1	1	117	16,27	4,55	0,617	73,83

(lanjutan)

46.	Merged 1	1	119	2,71	1,86	1	82
47.	Merged 1	1	121	2,71	1,86	1	93
48.	Merged 1	1	122	16,27	4,55	0,655	87,67
49.	Merged 1	1	127	13,56	4,16	0,546	94,2
50.	Merged 1	1	128	10,85	3,72	0,954	90
51.	Merged 1	1	129	16,27	4,55	1	65,33
52.	Merged 1	1	132	10,85	3,72	1	84,25
53.	Merged 1	1	133	18,99	4,92	0,507	34,71
54.	Merged 1	1	141	2,71	1,86	1	48
55.	Merged 1	1	146	10,85	3,72	0,68	89,75
56.	Merged 1	1	151	2,71	1,86	1	19
57.	Merged 1	1	154	5,42	2,63	1	57,5
58.	Merged 1	1	158	2,71	1,86	1	37
59.	Merged 1	1	161	10,85	3,72	0,68	46,25
60.	Merged 1	1	162	13,56	4,16	0,68	84
61.	Merged 1	1	163	16,27	4,55	0,441	91,17
62.	Merged 1	1	170	2,71	1,86	1	62
63.	Merged 1	1	175	8,14	3,22	1	53,33
64.	Merged 1	1	178	2,71	1,86	1	65
65.	Merged 1	1	180	10,85	3,72	0,718	68,25
66.	Merged 1	1	187	5,42	2,63	1	81
67.	Merged 1	1	189	5,42	2,63	1	74
68.	Merged 1	1	190	5,42	2,63	1	99,5
69.	Merged 1	1	191	2,71	1,86	1	100
70.	Merged 1	1	196	2,71	1,86	1	86
71.	Merged 1	1	199	2,71	1,86	1	60
72.	Merged 1	1	200	10,85	3,72	0,954	43,5
73.	Merged 1	1	201	2,71	1,86	1	45
74.	Merged 1	1	204	2,71	1,86	1	54
75.	Merged 1	1	205	5,42	2,63	1	72,5
76.	Merged 1	1	206	10,85	3,72	0,68	28
77.	Merged 1	1	211	10,85	3,72	0,777	39,25
78.	Merged 1	1	221	5,42	2,63	1	56
79.	Merged 1	1	223	8,14	3,22	0,784	56,67
80.	Merged 1	1	224	2,71	1,86	1	56
81.	Merged 1	1	225	2,71	1,86	1	94
82.	Merged 1	1	226	2,71	1,86	1	119
83.	Merged 1	1	228	2,71	1,86	1	77
84.	Merged 1	1	229	5,42	2,63	1	55,5
85.	Merged 1	1	230	8,14	3,22	1	129,33
86.	Merged 1	1	232	5,42	2,63	1	80
87.	Merged 1	1	237	2,71	1,86	1	58
88.	Merged 1	1	242	18,99	4,92	0,798	75
89.	Merged 1	1	244	5,42	2,63	1	113,5
90.	Merged 1	1	245	8,14	3,22	1	48,33
91.	Merged 1	1	247	2,71	1,86	1	41
92.	Merged 1	1	248	8,14	3,22	0,784	75,33
93.	Merged 1	1	251	2,71	1,86	1	18
94.	Merged 1	1	252	10,85	3,72	0,777	65
95.	Merged 1	1	257	13,56	4,16	0,546	38,8
96.	Merged 1	1	258	8,14	3,22	0,839	79,67
97.	Merged 1	1	260	13,56	4,16	1	97,2
98.	Merged 1	1	261	5,42	2,63	1	66,5

(lanjutan)

99.	Merged 1	1	262	8,14	3,22	0,839	98,33
100.	Merged 1	1	264	2,71	1,86	1	70
101.	Merged 1	1	266	5,42	2,63	1	49,5
102.	Merged 1	1	268	2,71	1,86	1	51
103.	Merged 1	1	270	5,42	2,63	1	17
104.	Merged 1	1	271	2,71	1,86	1	56
105.	Merged 1	1	275	8,14	3,22	1	84,67
106.	Merged 1	1	277	2,71	1,86	1	46
107.	Merged 1	1	280	5,42	2,63	1	99
108.	Merged 1	1	283	13,56	4,16	0,546	47,4
109.	Merged 1	1	287	13,56	4,16	0,523	66,2
110.	Merged 1	1	288	5,42	2,63	1	101,5
111.	Merged 1	1	289	5,42	2,63	1	66,5
112.	Merged 1	1	290	2,71	1,86	1	64
113.	Merged 1	1	292	8,14	3,22	1	103,33
114.	Merged 1	1	293	5,42	2,63	1	95
115.	Merged 1	1	294	2,71	1,86	1	65
116.	Merged 1	1	298	2,71	1,86	1	83
117.	Merged 1	1	301	10,85	3,72	0,645	60
118.	Merged 1	1	302	13,56	4,16	0,75	62,6
119.	Merged 1	1	304	5,42	2,63	1	76
120.	Merged 1	1	308	2,71	1,86	1	81
121.	Merged 1	1	309	8,14	3,22	0,9	48,33
122.	Merged 1	1	311	2,71	1,86	1	90
123.	Merged 1	1	312	2,71	1,86	1	64
124.	Merged 1	1	313	2,71	1,86	1	71
125.	Merged 1	1	314	8,14	3,22	0,784	80,33
126.	Merged 1	1	317	2,71	1,86	1	82
127.	Merged 1	1	319	5,42	2,63	1	58
128.	Merged 1	1	321	8,14	3,22	0,839	79,67
129.	Merged 1	1	322	2,71	1,86	1	78
130.	Merged 1	1	336	8,14	3,22	0,9	48,67
131.	Merged 1	1	338	18,99	4,92	0,933	78,86
132.	Merged 1	1	339	5,42	2,63	1	72
133.	Merged 1	1	343	18,99	4,92	1	80,29
134.	Merged 1	1	344	2,71	1,86	1	103
135.	Merged 1	1	346	2,71	1,86	1	54
136.	Merged 1	1	347	18,99	4,92	0,765	99,71
137.	Merged 1	1	352	18,99	4,92	0,89	82,71
138.	Merged 1	1	353	10,85	3,72	0,718	53,5
139.	Merged 1	1	360	8,14	3,22	0,9	83,33
140.	Merged 1	1	361	5,42	2,63	1	83,5
141.	Merged 1	1	362	2,71	1,86	1	53
142.	Merged 1	1	368	2,71	1,86	1	86
143.	Merged 1	1	377	2,71	1,86	1	49
144.	Merged 1	1	383	8,14	3,22	0,839	89,67
145.	Merged 1	1	385	16,27	4,55	0,8	78,67
146.	Merged 1	1	386	8,14	3,22	1	70
147.	Merged 1	1	392	2,71	1,86	1	70
148.	Merged 1	1	395	2,71	1,86	1	47
149.	Merged 1	1	396	2,71	1,86	1	83
150.	Merged 1	1	398	10,85	3,72	0,823	58
151.	Merged 1	1	399	2,71	1,86	1	42

(lanjutan)

152.	Merged 1	1	404	5,42	2,63	1	71,5
153.	Merged 1	1	405	8,14	3,22	0,9	133,67
154.	Merged 1	1	406	2,71	1,86	1	86
155.	Merged 1	1	409	2,71	1,86	1	35
156.	Merged 1	1	410	2,71	1,86	1	66
157.	Merged 1	1	411	2,71	1,86	1	40
158.	Merged 1	1	412	2,71	1,86	1	51
159.	Merged 1	1	413	2,71	1,86	1	54
160.	Merged 1	1	414	2,71	1,86	1	25
161.	Merged 1	1	415	5,42	2,63	1	86
162.	Merged 1	1	417	5,42	2,63	1	73,5
163.	Merged 1	1	418	8,14	3,22	0,784	40,33
164.	Merged 1	1	419	8,14	3,22	0,9	130,33
165.	Merged 1	1	421	2,71	1,86	1	58
166.	Merged 1	1	425	8,14	3,22	0,839	6,67
167.	Merged 1	1	426	5,42	2,63	1	91,5
168.	Merged 1	1	428	2,71	1,86	1	95
169.	Merged 1	1	430	10,85	3,72	0,612	74,75
170.	Merged 1	1	431	2,71	1,86	1	85
171.	Merged 1	1	432	8,14	3,22	0,9	55
172.	Merged 1	1	433	2,71	1,86	1	54
173.	Merged 1	1	435	5,42	2,63	1	76
174.	Merged 1	1	436	10,85	3,72	0,954	61,5
175.	Merged 1	1	437	2,71	1,86	1	68
176.	Merged 1	1	439	10,85	3,72	0,823	88,5
177.	Merged 1	1	440	2,71	1,86	1	80
178.	Merged 1	1	441	2,71	1,86	1	111
179.	Merged 1	1	442	5,42	2,63	1	67
180.	Merged 1	1	447	18,99	4,92	0,489	74,57
181.	Merged 1	1	449	8,14	3,22	0,839	57
182.	Merged 1	1	451	10,85	3,72	0,68	21
183.	Merged 1	1	452	8,14	3,22	0,784	36,33
184.	Merged 1	1	457	18,99	4,92	0,691	77,14
185.	Merged 1	1	458	2,71	1,86	1	39
186.	Merged 1	1	459	2,71	1,86	1	59
187.	Merged 1	1	460	2,71	1,86	1	50
188.	Merged 1	1	461	2,71	1,86	1	84
189.	Merged 1	1	464	16,27	4,55	0,518	38,83
190.	Merged 1	1	466	8,14	3,22	1	63,67
191.	Merged 1	1	472	10,85	3,72	1	79,5
192.	Merged 1	1	480	2,71	1,86	1	57
193.	Merged 1	1	483	8,14	3,22	0,839	38
194.	Merged 1	1	487	8,14	3,22	0,9	105,33
195.	Merged 1	1	488	8,14	3,22	1	84
196.	Merged 1	1	489	2,71	1,86	1	65
197.	Merged 1	1	493	2,71	1,86	1	76
198.	Merged 1	1	494	8,14	3,22	1	115,33
199.	Merged 1	1	495	2,71	1,86	1	78
200.	Merged 1	1	496	5,42	2,63	1	89,5
201.	Merged 1	1	497	2,71	1,86	1	105
202.	Merged 1	1	500	2,71	1,86	1	70
203.	Merged 1	1	501	8,14	3,22	1	91,33
204.	Merged 1	1	504	10,85	3,72	0,68	73

(lanjutan)

205.	Merged 1	1	506	8,14	3,22	0,9	73
206.	Merged 1	1	507	2,71	1,86	1	78
207.	Merged 1	1	511	2,71	1,86	1	83
208.	Merged 1	1	512	2,71	1,86	1	77
209.	Merged 1	1	513	18,99	4,92	0,933	93,43
210.	Merged 1	1	515	5,42	2,63	1	91
211.	Merged 1	1	516	10,85	3,72	0,823	98,25
212.	Merged 1	1	519	5,42	2,63	1	39
213.	Merged 1	1	520	2,71	1,86	1	70
214.	Merged 1	1	521	2,71	1,86	1	55
215.	Merged 1	1	523	13,56	4,16	1	73,2
216.	Merged 1	1	524	2,71	1,86	1	84
217.	Merged 1	1	530	2,71	1,86	1	42
218.	Merged 1	1	531	5,42	2,63	1	76,5
219.	Merged 1	1	533	2,71	1,86	1	13
220.	Merged 1	1	537	16,27	4,55	1	94,33
221.	Merged 1	1	539	10,85	3,72	0,645	8
222.	Merged 1	1	540	2,71	1,86	1	28
223.	Merged 1	1	543	8,14	3,22	1	86,67
224.	Merged 1	1	545	5,42	2,63	1	96,5
225.	Merged 1	1	548	10,85	3,72	0,68	54,75
226.	Merged 1	1	549	2,71	1,86	1	40
227.	Merged 1	1	550	18,99	4,92	0,691	74,57
228.	Merged 1	1	553	2,71	1,86	1	15
229.	Merged 1	1	554	2,71	1,86	1	24
230.	Merged 1	1	555	8,14	3,22	0,9	125,67
231.	Merged 1	1	559	8,14	3,22	1	87,33
232.	Merged 1	1	561	10,85	3,72	0,954	66,5
233.	Merged 1	1	563	8,14	3,22	0,9	23,67
234.	Merged 1	1	567	5,42	2,63	1	59
235.	Merged 1	1	572	5,42	2,63	1	15
236.	Merged 1	1	575	18,99	4,92	0,933	112,43
237.	Merged 1	1	577	2,71	1,86	1	84
238.	Merged 1	1	578	18,99	4,92	0,573	63,43
239.	Merged 1	1	581	2,71	1,86	1	52
240.	Merged 1	1	583	2,71	1,86	1	72
241.	Merged 1	1	587	5,42	2,63	1	22,5
242.	Merged 1	1	591	13,56	4,16	0,636	11,4
243.	Merged 1	1	592	16,27	4,55	0,473	53,5
244.	Merged 1	1	594	5,42	2,63	1	67,5
245.	Merged 1	1	595	2,71	1,86	1	76
246.	Merged 1	1	596	8,14	3,22	0,9	113,33
247.	Merged 1	1	599	2,71	1,86	1	52
248.	Merged 1	1	600	10,85	3,72	0,68	51,25
249.	Merged 1	1	601	8,14	3,22	0,839	77
250.	Merged 1	1	606	2,71	1,86	1	17
251.	Merged 1	1	608	2,71	1,86	1	70
252.	Merged 1	1	609	2,71	1,86	1	78
253.	Merged 1	1	612	10,85	3,72	0,954	50,75
254.	Merged 1	1	613	2,71	1,86	1	53
255.	Merged 1	1	615	16,27	4,55	0,592	30,67
256.	Merged 1	1	616	2,71	1,86	1	26
257.	Merged 1	1	619	13,56	4,16	1	76,4

(lanjutan)

258.	Merged 1	1	620	18,99	4,92	0,552	89,14
259.	Merged 1	1	621	2,71	1,86	1	30
260.	Merged 1	1	622	5,42	2,63	1	47,5
261.	Merged 1	1	623	18,99	4,92	0,72	108,14
262.	Merged 1	1	625	13,56	4,16	0,57	32
263.	Merged 1	1	628	8,14	3,22	0,784	50,33
264.	Merged 1	1	636	2,71	1,86	1	89
265.	Merged 1	1	637	16,27	4,55	0,9	92,17
266.	Merged 1	1	638	13,56	4,16	1	91
267.	Merged 1	1	639	16,27	4,55	1	86,33
268.	Merged 1	1	643	8,14	3,22	1	29,67
269.	Merged 1	1	645	5,42	2,63	1	83,5
270.	Merged 1	1	646	18,99	4,92	0,628	86,14
271.	Merged 1	1	649	5,42	2,63	1	57,5
272.	Merged 1	1	650	8,14	3,22	1	26
273.	Merged 1	1	653	8,14	3,22	0,9	7
274.	Merged 1	1	655	5,42	2,63	1	92,5
275.	Merged 1	1	658	10,85	3,72	1	84
276.	Merged 1	1	664	2,71	1,86	1	124
277.	Merged 1	1	665	10,85	3,72	1	68,25
278.	Merged 1	1	670	2,71	1,86	1	108
279.	Merged 1	1	674	2,71	1,86	1	45
280.	Merged 1	1	675	10,85	3,72	0,954	99
281.	Merged 1	1	677	5,42	2,63	1	113,5
282.	Merged 1	1	680	2,71	1,86	1	78
283.	Merged 1	1	684	5,42	2,63	1	109
284.	Merged 1	1	685	18,99	4,92	0,72	116,14
285.	Merged 1	1	688	10,85	3,72	0,823	28,5
286.	Merged 1	1	693	13,56	4,16	1	94,2
287.	Merged 1	1	694	5,42	2,63	1	46
288.	Merged 1	1	695	16,27	4,55	0,518	28
289.	Merged 1	1	702	18,99	4,92	0,525	112,57
290.	Merged 1	1	703	5,42	2,63	1	61
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	7,48	5,03	2,71	18,99			
EqDiameter	2,92	1	1,86	4,92			
Circularity	0,915	0,143	0,441	1			
MeanIntensity	69,8	25,68	6,67	136			
Area	829500	$\mu\text{m}^2$					
Nodule Count	349,6082	nodule/mm <sup>2</sup>					

(lanjutan)

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul  
TWADI 3**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged	1	2	13,77	4,19	0,75	46
2.	Merged	1	5	8,26	3,24	0,839	104,33
3.	Merged	1	6	2,75	1,87	1	142
4.	Merged	1	8	19,28	4,95	0,507	99
5.	Merged	1	9	19,28	4,95	0,933	97,71
6.	Merged	1	12	2,75	1,87	1	87
7.	Merged	1	13	8,26	3,24	0,9	97,67
8.	Merged	1	16	8,26	3,24	0,9	75
9.	Merged	1	17	13,77	4,19	1	94,6
10.	Merged	1	19	2,75	1,87	1	58
11.	Merged	1	23	5,51	2,65	1	96
12.	Merged	1	26	13,77	4,19	0,666	86,4
13.	Merged	1	28	19,28	4,95	0,933	86,29
14.	Merged	1	30	11,02	3,75	1	76
15.	Merged	1	41	11,02	3,75	1	81,75
16.	Merged	1	43	8,26	3,24	1	93
17.	Merged	1	48	5,51	2,65	1	63
18.	Merged	1	57	11,02	3,75	0,954	89,25
19.	Merged	1	63	11,02	3,75	0,954	85,25
20.	Merged	1	69	8,26	3,24	1	87
21.	Merged	1	70	11,02	3,75	0,954	50,75
22.	Merged	1	72	13,77	4,19	0,85	82,2
23.	Merged	1	73	16,52	4,59	0,456	90,17
24.	Merged	1	76	13,77	4,19	0,971	82,2
25.	Merged	1	79	8,26	3,24	1	101,33
26.	Merged	1	82	11,02	3,75	1	79,5
27.	Merged	1	85	2,75	1,87	1	26
28.	Merged	1	97	2,75	1,87	1	90
29.	Merged	1	99	11,02	3,75	0,954	75
30.	Merged	1	101	2,75	1,87	1	95
31.	Merged	1	106	8,26	3,24	1	83
32.	Merged	1	112	11,02	3,75	1	80,75
33.	Merged	1	115	19,28	4,95	0,933	82,14
34.	Merged	1	120	13,77	4,19	1	81,6
35.	Merged	1	126	2,75	1,87	1	84
36.	Merged	1	129	2,75	1,87	1	85
37.	Merged	1	131	8,26	3,24	0,9	91,67
38.	Merged	1	132	11,02	3,75	1	71
39.	Merged	1	145	16,52	4,59	0,9	67,67
40.	Merged	1	146	2,75	1,87	1	88
41.	Merged	1	147	2,75	1,87	1	112
42.	Merged	1	148	11,02	3,75	1	81,75
43.	Merged	1	149	2,75	1,87	1	81
44.	Merged	1	151	16,52	4,59	1	80,5
45.	Merged	1	164	11,02	3,75	0,823	70,25
46.	Merged	1	166	16,52	4,59	1	77,83



(lanjutan)

47.	Merged	1	168	16,52	4,59	0,9	71,83
48.	Merged	1	175	13,77	4,19	0,666	64,6
49.	Merged	1	178	11,02	3,75	0,954	83,5
50.	Merged	1	179	2,75	1,87	1	54
51.	Merged	1	180	5,51	2,65	1	75,5
52.	Merged	1	182	2,75	1,87	1	62
53.	Merged	1	183	2,75	1,87	1	94
54.	Merged	1	184	5,51	2,65	1	10
55.	Merged	1	188	5,51	2,65	1	17
56.	Merged	1	189	5,51	2,65	1	77
57.	Merged	1	190	5,51	2,65	1	46,5
58.	Merged	1	192	8,26	3,24	0,9	81,67
59.	Merged	1	194	2,75	1,87	1	43
60.	Merged	1	200	5,51	2,65	1	84
61.	Merged	1	205	5,51	2,65	1	86,5
62.	Merged	1	206	11,02	3,75	0,954	58,75
63.	Merged	1	209	2,75	1,87	1	49
64.	Merged	1	210	13,77	4,19	0,546	72,2
65.	Merged	1	213	2,75	1,87	1	80
66.	Merged	1	217	5,51	2,65	1	84
67.	Merged	1	218	16,52	4,59	0,473	89,67
68.	Merged	1	221	5,51	2,65	1	57
69.	Merged	1	222	8,26	3,24	1	51
70.	Merged	1	224	5,51	2,65	1	64
71.	Merged	1	226	11,02	3,75	1	72,75
72.	Merged	1	227	2,75	1,87	1	62
73.	Merged	1	229	2,75	1,87	1	71
74.	Merged	1	231	2,75	1,87	1	64
75.	Merged	1	232	2,75	1,87	1	69
76.	Merged	1	233	11,02	3,75	0,954	72,25
77.	Merged	1	235	13,77	4,19	0,523	61,8
78.	Merged	1	238	16,52	4,59	0,538	71
79.	Merged	1	239	16,52	4,59	0,592	76,5
80.	Merged	1	241	16,52	4,59	0,684	77,33
81.	Merged	1	248	5,51	2,65	1	79,5
82.	Merged	1	251	2,75	1,87	1	102
83.	Merged	1	260	16,52	4,59	0,9	91,17
84.	Merged	1	261	16,52	4,59	1	79,67
85.	Merged	1	265	11,02	3,75	1	78,5
86.	Merged	1	269	19,28	4,95	0,664	72
87.	Merged	1	270	13,77	4,19	1	79
88.	Merged	1	271	8,26	3,24	0,839	76
89.	Merged	1	278	11,02	3,75	1	79,75
90.	Merged	1	281	8,26	3,24	1	81
91.	Merged	1	283	13,77	4,19	1	61,8
92.	Merged	1	288	11,02	3,75	1	71,25
93.	Merged	1	289	16,52	4,59	1	89
94.	Merged	1	293	5,51	2,65	1	64
95.	Merged	1	295	13,77	4,19	0,57	78,8
96.	Merged	1	297	5,51	2,65	1	91
97.	Merged	1	308	2,75	1,87	1	93
98.	Merged	1	309	2,75	1,87	1	51
99.	Merged	1	314	2,75	1,87	1	76

(lanjutan)

100.	Merged	1	319	2,75	1,87	1	60
101.	Merged	1	329	19,28	4,95	1	70,57
102.	Merged	1	336	5,51	2,65	1	86
103.	Merged	1	342	5,51	2,65	1	100
104.	Merged	1	343	5,51	2,65	1	46,5
105.	Merged	1	345	2,75	1,87	1	41
106.	Merged	1	353	13,77	4,19	1	70,4
107.	Merged	1	355	8,26	3,24	0,839	70,67
108.	Merged	1	357	19,28	4,95	0,573	87,14
109.	Merged	1	362	2,75	1,87	1	59
110.	Merged	1	363	8,26	3,24	0,9	91,33
111.	Merged	1	368	13,77	4,19	1	79,8
112.	Merged	1	371	11,02	3,75	1	65,5
113.	Merged	1	375	8,26	3,24	1	80
114.	Merged	1	378	13,77	4,19	1	75,6
115.	Merged	1	380	16,52	4,59	1	79
116.	Merged	1	383	11,02	3,75	0,954	64,25
117.	Merged	1	385	19,28	4,95	0,933	73
118.	Merged	1	386	8,26	3,24	1	89,67
119.	Merged	1	390	16,52	4,59	0,9	105,33
120.	Merged	1	391	2,75	1,87	1	68
121.	Merged	1	392	8,26	3,24	0,9	64,33
122.	Merged	1	400	5,51	2,65	1	55,5
123.	Merged	1	405	2,75	1,87	1	67
124.	Merged	1	406	11,02	3,75	0,954	74
125.	Merged	1	408	13,77	4,19	1	81,8
126.	Merged	1	409	2,75	1,87	1	113
127.	Merged	1	410	2,75	1,87	1	78
128.	Merged	1	416	5,51	2,65	1	75,5
129.	Merged	1	417	13,77	4,19	0,596	114,6
130.	Merged	1	418	19,28	4,95	0,466	67,29
131.	Merged	1	422	5,51	2,65	1	75
132.	Merged	1	423	5,51	2,65	1	56,5
133.	Merged	1	430	2,75	1,87	1	38
134.	Merged	1	435	13,77	4,19	0,546	54,8
135.	Merged	1	441	8,26	3,24	0,784	47,33
136.	Merged	1	444	5,51	2,65	1	95
137.	Merged	1	446	5,51	2,65	1	60,5
138.	Merged	1	448	5,51	2,65	1	92
139.	Merged	1	451	5,51	2,65	1	64
140.	Merged	1	453	11,02	3,75	0,777	79,5
141.	Merged	1	454	8,26	3,24	1	88,67
142.	Merged	1	456	8,26	3,24	0,9	49,67
143.	Merged	1	461	2,75	1,87	1	85
144.	Merged	1	462	13,77	4,19	1	75,8
145.	Merged	1	471	11,02	3,75	1	81,5
146.	Merged	1	479	11,02	3,75	0,68	59,25
147.	Merged	1	481	13,77	4,19	1	82,8
148.	Merged	1	482	8,26	3,24	0,784	27,67
149.	Merged	1	483	2,75	1,87	1	50
150.	Merged	1	485	2,75	1,87	1	42
151.	Merged	1	488	2,75	1,87	1	35
152.	Merged	1	491	2,75	1,87	1	9

(lanjutan)

153.	Merged	1	492	2,75	1,87	1	63
154.	Merged	1	494	19,28	4,95	0,933	81,29
155.	Merged	1	495	5,51	2,65	1	44
156.	Merged	1	498	8,26	3,24	0,784	26,33
157.	Merged	1	500	2,75	1,87	1	89
158.	Merged	1	506	8,26	3,24	1	77,67
159.	Merged	1	507	5,51	2,65	1	85,5
160.	Merged	1	508	13,77	4,19	0,546	46,4
161.	Merged	1	511	16,52	4,59	1	73,5
162.	Merged	1	512	2,75	1,87	1	89
163.	Merged	1	518	13,77	4,19	0,596	121,2
164.	Merged	1	519	11,02	3,75	0,645	82,5
165.	Merged	1	522	2,75	1,87	1	69
166.	Merged	1	523	19,28	4,95	0,489	69,57
167.	Merged	1	528	16,52	4,59	1	85,83
168.	Merged	1	536	11,02	3,75	1	95,25
169.	Merged	1	538	16,52	4,59	0,655	82
170.	Merged	1	539	11,02	3,75	0,718	123,25
171.	Merged	1	540	2,75	1,87	1	60
172.	Merged	1	544	2,75	1,87	1	51
173.	Merged	1	547	2,75	1,87	1	101
174.	Merged	1	552	11,02	3,75	1	88,25
175.	Merged	1	561	5,51	2,65	1	90
176.	Merged	1	566	5,51	2,65	1	58
177.	Merged	1	570	2,75	1,87	1	60
178.	Merged	1	571	11,02	3,75	0,954	37,25
179.	Merged	1	574	16,52	4,59	1	78,5
180.	Merged	1	576	5,51	2,65	1	27
181.	Merged	1	579	2,75	1,87	1	102
182.	Merged	1	580	2,75	1,87	1	87
183.	Merged	1	585	8,26	3,24	1	77
184.	Merged	1	592	5,51	2,65	1	26
185.	Merged	1	593	8,26	3,24	1	62
186.	Merged	1	602	8,26	3,24	1	67,33
187.	Merged	1	604	11,02	3,75	0,954	62,75
188.	Merged	1	606	13,77	4,19	1	97
189.	Merged	1	607	16,52	4,59	0,538	57,17
190.	Merged	1	618	2,75	1,87	1	88
191.	Merged	1	626	5,51	2,65	1	92,5
192.	Merged	1	628	13,77	4,19	0,68	83
193.	Merged	1	629	5,51	2,65	1	38
194.	Merged	1	631	13,77	4,19	1	75
195.	Merged	1	634	11,02	3,75	0,777	76
196.	Merged	1	636	16,52	4,59	0,617	66,67
197.	Merged	1	638	8,26	3,24	0,9	36,33
198.	Merged	1	648	19,28	4,95	0,933	70,71
199.	Merged	1	649	19,28	4,95	0,628	54,86
200.	Merged	1	651	5,51	2,65	1	70,5
201.	Merged	1	657	13,77	4,19	0,75	92,4
202.	Merged	1	663	11,02	3,75	0,954	76
203.	Merged	1	665	8,26	3,24	1	78,33
204.	Merged	1	666	19,28	4,95	0,604	93,14
205.	Merged	1	672	2,75	1,87	1	55

(lanjutan)

206.	Merged	1	674	11,02	3,75	0,954	68
207.	Merged	1	675	16,52	4,59	0,538	31,83
208.	Merged	1	683	8,26	3,24	1	85,33
209.	Merged	1	688	5,51	2,65	1	85,5
210.	Merged	1	691	16,52	4,59	1	73,5
211.	Merged	1	694	13,77	4,19	1	102,4
212.	Merged	1	696	5,51	2,65	1	108
213.	Merged	1	697	8,26	3,24	0,839	36
214.	Merged	1	705	11,02	3,75	1	97,5
215.	Merged	1	711	5,51	2,65	1	89,5
216.	Merged	1	713	16,52	4,59	0,473	16,83
217.	Merged	1	714	2,75	1,87	1	21
218.	Merged	1	716	2,75	1,87	1	79
219.	Merged	1	719	5,51	2,65	1	75,5
220.	Merged	1	721	5,51	2,65	1	80
221.	Merged	1	725	2,75	1,87	1	31
222.	Merged	1	726	16,52	4,59	0,655	79,67
223.	Merged	1	728	5,51	2,65	1	93,5
224.	Merged	1	731	8,26	3,24	0,839	21,67
225.	Merged	1	732	5,51	2,65	1	17,5
226.	Merged	1	734	13,77	4,19	1	78,4
227.	Merged	1	736	2,75	1,87	1	108
228.	Merged	1	740	11,02	3,75	1	95
229.	Merged	1	741	19,28	4,95	0,933	74,86
230.	Merged	1	748	19,28	4,95	0,798	77,29
231.	Merged	1	749	5,51	2,65	1	12
232.	Merged	1	753	16,52	4,59	1	78,83
233.	Merged	1	754	11,02	3,75	0,954	107,75
234.	Merged	1	756	8,26	3,24	1	91
235.	Merged	1	757	5,51	2,65	1	103
236.	Merged	1	758	5,51	2,65	1	129,5
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	9,17	5,27	2,75	19,28			
EqDiameter	3,26	1,02	1,87	4,95			
Circularity	0,923	0,144	0,456	1			
MeanIntensity	73,63	22,02	9	142			
Area	829500	$\mu\text{m}^2$					
Nodule Count	284,50874	nodule/mm <sup>2</sup>					

(lanjutan)

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul  
TWADI 4**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged	1	1	10,93	3,73	0,777	71
2.	Merged	1	2	16,4	4,57	0,655	123
3.	Merged	1	3	13,66	4,17	1	24,2
4.	Merged	1	5	19,13	4,94	0,417	82,86
5.	Merged	1	6	8,2	3,23	0,9	30,67
6.	Merged	1	7	16,4	4,57	0,592	104
7.	Merged	1	10	10,93	3,73	0,68	52,75
8.	Merged	1	13	2,73	1,87	1	100
9.	Merged	1	14	5,47	2,64	1	77
10.	Merged	1	16	2,73	1,87	1	106
11.	Merged	1	20	8,2	3,23	1	60,67
12.	Merged	1	22	5,47	2,64	1	50
13.	Merged	1	26	5,47	2,64	1	45,5
14.	Merged	1	28	2,73	1,87	1	52
15.	Merged	1	32	5,47	2,64	1	38
16.	Merged	1	34	8,2	3,23	0,839	115,67
17.	Merged	1	35	5,47	2,64	1	100,5
18.	Merged	1	40	13,66	4,17	0,75	37,4
19.	Merged	1	43	19,13	4,94	0,507	86,57
20.	Merged	1	45	10,93	3,73	0,718	119
21.	Merged	1	48	2,73	1,87	1	70
22.	Merged	1	51	2,73	1,87	1	59
23.	Merged	1	52	8,2	3,23	0,784	118,33
24.	Merged	1	58	10,93	3,73	1	97,25
25.	Merged	1	68	10,93	3,73	1	53,25
26.	Merged	1	72	2,73	1,87	1	11
27.	Merged	1	73	16,4	4,57	0,655	80,83
28.	Merged	1	75	13,66	4,17	0,546	71,8
29.	Merged	1	76	2,73	1,87	1	96
30.	Merged	1	80	5,47	2,64	1	23,5
31.	Merged	1	81	13,66	4,17	0,523	96,6
32.	Merged	1	82	2,73	1,87	1	105
33.	Merged	1	88	8,2	3,23	0,9	45,67
34.	Merged	1	92	19,13	4,94	0,489	86,57
35.	Merged	1	93	2,73	1,87	1	50
36.	Merged	1	96	16,4	4,57	0,473	13
37.	Merged	1	97	8,2	3,23	1	78
38.	Merged	1	99	16,4	4,57	0,518	111,5
39.	Merged	1	100	5,47	2,64	1	37,5
40.	Merged	1	105	19,13	4,94	0,451	72,29
41.	Merged	1	107	5,47	2,64	1	85,5
42.	Merged	1	108	2,73	1,87	1	49
43.	Merged	1	109	2,73	1,87	1	74
44.	Merged	1	112	13,66	4,17	0,546	57,4
45.	Merged	1	120	10,93	3,73	1	98,5
46.	Merged	1	122	5,47	2,64	1	35,5

(lanjutan)

47.	Merged	1	133	5,47	2,64	1	39,5
48.	Merged	1	136	5,47	2,64	1	83
49.	Merged	1	137	2,73	1,87	1	7
50.	Merged	1	141	2,73	1,87	1	70
51.	Merged	1	143	2,73	1,87	1	123
52.	Merged	1	145	2,73	1,87	1	120
53.	Merged	1	150	2,73	1,87	1	62
54.	Merged	1	156	5,47	2,64	1	87
55.	Merged	1	160	5,47	2,64	1	81
56.	Merged	1	167	2,73	1,87	1	52
57.	Merged	1	179	8,2	3,23	1	22,33
58.	Merged	1	181	2,73	1,87	1	58
59.	Merged	1	183	13,66	4,17	1	108,2
60.	Merged	1	186	8,2	3,23	0,839	45,67
61.	Merged	1	188	2,73	1,87	1	82
62.	Merged	1	189	5,47	2,64	1	54,5
63.	Merged	1	190	2,73	1,87	1	60
64.	Merged	1	192	10,93	3,73	0,68	39,25
65.	Merged	1	194	5,47	2,64	1	64,5
66.	Merged	1	195	2,73	1,87	1	90
67.	Merged	1	198	8,2	3,23	1	84,33
68.	Merged	1	200	2,73	1,87	1	64
69.	Merged	1	202	8,2	3,23	1	82,33
70.	Merged	1	204	10,93	3,73	1	116,25
71.	Merged	1	206	2,73	1,87	1	74
72.	Merged	1	207	10,93	3,73	0,823	68
73.	Merged	1	211	2,73	1,87	1	92
74.	Merged	1	213	5,47	2,64	1	102
75.	Merged	1	214	2,73	1,87	1	66
76.	Merged	1	217	2,73	1,87	1	69
77.	Merged	1	218	5,47	2,64	1	126
78.	Merged	1	222	8,2	3,23	0,9	42
79.	Merged	1	224	13,66	4,17	0,75	92,2
80.	Merged	1	225	2,73	1,87	1	75
81.	Merged	1	227	10,93	3,73	1	78
82.	Merged	1	228	5,47	2,64	1	87
83.	Merged	1	234	5,47	2,64	1	60,5
84.	Merged	1	239	8,2	3,23	1	73
85.	Merged	1	242	8,2	3,23	0,784	81
86.	Merged	1	243	2,73	1,87	1	76
87.	Merged	1	244	19,13	4,94	0,489	53,57
88.	Merged	1	245	13,66	4,17	0,57	70,2
89.	Merged	1	248	5,47	2,64	1	71
90.	Merged	1	251	2,73	1,87	1	60
91.	Merged	1	252	10,93	3,73	0,718	79,5
92.	Merged	1	253	5,47	2,64	1	60,5
93.	Merged	1	254	2,73	1,87	1	94
94.	Merged	1	256	2,73	1,87	1	95
95.	Merged	1	260	13,66	4,17	1	80
96.	Merged	1	261	2,73	1,87	1	79
97.	Merged	1	262	5,47	2,64	1	83
98.	Merged	1	264	2,73	1,87	1	55
99.	Merged	1	265	2,73	1,87	1	65

(lanjutan)

100.	Merged	1	269	19,13	4,94	1	79,86
101.	Merged	1	271	5,47	2,64	1	84
102.	Merged	1	272	8,2	3,23	0,839	59,67
103.	Merged	1	275	2,73	1,87	1	78
104.	Merged	1	277	19,13	4,94	0,417	71,86
105.	Merged	1	278	5,47	2,64	1	41
106.	Merged	1	280	2,73	1,87	1	68
107.	Merged	1	289	2,73	1,87	1	33
108.	Merged	1	291	8,2	3,23	0,9	42
109.	Merged	1	292	2,73	1,87	1	29
110.	Merged	1	297	8,2	3,23	0,839	94
111.	Merged	1	298	8,2	3,23	1	81,33
112.	Merged	1	300	2,73	1,87	1	58
113.	Merged	1	301	5,47	2,64	1	58
114.	Merged	1	306	19,13	4,94	0,933	97,43
115.	Merged	1	307	10,93	3,73	0,718	69,75
116.	Merged	1	310	13,66	4,17	0,57	59,2
117.	Merged	1	311	2,73	1,87	1	23
118.	Merged	1	315	2,73	1,87	1	41
119.	Merged	1	317	5,47	2,64	1	69
120.	Merged	1	319	2,73	1,87	1	45
121.	Merged	1	321	5,47	2,64	1	71
122.	Merged	1	322	2,73	1,87	1	94
123.	Merged	1	323	2,73	1,87	1	74
124.	Merged	1	324	10,93	3,73	0,823	69,75
125.	Merged	1	325	5,47	2,64	1	84,5
126.	Merged	1	326	16,4	4,57	1	79,5
127.	Merged	1	327	2,73	1,87	1	31
128.	Merged	1	328	8,2	3,23	0,9	17,67
129.	Merged	1	329	2,73	1,87	1	96
130.	Merged	1	330	5,47	2,64	1	99,5
131.	Merged	1	335	2,73	1,87	1	109
132.	Merged	1	339	2,73	1,87	1	81
133.	Merged	1	342	13,66	4,17	0,713	56
134.	Merged	1	343	5,47	2,64	1	105
135.	Merged	1	347	19,13	4,94	0,933	72,86
136.	Merged	1	348	2,73	1,87	1	119
137.	Merged	1	349	5,47	2,64	1	61,5
138.	Merged	1	350	2,73	1,87	1	86
139.	Merged	1	355	10,93	3,73	0,954	71
140.	Merged	1	358	5,47	2,64	1	50,5
141.	Merged	1	360	2,73	1,87	1	43
142.	Merged	1	362	8,2	3,23	0,784	87
143.	Merged	1	365	5,47	2,64	1	84,5
144.	Merged	1	366	2,73	1,87	1	82
145.	Merged	1	369	16,4	4,57	0,441	73,17
146.	Merged	1	371	2,73	1,87	1	86
147.	Merged	1	374	5,47	2,64	1	76
148.	Merged	1	375	5,47	2,64	1	67,5
149.	Merged	1	378	5,47	2,64	1	83
150.	Merged	1	379	5,47	2,64	1	75,5
151.	Merged	1	383	2,73	1,87	1	62
152.	Merged	1	384	5,47	2,64	1	69

(lanjutan)

153.	Merged	1	385	2,73	1,87	1	126
154.	Merged	1	386	16,4	4,57	1	50,5
155.	Merged	1	389	5,47	2,64	1	78,5
156.	Merged	1	393	5,47	2,64	1	134,5
157.	Merged	1	394	2,73	1,87	1	86
158.	Merged	1	395	2,73	1,87	1	61
159.	Merged	1	396	10,93	3,73	0,954	83,25
160.	Merged	1	398	2,73	1,87	1	60
161.	Merged	1	405	2,73	1,87	1	87
162.	Merged	1	409	2,73	1,87	1	95
163.	Merged	1	413	2,73	1,87	1	74
164.	Merged	1	417	5,47	2,64	1	79,5
165.	Merged	1	418	10,93	3,73	0,68	55,5
166.	Merged	1	421	2,73	1,87	1	32
167.	Merged	1	423	19,13	4,94	0,691	78,86
168.	Merged	1	424	5,47	2,64	1	71,5
169.	Merged	1	425	8,2	3,23	1	88,33
170.	Merged	1	428	5,47	2,64	1	84
171.	Merged	1	431	2,73	1,87	1	79
172.	Merged	1	432	16,4	4,57	0,518	84,5
173.	Merged	1	435	16,4	4,57	0,538	124,5
174.	Merged	1	436	16,4	4,57	0,592	43,83
175.	Merged	1	439	2,73	1,87	1	82
176.	Merged	1	444	5,47	2,64	1	82
177.	Merged	1	451	2,73	1,87	1	103
178.	Merged	1	454	5,47	2,64	1	53,5
179.	Merged	1	456	2,73	1,87	1	34
180.	Merged	1	457	10,93	3,73	1	69,5
181.	Merged	1	463	2,73	1,87	1	45
182.	Merged	1	467	5,47	2,64	1	68
183.	Merged	1	468	2,73	1,87	1	92
184.	Merged	1	469	2,73	1,87	1	40
185.	Merged	1	470	5,47	2,64	1	81
186.	Merged	1	472	5,47	2,64	1	83
187.	Merged	1	473	19,13	4,94	0,691	87,86
188.	Merged	1	474	2,73	1,87	1	60
189.	Merged	1	482	16,4	4,57	0,655	96
190.	Merged	1	487	2,73	1,87	1	91
191.	Merged	1	489	2,73	1,87	1	55
192.	Merged	1	493	8,2	3,23	1	78
193.	Merged	1	510	8,2	3,23	0,9	28,67
194.	Merged	1	511	2,73	1,87	1	85
195.	Merged	1	515	2,73	1,87	1	52
196.	Merged	1	517	13,66	4,17	0,523	72,8
197.	Merged	1	518	2,73	1,87	1	63
198.	Merged	1	519	2,73	1,87	1	32
199.	Merged	1	521	2,73	1,87	1	75
200.	Merged	1	522	2,73	1,87	1	32
201.	Merged	1	528	2,73	1,87	1	59
202.	Merged	1	532	8,2	3,23	1	91,67
203.	Merged	1	533	5,47	2,64	1	55,5
204.	Merged	1	535	16,4	4,57	0,684	80,17
205.	Merged	1	536	2,73	1,87	1	90



(lanjutan)

206.	Merged	1	537	10,93	3,73	0,645	37,5
207.	Merged	1	538	5,47	2,64	1	65,5
208.	Merged	1	541	2,73	1,87	1	70
209.	Merged	1	544	2,73	1,87	1	57
210.	Merged	1	545	16,4	4,57	0,9	98
211.	Merged	1	548	5,47	2,64	1	64,5
212.	Merged	1	549	8,2	3,23	0,9	41,67
213.	Merged	1	551	5,47	2,64	1	43,5
214.	Merged	1	555	2,73	1,87	1	75
215.	Merged	1	556	5,47	2,64	1	74
216.	Merged	1	557	10,93	3,73	1	99,25
217.	Merged	1	558	2,73	1,87	1	45
218.	Merged	1	563	10,93	3,73	0,68	32
219.	Merged	1	565	2,73	1,87	1	100
220.	Merged	1	566	5,47	2,64	1	88
221.	Merged	1	567	2,73	1,87	1	93
222.	Merged	1	571	16,4	4,57	1	90,5
223.	Merged	1	572	13,66	4,17	1	96,8
224.	Merged	1	573	16,4	4,57	0,473	94,67
225.	Merged	1	574	2,73	1,87	1	79
226.	Merged	1	575	2,73	1,87	1	86
227.	Merged	1	576	16,4	4,57	1	94,5
228.	Merged	1	577	8,2	3,23	0,9	56,67
229.	Merged	1	579	2,73	1,87	1	84
230.	Merged	1	580	5,47	2,64	1	51,5
231.	Merged	1	582	2,73	1,87	1	76
232.	Merged	1	583	2,73	1,87	1	82
233.	Merged	1	584	8,2	3,23	0,9	89
234.	Merged	1	585	5,47	2,64	1	39,5
235.	Merged	1	588	8,2	3,23	0,9	55
236.	Merged	1	589	2,73	1,87	1	88
237.	Merged	1	591	5,47	2,64	1	48,5
238.	Merged	1	593	2,73	1,87	1	81
239.	Merged	1	594	16,4	4,57	0,518	28,17
240.	Merged	1	596	2,73	1,87	1	119
241.	Merged	1	598	16,4	4,57	0,9	109,33
242.	Merged	1	599	8,2	3,23	1	77,33
243.	Merged	1	602	2,73	1,87	1	44
244.	Merged	1	609	2,73	1,87	1	72
245.	Merged	1	612	10,93	3,73	0,823	81
246.	Merged	1	613	8,2	3,23	0,839	28
247.	Merged	1	614	13,66	4,17	0,607	74,8
248.	Merged	1	615	2,73	1,87	1	58
249.	Merged	1	616	8,2	3,23	0,784	39,33
250.	Merged	1	617	13,66	4,17	0,57	107,2
251.	Merged	1	618	5,47	2,64	1	28,5
252.	Merged	1	619	2,73	1,87	1	49
253.	Merged	1	621	10,93	3,73	0,823	101,25
254.	Merged	1	622	13,66	4,17	1	92,8
255.	Merged	1	623	8,2	3,23	0,9	97,67
256.	Merged	1	624	2,73	1,87	1	92
257.	Merged	1	625	8,2	3,23	1	46
258.	Merged	1	626	2,73	1,87	1	76

(lanjutan)

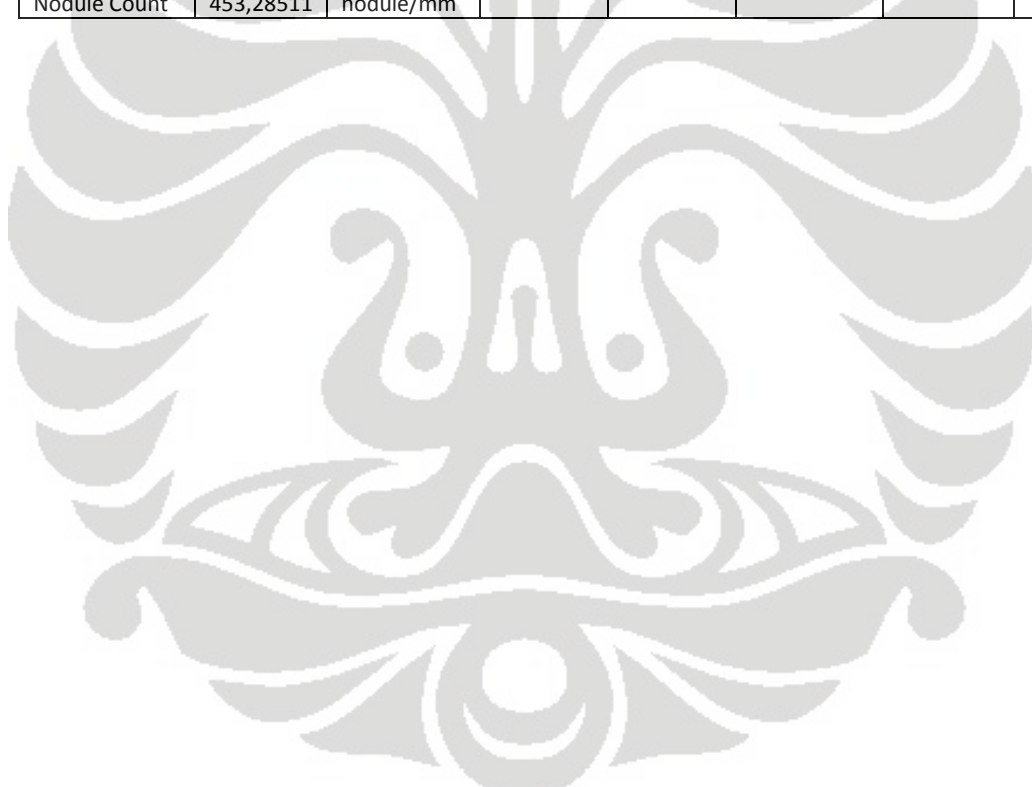
259.	Merged	1	627	5,47	2,64	1	109
260.	Merged	1	628	8,2	3,23	0,839	101
261.	Merged	1	629	8,2	3,23	0,839	63,33
262.	Merged	1	632	2,73	1,87	1	44
263.	Merged	1	633	2,73	1,87	1	61
264.	Merged	1	634	2,73	1,87	1	61
265.	Merged	1	639	2,73	1,87	1	48
266.	Merged	1	642	2,73	1,87	1	36
267.	Merged	1	643	2,73	1,87	1	69
268.	Merged	1	644	2,73	1,87	1	60
269.	Merged	1	645	5,47	2,64	1	54,5
270.	Merged	1	646	2,73	1,87	1	45
271.	Merged	1	647	5,47	2,64	1	22,5
272.	Merged	1	648	13,66	4,17	0,523	67,8
273.	Merged	1	652	2,73	1,87	1	68
274.	Merged	1	654	8,2	3,23	0,9	30
275.	Merged	1	655	8,2	3,23	0,839	117,67
276.	Merged	1	656	8,2	3,23	1	83,33
277.	Merged	1	657	2,73	1,87	1	63
278.	Merged	1	658	16,4	4,57	0,9	69,67
279.	Merged	1	659	5,47	2,64	1	82,5
280.	Merged	1	664	2,73	1,87	1	43
281.	Merged	1	668	2,73	1,87	1	72
282.	Merged	1	669	8,2	3,23	1	61,67
283.	Merged	1	670	10,93	3,73	0,68	100,75
284.	Merged	1	675	8,2	3,23	0,839	34,67
285.	Merged	1	676	13,66	4,17	0,546	53,8
286.	Merged	1	678	13,66	4,17	1	81,4
287.	Merged	1	680	2,73	1,87	1	114
288.	Merged	1	683	5,47	2,64	1	32
289.	Merged	1	684	8,2	3,23	0,9	50,33
290.	Merged	1	691	19,13	4,94	0,552	29,57
291.	Merged	1	692	2,73	1,87	1	41
292.	Merged	1	693	2,73	1,87	1	67
293.	Merged	1	695	2,73	1,87	1	81
294.	Merged	1	696	8,2	3,23	0,839	50,33
295.	Merged	1	697	5,47	2,64	1	31
296.	Merged	1	698	5,47	2,64	1	98
297.	Merged	1	702	5,47	2,64	1	61
298.	Merged	1	703	2,73	1,87	1	102
299.	Merged	1	704	2,73	1,87	1	57
300.	Merged	1	705	10,93	3,73	1	91
301.	Merged	1	706	10,93	3,73	0,645	106,5
302.	Merged	1	708	5,47	2,64	1	119
303.	Merged	1	710	13,66	4,17	0,523	86
304.	Merged	1	711	8,2	3,23	1	121,33
305.	Merged	1	712	5,47	2,64	1	46
306.	Merged	1	713	2,73	1,87	1	34
307.	Merged	1	714	13,66	4,17	1	105,2
308.	Merged	1	719	5,47	2,64	1	102,5
309.	Merged	1	720	10,93	3,73	0,68	99
310.	Merged	1	721	16,4	4,57	0,763	83,17
311.	Merged	1	724	2,73	1,87	1	104

(lanjutan)

312.	Merged	1	725	8,2	3,23	0,9	79
313.	Merged	1	726	13,66	4,17	0,546	40,6
314.	Merged	1	729	10,93	3,73	0,68	103,5
315.	Merged	1	732	19,13	4,94	0,392	83,71
316.	Merged	1	733	5,47	2,64	1	106,5
317.	Merged	1	736	5,47	2,64	1	37,5
318.	Merged	1	737	2,73	1,87	1	72
319.	Merged	1	739	10,93	3,73	0,645	30,5
320.	Merged	1	740	2,73	1,87	1	62
321.	Merged	1	741	2,73	1,87	1	83
322.	Merged	1	745	2,73	1,87	1	27
323.	Merged	1	746	2,73	1,87	1	40
324.	Merged	1	748	2,73	1,87	1	113
325.	Merged	1	749	2,73	1,87	1	115
326.	Merged	1	750	16,4	4,57	0,491	124,5
327.	Merged	1	751	8,2	3,23	0,9	47,33
328.	Merged	1	755	5,47	2,64	1	9
329.	Merged	1	759	8,2	3,23	0,9	118,33
330.	Merged	1	762	13,66	4,17	0,636	71,8
331.	Merged	1	763	13,66	4,17	0,636	102,6
332.	Merged	1	764	19,13	4,94	0,628	104,43
333.	Merged	1	768	5,47	2,64	1	95,5
334.	Merged	1	770	5,47	2,64	1	2
335.	Merged	1	771	2,73	1,87	1	62
336.	Merged	1	772	2,73	1,87	1	35
337.	Merged	1	773	8,2	3,23	1	106
338.	Merged	1	774	13,66	4,17	1	96,6
339.	Merged	1	775	8,2	3,23	0,839	43
340.	Merged	1	776	2,73	1,87	1	81
341.	Merged	1	777	5,47	2,64	1	80
342.	Merged	1	780	5,47	2,64	1	79,5
343.	Merged	1	781	5,47	2,64	1	116,5
344.	Merged	1	782	13,66	4,17	0,75	84,6
345.	Merged	1	783	2,73	1,87	1	94
346.	Merged	1	784	2,73	1,87	1	67
347.	Merged	1	794	16,4	4,57	0,684	93,5
348.	Merged	1	795	10,93	3,73	0,777	96
349.	Merged	1	802	2,73	1,87	1	89
350.	Merged	1	803	8,2	3,23	0,784	29,67
351.	Merged	1	805	16,4	4,57	0,456	41
352.	Merged	1	806	10,93	3,73	0,823	136,5
353.	Merged	1	809	2,73	1,87	1	60
354.	Merged	1	811	8,2	3,23	0,9	124,33
355.	Merged	1	812	16,4	4,57	0,56	97
356.	Merged	1	813	19,13	4,94	0,489	101,43
357.	Merged	1	814	2,73	1,87	1	81
358.	Merged	1	815	5,47	2,64	1	39,5
359.	Merged	1	817	5,47	2,64	1	77,5
360.	Merged	1	820	10,93	3,73	0,68	47,25
361.	Merged	1	822	8,2	3,23	1	106,33
362.	Merged	1	823	10,93	3,73	0,645	23,25
363.	Merged	1	824	8,2	3,23	0,784	35,33
364.	Merged	1	826	5,47	2,64	1	77,5

(lanjutan)

365.	Merged	1	828	2,73	1,87	1	65
366.	Merged	1	830	5,47	2,64	1	24,5
367.	Merged	1	836	2,73	1,87	1	51
368.	Merged	1	838	16,4	4,57	0,628	59,83
369.	Merged	1	840	16,4	4,57	0,473	56
370.	Merged	1	842	8,2	3,23	0,9	124,67
371.	Merged	1	846	16,4	4,57	0,51	36,67
372.	Merged	1	847	10,93	3,73	0,68	55,75
373.	Merged	1	849	10,93	3,73	0,954	80
374.	Merged	1	851	5,47	2,64	1	2
375.	Merged	1	852	2,73	1,87	1	64
376.	Merged	1	853	13,66	4,17	0,596	127,8
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	7,28	4,93	2,73	19,13			
EqDiameter	2,88	0,99	1,87	4,94			
Circularity	0,908	0,161	0,392	1			
MeanIntensity	71,71	26,63	2	136,5			
Area	829500	$\mu\text{m}^2$					
Nodule Count	453,28511	nodule/ $\text{mm}^2$					



(lanjutan)

**Tabel Hasil Perhitungan Morfologi dan Jumlah Nodul  
TWADI 5**

Item	Source	FieldID	ObjID	Area	EqDiameter	Circularity	MeanIntensity
1.	Merged	1	3	13,66	4,17	1	88,8
2.	Merged	1	5	13,66	4,17	0,713	107,4
3.	Merged	1	8	8,2	3,23	0,9	112,33
4.	Merged	1	9	16,4	4,57	0,9	99,33
5.	Merged	1	10	16,4	4,57	0,9	101,67
6.	Merged	1	11	19,13	4,94	1	98
7.	Merged	1	13	16,4	4,57	1	83,67
8.	Merged	1	15	2,73	1,87	1	93
9.	Merged	1	17	19,13	4,94	1	88,43
10.	Merged	1	21	8,2	3,23	1	96,67
11.	Merged	1	25	5,47	2,64	1	86,5
12.	Merged	1	28	5,47	2,64	1	88
13.	Merged	1	31	2,73	1,87	1	92
14.	Merged	1	32	13,66	4,17	1	85
15.	Merged	1	33	10,93	3,73	0,954	91
16.	Merged	1	34	16,4	4,57	1	93,5
17.	Merged	1	35	13,66	4,17	1	89
18.	Merged	1	36	10,93	3,73	1	90
19.	Merged	1	38	19,13	4,94	1	83,71
20.	Merged	1	39	10,93	3,73	1	85,5
21.	Merged	1	40	13,66	4,17	1	84
22.	Merged	1	41	5,47	2,64	1	88
23.	Merged	1	47	5,47	2,64	1	80
24.	Merged	1	53	19,13	4,94	0,933	79,86
25.	Merged	1	58	16,4	4,57	0,9	87,33
26.	Merged	1	60	10,93	3,73	1	93,75
27.	Merged	1	64	13,66	4,17	0,75	89
28.	Merged	1	66	10,93	3,73	0,718	97,75
29.	Merged	1	71	10,93	3,73	0,954	97,25
30.	Merged	1	74	10,93	3,73	0,777	91,75
31.	Merged	1	81	13,66	4,17	1	99,2
32.	Merged	1	86	5,47	2,64	1	91,5
33.	Merged	1	88	8,2	3,23	1	82,33
34.	Merged	1	89	5,47	2,64	1	60
35.	Merged	1	92	16,4	4,57	1	82,17
36.	Merged	1	96	13,66	4,17	1	88,8
37.	Merged	1	102	2,73	1,87	1	77
38.	Merged	1	104	5,47	2,64	1	88
39.	Merged	1	105	2,73	1,87	1	81
40.	Merged	1	108	10,93	3,73	0,954	79
41.	Merged	1	111	16,4	4,57	1	88,83
42.	Merged	1	123	19,13	4,94	1	100,29
43.	Merged	1	124	10,93	3,73	0,954	91,5
44.	Merged	1	127	13,66	4,17	1	107,6
45.	Merged	1	130	19,13	4,94	0,933	78,29
46.	Merged	1	136	16,4	4,57	0,9	86,67

(lanjutan)

47.	Merged	1	142	5,47	2,64	1	102
48.	Merged	1	145	13,66	4,17	1	75
49.	Merged	1	146	10,93	3,73	0,954	53
50.	Merged	1	148	10,93	3,73	0,823	109,5
51.	Merged	1	150	5,47	2,64	1	94,5
52.	Merged	1	151	10,93	3,73	0,823	61,25
53.	Merged	1	152	16,4	4,57	1	82,33
54.	Merged	1	153	10,93	3,73	0,954	78,75
55.	Merged	1	156	5,47	2,64	1	82,5
56.	Merged	1	157	2,73	1,87	1	110
57.	Merged	1	175	13,66	4,17	1	99,6
58.	Merged	1	178	5,47	2,64	1	83,5
59.	Merged	1	180	19,13	4,94	0,89	92,86
60.	Merged	1	185	19,13	4,94	0,451	63,57
61.	Merged	1	188	19,13	4,94	1	91,71
62.	Merged	1	191	5,47	2,64	1	73
63.	Merged	1	199	5,47	2,64	1	83
64.	Merged	1	205	5,47	2,64	1	84
65.	Merged	1	214	5,47	2,64	1	116
66.	Merged	1	220	19,13	4,94	0,933	87,14
67.	Merged	1	222	16,4	4,57	0,655	83,33
68.	Merged	1	223	13,66	4,17	0,85	72,6
69.	Merged	1	233	8,2	3,23	0,9	85,33
70.	Merged	1	235	8,2	3,23	1	80,33
71.	Merged	1	236	8,2	3,23	1	90
72.	Merged	1	240	2,73	1,87	1	95
73.	Merged	1	241	5,47	2,64	1	116,5
74.	Merged	1	258	16,4	4,57	0,9	87
75.	Merged	1	259	10,93	3,73	0,823	87,25
76.	Merged	1	262	5,47	2,64	1	69,5
77.	Merged	1	264	8,2	3,23	1	99
78.	Merged	1	265	5,47	2,64	1	90,5
79.	Merged	1	266	8,2	3,23	0,9	82
80.	Merged	1	267	13,66	4,17	1	85,6
81.	Merged	1	268	8,2	3,23	1	93
82.	Merged	1	274	2,73	1,87	1	70
83.	Merged	1	275	16,4	4,57	0,518	72,5
84.	Merged	1	279	2,73	1,87	1	84
85.	Merged	1	280	2,73	1,87	1	63
86.	Merged	1	285	2,73	1,87	1	106
87.	Merged	1	286	5,47	2,64	1	81
88.	Merged	1	287	2,73	1,87	1	79
89.	Merged	1	288	2,73	1,87	1	71
90.	Merged	1	290	2,73	1,87	1	66
91.	Merged	1	293	10,93	3,73	1	85,25
92.	Merged	1	296	16,4	4,57	0,763	65
93.	Merged	1	298	5,47	2,64	1	87,5
94.	Merged	1	302	2,73	1,87	1	79
95.	Merged	1	306	10,93	3,73	0,954	82
96.	Merged	1	310	2,73	1,87	1	84
97.	Merged	1	311	2,73	1,87	1	114
98.	Merged	1	313	5,47	2,64	1	62,5
99.	Merged	1	318	13,66	4,17	1	74,4

(lanjutan)

100.	Merged	1	320	8,2	3,23	1	99,33
101.	Merged	1	322	5,47	2,64	1	86,5
102.	Merged	1	324	8,2	3,23	1	83,33
103.	Merged	1	325	13,66	4,17	1	81,8
104.	Merged	1	327	5,47	2,64	1	82,5
105.	Merged	1	334	5,47	2,64	1	134
106.	Merged	1	337	2,73	1,87	1	93
107.	Merged	1	338	10,93	3,73	0,695	80
108.	Merged	1	339	16,4	4,57	0,8	90
109.	Merged	1	343	2,73	1,87	1	85
110.	Merged	1	344	19,13	4,94	0,72	85,57
111.	Merged	1	345	16,4	4,57	1	86,83
112.	Merged	1	348	2,73	1,87	1	92
113.	Merged	1	351	2,73	1,87	1	84
114.	Merged	1	352	10,93	3,73	0,718	127,75
115.	Merged	1	353	2,73	1,87	1	61
116.	Merged	1	358	10,93	3,73	0,823	99,5
117.	Merged	1	371	13,66	4,17	1	87,2
118.	Merged	1	373	2,73	1,87	1	80
119.	Merged	1	376	19,13	4,94	1	87,57
120.	Merged	1	377	19,13	4,94	1	94,71
121.	Merged	1	379	19,13	4,94	1	86,14
122.	Merged	1	384	10,93	3,73	0,823	80,75
123.	Merged	1	388	5,47	2,64	1	103
124.	Merged	1	394	5,47	2,64	1	78
125.	Merged	1	399	10,93	3,73	0,954	76
126.	Merged	1	400	2,73	1,87	1	129
127.	Merged	1	405	2,73	1,87	1	85
128.	Merged	1	407	19,13	4,94	0,89	81,86
129.	Merged	1	412	8,2	3,23	0,9	81,33
130.	Merged	1	420	2,73	1,87	1	75
131.	Merged	1	421	13,66	4,17	1	80,8
132.	Merged	1	433	13,66	4,17	1	80,2
133.	Merged	1	435	2,73	1,87	1	76
134.	Merged	1	441	5,47	2,64	1	69,5
135.	Merged	1	442	2,73	1,87	1	59
136.	Merged	1	444	16,4	4,57	1	86,17
137.	Merged	1	446	2,73	1,87	1	73
138.	Merged	1	448	5,47	2,64	1	126,5
139.	Merged	1	452	8,2	3,23	1	100,67
140.	Merged	1	457	5,47	2,64	1	77
141.	Merged	1	458	2,73	1,87	1	70
142.	Merged	1	459	19,13	4,94	0,798	81,14
143.	Merged	1	466	2,73	1,87	1	107
144.	Merged	1	471	16,4	4,57	0,9	97,5
145.	Merged	1	473	5,47	2,64	1	68,5
146.	Merged	1	479	10,93	3,73	1	82,75
147.	Merged	1	481	16,4	4,57	1	83,67
148.	Merged	1	482	19,13	4,94	0,489	84,14
149.	Merged	1	486	13,66	4,17	0,68	75,2
150.	Merged	1	487	19,13	4,94	0,798	87,14
151.	Merged	1	490	16,4	4,57	0,9	76
152.	Merged	1	491	2,73	1,87	1	78

(lanjutan)

153.	Merged	1	507	8,2	3,23	1	67,67
154.	Merged	1	509	2,73	1,87	1	94
155.	Merged	1	511	10,93	3,73	1	70,75
156.	Merged	1	515	16,4	4,57	0,538	84,83
157.	Merged	1	519	2,73	1,87	1	94
158.	Merged	1	522	19,13	4,94	1	80,57
159.	Merged	1	524	19,13	4,94	1	97,71
160.	Merged	1	525	19,13	4,94	0,798	81
161.	Merged	1	526	2,73	1,87	1	95
162.	Merged	1	528	8,2	3,23	0,839	58,67
163.	Merged	1	529	5,47	2,64	1	93,5
164.	Merged	1	530	19,13	4,94	1	89,86
165.	Merged	1	532	13,66	4,17	1	86
166.	Merged	1	534	10,93	3,73	0,954	66,75
167.	Merged	1	535	13,66	4,17	1	70,4
168.	Merged	1	536	5,47	2,64	1	91,5
169.	Merged	1	537	2,73	1,87	1	87
170.	Merged	1	544	5,47	2,64	1	130
171.	Merged	1	552	13,66	4,17	1	96
172.	Merged	1	553	10,93	3,73	0,823	89,5
173.	Merged	1	555	19,13	4,94	0,798	86,29
174.	Merged	1	556	5,47	2,64	1	84
175.	Merged	1	557	19,13	4,94	0,933	87,57
176.	Merged	1	558	8,2	3,23	0,9	100,67
177.	Merged	1	562	2,73	1,87	1	95
178.	Merged	1	563	8,2	3,23	1	90,67
179.	Merged	1	567	5,47	2,64	1	85,5
180.	Merged	1	569	19,13	4,94	0,933	101
181.	Merged	1	571	19,13	4,94	1	86,43
182.	Merged	1	573	19,13	4,94	0,933	82,71
183.	Merged	1	580	5,47	2,64	1	75,5
184.	Merged	1	582	2,73	1,87	1	115
185.	Merged	1	588	8,2	3,23	1	99,33
186.	Merged	1	589	10,93	3,73	0,645	83,75
187.	Merged	1	590	8,2	3,23	0,9	109,33
188.	Merged	1	593	10,93	3,73	1	84,25
189.	Merged	1	594	5,47	2,64	1	85,5
190.	Merged	1	596	13,66	4,17	1	94,8
191.	Merged	1	606	8,2	3,23	1	77,33
192.	Merged	1	608	13,66	4,17	1	81,8
193.	Merged	1	609	5,47	2,64	1	85
194.	Merged	1	611	19,13	4,94	0,392	73
195.	Merged	1	613	8,2	3,23	1	83,67
196.	Merged	1	614	8,2	3,23	0,9	95,33
197.	Merged	1	616	19,13	4,94	1	86,14
198.	Merged	1	623	2,73	1,87	1	117
199.	Merged	1	624	13,66	4,17	1	89,2
200.	Merged	1	626	10,93	3,73	0,954	132,25
201.	Merged	1	630	19,13	4,94	0,933	90,57
202.	Merged	1	634	8,2	3,23	0,9	73,67
203.	Merged	1	640	8,2	3,23	1	52,33
204.	Merged	1	645	19,13	4,94	0,933	118,71
205.	Merged	1	648	2,73	1,87	1	72



(lanjutan)

206.	Merged	1	650	2,73	1,87	1	80
207.	Merged	1	653	8,2	3,23	1	83
208.	Merged	1	654	10,93	3,73	1	95,75
209.	Merged	1	658	16,4	4,57	1	93
210.	Merged	1	667	19,13	4,94	1	90,71
211.	Merged	1	668	13,66	4,17	1	69,4
212.	Merged	1	672	8,2	3,23	1	87
213.	Merged	1	675	2,73	1,87	1	84
214.	Merged	1	678	2,73	1,87	1	79
215.	Merged	1	679	2,73	1,87	1	92
216.	Merged	1	683	13,66	4,17	0,68	85,2
217.	Merged	1	684	10,93	3,73	1	100
218.	Merged	1	685	2,73	1,87	1	121
219.	Merged	1	686	5,47	2,64	1	84,5
220.	Merged	1	687	19,13	4,94	0,638	84,29
221.	Merged	1	689	16,4	4,57	1	118,67
222.	Merged	1	702	16,4	4,57	1	77,5
223.	Merged	1	703	5,47	2,64	1	42,5
224.	Merged	1	704	8,2	3,23	1	105
225.	Merged	1	712	13,66	4,17	0,75	69,2
226.	Merged	1	714	10,93	3,73	1	131,5
227.	Merged	1	717	8,2	3,23	1	73,33
228.	Merged	1	719	2,73	1,87	1	122
229.	Merged	1	720	13,66	4,17	0,971	94
230.	Merged	1	723	19,13	4,94	0,933	84,57
231.	Merged	1	725	8,2	3,23	1	71,33
232.	Merged	1	726	16,4	4,57	1	95,33
233.	Merged	1	727	2,73	1,87	1	91
234.	Merged	1	729	16,4	4,57	1	78,33
235.	Merged	1	733	5,47	2,64	1	113
236.	Merged	1	734	19,13	4,94	0,933	94,71
237.	Merged	1	739	13,66	4,17	0,607	84,2
238.	Merged	1	741	5,47	2,64	1	54
239.	Merged	1	742	10,93	3,73	1	81,75
240.	Merged	1	743	8,2	3,23	1	93,33
241.	Merged	1	744	2,73	1,87	1	86
242.	Merged	1	746	5,47	2,64	1	94
243.	Merged	1	747	5,47	2,64	1	96,5
244.	Merged	1	754	13,66	4,17	1	87,2
245.	Merged	1	760	8,2	3,23	1	96
246.	Merged	1	761	19,13	4,94	0,489	77,57
247.	Merged	1	764	13,66	4,17	1	103,6
248.	Merged	1	768	16,4	4,57	1	87,17
249.	Merged	1	770	19,13	4,94	1	80,86
250.	Merged	1	771	2,73	1,87	1	107
251.	Merged	1	772	8,2	3,23	0,839	51
252.	Merged	1	774	2,73	1,87	1	95
253.	Merged	1	784	8,2	3,23	1	80,33
254.	Merged	1	787	13,66	4,17	1	103,4
255.	Merged	1	789	19,13	4,94	1	98,14
256.	Merged	1	793	2,73	1,87	1	95
257.	Merged	1	795	5,47	2,64	1	81
258.	Merged	1	797	2,73	1,87	1	99

(lanjutan)

259.	Merged	1	800	16,4	4,57	0,9	85,83
260.	Merged	1	801	16,4	4,57	0,9	90,33
261.	Merged	1	803	10,93	3,73	1	95,5
262.	Merged	1	804	13,66	4,17	1	105,2
263.	Merged	1	806	16,4	4,57	0,9	89,33
264.	Merged	1	807	13,66	4,17	1	86
265.	Merged	1	812	5,47	2,64	1	89,5
266.	Merged	1	818	5,47	2,64	1	130
267.	Merged	1	820	13,66	4,17	0,75	88,2
268.	Merged	1	827	19,13	4,94	0,552	74,14
269.	Merged	1	828	16,4	4,57	0,9	89
270.	Merged	1	833	5,47	2,64	1	85
271.	Merged	1	835	5,47	2,64	1	103
272.	Merged	1	837	8,2	3,23	0,9	87,67
273.	Merged	1	840	2,73	1,87	1	109
274.	Merged	1	844	13,66	4,17	1	95,8
275.	Merged	1	854	19,13	4,94	0,798	83,29
276.	Merged	1	862	2,73	1,87	1	77
277.	Merged	1	866	10,93	3,73	1	98,75
278.	Merged	1	868	10,93	3,73	1	111,25
279.	Merged	1	869	2,73	1,87	1	137
280.	Merged	1	872	8,2	3,23	0,9	77,67
281.	Merged	1	881	19,13	4,94	1	90,29
282.	Merged	1	882	2,73	1,87	1	84
283.	Merged	1	884	5,47	2,64	1	97
284.	Merged	1	888	16,4	4,57	0,617	75,17
285.	Merged	1	890	16,4	4,57	1	98
286.	Merged	1	892	16,4	4,57	1	93,67
287.	Merged	1	893	13,66	4,17	1	98,6
288.	Merged	1	895	10,93	3,73	1	101,25
289.	Merged	1	897	8,2	3,23	0,9	106,67
290.	Merged	1	898	13,66	4,17	1	87
291.	Merged	1	899	16,4	4,57	0,9	51
292.	Merged	1	904	10,93	3,73	0,954	115,5
293.	Merged	1	906	2,73	1,87	1	115
294.	Merged	1	907	16,4	4,57	0,8	99
Feature	Mean	St.Dev	Minimum	Maximum			
Area	10,26	5,68	2,73	19,13			
EqDiameter	3,45	1,06	1,87	4,94			
Circularity	0,948	0,109	0,392	1			
MeanIntensity	88,48	14,89	42,5	137			
Area	829500	$\mu\text{m}^2$					
Nodule Count	354,43038	nodule/mm <sup>2</sup>					



# **LAMPIRAN 5**

**Data Pengujian Kekerasan dan Kekuatan Tarik**

## Tabel Hasil Pengujian Kekerasan TWADI

Metode : Rockwell B  
 Beban : 100 kgf  
 Holding : 5 detik  
 Indentor : 1/16" ball

TWADI	Kekerasan per Titik (HRB)							Rata-rata	
	1	2	3	4	5	6	7	HRB	BHN
1	112	112	112	112	113	112	112	112	369
2	113	114	113	112	113	113	112	113	379
3	112	112	112	113	113	113	113	113	379
4	112	112	112	111	111	111	111	111	351
5	112	112	111	112	112	112	113	112	369
<b>Rata-rata Kekerasan TWADI</b>								<b>112</b>	<b>369</b>

## Tabel Hasil Pengujian Kekerasan TWDI

Metode : Brinell  
Beban : 187,5 kg

Waktu tahan : 15 detik  
Indentor : bola baja 3,2 mm

TWDI	Titik	Dx	Dy	Drata-rata	HB	HB Rata2
A1	1	1,131	1,141	1,136	179,0589022	180,294276
	2	1,089	1,128	1,1085	188,3661904	
	3	1,05	1,09	1,07	202,6197156	
	4	1,124	1,126	1,125	182,7001098	
	5	1,13	1,149	1,1395	177,9223566	
	6	1,178	1,181	1,1795	165,6421655	
	7	1,158	1,182	1,17	168,4452211	
	8	1,136	1,145	1,1405	177,5995465	
A2	1	1,15	1,204	1,177	166,3732478	177,2895468
	2	1,073	1,081	1,077	199,9142029	
	3	1,113	1,138	1,1255	182,5322845	
	4	1,029	1,027	1,028	220,0290876	
	5	1,233	1,188	1,2105	156,9490054	
	6	1,19	1,175	1,1825	164,7709685	
	7	1,175	1,162	1,1685	168,8940579	
	8	1,231	1,176	1,2035	158,8535198	
A3	1	1,16	1,117	1,1385	178,2460163	170,753059
	2	1,137	1,134	1,1355	179,2221229	
	3	1,217	1,175	1,196	160,9312147	
	4	1,168	1,181	1,1745	167,1089946	
	5	1,207	1,159	1,183	164,6264118	
	6	1,12	1,117	1,1185	184,902329	
	7	1,206	1,191	1,1985	160,2343233	
A4	1	1,103	1,112	1,1075	188,7177388	184,242521
	2	1,06	1,085	1,0725	201,6473855	
	3	1,129	1,093	1,111	187,4914628	
	4	1,185	1	1,0925	194,107187	
	5	1,179	1,18	1,1795	165,6421655	
	6	1,149	1,079	1,114	186,449542	
	7	1,151	1,208	1,1795	165,6421655	
A5	1	1,032	1,063	1,0475	211,6859438	207,487445
	2	1,053	1,068	1,0605	206,3774167	
	3	1,069	1,052	1,0605	206,3774167	
	4	1,024	1,064	1,044	213,1491133	
	5	1,077	1,067	1,072	201,8413081	
	6	1,023	1,088	1,0555	208,3959836	
	7	1,039	1,091	1,065	204,5849324	

(lanjutan)

### Tabel Hasil Pengujian Tarik TWADI

Alat uji : Shimadzu Servopulser

Beban : 20 ton

Panjang Gauge Length : 50 mm

TWADI	Dimensi		Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	Panjang Ukur (mm)	Beban Putus (Kg)	Beban Luluh (Kg)	$\Delta L$ (mm)	UTS			Elongasi (%)
	Tebal (mm)	Lebar (mm)						(Kg/mm <sup>2</sup> )	(Ksi)	(MPa)	
1	2,4	15,3	36,72	50	2900	-	0,5	78	111	765	1
2	1,8	15,4	27,72	50	1250	-	0,25	45	64	441	0,5
3	1,85	15,3	28,305	50	1800	-	0,25	63	90	618	0,5
4	2,25	15,4	34,65	50	2700	-	0,5	77	110	755	1
5	2,1	14,95	31,395	50	1550	-	0,25	49	70	481	0,5

### Tabel Perbandingan Sifat-sifat TWDI dan TWADI

Posisi	Nodule Count (nodule/mm <sup>2</sup> )	Nodularity (%)	D average ( $\mu$ m)	TWDI				TWADI			
				Hardness (BHN)	UTS		Elongation (%)	Hardness (BHN)	UTS		Elongation (%)
					(Kg/mm <sup>2</sup> )	(MPa)			(Kg/mm <sup>2</sup> )	(MPa)	
1	317	90	3	180	31	304,0077	0	369	78	764,9226	1
2	350	92	3	177	11	107,8737	0	379	45	441,3015	0,5
3	285	92	3	171	23	225,5541	0	379	63	617,8221	0,5
4	453	91	3	184	42	411,8814	0	351	77	755,1159	1
5	354	95	4	208	34	333,4278	0	369	49	480,5283	0,5
<b>Rata-rata</b>				<b>184</b>	<b>28</b>	<b>277</b>	<b>0</b>	<b>369</b>	<b>62</b>	<b>612</b>	<b>0,7</b>

### Perbandingan Sifat-sifat antar-TWADI

Perbandingan TWADI	Jumlah Nodul (%)	Kenodulan (%)	Diameter Nodul (%)	Kekerasan (%)	UTS (%)	Elongasi (%)
2 terhadap 1	10,41009464	2,2222222	0	0,636943	-42,3077	-50
3 terhadap 1	-10,09463722	2,2222222	0	0,382166	-19,2308	-50
4 terhadap 1	42,9022082	1,1111111	0	-0,63694	-1,28205	0
5 terhadap 1	11,67192429	5,5555556	33,333333	-0,12739	-37,1795	-50
3 terhadap 2	-18,57142857	0	0	0	40	0
4 terhadap 2	29,42857143	-1,0869565	0	-1	71,11111	100
5 terhadap 2	1,142857143	3,2608696	33,333333	-1	8,888889	0
4 terhadap 3	58,94736842	-1,0869565	0	-1,01523	22,22222	100
5 terhadap 3	24,21052632	3,2608696	33,333333	-0,50761	-22,2222	0
5 terhadap 4	-21,85430464	4,3956044	33,333333	0,512821	-36,3636	-50

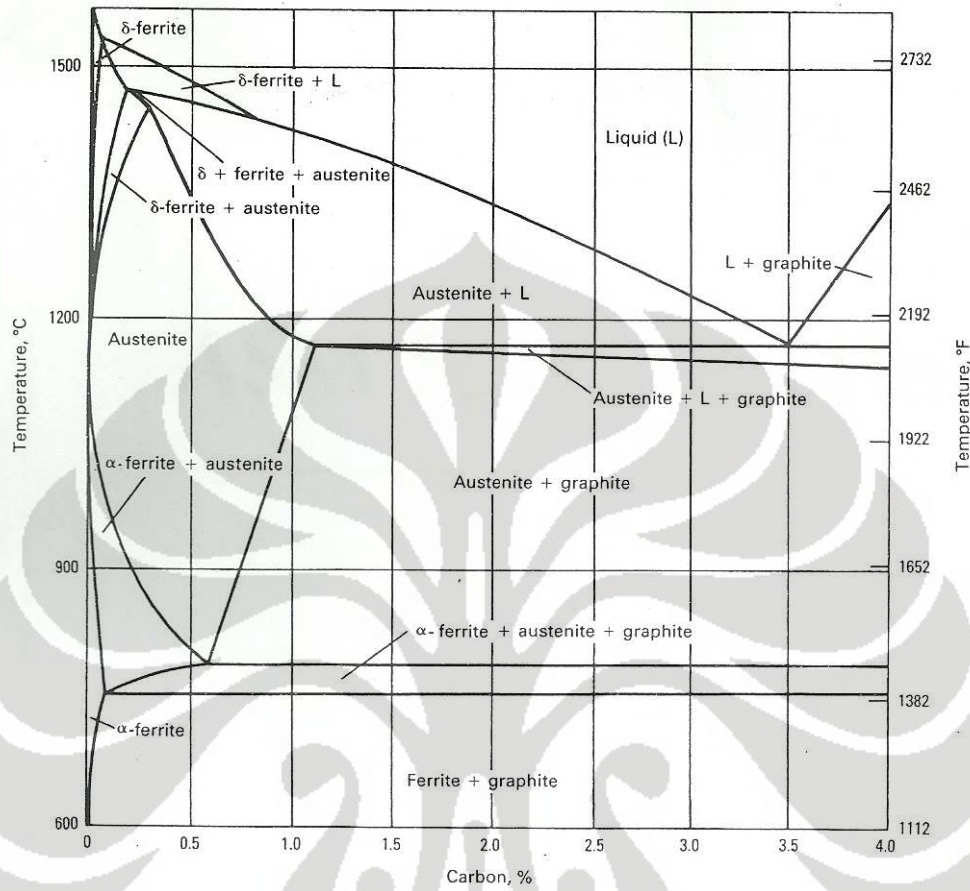


# **LAMPIRAN 6**

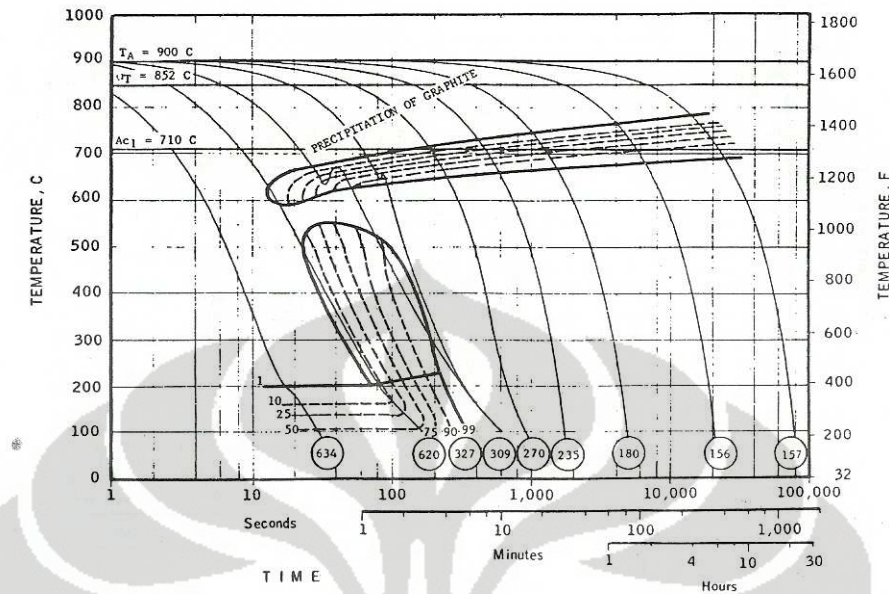
**Diagram Fasa dan Diagram CCT dari Fe-C-Si**



### Diagram fasa Fe-C 2,5%Si<sup>[40]</sup>



## Diagram CCT Besi Tuang Nodular



**Komposisi: Fe - 3,79%C – 0,42%Mn – 2,75%Si – 0,039%P - 0,01%S – 0,02%Cr – 0,04%Mo – 0,05%Mg.  
Austenisasi 900°C selama 20 menit<sup>[41]</sup>**



# **LAMPIRAN 7**

**Standard ASTM A 536-84**



# **LAMPIRAN 8**

**ASTM A 987/A 897M-02**



# **LAMPIRAN 9**

**JIS G 5503**



# **LAMPIRAN 10**

**JIS Z 2241**



# **LAMPIRAN 11**

**JIS Z 2243**



# **LAMPIRAN 12**

**JIS Z 2245**