



**ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN PROSES SAND *BLASTING*
DENGAN VARIASI TEKANAN, WAKTU DAN SUDUT
MENGUNAKAN METODE *TAGUCHI***

SKRIPSI

Oleh
Sugiantoro
NIM 131910101036

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN PROSES SAND *BLASTING*
DENGAN VARIASI TEKANAN, WAKTU DAN SUDUT
MENGUNAKAN METODE *TAGUCHI***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Sugiantoro
131910101036

**PROGRAM STUDI STRATA-1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

Puji syukur alhamdulillah yang tiada henti penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas curahan rahmat, nikmat serta hidayahNya sehingga karya tulis dalam bentuk skripsi ini dapat selesai. Dengan rasa bangga dan kerendahan hati skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Mianah dan Ayahanda Sugianto, terima kasih atas semua cinta, kasih sayang, pengorbanan, perhatian, doa, motivasi dan bimbingan serta didikanyang selalu tiada henti tercurahkan untuk saya, serta mohon maaf atas segala kesalahan dan kekurangan;
2. Kakakku Febiyanti Ningsih, Dwi Yuni Rosita, Zainul Arifin, dan Indra Wahyudi, terima kasih telah membantu saya selama ini baik berupa dukungan semangat dan juga materi demi kelancaran kuliah dan adikku Oktiani Sri Rejeki dan Wahyu Hidayat, terimakasih atas dukungan, semangat dan kasih sayang yang sudah diberikan selama ini;
3. Semua guru dari taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi. Tiada ilmu yang saya dapatkan tanpa perantara Bapak-Ibu, terima kasih banyak untuk semuanya;
4. Dosen dan staf pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada saya, Bapak Dedi Dwilaksana, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama, Bapak Dr. Gaguk Jatisukamto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing anggota, Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T. selaku dosen penguji I dan Bapak Dr. Agus Triono, S.T., M.T. selaku dosen penguji II yang memberikan saran dan kritik bersifat konstruktif untuk penyusunan skripsi ini;
5. Rekan kerja *Sand Blasting group* Fido Sila Widana dan Arif Bigwanto, terimakasih atas bantuan, ilmu dan bimbingan serta dukungannya selama proses penelitian skripsi ini;
6. Teman seperjuangan Novi Nur Hamimah, terimakasih atas dukungan dan bantuannya sampai penyusunan skripsi ini selesai;

7. Semua saudaraku Teknik Mesin 13, yang sudah memberikan motivasi yang begitu berarti, berbagi pengalaman suka cita, juga teman-teman di *Sand Blasting Group* terima kasih untuk semua dukungannya.



MOTTO

Niat adalah ukuran dalam menilai benarnya suatu perbuatan, oleh karenanya ketika niatnya benar maka perbuatan itu benar dan jika niatnya buruk maka perbuatan itu buruk
(Imam An Nawawi)¹

Hidup itu seperti sepeda. Agar tetap seimbang, kau harus terus bergerak
(Albert Einstein)²

Satu satunya hal yang harus kau takuti adalah ketakutan itu sendiri
(Franklin D. Roosevelt)

Lebih baik dibenci tapi menjadi dirimu sendiri daripada dicintai tetapi bukan karena menjadi apa adanya dirimu
(Curt Cobain)³

¹ Imam Nawawi. 2011. *Hadist Arba'in Nawawiyah*. Maktab Dakwah dan Bimbingan Jaliyat Rabwah.

² Walter Isaacson. 2012. *Einstein, Kehidupan dan Pengaruhnya Bagi Dunia*. Bentang Pustaka

³ Charles R Cross. 2001. *Heavier Than Heaven*. United States : Hyperion

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Sugiantoro**

NIM : **131910101036**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul ”*Analisis Kekasaran Permukaan Proses Sand Blasting dengan Variasi Tekanan, Waktu dan Sudut Menggunakan Metode Taguchi*” adalah benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 02 Oktober 2018
Yang menyatakan,

Sugiantoro
NIM.131910101036

SKRIPSI

**ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN PROSES SAND
BLASTING DENGAN VARIASI TEKANAN, WAKTU
DAN SUDUT MENGGUNAKAN
METODE *TAGUCHI***

Oleh
Sugiantoro
NIM 101910101036

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Dedi Dwilaksana, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Gaguk Jatisukanto, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Kekasaran Permukaan Proses *Sand Blasting* dengan Variasi Tekanan, Waktu dan Sudut Menggunakan *Metode Taguchi*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal : Kamis, 23 Agustus 2018

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Dedi Dwilaksana, S.T., M.T.
NIP. 19691201199602 1 001

Anggota I,

Ir. Ahmad Syuhri, M.T.
NIP. 19670123 199702 1 001

Sekretaris,

Dr. Gaguk Jatisukamto, S.T., M.T.
NIP. 19690209 199802 1 001

Anggota II,

Dr. Agus Triono, S.T., M.T.
NIP. 19700807 200112 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Proses *sand blasting* merupakan proses penyemprotan bahan abrasif berupa pasir atau partikel kecil dengan tekanan tinggi pada suatu permukaan material. Bahan abrasif yang biasa digunakan dalam proses *sand blasting* yaitu pasir silika. Pemilihan bahan abrasif dapat menghasilkan kemampuan yang berbeda-beda dikarenakan faktor kinerja seperti kekerasan abrasif, bentuk abrasif, warna abrasif, ukuran abrasif dan kebersihan abrasif. Proses *sand blasting* umumnya digunakan untuk membersihkan permukaan material yang akan di lapisi cat (*coating*). Aplikasi *coating* yang sebelumnya dibersihkan dengan cara *sand blasting* akan memiliki umur yang lebih tinggi dan meningkatkan umur pakai struktur secara signifikan.

Proses *sand blasting* diawali dengan pemotongan pelat baja SS400 dimensi 100 mm x 100 mm x 5mm dan pengecekan tingkat karat sesuai BS EN ISO 8501-1 Vis 1. Langkah selanjutnya yaitu menghaluskan pelat dengan cara mengampelas bagian permukaan pelat. Persiapan alat seperti selang, *nozzle*, *stopwatch*, kompresor, *sandpot*, dan alat bantu proses percobaan lain sangat diperlukan untuk kelancaran proses *sand blasting*. Tekanan pada pressure regulator dan sudut pada alat bantu diatur sesuai dengan level yang telah ditentukan begitupun dengan *inlet valve*, *choke valve* dan *mixing valve* juga diatur sesuai dengan posisi yang telah ditentukan. Pasir silika dimasukkan ke dalam *sandpot* hingga volume 80 % kemudian diatur tekanan, sudut dan waktu sesuai dengan level percobaan. Pasir silika bertekanan 3 bar disemprotkan pada permukaan material pelat baja SS400 dengan dengan waktu penyemprotan 4 detik dan sudut penyemprotan 30°. Langkah tersebut diulang untuk waktu 8 detik dan sudut 60° dan seterusnya. Hasil proses sand blasting dicek kekasaran permukaannya dengan *surface roughness test*.

Pada hasil pengujian didapatkan hasil kekasaran permukaan terendah yaitu 54,82 µm pada tekanan udara 3 bar, waktu 8 detik dan sudut 60°. Untuk hasil kekasaran yang optimal dan kebersihan sesuai dengan spesifikasi perusahaan didapatkan pada tekanan 3 bar, waktu 8 detik dan sudut penyemprotan 60 yaitu

SA 2,5. Nilai kebersihan tersebut masuk kedalam kategori kebersihan standar karena hasil visual menunjukkan permukaan material yang telah dilakukan proses *sand blasting* lebih bersih, karat hilang sampai 80 % dan warna pelat lebih mengkilap dibandingkan sebelum *sand blasting*.



SUMMARY

Sand blasting process is the process of spraying abrasive material in the form of sand or small particles with high pressure on a material surface. The abrasive material commonly used in the sand blasting process is silica sand. The choice of abrasive materials can produce different capabilities due to performance factors such as abrasive hardness, abrasive shape, abrasive color, abrasive size and abrasive cleanliness. The sand blasting process is generally used to clean the surface of the material to be coated with paint. Coating applications that were previously cleaned by sand blasting will have a higher life and significantly increase the service life of the structure.

The sand blasting process begins with cutting SS400 steel plate dimensions of 100 mm x 100 mm x 5 mm and checking the rust level according to BS EN ISO 8501-1 Vis 1. The next step is to smooth the plate by sanding the surface of the plate. Preparation of tools such as hoses, nozzle, stopwatch, compressor, sandpot, and other experimental process aids is very necessary to smooth the sand blasting process. The pressure on the pressure regulator and the angle on the auxiliary device are set according to the predetermined level as well as the inlet valve, choke valve and mixing valve are also set according to the predetermined position. Silica sand is put into a sandpot up to 80% volume then the pressure, angle and time are adjusted according to the experiment level. 3 bar pressurized silica sand is sprayed on the material surface of SS400 steel plate with a spraying time of 4 seconds and a spraying angle of 30 °. This step is repeated for 8 seconds and an angle of 60 ° and so on. The results of the sand blasting process were checked for surface roughness with a surface roughness test.

In the test results obtained the lowest surface roughness is 54.82 m at 3 bar air pressure, 8 seconds and 60 ° angle. For optimal roughness and cleanliness results in accordance with company specifications obtained at 3 bar pressure, 8 seconds and 60 spraying angles, namely SA 2.5. The cleanliness value is included in the standard hygiene category because visual results show the surface of the

material that has been carried out by the sand blasting process is cleaner, rust is lost up to 80% and the color of the plate is more glossy than before sand blasting.



PRAKATA

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Analisis Kekasaran Permukaan Proses Sand Blasting dengan Variasi Tekanan, Waktu dan Sudut Menggunakan Metode Taguchi*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia yang tidak henti dalam hidup ini
2. Ibunda Mianah dan Ayahanda Sugianto, terima kasih atas semua cinta, kasih sayang, pengorbanan, perhatian, doa, motivasi dan bimbingan serta didikan yang selalu tiada henti tuncurahkan untuk saya, serta mohon maaf atas segala kesalahan dan kekurangan.
3. Kakakku Febiyanti Ningsih, Dwi Yuni Rosita, Zainul Arifin, dan Indra Wahyudi, terima kasih telah membantu saya selama ini. Semoga kita dalam limpahan rahmat Allah.
4. Bapak Dedi Dwilaksana, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Dr. Gaguk Jatisukamto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing anggota yang selalu memberikan ide, saran, dan motivasi, serta meluangkan waktunya untuk membimbing saya selama proses penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T. selaku dosen penguji I dan Dr. Agus Triono, S.T., M.T. selaku dosen penguji II yang memberikan saran dan kritik bersifat konstruktif untuk penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh staf pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu dan membimbing saya selama saya duduk di bangku perkuliahan.

7. Semua dulur Teknik Mesin 2013, terimakasih atas motivasi, dukungan, kekompakan serta kebersamaannya selama ini.
8. Teman seperjuangan Novi Nur Hamimah, terimakasih atas dukungan dan bantuannya sampai skripsi ini selesai;
9. Rekan kerja riset *Sand Blasting* Fido Sila Widana dan Arif Bigwanto, terimakasih atas waktu dan kebersamaan dalam pengerjaan skripsi ini juga bantuan yang selalu diberikaan pada saat proses penelitian
10. Teman yang selalu memberi dukungan, *Sand Blasting Group*, teman KKN, terimakasih atas perhatian dan kepeduliannya
11. Semua pihak yang telah membantu proses penelitian dan penyusunan skripsi ini dari awal hingga akhir.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 02 Oktober 2018

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN SAMPUL..... | i |
| HALAMAN JUDUL | ii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | iii |
| HALAMAN MOTTO | v |
| HALAMAN PERNYATAAN..... | vi |
| HALAMAN PEMBIMBING | vii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | viii |
| RINGKASAN | ix |
| SUMMARY | xi |
| PRAKARTA | xiii |
| DAFTAR ISI | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| DAFTAR TABEL | xviii |
| BAB.1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB.2 TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Pengertian Umum <i>Sand Blasting</i> | 4 |
| 2.2 Komponen Utama <i>Sand Blasting</i> | 5 |
| 2.3 Bahan <i>Abrasive</i> | 7 |
| 2.4 Baja SS400 | 9 |
| 2.5 Kekasaran Permukaan | 10 |
| 2.6 Standar Kebersihan Permukaan | 12 |
| 2.7 Metode <i>Taguchi</i> | 14 |
| 2.7.1 Tahapan dalam Metode <i>Taguchi</i> | 15 |

| | |
|---|-----------|
| 2.7.2 Analisis dalam Metode <i>Taguchi</i> | 16 |
| 2.7.3 Istilah dalam Metode <i>Taguchi</i> | 17 |
| 2.8 Hipotesa | 21 |
| BAB.3 METODOLOGI PENELITIAN | 23 |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian | 23 |
| 3.2 Alat dan Bahan..... | 23 |
| 3.2.1 Alat | 23 |
| 3.2.2 Bahan | 26 |
| 3.3 Pelaksanaan Percobaan | 27 |
| 3.4 Pengambilan Data | 27 |
| 3.5 Jenis <i>Orthogonal Array</i> | 28 |
| 3.6 Variabel Pengukur | 29 |
| 3.6.1 Variabel Bebas..... | 29 |
| 3.6.2 Variabel Terikat | 29 |
| 3.7 Data Percobaan | 30 |
| 3.8 Diagram Alir Penelitian..... | 31 |
| BAB.4 HASIL DAN PEMBAHASAN | 32 |
| 4.1 Data Hasil kekasaran permukaan <i>sand blasting</i> | 32 |
| 4.2 Pengolahan dan Analisis Data | 33 |
| 4.2.1 Kekasaran Permukaan | 33 |
| 4.2.2 Prediksi Rata-Rata <i>Signal to Noise Ratio</i> yang Optimal..... | 40 |
| 4.2.3 Interval Kepercayaan untuk Level Faktor | 41 |
| 4.3 Analisis Hubungan Variabel Proses dengan Kekasaran Permukaan. 43 | |
| 4.3.1 Hubungan Tekanan dan Waktu dengan Kekasaran Permukaan | 43 |
| 4.3.2 Hubungan Waktu dan Sudut dengan Kekasaran Permukaan | 44 |
| 4.3.3 Hubungan Sudut dan Tekanan dengan Kekasaran Permukaan..... | 46 |
| 4.4 Hasil Kekasaran Permukaan Proses <i>Sand Blasting</i> | 47 |
| 4.5 Perbandingan Hasil <i>Setting</i> Percobaan dengan <i>Setting</i> Perusahaan... 48 | |
| BAB.5 PENUTUP | 49 |
| 5.1 Kesimpulan | 49 |
| 5.2 Saran | 49 |

| | |
|-----------------------------|-----------|
| DAFTAR PUSTAKA | 50 |
| LAMPIRAN | 52 |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Proses <i>Sand blasting</i> | 4 |
| Gambar 2.2 Skematik Proses <i>Sand Blasting</i> | 5 |
| Gambar 2.3 Kompresor <i>Sand blasting</i> | 6 |
| Gambar 2.4 <i>Sandpot</i> | 6 |
| Gambar 2.5 <i>Nozzle Sand blasting</i> | 7 |
| Gambar 2.6 Posisi Profil Kekasaran Panjang Satu Sampel | 10 |
| Gambar 2.7 Kebersihan Permukaan SA 1 | 13 |
| Gambar 2.8 Kebersihan Permukaan SA 2 | 13 |
| Gambar 2.9 Kebersihan Permukaan SA 2½ | 14 |
| Gambar 2.10 Kebersihan Permukaan SA 3 | 14 |
| Gambar 3.1 Alat bantu <i>Sand Blasting</i> | 23 |
| Gambar 3.2 TR220 <i>Portable Roughness Tester</i> | 25 |
| Gambar 3.3 Dimensi Spesimen Pelat SS400 | 26 |
| Gambar 3.4 Pasir Silika..... | 26 |
| Gambar 3.5 Area Pengambilan Data Nilai Kekasaran Permukaan..... | 28 |
| Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian | 31 |
| Gambar 4.1 Hubungan Tekanan dengan Kekasaran Permukaan | 44 |
| Gambar 4.2 Hubungan Waktu dengan Kekasaran Permukaan | 45 |
| Gambar 4.3 Hubungan Sudut dengan Kekasaran Permukaan | 46 |
| Gambar 4.4 Kebersihan Permukaan sebelum dan sesudah <i>sand blasting</i> | 47 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 <i>Typical Profiles of Various Abrasive</i> | 8 |
| Tabel 2.2 Sifat Fisik Pasir Silika..... | 8 |
| Tabel 2.3 <i>Chemical Composition of Silica Sand</i> | 9 |
| Tabel 2.4 Komposisi Kimia SS400..... | 9 |
| Tabel 2.5 Standar <i>Orthogonal Array</i> | 19 |
| Tabel 3.1 Spesifikasi Kompresor | 24 |
| Tabel 3.2 Spesifikasi <i>Sandpot</i> | 24 |
| Tabel 3.3 Spesifikasi TR220 <i>Portable Roughness Tester</i> | 25 |
| Tabel 3.4 Parameter Kendali dan Level untuk <i>Orthogonal Array L₉(3³)</i> | 28 |
| Tabel 3.5 <i>Orthogonal Array</i> untuk <i>Taguchi L₉(3³)</i> | 29 |
| Tabel 3.6 Variabel Bebas dan Level | 29 |
| Tabel 3.7 Data Percobaan Penelitian | 30 |
| Tabel 4.1 Data Hasil Penelitian..... | 32 |
| Tabel 4.2 Hasil Perhitungan <i>S/N Ratio</i> Kekasaran Permukaan <i>Sand Blasting</i> | 33 |
| Tabel 4.3 Respon Rata-Rata Kekasaran Permukaan untuk <i>S/N Ratio</i> | 35 |
| Tabel 4.4 Hasil Analisis Varian untuk Rasio S/N..... | 38 |
| Tabel 4.5 Hasil <i>Pooling</i> untuk Analisis Varian | 39 |
| Tabel 4.6 Pemilihan <i>Setting</i> Level setiap Faktor | 42 |
| Tabel 4.7 Data hasil penelitian..... | 43 |
| Tabel 4.8 Hubungan tekanan penyemprotan dengan kekasaran permukaan ... | 43 |
| Tabel 4.9 Hubungan waktu penyemprotan dengan kekasaran permukaan | 45 |
| Tabel 4.10 Hubungan sudut penyemprotan dengan kekasaran permukaan | 46 |
| Tabel 4.11 Hasil Kebersihan Permukaan setelah Proses <i>Sand Blasting</i> | 48 |
| Tabel 4.12 Perbandingan Hasil <i>Setting</i> Percobaan dan <i>Setting</i> Perusahaan | 49 |

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proses *sand blasting* merupakan salah satu tahap akhir pada industri manufaktur. Proses ini digunakan untuk merubah karakteristik suatu permukaan, sehingga dapat mempengaruhi kualitas kekasaran permukaan. Kualitas kekasaran permukaan perlu diperhatikan untuk meningkatkan daya rekat lapisan cat terhadap permukaan material. Profil kekasaran permukaan terbentuk karena adanya tumbukan dari pasir *abrasive* pada permukaan material. Tumbukan pasir *abrasive* dengan kecepatan yang relatif tinggi akan menyebabkan terjadinya deformasi plastis pada suatu permukaan material sehingga mengakibatkan perubahan bentuk pada permukaan (Widiyarta, dkk., 2015), sehingga tumbukan pasir *abrasive* yang berulang-ulang juga dapat menimbulkan terjadinya tegangan sisa (Kumosa, *et al.*, 2002).

Penelitian yang dilakukan oleh Pradana (2016) di PT. Swadaya Graha dengan variasi tekanan 4 bar, 5 bar, 6 bar dan waktu proses 10 detik, 15 detik, 20 detik menghasilkan kekasaran permukaan maksimal sebesar 76 μm pada variasi tekanan 6 bar dan waktu 20 detik. Kekasaran minimal yang dihasilkan yaitu sebesar 45,5 μm pada tekanan 4 bar dan waktu 10 detik. Widiyarta dkk. (2015) melakukan penelitian tentang *sand blasting* dengan variasi tekanan dan sudut penyemprotan. Hasil penelitiannya menunjukkan kekasaran permukaan mengalami peningkatan dengan memperbesar sudut penyemprotan terhadap permukaan spesimen dari 30° sampai 60° yaitu kekasaran permukaan meningkat dari 1,532 μm menjadi 2,176 μm . Kekasaran permukaan cenderung tetap untuk sudut 60° sampai 75° yaitu dari 2,176 μm menjadi 2,106 μm . Kemudian kekasaran permukaan tertinggi yaitu pada sudut 90° sebesar 2,243 μm .

Penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tekanan, waktu dan sudut terhadap kekasaran permukaan baja SS400 serta mendapatkan *setting* parameter yang sesuai pada proses *sand blasting* di PT. Bromo Steel Indonesia. *Setting* parameter yang digunakan operator PT. Bromo Steel Indonesia yaitu tekanan 5 bar, jarak 400 mm dan waktu 12 detik dalam 100 mm². Kekasaran

permukaan yang sering dihasilkan yaitu $\pm 70 \mu\text{m}$ sedangkan standar spesifikasi yang digunakan yaitu $30 - 85 \mu\text{m}$. Pada penelitian kali ini digunakan *setting* parameter dengan variasi tekanan 3 bar, 4 bar dan 5 bar. Waktu penyemprotan menggunakan variasi 4 detik, 8 detik dan 12 detik sedangkan sudut penyemprotan menggunakan variasi 30° , 60° dan 90° . Parameter yang diamati dalam penelitian ini akan dianalisis menggunakan metode *taguchi*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dirumuskan permasalahan yaitu bagaimana pengaruh variasi tekanan, waktu dan sudut terhadap kekasaran permukaan dan bagaimana kombinasi *setting* parameter yang sesuai agar memperoleh nilai kekasaran permukaan yang optimum dengan kebersihan permukaan yang sesuai standar.

1.3 Batasan Masalah

1. Jarak penyemprotan dari nosel ke pelat dibuat tetap 400 mm.
2. Diameter *nozzle* yang digunakan 15 mm.
3. Analisis pada tugas akhir ini hanya dikhususkan pada kekasaran permukaan.
4. Uji kekasaran permukaan menggunakan *surface roughness tester* menurut ASTM D 7127 tipe TR220 *Portable Roughness Tester*
5. Metode analisa yang digunakan yaitu metode *Taguchi* dengan *orthogonal array L9 (3³)*.
6. Tidak membahas tentang perubahan struktur spesimen, perpindahan gaya dan perpindahan panas setelah proses *sand blasting*.
7. Operator dianggap terampil dalam melakukan proses *sand blasting*.

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi tekanan, waktu dan sudut terhadap kekasaran permukaan baja SS400.

2. Mengetahui *setting* parameter tekanan, waktu dan sudut yang sesuai agar memperoleh nilai kekasaran permukaan minimum antara *range* 30 – 85 μm dengan kebersihan yang sesuai standar.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi bagi perusahaan tentang pengaruh variasi tekanan, waktu dan sudut terhadap kekasaran permukaan baja SS400.
2. Memberikan acuan bagi perusahaan tentang setting parameter yang tepat agar memperoleh nilai kekasaran permukaan minimum antara *range* 30 – 85 μm dengan kebersihan yang sesuai standar sehingga dapat menekan biaya produksi.
3. Digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan *sand blasting*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Umum *Sand Blasting*

Sand blasting adalah proses penyemprotan bahan abrasif berupa pasir atau partikel kecil dengan tekanan tinggi pada suatu permukaan material (Widiyarta dkk, 2015). Proses ini umumnya digunakan untuk membersihkan permukaan material yang akan di lapiasi cat (*coating*). Aplikasi *coating* yang sebelumnya dibersihkan dengan cara *sand blasting* akan memiliki umur yang lebih tinggi dan meningkatkan umur pakai struktur secara signifikan (Sulistyo dan Setyarini, 2011).

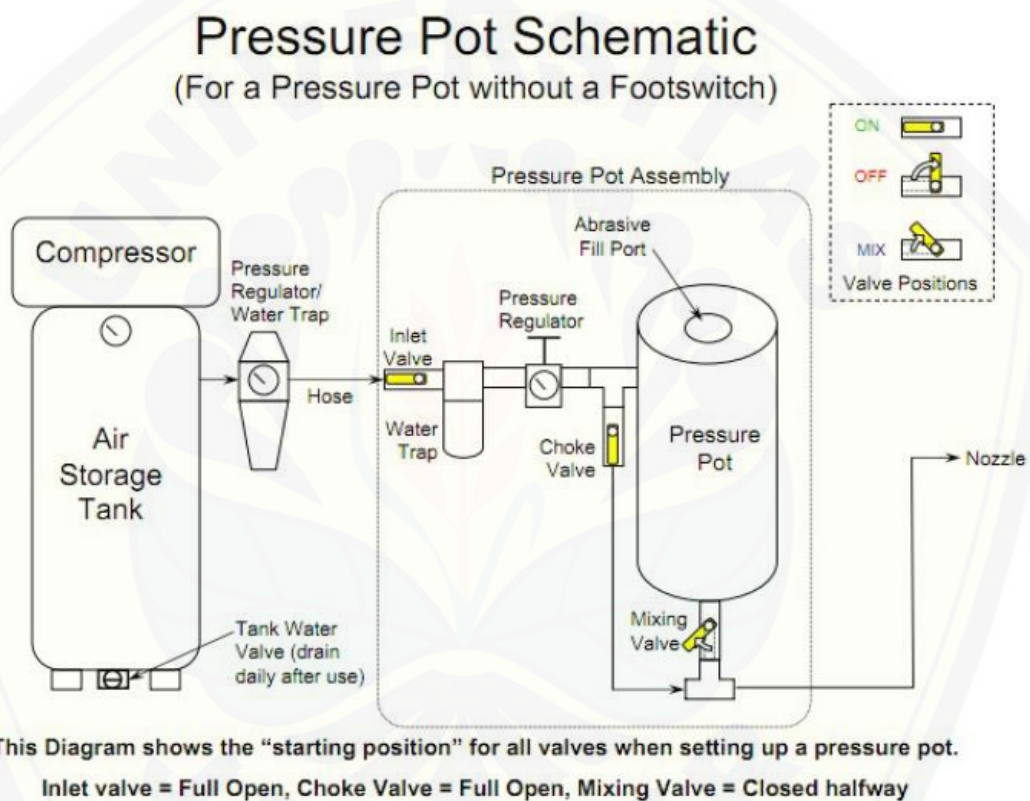
Pembersihan dengan bahan abrasif, pada prinsipnya menggunakan peristiwa *impact*. Partikel pasir yang berkecepatan tinggi menabrak permukaan baja yang mengakibatkan kontaminan seperti karat, kotoran, debu, dan bekas *coating* bisa dibersihkan dari permukaan. Disamping membersihkan permukaan, proses *sand blasting* juga bertujuan untuk membuat kekasaran permukaan atau menciptakan profil pada permukaan sehingga daya rekat antara material *coating* dan benda kerja maksimal (Rosidah dkk, 2015). Berdasarkan jenisnya proses *sand blasting* dibedakan menjadi dua yaitu *dry sand blasting* dan *wet sand blasting*. Pada penelitian ini menggunakan metode penyemprotan dengan media *abrasive* kering, sehingga termasuk dalam jenis *dry sand blasting*. Penyemprotan jenis ini paling umum digunakan untuk proses material *preparation* (*Surface Preparation for Coating, 2000*).



Gambar 2.1 Proses *Sand blasting*

(Sumber : TEKNOS, 2012)

Prinsip kerja proses *sand blasting* ini adalah udara bertekanan dari suatu kompresor yang kemudian dilewatkan melalui dua pipa. Pipa pertama menuju tabung pasir sedangkan pipa kedua dilewatkan langsung menuju *nozzle*. Akhirnya dari ujung *nozzle* dihasilkan udara bertekanan sehingga pasir akan mengikis permukaan material dan membersihkan kotoran yang melekat pada benda kerja (Sulistyo, 2011). Berikut merupakan skematik dari proses *sand blasting* yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.2 Skematik Proses *Sand Blasting*

Sumber : Rosidah dkk, 2015)

2.2 Komponen Utama *Sand Blasting*

Adapun komponen utama yang terdapat pada proses *sand blasting* akan dijelaskan sebagai berikut :

a. Kompresor

Pelaksanaan *blasting* membutuhkan kompresor yang berfungsi untuk menyuplai udara bertekanan tinggi. Kompresor ini dihubungkan dengan *hose* menuju *blasting machine* (Samuel dan Wibawa, 2010).



Gambar 2.3 Kompresor *Sand blasting*
(Sumber : Atlas Copco Airpower NV, 2013)

b. *Sandpot*

Sandpot atau bak pasir merupakan alat berbentuk tabung yang berfungsi untuk menampung pasir sebelum bercampur dengan udara. Pada sebuah *sandpot* terdapat *valve* yang berfungsi untuk mengatur dan mengontrol aliran udara (Samuel dan Wibawa, 2010).



Gambar 2.4 *Sandpot*

c. *Blast Nozzle*

Blast Nozzle merupakan sebuah *nozzle* yang digunakan pada proses *sand blasting*. Ukuran, tipe dan bentuk *nozzle* akan menentukan luasan area yang dihasilkan pada proses *sand blasting* sehingga akan mempengaruhi kecepatan produksi (Samuel dan Wibawa, 2010).



Gambar 2.5 *Nozzle Sand blasting*

2.3 Bahan Abrasive

Bahan *Abrasive* adalah bahan yang digunakan untuk membersihkan dan membentuk profil kekasaran permukaan. Bahan ini disemprotkan dengan tekanan yang tinggi menggunakan suatu peralatan yang dikenal dengan nama *sandpot* dan kegiatan penyemprotan abrasif ke permukaan pelat disebut *blasting*. Pemilihan bahan abrasif pada proses *sand blasting* ke material pelat baja menghasilkan kemampuan yang berbeda-beda karena hal ini dipengaruhi oleh faktor kinerja dari abrasif itu sendiri seperti kekerasan abrasif (*hardness*), bentuk abrasif (*shape*), warna abrasif, ukuran abrasif (*mesh*) dan kebersihan abrasif (*Abrasive Media Guide, 2015*). Namun semua faktor kinerja yang dihasilkan oleh *abrasive* akan relevan apabila sesuai dengan kekasaran permukaan yang dibutuhkan oleh sebuah cat.

JPCL (*Journal of Protective Coatings & Linings*) telah menetapkan kekasaran permukaan yang akan dicapai beserta jenis dan ukuran *abrasive* yang digunakan seperti pada tabel berikut.

Tabel 2.1 *Typical Profiles of Various Abrasive*

| <i>Abrasive</i> | R_{\max} (mills) | P_c (Peaks/inch) |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|
| <i>G-40 steel grit</i> | 2.0 – 4.5 | 120 – 180 |
| <i>G-25 steel grit</i> | 3.0- 5.5 | 90 – 120 |
| <i>G-18 steel grit</i> | 4.0 – 7+ | 50 – 220 |
| <i>20/40 flint silica sand</i> | 1.0 – 3.5 | 130 – 220 |
| <i>20/40 boiler slag</i> | 0.8 – 3.0 | 100 - 180 |

1.0 mill = 25 μ m 100 peaks/inch = 40 peaks/cm

(Sumber : *Journal of Protective Coatings & Linings*)

PT. Bromo Steel Indonesia menggunakan pasir silika (*silica sand*) sebagai bahan *abrasive* dalam *surface preparation* sebelum proses pengecatan. Berikut merupakan spesifikasi dari pasir silika.

Tabel 2.2 Sifat Fisik Pasir Silika

| Sifat Fisik | Deskripsi |
|---------------------|---|
| Warna | Putih bening atau lain tergantung pada senyawa pengotornya, misal kuning mengandung Fe-Oksida, merah mengandung Cu-Oksida |
| Kekerasan | 7 (Skala Mohs) |
| Berat Jenis | 2.65 |
| Titik Lebur | ± 1715 °C |
| Bentuk Kristal | Hexagonal |
| Panas Spesifik | 0.185 |
| Konduktivitas Panas | 12 – 100 °C |

(Sumber : Prayogo, 2009)

Tabel 2.3 *Chemical Composition of Silica Sand*

| Kandungan | Persentase (%) |
|--------------------------------|----------------|
| SiO ₂ | 55.30-99.87 |
| Fe ₂ O ₃ | 0.01-9.14 |
| Al ₂ O ₃ | 0.01-18.00 |
| TiO ₂ | 0.01-0.49 |
| CaO | 0.01-3.24 |
| MgO | 0.01-0.26 |
| K ₂ O | 0.01-17.00 |

(Sumber : Prayogo, 2009)

2.4 Baja SS400

Baja SS400 merupakan salah satu material yang digunakan untuk pembuatan rangka jembatan (*beam*). Keunggulan material ini adalah memiliki keuletan yang baik dan kekuatan yang sedang. Material SS400 memiliki kandungan karbon kurang dari 0.3% sehingga termasuk dalam jenis baja karbon rendah.

Tabel 2.4 Komposisi Kimia SS400

| <i>Chemical Composition</i> | |
|-----------------------------|----------------|
| Carbon | 0.20% |
| Manganse | 0.5% |
| Silicon | 0.09% |
| Sulfur | 0.04% |
| Phosporous | 0.01% |
| Chromium | 0.03% |
| Nickel | 0.03% |
| Iron | <i>Balance</i> |

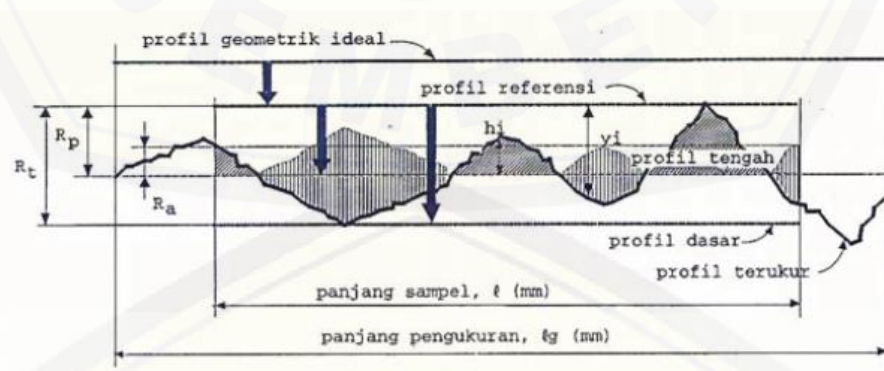
(Sumber : Yusim dan Triwikantoro)

2.5 Kekasaran Permukaan

Karakteristik suatu permukaan memegang peranan penting dalam perancangan komponen mesin atau peralatan. Banyak hal dimana karakteristik permukaan perlu dinyatakan dengan jelas misalnya dalam kaitannya dengan gesekan, keausan, pelumasan, tahanan kelelahan, perekatan dua atau lebih komponen-komponen mesin, dan sebagainya.

Setiap proses pengerjaan mempunyai ciri tertentu atau khas atas permukaan benda kerja yang dihasilkannya. Oleh karena itu, dalam memilih proses pengerjaan aspek permukaan ini perlu dipertimbangkan. Pada dasarnya konfigurasi suatu permukaan sangat kompleks. Karena terjadinya berbagai penyimpangan selama proses pembuatan maka permukaan geometrik ideal (*ideal geometric surface*), yaitu permukaan yang dianggap mempunyai bentuk yang sempurna tidak dapat dibuat.

Untuk memproduksi profil suatu permukaan, maka sensor atau peraba (*stylus*) alat ukur harus digerakkan mengikuti lintasan yang berupa garis lurus dengan jarak yang telah ditentukan terlebih dahulu. Panjang lintasan ini disebut dengan panjang pengukuran (*traversing length, l_g*). Sesaat setelah jarum jam bergerak dan sesaat sebelum jarum berhenti secara elektronik alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan data yang dideteksi oleh jarum peraba. Bagian panjang pengukuran dimana dilakukan analisis profil permukaan disebut dengan panjang sampel (*sampling length, l*). Reproduksi profil sesungguhnya adalah seperti yang ditunjukkan gambar berikut (Rochim, 2001).



Gambar 2.6 Posisi Profil Kekasaran Panjang Satu Sampel

(Sumber : Rochim, 2001)

Pada gambar di atas terdapat beberapa istilah yang berhubungan yaitu :

R_t : Kekasaran total (*peak to valley height / total height*) adalah pengukuran yang diambil dari jarak antara profil referensi dengan profil alas dalam satuan μm .

R_p : Kekasaran perataan (*depth of surface smoothness / peak to mean line*) adalah pengukuran dari jarak rata-rata antara profil referensi ke profil terukur (dalam μm).

R_a : Kekasaran aritmatik (*mean roughness index / center line average*) adalah harga rata-rata aritmatik yang nilai pengukuran *absolute* berdasarkan jarak antara profil terukur dengan profil tengah (dalam μm).

$$R_a = \frac{ya+yb+yc+\dots+yn}{n} \quad (2-1)$$

Dimana :

y = jarak *absolute* antara profil ukur dengan profil tengah

n = banyak simpangan

R_q : Kekasaran rata-rata kuadratik (*root mean square height*) adalah hasil dari pengukuran akar bagi jarak kuadrat rata-rata antara profil terukur dengan profil tengah (dalam μm).

$$R_q = \sqrt{\frac{ya^2 + yb^2 + yc^2 + \dots + yn^2}{n}} \quad (2-2)$$

Dimana :

y = jarak *absolute* antara profil ukur dengan profil tengah

n = banyak simpangan

R_z : Kekasaran total rata-rata adalah hasil pengukuran dari jarak rata-rata profil alas ke profil terukur di lima puncak tertinggi dikurangi jarak rata-rata profil terukur di lima puncak tertinggi dikurangi jarak rata-rata profil alas ke profil terukur di lima lembah terendah (dalam μm).

$$R_z = \sum \frac{[R1+R2+R3+\dots+R5-R6\dots-R10]}{5} \quad (2-3)$$

Dimana :

R_{n1} = Jarak rata-rata profil alas ke profil terukur 5 puncak tertinggi

R_{n2} = Jarak rata-rata profil alas ke profil terukur 5 lembah terendah

2.6. Standar Kebersihan Permukaan

Ketentuan persiapan permukaan material dapat mengacu pada standar yang sudah ada, misalnya NACE *International*, SSPC, ISO, *British Standards Institute* (BSI), ASTM, dan *Swedish Standard SS 05.59.00-1988*. Standar acuan karat yang digunakan yaitu : *Standard International ISO 8501-1 "Visual Assesment of Surface Cleanliness"*. Ada empat tingkat karat yang diberikan oleh *standard* ini, antara lain :

1. *Rust Grade A* : Permukaan besi tertutupi *mill scale* dan sedikit karat.
2. *Rust Grade B* : Permukaan besi sudah mulai berkarat dan beberapa bagian *mill scale* sudah mulai mengelupas.
3. *Rust Grade C* : *mill scale* sudah berkarat dan terdapat beberapa bagian sedikit titik-titik karat pada permukaan dasar dari besi.
4. *Rust Grade D* : *mill scale* sudah berkarat dan terdapat karat diatas permukaan dasar besi yang dapat dilihat dengan penglihatan normal.

ISO 8501-1 hanya digunakan pada besi baru yang belum pernah dilakukan perlakuan *coating/painting*. Namun, pada besi yang sudah pernah dilakukan *coating* sebelumnya dan lapisan *coating* tersebut sudah rusak, biasanya akan termasuk dan *Rust Grade C* atau D. Untuk tingkat kebersihan permukaan dengan menggunakan ISO 8501-1 dibedakan menjadi :

1. *Brush Off Cleaning/ SA 1 (SSPC SP-7)*

SA 1 ini merupakan tingkat kebersihan permukaan material paling jelek, yang mana karat-karat pada material masih tetap ada. Untuk proses aplikasi (*painting*), standar SA 1 tidak diperbolehkan melakukan aplikasi.



Gambar 2.7 Kebersihan permukaan SA 1

2. *Commercial Cleaning/ SA 2 (SSPC SP-6)*

SA 2 ini merupakan tingkat kebersihan permukaan material yang sedikit lebih baik dari SA 1, tetapi tingkat ini masih tidak diperbolehkan proses aplikasi, karena masih ada sedikit sisa-sisa karat.



Gambar 2.8 Kebersihan permukaan SA 2

3. *Near White Metal Cleaning/ SA 2½ (SSPC SP-10)*

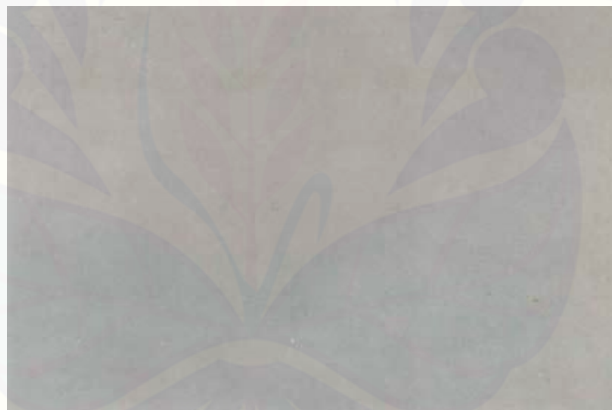
SA 2½ ini merupakan tingkat kebersihan permukaan material yang sudah diperbolehkan untuk proses aplikasi. Hasil kebersihan SA 2½ ini berwarna mendekati putih.



Gambar 2.9 Kebersihan permukaan SA 2½

4. *White Metal Cleaning/ SA 3 (SSPC SP-5)*

SA 3 ini merupakan tingkat kebersihan yang paling baik. Untuk mendapatkan SA 3 ini biasanya harganya sangat mahal, karena terlalu sulit untuk mencapainya.



Gambar 2.10 Kebersihan permukaan SA 3

2.7. Metode *Taguchi*

Metode *taguchi* merupakan suatu metodologi dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin. Metode *taguchi* berusaha mencapai sasaran dengan menjadikan produk atau proses terhadap berbagai faktor seperti material, perlengkapan manufaktur, tenaga kerja manusia, dan kondisi-kondisi operasional. Metode *taguchi* menjadikan produk atau proses

bersifat kokoh (*robust*) terhadap faktor gangguan (*noise*) sehingga metode ini disebut juga sebagai *robust design* atau perancangan kokoh (Soejanto, 2009).

Metode *taguchi* menitik beratkan pada pencapaian suatu target tertentu dan mengurangi variasi suatu produk atau proses. Pencapaian tersebut dilakukan dengan menggunakan ilmu statistik. Apabila ada sejumlah parameter yang diperkirakan mempengaruhi suatu proses, maka dengan prinsip statistika pada metode *taguchi* ini dapat dihitung seberapa besar peran masing-masing parameter tersebut dalam mempengaruhi proses ataupun hasil dari proses tersebut. Dengan metode *taguchi* ini dapat ditarik kesimpulan parameter yang dominan, maka dapat dilakukan suatu optimasi dari parameter yang dominan tersebut, sehingga diperoleh proses yang optimum. Metode *taguchi* juga dapat memperkirakan hasil dari proses tersebut apabila digunakan kombinasi parameter yang berbeda dengan yang dilakukan pada pengujian, manfaat hasil perkiraan ini adalah untuk merencanakan suatu produksi.

2.7.1 Tahapan dalam Metode *Taguchi*

Metode analisis *taguchi* yang merupakan implementasi atas konsep desain kokoh (*robust design*), secara pokok terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

a. Perumusan masalah

Pada tahap ini, perancangan harus menentukan tujuan dari optimasi proses yang dilakukan, dan menetapkan karakteristik respon yang akan dianalisis. Beberapa kegiatan yang termasuk dalam tahap ini adalah:

- 1) Menentukan karakteristik respon yang diukur.
- 2) Mendaftarkan pasangan parameter kendali (*control factor*). Parameter kendali adalah parameter yang berpotensi untuk mempengaruhi karakteristik dari proses pemesinan
- 3) Menentukan jumlah *setting* tiap parameter kendali. Istilah yang bisa dipakai adalah level. Level adalah nilai dari parameter kendali.

b. Perencanaan percobaan

Awal pada tahapan ini adalah menentukan jenis metode *taguchi*. Jenis metode *taguchi* dapat diketahui berdasarkan jumlah dari parameter kendali dan level

untuk setiap parameter kendali. Jenis metode *taguchi* ini menentukan jenis matriks *orthogonal array* yang akan dipakai.

c. Melaksanakan percobaan dan pengumpulan data

Pada tahap ini dilakukan proses percobaan untuk mengumpulkan data respon banyak jumlah baris pada matriks *orthogonal array* yang telah dipilih. Data respon yang telah diperoleh itu kemudian diubah menjadi Rasio S/N (*Signal to Noise Ratio*).

d. Analisis hasil percobaan

Setelah pengolahan data percobaan, selanjutnya dilakukan analisis untuk menentukan pengaruh relatif dari bermacam-macam parameter kendali tersebut.

Analisis pada metode *taguchi* dibagi menjadi dua, yaitu:

- 1) Analisis rata-rata (*Analysis of Mean / ANOM*)
- 2) Analisis varian (*Analysis of Variant / ANOVA*).

2.7.2 Analisis dalam Metode *Taguchi*

Dalam metode *taguchi* terdapat 2 macam analisis yang dilakukan dengan tujuan berbeda-beda. Kedua macam analisis tersebut adalah:

a. ANOM (*Analysis of Mean*)

ANOM atau analisis rata-rata, digunakan untuk mencari kombinasi dari parameter kendali sehingga diperoleh hasil yang optimum sesuai dengan keinginan. Caranya adalah membandingkan nilai rata-rata rasio S/N setiap level dan masing-masing parameter kendali dengan menggunakan grafik. Dari perbandingan tersebut dapat diketahui apakah parameter kendali yang dimaksud berpengaruh terhadap proses atau tidak.

b. ANOVA (*Analysis of Variant*)

ANOVA atau analisis varian, digunakan untuk mencari besarnya pengaruh dari setiap parameter kendali terhadap suatu proses. Besarnya efek tersebut dapat diketahui dengan membandingkan nilai *Sum of Square* dari suatu parameter kendali terhadap seluruh parameter kendali.

2.7.3 Istilah dalam Metode *Taguchi*

Ada beberapa istilah yang akan sering dijumpai dan memegang peran penting dalam metode *taguchi*, yaitu:

a. Derajat bebas (*degree of freedom*)

Derajat bebas merupakan banyak perbandingan yang harus dilakukan antara level-level (efek utama) atau interaksi yang digunakan untuk menentukan jumlah percobaan minimum yang dilakukan. Perhitungan derajat bebas dilakukan agar diperoleh suatu pemahaman mengenai hubungan antara suatu faktor dengan level yang berbeda-beda terhadap karakteristik kualitas yang dihasilkan. Perbandingan ini sendiri akan memberikan informasi tentang faktor dan level yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap karakteristik kualitas.

Dalam melakukan percobaan, efisiensi dan biaya yang harus dikeluarkan merupakan salah satu pertimbangan utama. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka sebisa mungkin digunakan *orthogonal array* terkecil yang masih dapat memberikan informasi yang cukup untuk dilakukannya percobaan secara komprehensif dan penarikan kesimpulan yang valid. Untuk menentukan *orthogonal array* yang diperlukan maka dibutuhkan perhitungan derajat kebebasan. Perhitungan untuk memperoleh derajat bebas adalah sebagai berikut:

1) Untuk faktor utama, misal faktor utama A dan B:

$$\begin{aligned} V_A &= (\text{jumlah level faktor A}) - 1 \\ &= k_A \cdot 1 \end{aligned} \quad (2-4)$$

$$\begin{aligned} V_B &= (\text{jumlah level faktor B}) - 1 \\ &= k_B \cdot 1 \end{aligned} \quad (2-5)$$

2) Untuk interaksi, misal interaksi A dan B

$$V_{A \times B} = (k_A \cdot 1) (k_B \cdot 1) \quad (2-6)$$

3) Nilai derajat bebas total

$$V_t = (k_A \cdot 1) + (k_B \cdot 1) + (k_A \cdot 1) (k_B \cdot 1) \quad (2-7)$$

Tabel *orthogonal array* yang dipilih harus mempunyai jumlah baris minimum yang tidak boleh kurang dari jumlah derajat bebas totalnya.

b. Matriks *Orthogonal Array*

Orthogonal array adalah matriks dari sejumlah baris dan kolom. Setiap kolom merepresentasikan faktor atau kondisi tertentu yang dapat berubah dari suatu percobaan ke percobaan lainnya. Masing-masing kolom mewakili faktor-faktor dari percobaan yang dilakukan. Disebut *orthogonal array* karena setiap level dari masing-masing faktor adalah seimbang (*balance*) dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor percobaan yang lain. *orthogonal array* merupakan suatu matriks faktor dan level yang tidak membawa pengaruh dari faktor atau level yang lain. Cara penomoran *orthogonal array* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Orthogonal Array} = L_a (b^c) \quad (2-8)$$

Keterangan:

L = Rancangan bujur sangkar latin

a = Banyak baris/eksperimen

b = Banyak level

c = Banyak kolom/faktor

1) Notasi L

Notasi L menyatakan informasi mengenai *orthogonal array*.

2) Notasi a

Menyatakan jumlah percobaan yang dibutuhkan ketika menggunakan *orthogonal array*.

3) Notasi b

Menyatakan jumlah level faktor.

4) Notasi c

Menyatakan jumlah faktor yang diamati dalam *orthogonal array*.

Tabel 2.5 Standar *Orthogonal Array*

| 2 Level | 3 Level | 4 Level | 5 Level | Mixed-Level |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--|
| L ₄ (2 ³) | L ₉ (3 ⁴) | L ₁₆ (4 ⁵) | L ₂₅ (5 ⁶) | L ₁₈ (2 ¹ X 3 ⁷) |
| L ₈ (2 ⁷) | L ₂₇ (3 ¹³) | L ₆₄ (4 ²¹) | - | L ₃₂ (2 ¹ X 4 ⁹) |
| L ₁₂ (2 ¹¹) | L ₈₁ (3 ⁴⁰) | - | - | L ₃₆ (2 ¹¹ X 3 ¹³) |
| L ₁₆ (2 ¹⁵) | - | - | - | L ₃₆ (2 ³ X 3 ¹³) |
| L ₃₂ (2 ³¹) | - | - | - | L ₅₄ (2 ¹ X 3 ²⁵) |
| L ₆₄ (2 ⁶³) | - | - | - | L ₅₀ (2 ¹ X 5 ¹¹) |

(Sumber : Anggoro, 2016)

Tabel diatas merupakan standar penggunaan *orthogonal array* berdasarkan jumlah faktor dan level. Untuk tiga level tabel *orthogonal array* terdiri dari L₉, L₂₇, L₈₁. Penelitian ini menggunakan L₉ (3⁴) hal tersebut karena berdasarkan hasil kuesioner didapatkan 3 faktor yang berpengaruh serta ada 3 level yang akan diuji. Eksperimen dipilih sejumlah 9 kali observasi karena dalam tabel standar *orthogonal array* yang mendekati 3 faktor dengan 3 level adalah kolom L₉ (3⁴). *orthogonal array* mempunyai beberapa manfaat, yaitu:

- 1) Kesimpulan yang diambil dapat menjangkau ruang lingkup parameter kendali dan masing-masing levelnya secara keseluruhan.
- 2) Sangat menghemat pelaksanaan percobaan karena tidak menggunakan prinsip *fully operational* seperti percobaan yang biasa, tetapi menggunakan prinsip *fractional factorial*. Artinya, tidak semua kombinasi level harus dilakukan percobaan, melainkan hanya beberapa saja. Untuk menentukan level mana yang harus dilakukan dalam pengambilan data, maka harus mengacu pada model *orthogonal array* yang standard. Pemilihan matriks *orthogonal array* disesuaikan dengan permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya.
- 3) Penggunaan *orthogonal array* akan memudahkan dalam menganalisis data penelitian.

c. Interaksi Antara Faktor

Interaksi antara dua faktor berarti efek satu faktor pada respon tergantung level faktor lain. Antara interaksi menyebabkan sistem tidak *robust* karena sistem menjadi sangat sensitif terhadap perubahan satu faktor.

d. *Signal to Noise Ratio* (Rasio S/N)

Optimasi proses yang dilakukan oleh metode *taguchi* adalah dengan memperhatikan nilai Rasio S/N. Prinsip dasarnya adalah pengaturan proses produksi mencapai kondisi yang optimum jika dapat memaksimalkan nilai rasio S/N. Rasio S/N adalah suatu bilangan yang menggambarkan perbandingan antara *signal* dan *noise* dari suatu parameter kendali. Nilai rasio S/N didapat dari pengolahan data hasil percobaan untuk beberapa kombinasi level pada parameter kendali. Setiap kombinasi akan memiliki nilai tersendiri yang dapat diketahui apakah parameter kendali tersebut cukup memberikan pengaruh yang signifikan pada sebuah proses pemesinan sehingga dapat disebut sebagai sebuah *signal* atau parameter tersebut hanya memberikan pengaruh yang kecil sehingga dianggap sebagai *noise* atau gangguan saja.

Jika target yang dituju adalah untuk meningkatkan respon, maka yang dilakukan adalah mencari kombinasi dari parameter kendali yang nilai rasio S/N dari setiap levelnya memiliki nilai terbesar. Ada tiga jenis rasio S/N yang biasa dipakai dalam optimasi permasalahan statik yaitu:

1) *Smaller the Better*

Optimasi jenis ini biasanya dipakai untuk mengoptimasi suatu cacat pada produk, yang mana harga idealnya kalau bisa harus sama dengan nol. Dapat juga digunakan untuk menentukan waktu produksi tercepat (paling produktif). Untuk menghitungnya dapat menggunakan rumus:

$$S/N \text{ ratio} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r Y_i^2 \right) \quad (2-9)$$

Dimana:

y = Rata-rata dari setiap percobaan

2) *Large the Better*

Optimasi jenis ini merupakan kebalikan dari optimasi *Smaller the Better*. Rumus yang digunakan adalah:

$$S/N \text{ ratio} = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r \frac{1}{Y_i^2} \right) \quad (2-10)$$

3) *Nominal the Better*

Optimasi ini sering digunakan apabila nilai yang telah ditetapkan merupakan sesuatu yang mutlak atau sangat diharapkan. Jadi tidak boleh lebih besar atau lebih kecil dari nilai yang telah ditetapkan sebelumnya. Contohnya adalah dimensi pada komponen-komponen mekanik (pada industri manufaktur), perbandingan unsur kimiawi pada suatu campuran (pada industri kimia), dan lain-lain. Rumus yang dapat digunakan adalah:

$$S/N \text{ ratio} = -10 \log \frac{y^{-2}}{s^2} \quad (2-11)$$

$$S^2 = \frac{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r x_i - x\right)^2}{n-1} \quad (2-12)$$

Dimana:

S^2 = varian

x_i = nilai kombinasi ke- n

x = nilai rata-rata dari setiap kombinasi

e. *Sum of Square*

Sum of Square adalah jumlah variasi nilai rasio S/N dari setiap level pada masing-masing parameter kendali. Besarnya *Sum of Square* dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$SS = \sum_{i=1}^n (R_i - R)^2 \quad (2-13)$$

Dimana:

n = jumlah level dari setiap *control factor*

R_i = nilai S/N Ratio pada level ke- n

R = nilai rata-rata rasio S/N dari ke-3 level pada sebuah *control factor*

2.8 Hipotesa

Hipotesa dari penelitian ini yaitu semakin rendah tekanan penyemprotan maka nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan juga semakin rendah. Hal ini terjadi karena semakin rendah tekanan penyemprotan, semakin rendah pula gaya tumbuk pasir pada permukaan material, sehingga mengakibatkan deformasi plastis

yang terjadi pada permukaan material semakin kecil. Semakin singkat waktu penyemprotan maka nilai kekasaran permukaan akan semakin menurun karena mengurangi jumlah massa yang menumbuk permukaan spesimen. Sedangkan semakin kecil sudut penyemprotan maka nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena semakin kecilnya sudut membuat gaya tumbuk pasir tidak memusat terhadap permukaan spesimen.



BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di PT. Bromo Steel Indonesia, Pasuruan pada tanggal 23 Januari – 5 Februari 2018 dan Pengujian dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Fakultas Teknik Universitas Jember pada tanggal 6 Februari – 8 Februari 2018.

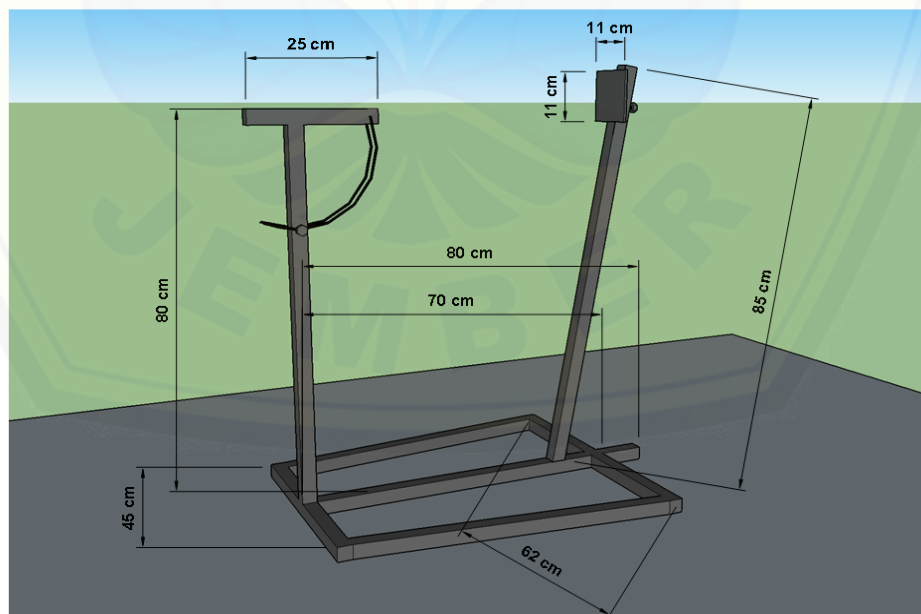
3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Alat Bantu *Sand Blasting*

Alat bantu *sand blasting* ditujukan untuk mempertahankan sudut dengan variasi yang berbeda-beda pada setiap percobaannya. Penelitian ini menggunakan *sand blasting* manual dimana memiliki kemungkinan terjadi tingkat eror. Oleh karena itu pembuatan alat bantu ini bertujuan untuk memudahkan selama proses penelitian.



Gambar 3.1 Alat bantu *Sand Blasting*

b. Kompresor

Untuk lebih detailnya tentang spesifikasi kompresor yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.1 Spesifikasi Kompresor

| | |
|----------------------------|------------------------------|
| Merek | Atlas Copco |
| <i>Working Pressure</i> | 7.4 bar g / 107 psi g |
| FAD | 8,3 m ³ / 294 cfm |
| <i>Motor Power</i> | 45 kW / 60 hp |
| <i>Noise Level</i> | 72 dB (A) |
| <i>Overall Dimension :</i> | |
| <i>Length</i> | 970 mm |
| <i>Width</i> | 1766 mm |
| <i>Height</i> | 1800 mm |
| <i>Weight</i> | 979 kg |

c. Sandpot

Untuk lebih detailnya tentang spesifikasi *sandpot* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut.

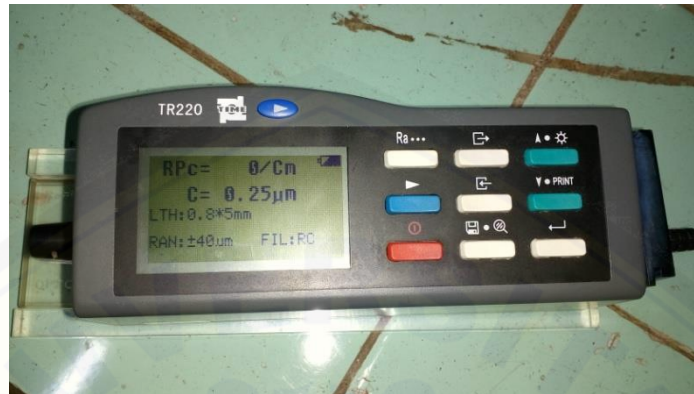
Tabel 3.2 Spesifikasi *Sandpot*

| | |
|-------------------|---------------------------|
| Merek | PT. Bromo Steel Indonesia |
| Kapasitas | 243 liter |
| Dimensi | 622 x 800 mm |
| Lama Penyemprotan | 45 menit |
| Ukuran Pipa | 1 ¼" |

d. *Nozzle* tipe konvensional

e. Alat uji kekasaran

Material yang telah *diblasting* akan diuji dengan TR220 *Portable Roughness Tester* seperti pada gambar 3.2 berikut ini :



Gambar 3.2 TR220 *Portable Roughness Tester*

Tabel 3.3 Spesifikasi TR220 *Portable Roughness Tester*

| | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <i>Measurement Principle</i> | <i>Electromagnetic Indistance</i> |
| <i>Measurement Range</i> | 160 µm |
| <i>Angle of Stylus</i> | 90° |
| <i>Length wise Radius of Skid</i> | 45 mm |
| <i>Material of Stylus Point</i> | <i>Diamond</i> |
| <i>Max Driver Distance</i> | 18 mm / 0,7 inch |
| <i>On Measuring :</i> | |
| <i>If Cutoff Equal to 0,25 mm</i> | <i>Vt Equal 0,13 mm/s</i> |
| <i>If Cutoff Equal to 0,8 mm</i> | <i>Vt Equal 0,5 mm/s</i> |
| <i>If Cutoff Equal to 2,5 mm</i> | <i>Vt Equal 0,1 mm/s</i> |
| <i>On Returning</i> | <i>V = 1 mm/s</i> |

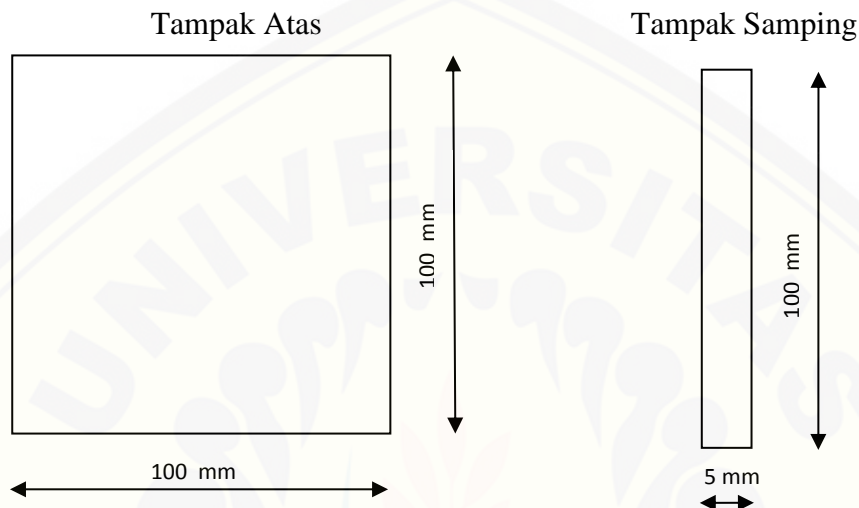
(Sumber : Ariastanta, 2012)

- f. Mesin gerinda merk *Bosch* tipe GCO 200
- g. Amplas mesh 600, 1000, 1500, dan 2000
- h. Meteran (*Steel tape*)
- i. Spidol
- j. *Stopwatch*

3.2.2 Bahan

Bahan yang akan digunakan untuk penelitian ini mempunyai dimensi sebagai berikut :

- a. Pelat SS400 dimensi 100 mm x 100 mm x 5 mm



Gambar 3.3 Dimensi Spesimen Pelat SS400

- b. Pasir Silika

Pasir silika yang digunakan pada proses *sand blasting* yaitu pasir silika dengan mesh 40 atau ukuran 25 – 90 μm . Berikut merupakan gambar pasir silika.



Gambar 3.4 Pasir Silika

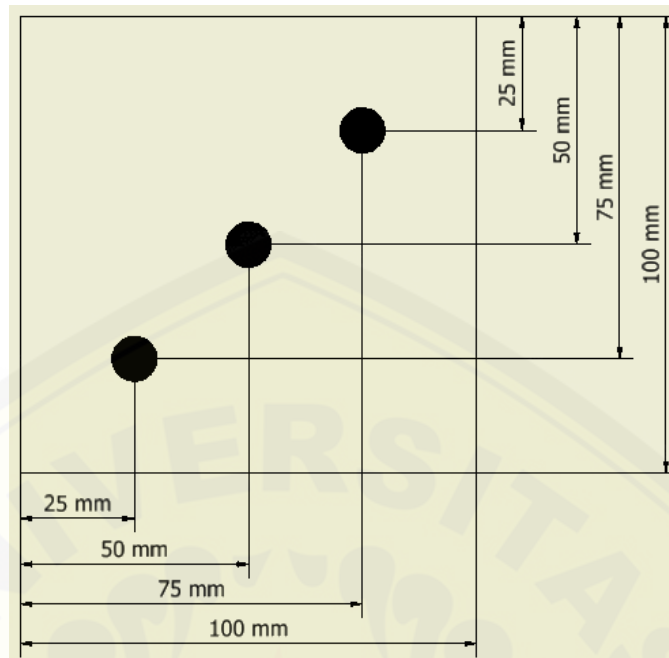
(Sumber : Samuel dan Wibawa, 2010)

3.3 Pelaksanaan Percobaan

- a. Proses pembuatan spesimen dengan memotong pelat baja SS400 menggunakan gerinda menjadi dimensi 100 mm x 100 mm x 5 mm sebanyak 27 buah spesimen.
- b. Persiapan permukaan spesimen dengan cara dicek tingkat karatnya (*rust grade*) sesuai *standard* BS EN ISO 8501-1 Vis 1. Selanjutnya permukaan spesimen dihaluskan menggunakan amplas dengan nomor 600, 1000, 1500 dan 2000 untuk mendapatkan kondisi permukaan awal yang sama.
- c. Persiapan peralatan seperti selang, *nozzle*, *stopwatch*, kompresor, *sandpot*, dan alat bantu proses percobaan.
- d. Mengisi *sandpot* dengan pasir silika hingga volume 80%.
- e. Menghidupkan kompresor.
- f. Memasang *nozzle* dan spesimen pada alat bantu.
- g. Mengatur tekanan pada *pressure regulator* dan sudut pada alat bantu sesuai dengan level yang telah ditentukan.
- h. Mengatur *inlet valve*, *choke valve* dan *mixing valve* sesuai dengan posisi yang telah ditentukan.
- i. Lakukan proses *sand blasting* sesuai dengan level waktu yang ditentukan.
- j. Membersihkan sisa pasir dengan udara bertekanan tinggi agar tidak mempengaruhi hasil pengujian.
- k. Menguji kekasaran permukaan spesimen, dan mencatat hasilnya.

3.4 Pengambilan Data

Nilai kekasaran permukaan benda kerja yang telah dilakukan *sand blasting* diukur menggunakan *Surface Roughness Tester* berdasarkan (ASTM D7127). Pengambilan data nilai kekasaran permukaan dilakukan pada tiga area sisi benda kerja sebanyak 3 kali pengulangan.



Gambar 3.5 Area Pengambilan Data Nilai Kekasaran Permukaan

3.5 Jenis *Orthogonal Array*

Pemilihan jenis *Orthogonal Array* berdasarkan jumlah parameter kendali dan jumlah level dari setiap parameter kendali yang akan digunakan. Pada penelitian ini terdapat 3 buah parameter kendali dan 3 buah level pada setiap parameter kendali. Oleh karena itu, program *Orthogonal Array* $L_9 (3^3)$ yang dipilih. Sebab, pada *Orthogonal Array* $L_9 (3^3)$ dapat digunakan hingga 3 parameter kendali, dan jumlah level dari setiap parameter kendali adalah 3. Pada tabel di bawah ini dapat dilihat parameter kendali dan level untuk *Orthogonal Array* $L_9 (3^3)$.

Tabel 3.4 Parameter Kendali dan Level untuk *Orthogonal Array* $L_9 (3^3)$

| Kontrol Faktor | Level | | |
|----------------|-------|----|----|
| | 1 | 2 | 3 |
| A | A1 | A2 | A3 |
| B | B1 | B2 | B3 |
| C | C1 | C2 | C3 |

Tabel 3.5 *Orthogonal Array* untuk *Taguchi L₉ (3³)*

| No. Percobaan | Parameter Kendali | | |
|---------------|-------------------|---|---|
| | A | B | C |
| 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 2 | 2 |
| 3 | 1 | 3 | 3 |
| 4 | 2 | 1 | 2 |
| 5 | 2 | 2 | 3 |
| 6 | 2 | 3 | 1 |
| 7 | 3 | 1 | 3 |
| 8 | 3 | 2 | 1 |
| 9 | 3 | 3 | 2 |

3.6 Variabel Pengukur

Variabel yang digunakan dalam pengukuran ini adalah variabel bebas dan variabel terikat.

3.6.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya bebas ditentukan oleh peneliti. Variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah variasi tekanan, waktu dan sudut penyemprotan. Pada tabel dibawah ini dapat dilihat daftar variabel bebas dan level yang digunakan peneliti.

Tabel 3.6 Variabel Bebas dan Level

| Kode | Kontrol Faktor | Level | | |
|------|----------------|-------|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 |
| A | Tekanan (bar) | 3 | 4 | 5 |
| B | Waktu (s) | 4 | 8 | 12 |
| C | Sudut (°) | 30 | 60 | 90 |

3.6.2 Variabel Terikat

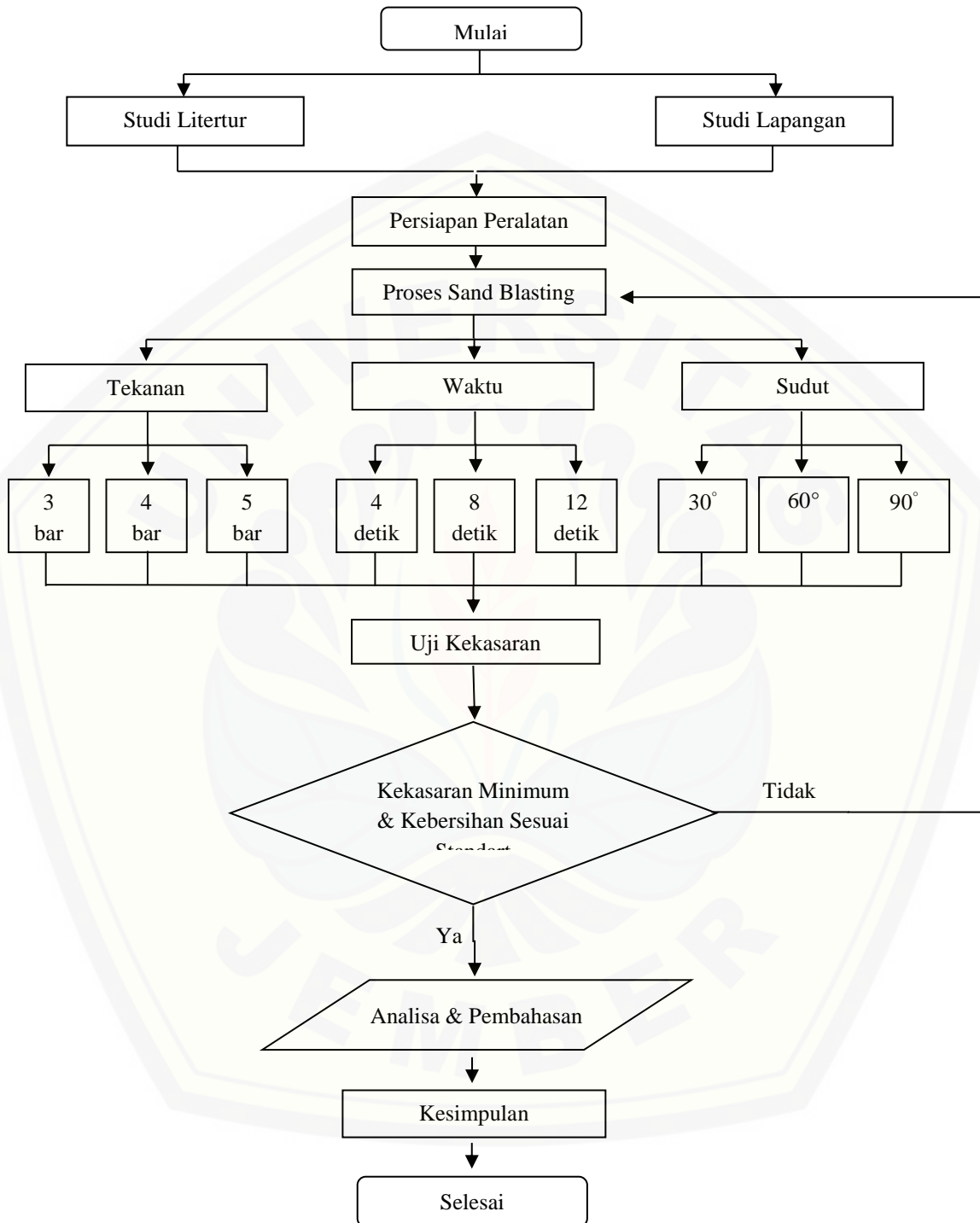
Variabel terikat yaitu variabel yang faktornya diamati dan diukur untuk menentukan pengaruh yang disebabkan oleh variable bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai kekasaran permukaan spesimen setelah dilakukan proses *sand blasting*.

3.7 Data Percobaan

Tabel 3.7 Data Percobaan Penelitian

| No | Parameter Kendali | | | Replikasi | Data Hasil Pengujian | | | Rz Rata-rata (μm) |
|----|-------------------|-----------|----------------------|-----------|----------------------|---------|---------|--------------------------------|
| | Tekanan (bar) | Waktu (s) | Sudut ($^{\circ}$) | | Titik A | Titik B | Titik C | |
| 1 | 3 | 4 | 30 | 1 | | | | |
| | | | | 2 | | | | |
| | | | | 3 | | | | |
| 2 | 3 | 8 | 60 | 1 | | | | |
| | | | | 2 | | | | |
| | | | | 3 | | | | |
| 3 | 3 | 12 | 90 | 1 | | | | |
| | | | | 2 | | | | |
| | | | | 3 | | | | |
| 4 | 4 | 4 | 60 | 1 | | | | |
| | | | | 2 | | | | |
| | | | | 3 | | | | |
| 5 | 4 | 8 | 90 | 1 | | | | |
| | | | | 2 | | | | |
| | | | | 3 | | | | |
| 6 | 4 | 12 | 30 | 1 | | | | |
| | | | | 2 | | | | |
| | | | | 3 | | | | |
| 7 | 5 | 4 | 90 | 1 | | | | |
| | | | | 2 | | | | |
| | | | | 3 | | | | |
| 8 | 5 | 8 | 30 | 1 | | | | |
| | | | | 2 | | | | |
| | | | | 3 | | | | |
| 9 | 5 | 12 | 60 | 1 | | | | |
| | | | | 2 | | | | |
| | | | | 3 | | | | |

3.8 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan maka dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian menggunakan metode *taguchi* bahwa parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah tekanan udara pada level 1 (3 bar) dengan nilai *S/N Ratio* -34,372. Pengaruh kedua adalah faktor waktu penyemprotan level 1 (4 detik) sebesar -35,897 dan pengaruh ketiga yaitu faktor sudut penyemprotan pada level 1 (30°) dengan nilai *S/N Ratio* -36,023.
2. Hasil kekasaran permukaan pada percobaan I lebih halus dibandingkan percobaan II dengan perbandingan 42,66 µm dan 54,82 µm. Sedangkan tingkat kebersihan percobaan I mencapai SA 2 dan percobaan II mencapai SA 2,5. Pada percobaan II dengan parameter tekanan udara 3 bar, waktu penyemprotan 8 detik, dan sudut penyemprotan 60° dipilih sebagai kombinasi yang optimal karena tingkat kebersihan permukaannya sudah memenuhi syarat meskipun hasilnya lebih kasar apabila dibandingkan percobaan I.

5.2 Saran

1. Untuk mendapatkan nilai kekasaran optimum, perlu dipelajari adanya variabel-variabel yang mempengaruhi lainnya seperti sudut penyemprotan, ukuran butir pasir, dan jenis pasir yang berpengaruh terhadap proses *sand blasting*.
2. Perhitungkan rencana keseluruhan sebelum memulai proses *sand blasting* seperti bahan yang dibutuhkan, persiapan alat dan bahan, parameter yang di digunakan dan lain-lain agar mendapatkan hasil yang maksimal.
3. Pastikan operator terampil dalam menjalankan proses *sand blasting*.
4. Gunakan waktu otomatis dalam pengerjaan sandblasting agar mendapatkan hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, P.W. 2016. *Aplikasi DOE untuk Menentukan Setting Parameter Optimum pada Proses Pembuatan Produk Roll*. Yogyakarta : Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya
Email: p_wisnu@mail.uajy.ac.id
- Ariastanta, D.P., 2012. *Analisis Kekasaran Pelat A 283 Gr. C Akibat Variasi Jarak Penembakan, Lama Penembakan Dan Debit Pasir Pada Proses Sandblasting*. Skripsi. Jember : Fakultas Teknik Universitas Jember.
- ASTM D4417. 1999. *Standard Test Methods for Field Measurement of Surface Profile of Blast Cleaned Steel*. United States : West Conshohocken, PA 19428-2959.
- Atlas Copco Air power NV. 2013. *Oil-Injected Rotary Screw Compressors*. Belgium: Atlas Copco Ltd, Hertfordshire, HP2 7EA.
- JPCL eBook. 2012. *Achieving Efficiency in Abrasive Blast Cleaning*. Pittsburgh : Technology Publishing Company 2100 Wharton Street, Suite 310 Pittsburgh, PA 15203
- Kumosa, L., et al. 2002. *The Effect Of Sandblasting On The Initiation Of Stress Corrosion Cracking In Unidirectional E-Glass/Polimer Composites Used In High Voltage Composite (Non-Ceramic) Insulators*. Center For Advanced Material And Structures Departement Of Engineering University Of Denver 2450 S. Gaylord Street, Denver, CO 80208.
- NPL Management Limited. 2000. *Surface Preparation for Coating*. National Physical Laboratory, Queens Road, Teddington, Middlesex TW11 0LW.
- PAN Abrasives. 2015. *Abrasive Media Guide*. Singapore: Global Products Local Service.
- Pradana, R.B. dan Kromodiharjo, S. 2016. *Studi Eksperimen Pengaruh Tekanan dan Waktu Sandblasting Terhadap Kekasaran Permukaan, Biaya, dan Kebersihan pada Pelat Baja Karbon Rendah di PT. Swadaya Graha*. Surabaya : Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia.
- Prayogo, T., dan Budiman., B. 2009. *Survei Potensi Pasir Kuarsa Di Daerah Ketapang Propinsi Kalimantan barat*. Peneliti Pusat Teknologi Sumber Daya Mineral.

- Rochim, Taufik. 2007. *Proses Permesinan: Perkakas & Sistem Pemerkakasan*. Bandung: ITB.
- Rosidah, A., dkk. 2015. *Analisis Kekasaran Permukaan pada Proses Sand Blasting dengan Variasi Jarak, Tekanan, dan Sudut pada Pelat A 36 Menggunakan Metode Box Behnken*. Surabaya : Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya Jl. Teknik Kimia, Kampus ITS, Keputih, Sukolilo, Surabaya 60111
- Samuel dan Wibawa. A. 2010. *Facilities Planning Workshop for Blasting Support the Activity of Development and Repair Ship in PT. Jasa Marina Indah Unit II*. Semarang: Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Soejanto, I. 2009. *Desain Eksperimental dengan Metode Taguchi*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Sulistyo, E. dan Setyarini, H.P. 2011. *Pengaruh Waktu Dan Sudut Penyemprotan Pada Proses Sand Blasting Terhadap Laju Korosi Hasil Pengecatan Baja AISI 430*. Malang : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, Jl. MT. Haryono 167 Malang 65145, Indonesia
- TEKNOS. 2012. *Handbook for Corrosion Protection of Steel Surfaces by Painting*. Finland :TeknosOy.
- Widiyarta, I.M., dkk. 2015. *Kekasaran Permukaan Baja Karbon Sedang Akibat Proses Sand-Blasting Dengan Variasi Tekanan dan Sudut Penyemprotan*. Bali : Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362.
- Yusim, A.K., dan Triwikantoro. *Pengaruh Pengelasan Gmaw Terhadap Ketahanan Korosi Baja SS400 Studi Kasus Di PT. Inka Madiun*. Surabaya :Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

LAMPIRAN

Lampiran A-1 F-tabel untuk level tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$)

| x/y | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 161.45 | 199.50 | 215.71 | 224.58 | 230.16 | 233.99 | 236.77 | 238.88 | 240.54 | 241.88 |
| 2 | 18.51 | 19.00 | 19.16 | 19.25 | 19.30 | 19.33 | 19.35 | 19.37 | 19.39 | 19.40 |
| 3 | 10.13 | 9.55 | 9.28 | 9.12 | 9.01 | 8.94 | 8.89 | 8.85 | 8.81 | 8.79 |
| 4 | 7.71 | 6.94 | 6.59 | 6.39 | 6.26 | 6.16 | 6.09 | 6.04 | 6.00 | 5.96 |
| 5 | 6.61 | 5.79 | 5.41 | 5.19 | 5.05 | 4.95 | 4.88 | 4.82 | 4.77 | 4.74 |
| 6 | 5.99 | 5.14 | 4.76 | 4.53 | 4.39 | 4.28 | 4.21 | 4.15 | 4.10 | 4.06 |
| 7 | 5.59 | 4.74 | 4.35 | 4.12 | 3.97 | 3.87 | 3.79 | 3.73 | 3.68 | 3.64 |
| 8 | 5.32 | 4.46 | 4.07 | 3.84 | 3.69 | 3.58 | 3.50 | 3.44 | 3.39 | 3.35 |
| 9 | 5.12 | 4.26 | 3.86 | 3.63 | 3.48 | 3.37 | 3.29 | 3.23 | 3.18 | 3.14 |
| 10 | 4.97 | 4.10 | 3.71 | 3.48 | 3.33 | 3.22 | 3.14 | 3.07 | 3.02 | 2.98 |
| 11 | 4.84 | 3.98 | 3.59 | 3.36 | 3.20 | 3.10 | 3.01 | 2.95 | 2.90 | 2.85 |
| 12 | 4.75 | 3.89 | 3.49 | 3.26 | 3.11 | 3.00 | 2.91 | 2.85 | 2.80 | 2.75 |
| 13 | 4.67 | 3.81 | 3.41 | 3.18 | 3.03 | 2.92 | 2.83 | 2.77 | 2.71 | 2.67 |
| 14 | 4.60 | 3.74 | 3.34 | 3.11 | 2.96 | 2.85 | 2.76 | 2.70 | 2.65 | 2.60 |
| 15 | 4.54 | 3.68 | 3.29 | 3.06 | 2.90 | 2.79 | 2.71 | 2.64 | 2.59 | 2.54 |
| 16 | 4.49 | 3.63 | 3.24 | 3.01 | 2.85 | 2.74 | 2.66 | 2.59 | 2.54 | 2.49 |
| 17 | 4.45 | 3.59 | 3.20 | 2.97 | 2.81 | 2.70 | 2.61 | 2.55 | 2.49 | 2.45 |
| 18 | 4.41 | 3.56 | 3.16 | 2.93 | 2.77 | 2.66 | 2.58 | 2.51 | 2.46 | 2.41 |
| 19 | 4.38 | 3.52 | 3.13 | 2.90 | 2.74 | 2.63 | 2.54 | 2.48 | 2.42 | 2.38 |
| 20 | 4.35 | 3.49 | 3.10 | 2.87 | 2.71 | 2.60 | 2.51 | 2.45 | 2.39 | 2.35 |
| 21 | 4.33 | 3.47 | 3.07 | 2.84 | 2.69 | 2.57 | 2.49 | 2.42 | 2.37 | 2.32 |
| 22 | 4.30 | 3.44 | 3.05 | 2.82 | 2.66 | 2.55 | 2.46 | 2.40 | 2.34 | 2.30 |
| 23 | 4.28 | 3.42 | 3.03 | 2.80 | 2.64 | 2.53 | 2.44 | 2.38 | 2.32 | 2.28 |
| 24 | 4.26 | 3.40 | 3.01 | 2.78 | 2.62 | 2.51 | 2.42 | 2.36 | 2.30 | 2.26 |
| 25 | 4.24 | 3.39 | 2.99 | 2.76 | 2.60 | 2.49 | 2.41 | 2.34 | 2.28 | 2.24 |
| 26 | 4.23 | 3.37 | 2.98 | 2.74 | 2.59 | 2.47 | 2.39 | 2.32 | 2.27 | 2.22 |
| 27 | 4.21 | 3.35 | 2.96 | 2.73 | 2.57 | 2.46 | 2.37 | 2.31 | 2.25 | 2.20 |
| 28 | 4.20 | 3.34 | 2.95 | 2.71 | 2.56 | 2.45 | 2.36 | 2.29 | 2.24 | 2.19 |
| 29 | 4.18 | 3.33 | 2.93 | 2.70 | 2.55 | 2.43 | 2.35 | 2.28 | 2.22 | 2.18 |
| 30 | 4.17 | 3.32 | 2.92 | 2.69 | 2.53 | 2.42 | 2.33 | 2.27 | 2.21 | 2.17 |
| 31 | 4.16 | 3.31 | 2.91 | 2.68 | 2.52 | 2.41 | 2.32 | 2.26 | 2.20 | 2.15 |
| 32 | 4.15 | 3.30 | 2.90 | 2.67 | 2.51 | 2.40 | 2.31 | 2.24 | 2.19 | 2.14 |
| 33 | 4.14 | 3.29 | 2.89 | 2.66 | 2.50 | 2.39 | 2.30 | 2.24 | 2.18 | 2.13 |
| 34 | 4.13 | 3.28 | 2.88 | 2.65 | 2.49 | 2.38 | 2.29 | 2.23 | 2.17 | 2.12 |
| 35 | 4.12 | 3.27 | 2.87 | 2.64 | 2.49 | 2.37 | 2.29 | 2.22 | 2.16 | 2.11 |

Lampiran B-1 Preparasi Proses *Sand Blasting*



Spesimen yang sudah dipotong dengan dimensi 100 mm x 100 mm x 5 mm



Pemasangan *nozzle*



Pengukuran jarak penyemprotan dari *nozzle* ke spesimen



Memasukkan pasir silika ke dalam *sandpot*



Pengaturan jarak & sudut penyemprotan 30°



Pengaturan sudut penyemprotan 60°



Pengaturan sudut penyemprotan 90°



Pross *sand blasting*

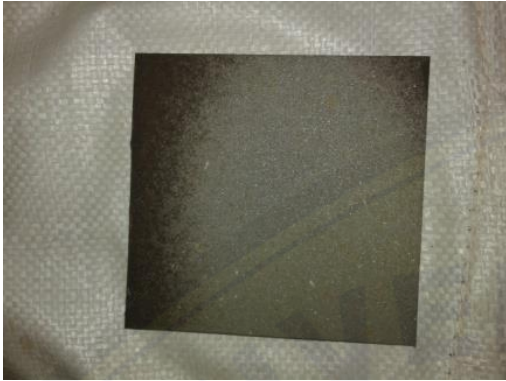


Pengukuran kekasaran permukaan

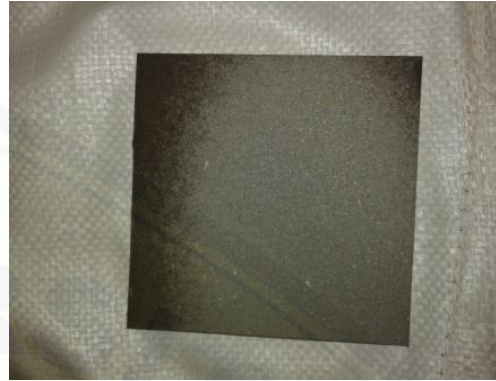


Operator *sand blasting*

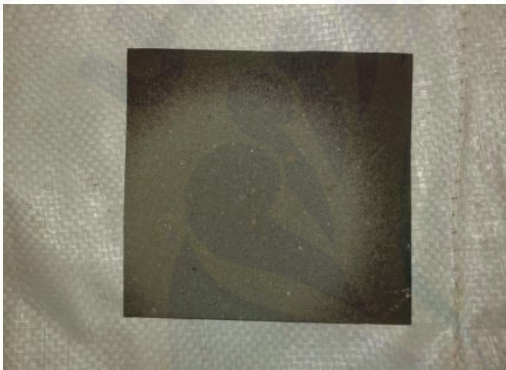
Lampiran C-1 Fotel Hasil *Sand Blasting*



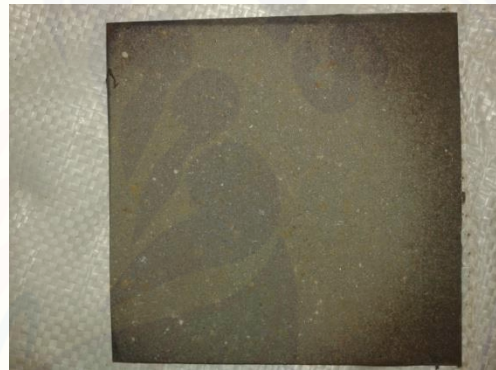
Percobaan 1a



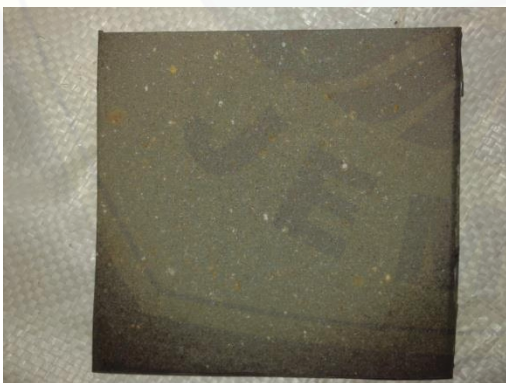
Percobaan 1b



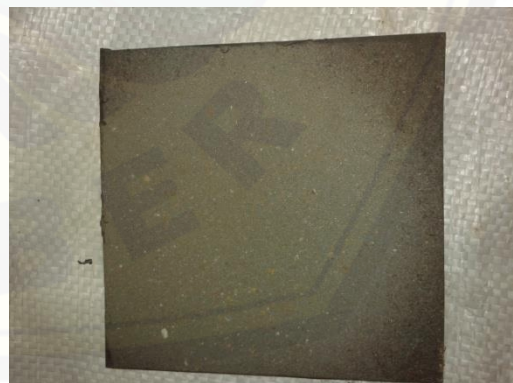
Percobaan 1c



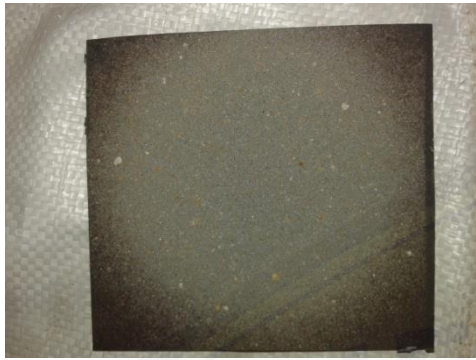
Percobaan 2a



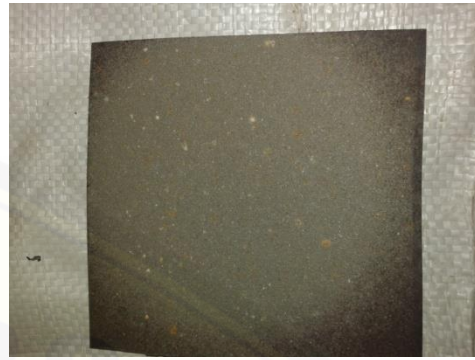
Percobaan 2b



Percobaan 2c



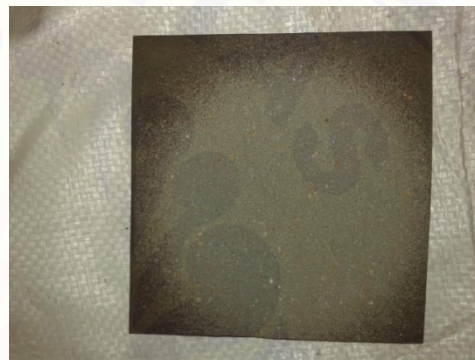
Percobaan 3a



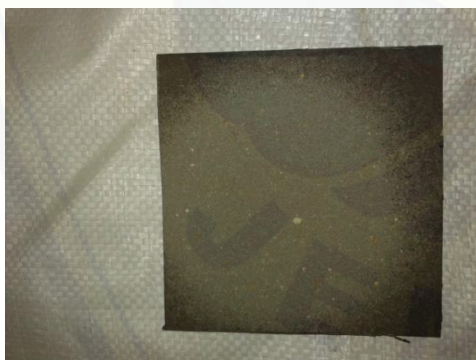
Percobaan 3b



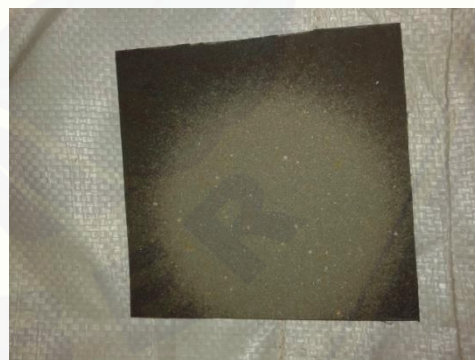
Percobaan 3c



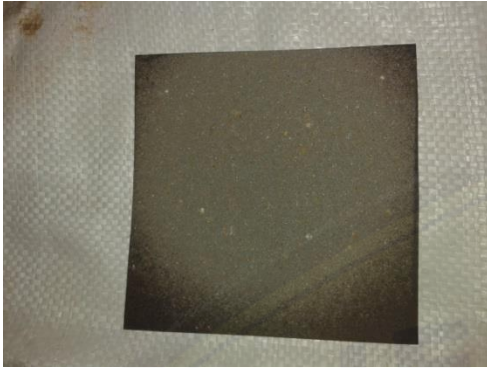
Percobaan 4a



Percobaan 4b



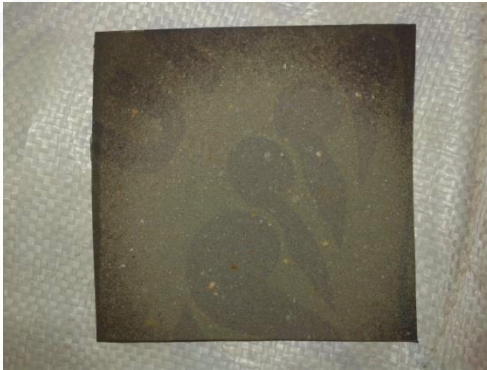
Percobaan 4c



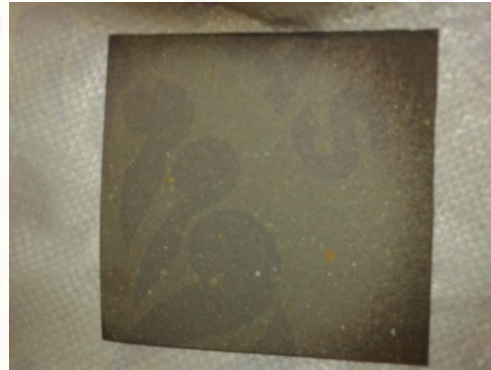
Percobaan 5a



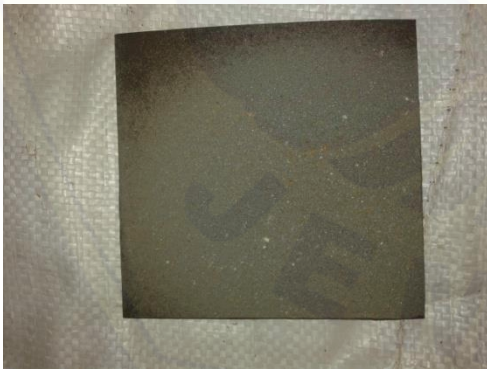
Percobaan 5b



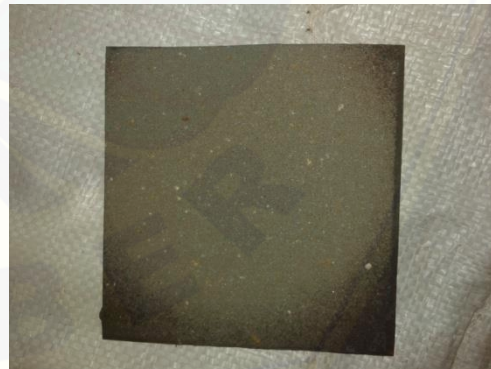
Percobaan 5c



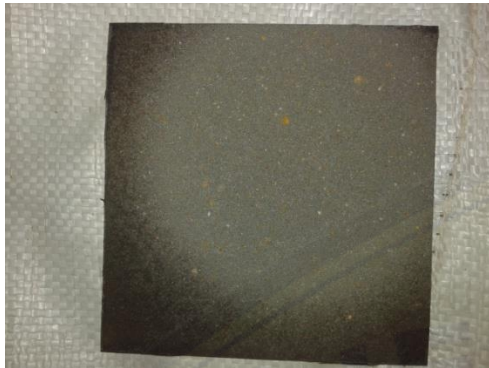
Percobaan 6a



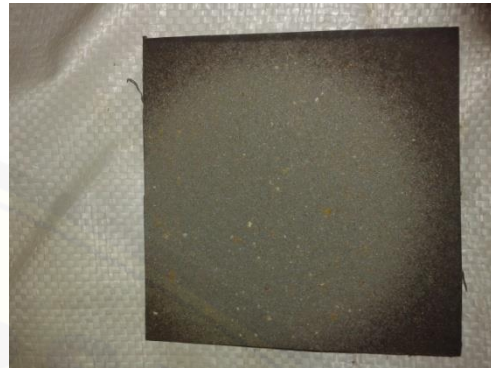
Percobaan 6b



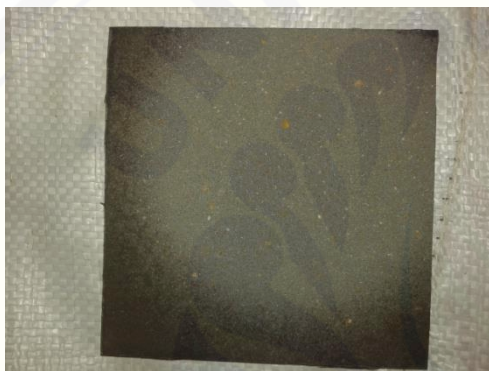
Percobaan 6c



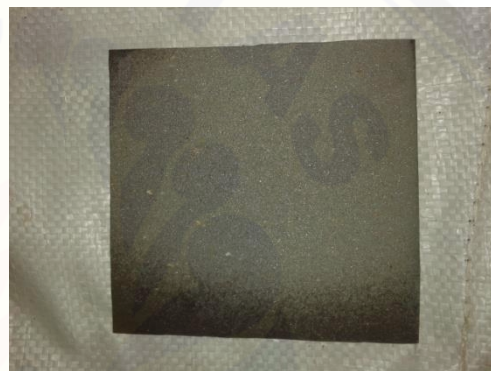
Percobaan 7a



Percobaan 7b



Percobaan 7c



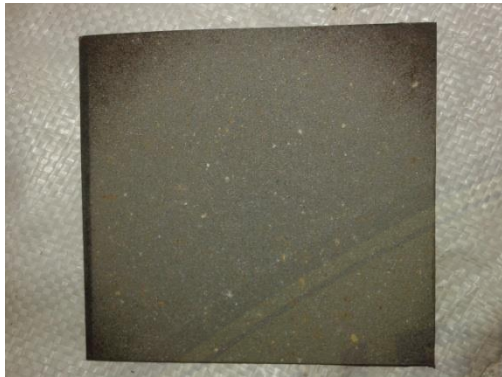
Percobaan 8a



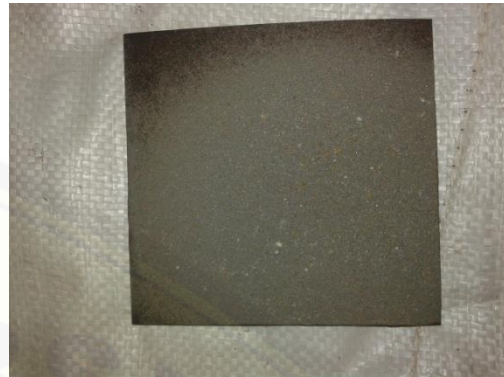
Percobaan 8b



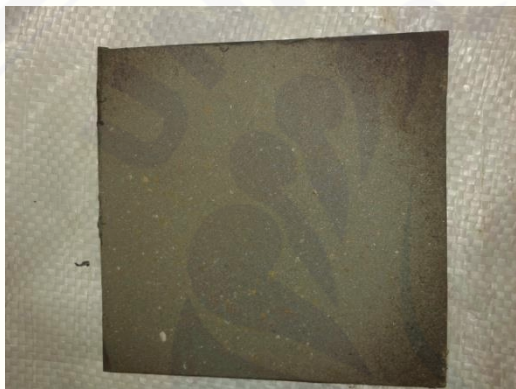
Percobaan 8c



Percobaan 9a



Percobaan 9b



Percobaan 9c



Sebelum proses *sand blasting*

Lampiran D-1 Perhitungan *Signal to Noise Ratio*

1) *Signal to Noise Ratio* percobaan ke-1

$$\begin{aligned}\eta_1 &= -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r y_i^2 \right) \\ &= -10 \log \left(\frac{1}{3} \sum_{i=1}^r ((42,54^2) + (42,97^2) + (42,47^2)) \right) \\ &= -32,601\end{aligned}$$

2) *Signal to Noise Ratio* percobaan ke-2

$$\begin{aligned}\eta_2 &= -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r y_i^2 \right) \\ &= -10 \log \left(\frac{1}{3} \sum_{i=1}^r ((55,68^2) + (54,15^2) + (54,64^2)) \right) \\ &= -34,780\end{aligned}$$

3) *Signal to Noise Ratio* percobaan ke-3

$$\begin{aligned}\eta_3 &= -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r y_i^2 \right) \\ &= -10 \log \left(\frac{1}{3} \sum_{i=1}^r ((62,97^2) + (58,67^2) + (61,90^2)) \right) \\ &= -35,736\end{aligned}$$

4) *Signal to Noise Ratio* percobaan ke-4

$$\begin{aligned}\eta_4 &= -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r y_i^2 \right) \\ &= -10 \log \left(\frac{1}{3} \sum_{i=1}^r ((70,05^2) + (68,88^2) + (71,34^2)) \right) \\ &= -36,914\end{aligned}$$

5) *Signal to Noise Ratio* percobaan ke-5

$$\begin{aligned}\eta_5 &= -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r y_i^2 \right) \\ &= -10 \log \left(\frac{1}{3} \sum_{i=1}^r ((86,05^2) + (85,55^2) + (82,16^2)) \right) \\ &= -38,548\end{aligned}$$

6) *Signal to Noise Ratio* percobaan ke-6

$$\begin{aligned}\eta_6 &= -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r y_i^2 \right) \\ &= -10 \log \left(\frac{1}{3} \sum_{i=1}^r ((77,06^2) + (73,96^2) + (73,57^2)) \right) \\ &= -37,487\end{aligned}$$

7) *Signal to Noise Ratio* percobaan ke-7

$$\begin{aligned}\eta_7 &= -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r y_i^2\right) \\ &= -10 \log\left(\frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 ((82,95^2) + (81,76^2) + (78,42^2))\right) \\ &= -38,177\end{aligned}$$

8) *Signal to Noise Ratio* percobaan ke-8

$$\begin{aligned}\eta_8 &= -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r y_i^2\right) \\ &= -10 \log\left(\frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 ((78,40^2) + (79,62^2) + (79,80^2))\right) \\ &= -37,983\end{aligned}$$

9) *Signal to Noise Ratio* percobaan ke-9

$$\begin{aligned}\eta_9 &= -10 \log\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^r y_i^2\right) \\ &= -10 \log\left(\frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 ((86,66^2) + (86,86^2) + (85,68^2))\right) \\ &= -38,730\end{aligned}$$

Lampiran D-2 Perhitungan Rata-Rata Respon

1) Rata-rata respon untuk pengaruh faktor tekanan udara (A) level 1 yaitu pada percobaan 1,2, dan 3.

$$\bar{A}_1 = \frac{(-32,601) + (-34,780) + (-35,736)}{3} = -34,372$$

2) Rata-rata respon untuk pengaruh faktor tekanan udara (A) level 2 yaitu pada percobaan 4,5, dan 6.

$$\bar{A}_2 = \frac{(-36,914) + (-38,548) + (-37,487)}{3} = -37,649$$

3) Rata-rata respon untuk pengaruh faktor tekanan udara (A) level 3 yaitu pada percobaan 7,8, dan 9.

$$\bar{A}_3 = \frac{(-38,177) + (-37,983) + (-38,730)}{3} = -38,33$$

- 4) Rata-rata respon untuk pengaruh faktor waktu penyemprotan (B) level 1 yaitu pada percobaan 1,4, dan 7.

$$\bar{B}_1 = \frac{(-32,601) + (-36,914) + (-38,177)}{3} = -35,897$$

- 5) Rata-rata respon untuk pengaruh faktor waktu penyemprotan (B) level 2 yaitu pada percobaan 2,5, dan 8.

$$\bar{B}_2 = \frac{(-34,780) + (-38,548) + (-37,983)}{3} = -37,103$$

- 6) Rata-rata respon untuk pengaruh faktor waktu penyemprotan (B) level 3 yaitu pada percobaan 3,6, dan 9.

$$\bar{B}_3 = \frac{(-35,736) + (-37,487) + (-38,730)}{3} = -37,317$$

- 7) Rata-rata respon untuk pengaruh faktor sudut penyemprotan (C) level 1 yaitu pada percobaan 1,6, dan 8.

$$\bar{C}_1 = \frac{(-32,601) + (-37,487) + (-37,983)}{3} = -36,023$$

- 8) Rata-rata respon untuk pengaruh faktor sudut penyemprotan (C) level 2 yaitu pada percobaan 2,4, dan 9.

$$\bar{C}_2 = \frac{(-34,780) + (-36,914) + (-38,730)}{3} = -36,808$$

- 9) Rata-rata respon untuk pengaruh faktor sudut penyemprotan (C) level 3 yaitu pada percobaan 3,5, dan 7.

$$\bar{C}_3 = \frac{(-35,736) + (-38,548) + (-38,177)}{3} = -37,487$$

Lampiran D-3 Perhitungan ANOVA untuk *Signal to Noise Ratio*

- 1) \bar{y} – Rata-rata eksperimen keseluruhan

$$\begin{aligned} \bar{y} &= \frac{\sum y}{n} \\ &= \frac{(-32,601) + (-34,780) + (-35,736) + (-36,914) + \dots + (-38,730)}{9} \\ &= -36,773 \end{aligned}$$

- 2) ST – Jumlah kuadrat total

Jumlah kuadrat total adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} ST &= \sum y^2 \\ &= (-32,601)^2 + (-34,780)^2 + (-35,736)^2 + \dots + (-38,730)^2 \\ &= 12203,585 \end{aligned}$$

- 3) Sm – Jumlah kuadrat karena rata-rata (*mean*)

$$\begin{aligned} Sm &= n \bar{y}^2 \\ &= 9 \times (-36,773)^2 \\ &= 12170,281 \end{aligned}$$

- 4) SA – Jumlah kuadrat karena faktor tekanan udara

Jumlah kuadrat faktor tekanan udara adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} SA &= \frac{[\text{Total } A_1]^2}{n_1} + \frac{[\text{Total } A_2]^2}{n_2} + \frac{[\text{Total } A_3]^2}{n_3} - \frac{[\text{Total } A]^2}{n_1+n_2+n_3} \\ &= \frac{[-103,117]^2}{3} + \frac{[-112,949]^2}{3} + \frac{[-114,89]^2}{3} - \frac{[-330,956]^2}{9} \\ &= 26,48 \end{aligned}$$

- 5) SB – Jumlah kuadrat karena faktor waktu penyemprotan

Jumlah kuadrat faktor waktu penyemprotan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} SB &= \frac{[\text{Total } B_1]^2}{n_1} + \frac{[\text{Total } B_2]^2}{n_2} + \frac{[\text{Total } B_3]^2}{n_3} - \frac{[\text{Total } B]^2}{n_1+n_2+n_3} \\ SB &= \frac{[-107,692]^2}{3} + \frac{[-111,311]^2}{3} + \frac{[-111,953]^2}{3} - \frac{[-330,956]^2}{3+3+3} \\ &= 3,518 \end{aligned}$$

- 6) SC – Jumlah kuadrat karena faktor sudut penyemprotan

Jumlah kuadrat faktor sudut penyemprotan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} SC &= \frac{[\text{Total } C_1]^2}{n_1} + \frac{[\text{Total } C_2]^2}{n_2} + \frac{[\text{Total } C_3]^2}{n_3} - \frac{[\text{Total } C]^2}{n_1+n_2+n_3} \\ SC &= \frac{[-108,071]^2}{3} + \frac{[-110,424]^2}{3} + \frac{[-112,461]^2}{3} - \frac{[-330,956]^2}{3+3+3} \\ &= 3,216 \end{aligned}$$

7) S_e – Jumlah kuadrat *error*

$$S_T = S_m + S_A + S_B + S_C + S_e$$

$$S_e = S_T - S_m - S_A - S_B - S_C$$

$$\begin{aligned} &= 12203,585 - 12170,281 - 26,48 - 3,518 - 3,216 \\ &= 0,090 \end{aligned}$$

8) MS_A – Rata-rata jumlah kuadrat

Untuk faktor tekanan udara adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} MS_A &= \frac{S_A}{V_A} \\ &= \frac{26,48}{2} \\ &= 13,24 \end{aligned}$$

Dimana :

$$V_A = (\text{level} - 1)$$

$$V_A = (3 - 1)$$

$$V_A = 2$$

9) MS_B – Rata-rata jumlah kuadrat

Untuk faktor waktu penyemprotan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} MS_B &= \frac{S_B}{v_B} \\ &= \frac{3,518}{2} = 1,759 \end{aligned}$$

Dimana:

$$v_B = (\text{Banyak level} - 1)$$

$$= 3 - 1$$

$$= 2$$

10) MS_C – Rata-rata jumlah kuadrat

Untuk faktor sudut penyemprotan adalah sebagai berikut:

$$MS_C = \frac{S_C}{v_C}$$

$$= \frac{3,216}{2} = 1,608$$

Dimana:

$$\begin{aligned} vC &= (\text{Banyak level} - 1) \\ &= 3 - 1 \\ &= 2 \end{aligned}$$

11) MS_e – Rata-rata jumlah kuadrat

Untuk *error* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} MS_e &= \frac{S_e}{v_e} \\ &= \frac{0,090}{2} = 0,045 \end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} v_e &= (\text{Total jumlah kuadrat} - \text{Total derajat kebebasan faktor} - 1) \\ &= 9 - 6 - 1 \\ &= 2 \end{aligned}$$

12) *F-ratio*

Untuk faktor tekanan udara adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_A &= \frac{MS_A}{MS_e} \\ F_A &= \frac{13,24}{0,045} \\ F_A &= 294,2 \end{aligned}$$

13) *F-ratio*

Untuk faktor waktu penyemprotan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_B &= \frac{MS_B}{MS_e} \\ &= \frac{1,759}{0,045} = 39,08 \end{aligned}$$

14) *F-ratio*

Untuk faktor sudut penyemprotan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_c &= \frac{MS_c}{MSe} \\ &= \frac{1,608}{0,045} = 35,73 \end{aligned}$$

15) F-ratio

Untuk faktor tekanan udara adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_e &= \frac{MS_e}{MSe} \\ &= \frac{0,045}{0,045} = 1,00 \end{aligned}$$

16) SA' – Jumlah kuadrat yang sesungguhnya

Untuk faktor tekanan udara adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} SA' &= SA - vA.Ve \\ &= 26,48 - (2 \times 0,045) \\ &= 26,39 \end{aligned}$$

17) SB' – Jumlah kuadrat yang sesungguhnya

Untuk faktor waktu penyemprotan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} SB' &= SB - vB.Ve \\ &= 3,518 - (2 \times 0,045) \\ &= 3,428 \end{aligned}$$

18) SC' – Jumlah kuadrat yang sesungguhnya

Untuk faktor sudut penyemprotan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} SC' &= SC - vC.Ve \\ &= 3,216 - (2 \times 0,045) \\ &= 3,126 \end{aligned}$$

19) Se' – Jumlah kuadrat yang sesungguhnya

untuk *error* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Se' &= St - SA' - SB' - SC' \\ &= 33,304 - 26,39 - 3,428 - 3,126 \\ &= 0,36 \end{aligned}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} St &= ST - Sm \\ &= 12203,585 - 12170,281 \\ &= 33,304 \end{aligned}$$

20) ρ – Persen kontribusi untuk faktor tekanan udara adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \rho A &= \frac{SA'}{St} \times 100\% \\ &= \frac{26,384}{33,304} \times 100\% \\ &= 0,792\% \end{aligned}$$

21) ρ – Persen kontribusi untuk faktor waktu penyemprotan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \rho B &= \frac{SB'}{St} \times 100\% \\ &= \frac{3,428}{33,304} \times 100\% \\ &= 0,102\% \end{aligned}$$

22) ρ – Persen kontribusi untuk faktor sudut penyemprotan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \rho C &= \frac{SC'}{St} \times 100\% \\ &= \frac{3,126}{33,304} \times 100\% \\ &= 0,093\% \end{aligned}$$

23) ρ – Persen kontribusi untuk *error* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \rho e &= \frac{Se'}{St} \times 100\% \\ \rho e &= \frac{0,36}{33,304} \times 100\% \\ &= 0,0108\% \end{aligned}$$

Lampiran E-1 Surat Keterangan Penelitian

 **PT BROMO STEEL INDONESIA**
Jl. Laks. R.E. Martadinata 18-20 Pasuruan 67113
Phone : (0343) 421074, Fax : (0343) 421797
E-Mail : Operasionalbosto@yahoo.com
http://www.bromosteelindonesia-ptbosto.com

SURAT KETERANGAN PENELITIAN
Nomor : 018/HRD-SKP/VII/2018

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Suglono, SH

Jabatan : HRD / Personalia

Dengan ini menerangkan bahwa :


| <i>Nama</i> | <i>NIM</i> | <i>Perguruan tinggi</i> |
|---------------|--------------|-------------------------|
| Sugiantoro | 131910101036 | Universitas Jember |
| Arif Bigwanto | 131910101085 | Universitas Jember |
| Fido Sila. W | 131910101089 | Universitas Jember |

Bahwa nama-nama yang bersangkutan telah menyelesaikan penelitian sandblasting di perusahaan kami selama 2 (dua) minggu terhitung mulai tanggal 23 Januari sampai dengan 05 Februari 2018.

Demikian surat keterangan dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Pasuruan, 25 Juli 2018


Suglono, SH
HRD/Personalia


Certificate No : JK16018866

Steel structure and fabrication of pressure vessel, boiler, sugar mill and agro industries equipment