



**ANALISIS PENGARUH JENIS PASIR TERHADAP PRODUK
COR KUNINGAN DENGAN CETAKAN PASIR**

SKRIPSI

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

Oleh

Hafiz Lanang Yoga Nata
NIM 131910101082

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2020

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
DAFTAR ISI	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
HALAMAN MOTO	ix
HALAMAN PERNYATAAN	x
HALAMAN PEMBIMBING	xi
HALAMAN PENGESAHAN	xii
PRAKATA	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengecoran Logam	5
2.2 Pasir Cetak	6
2.2.1 Syarat pasir cetak	6
2.2.2 Macam-macam pasir cetak	7
2.2.3 Susunan pasir cetak	8
2.2.4 Sifat-sifat pasir cetak	9
2.2.5 Pengujian pasir cetak	12
2.3 Bentuk Standar dan Ukuran Coran	15
2.3.1 Tebal minimum	15
2.3.2 Lubang berinti	16
2.3.3 Perubahan tebal	16
2.3.4 Sudut siku dan tajam (sambungan L)	17
2.3.5 Sambungan T dan Y	17
2.4 Peleburan dan Penuangan	18
2.4.1 Peleburan paduan kuningan cor	18
2.4.2 Peleburan kuningan cor paduan kekuatan tinggi	19
2.5 Pengerjaan Akhir dari Coran	19

2.5.1 Memisahkan coran dari cetakan	19
2.5.2 Menyingkirkan saluran turun dan penambah	20
2.6 Perbaikan pada Coran	20
2.6.1 Perbaikan pengelasan kuningan	20
2.6.2 Perbaikan secara mekanik	21
2.7 Cacat Coran dan Pencegahannya	22
2.7.1 Macam cacat coran dan sifat-sifatnya	22
2.7.2 Cacat-cacat pada coran paduan tembaga	22
2.8 Kekasaran Permukaan	24
2.8.1 Parameter kekasaran permukaan	24
2.8.2 Kekasaran rata-rata	26
2.8.3 Toleransi kekasaran permukaan	27
2.9 Hipotesa	29
2.10 Pengujian Hopotesis	29
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	33
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	33
3.2 Alat Dan Bahan Penelitian	33
3.3 Metode Penelitian	39
3.4 Tahap Identifikasi Permasalahan	42
3.5 Rancangan Percobaan	43
3.5.1 Pengujian cacat penyusutan	44
3.5.2 Pengujian kekasaran	48
3.6 Analisa Data	50
3.7 Diagram Alir Penelitian	51
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	52
4.1 Data Hasil Pengujian Penyusutan.....	52
4.1.1 Pengujian hipotesa statistik untuk mwmbandingkan setiap nilai penyusutan produk pada pasir pabrik dan pasir silika.....	56
4.1.2 Pengujian hipotesa statistik untuk membandingkan penyusutan produk setiap mesh pada pasir pabrik	57

4.1.3 Pengujian hipotesa statistik untuk membandingkan penyusutan produk setiap mesh pada pasir silika	58
4.2 Data Hasil Pengujian Kekasaran	59
4.2.1 Pengujian hipotesa statistik untuk membandingkan kekasaran produk setiap mesh pada pasir pabrik dan pasir silika	60
4.2.2 Pengujian hipotesa statistik untuk membandingkan kekasaran produk setiap mesh pada pasir pabrik.....	61
4.2.3 Pengujian hipotesa statistik untuk membandingkan kekasaran produk setiap mesh pada pasir silika	63
4.3 Pembahasan Penelitian	64
4.3.1 Spesifikasi Pasir.....	64
4.3.2 Perbandingan hasil penyusutan pasir pabrik (PP) dengan pasir silika (PS)	65
4.3.3 Perbandingan hasil pengujian kekasaran permukaan pasir pabrik (PP) dengan pasir silika (PS).....	66
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	69
5.1 Kesimpulan	69
5.2 Saran	69
DAFTAR PUSTAKA	
Lampiran	

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Temperatur Penuangan Untuk Berbagai Coran	7
2.2 Ketebalan Dinding Minimum Dari Pengecoran Pasir	15
2.3 Lubang Inti	16
2.4 Komponen dan Pemakaian Solder	21
2.5 Ketebalan Dinding Dan Temperatur Penuangan Dari Coran Paduan Tembaga, Dan Titik Cair Standar	24
2.6 Toleransi Harga Kekasaran Rata-Rata (Ra) Dari Kelas Kekasaran.....	28
2.7 Toleransi Harga Kekasaran Rata-Rata (Ra) Sesuai Proses Pengerjaan	29
3.1 Pengambilan Data Volume Pada Setiap Mal Cetak Spesimen Dari Lilin.....	45
3.2 Pengambilan Data Volume Pada Setiap Produk Coran Dengan Menggunakan Pasir Pabrik	46
3.3 Pengambilan Data Volume Pada Setiap Produk Coran Dengan Menggunakan Pasir Silika	47
3.4 Nilai Penyusutan	48
3.5 Data Pengujian Kekasaran	49
3.6 Hasil Akhir Pengujian Penyusutan Dan Kekasaran	50
4.1 Hasil Pengukuran Volume Mal Cetakan	52
4.2 Pengambilan Data Volume Pada Setiap Produk Coran Dengan Menggunakan Pasir Asli Pabrik	53
4.3 Pengambilan Data Volume Pada Setiap Produk Coran Dengan Menggunakan Pasir Silika	54
4.4 Nilai Penyusutan	55
4.5 Data Penyusutan Produk Pada Pasir Pabrik Dan Pasir Silika	56
4.6 Data Penyusutan Rata-Rata Produk Pada Pasir Asli Pabrik	57
4.7 Data Penyusutan Rata-Rata Produk Pada Pasir Silika	58
4.8 Hasil Pengujian Kekasaran Pada Hasil Produk Pengecoran	60
4.9 Data Kekasaran Rata-Rata Produk Pada Pasir Pabrik dan Pasir Silika	60
4.10 Data Kekasaran Rata-Rata Produk Pada Pasir Asli Pabrik	62
4.11 Data Kekasaran Rata-Rata Produk Pada Pasir Silika	63

4.12 Spesifikasi Pasir.....	64
4.13 Hasil Dari Pembahasan Pengujian Penyusutan	
Dengan $T_{tabel} = -2,13$	65
4.14 Hasil Dari Pembahasan Pengujian Kekasaran Permukaan	
Dengan $T_{tabel} = -2,13$.....	67



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Bentuk Butir-Butir Dari Pasir Cetak.....	8
2.2 Pengaruh Kadar Air Dan Kadar Lempung Pada Pasir Diikat Lempung	10
2.3 Pengaruh Air Dan Bentonit Pada Pasir Diikat Bentonit	11
2.4 Kurva Pemuaiian Panas Dari Pasir Pada Temperatur Tetap	12
2.5 Alat Penguji Kadar Air Cepat Yang Disederhanakan	13
2.6 Perubahan Tebal Dengan Gradien	17
2.7 Sambungan L	17
2.8 Pertemuan T	18
2.9 Profil Suatu Permukaan	25
2.10 Menentukan Kekasaran Rata-Rata Ra	27
2.11 Menentukan Kekasaran Rata-Rata Ra	27
3.1 Bahan Kuningan	33
3.2 <i>Furnace</i>	34
3.3 Pasir Cetak/Pasir Silika.....	34
3.4 Tanah Liat	35
3.5 Malan/Lilin	35
3.6 Batang Besi/ <i>Bucket</i>	36
3.7 Gerinda	36
3.8 Mesin Ampelas	37
3.9 Kikir	37
3.10 Jangka Sorong	38
3.11 Gelas Ukur	38
3.12 Alat Uji Kekasaran	39
3.13 Benda Kerja Cor Kunungan.....	40
3.14 Klasifikasi Spesimen Pasir Uji	43
4.1 Cacat <i>sand inclusion</i>	56

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Ratna Praptiwi, S.Pd. dan Ayahanda Agus Permadi yang tercinta, yang selalu memberikan do'a, dukungan, kepercayaan, dan memberikan kasih sayang dan pengorbanan selama ini;
2. Kakakku M. Zulkifl Aziz, S.Pd.I., dan Adikku K. Nur Sabilla yang tersayang juga selalu memberikan dukungannya selama ini.
3. Bapak Hary Sutjahjono, S.T., M.T. sebagai Dosen Wali.
4. Bapak Ir. Dwi Djum Hariyanto, M.T. sebagai Dosen Pembimbing Utama;
5. Bapak Ir. Digdo Listyadi Setyawan, MSc. sebagai Dosen Pembimbing Anggota;
6. Bapak Dedi Dwi Laksono, S.T., M.T. sebagai dosen penasehat serta penyemangat saya;
7. Bapak Amir, S.H. selaku pemilik pabrik kerajinan kuningan di Bondowoso.
8. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
9. Ustadz dan Guru ngaji taklim saya di Jember maupun di Kediri yang sudah memberi semangat dan menyambung doanya;
10. Sahabat-sahabatku Riski Gandhi Syahputra, Ns.S.Kep., Nur Aini, Candrika Bagus H., M. Djafar Sidiq, S.T., M. Ali Imron, S.Sos.;
11. Teman-teman kesayangan saya seluruh penghuni dan pengurus Masjid Al-Hikmah Universitas Jember;
12. Saudara-saudaraku di Jurusan Teknik Mesin terutama angkatan 2013 yang telah memberikan motivasi, dukungan, dan do'anya **Solidarity Forever**.

MOTO

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”
(Terjemahan Surah Al-Insyirah ayat 5)

“Iman tanpa ilmu bagaikan lentera ditangan bayi. Namun ilmu tanpa iman bagaikan lentera ditangan pencuri.”
(Buya Hamka)

“Menuntut ilmu adalah takwa. Menyampaikan ilmu adalah ibadah. Mengulang-ulang ilmu adalah dzikir. Mencari ilmu adalah jihad.”
(Abu Hamid Al Ghazali)

“Jika anda ingin meraih sukses, hindarilah untuk berfikir tentang kegagalan, namun berfikir dan berusaha untuk berhasil”
(Anonim)

“*If you born poor, it's not your mistake but if you die poor it's your mistake*”
(Bill Gates)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hafiz Lanang Yoga Nata

NIM : 131910101082

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Pengaruh Jenis Pasir Terhadap Produk Cor Kuningan dengan Cetakan Pasir” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan 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, 19 Juni 2020

Yang menyatakan,

Hafiz Lanang Yoga Nata

NIM 131910101082

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH JENIS PASIR TERHADAP PRODUK COR
KUNINGAN DENGAN CETAKAN PASIR**

Oleh
Hafiz Lanang Yoga Nata
NIM 131910101082

Pembimbing :
Dosen Pembimbing Utama : Ir. Dwi Djum Hariyanto, M.T.
Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Digdo Listyadi Setyawan, MSc.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “*Analisis Pengaruh Jenis Pasir Terhadap Produk Cor Kuningan dengan Cetakan Pasir*” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal :

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua (DPU),

Sekretaris (DPA),

Ir. Dwi Djum Hariyanto, M.T.
NIP 19600812 199802 1 001

Ir. Digdo Listyadi S, MSc.
NIP 19680617 199501 1 001

Penguji I,

Penguji II,

Hari Arbiantara B, S.T., M.T.
NIP 19670924 199412 1 001

Sumarji, S.T., M.T.
NIP 19680202 199702 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP 19700826 199702 1 001

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh Jenis Pasir Terhadap Produk Cor Kuningan dengan Cetakan Pasir”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Ir. Dwi Djum Hariyanto, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Ir. Digdo Listyadi Setyawan, MSc. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini;
3. Hari Arbiantara Basuki, S.T., M.T. dan Sumarji, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji;
4. Semua dosen Teknik Mesin yang tidak bisa disebutkan satu demi satu, terimakasih atas semua pengajaran dan bimbingan, semangat dan waktu yang telah diberikan;
5. UD. Rizki, Pabrik Kerajinan Cor Kuningan Bondowoso yang telah memperbolehkan untuk melakukan penelitian dan pengambilan data.

Penulis juga menerima kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Harapan penulis adalah supaya informasi dari skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Jember, 19 Juni 2020

Penulis

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki beragam budaya dan kesenian, dimana setiap daerah yang ada di Indonesia memiliki ciri dan karakter yang mencerminkan kebudayaan daerah itu sendiri. Kesenian Indonesia tampil dengan berbagai ekspresi seni yang beragam jenis hasil-hasil karya seni. Kerajinan kuningan merupakan salah satu kesenian yang banyak berkembang, baik yang fungsional maupun yang non fungsional. Kerajinan kuningan merupakan salah satu produk hasil dari pengecoran logam pasir cetak yang terdapat di sebagian besar wilayah Indonesia. Salah satu kerajinan cor kuningan yang masih bertahan hingga saat ini adalah kerajinan cor kuningan yang berada di Desa Cindogo, Kecamatan Topen, Kabupaten Bondowoso. (Hisbullah, 2017)

Desa Cindogo memiliki aktivitas pembuatan kerajinan kuningan yang cukup menonjol dengan keindahan karya seninya, hampir dari semua pekerja kerajinan ini adalah penduduk lokal sekitar Desa Cindogo itu sendiri, yang bergerak mulai dari sektor skala kecil hingga berskala besar dengan menggunakan teknik pengecoran cetak pasir. Namun banyaknya cacat yang terdapat pada proses pengecoran menjadi momok bagi para pengusaha kerajinan ini sehingga mengurangi nilai harga jual dipasaran. (Hisbullah, 2017).

Bahan baku yang semakin berkurang dan mulai susah untuk dicari menjadi salah satu alasan kenapa efisiensi itu perlu dipertimbangkan, karena proses pengecoran yang bagus, efisien dan ekonomis akan mengurangi adanya pemborosan produksi. Sumber daya manusia yang berkemampuan tinggi juga ikut berperan serta dalam menghasilkan produk yang mampu bersaing dengan produk-produk dari luar negeri. (Budiono, 2013).

Permintaan konsumen akan produk logam cor yang prospektif dan luas ini, kurang di imbangi dengan peningkatan kualitas produk. Kabar buruknya adalah produk logam cor dari pengrajin lokal sering kalah bersaing dengan produk

impor luar negeri dari sisi kualitas dan daya saing harga. Meskipun telah banyak dikembangkan teknik dan metode pengecoran di luar, namun kebanyakan industri masih menggunakan metode konvensional yaitu cetakan masih menggunakan pasir cetak serta dapur peleburan masih menggunakan dapur tungkik dan kowi. Proses finishing menggunakan mesin drilling, mesin perkakas bubut, mesin poles, sedangkan untuk pengujian kualitas masih sebatas pengujian permukaan luar. Sehingga kualitas produk sangat rendah ditandai dengan banyak ditemukannya cacat permukaan, logam pengotor, serta rongga-rongga/porositas. (Budiono, 2013).

Menurut Surdia dan Chijjiwa (2000) metode pengecoran yang dilakukan sangat mempengaruhi kualitas suatu produk coran. Metode cetakan pasir merupakan salah satu metode pengecoran yang paling sering digunakan. Pada pengecoran dengan cetakan pasir ini banyak parameter yang berpengaruh terhadap kualitas hasil dan sifat mekanik produk pengecoran, antara lain adalah komposisi ukuran dari pasir cetak, bentuk benda kerja serta bentuk cetakan yang akan dicetak, saluran tuang pada cetakan pasir basah, bahan pengikat, dan sebagainya. Pada proses pembuatan produk coran dengan menggunakan bahan pengikat, cetakan pasir masih sering terjadi cacat-cacat yang tidak diinginkan pada hasil pengecoran, seperti penetrasi logam cair kedalam cetakan, cacat permukaan, inklusi retak, rontokan cetakan, rongga penyusutan dan gelembung gas. Dengan adanya cacat-cacat tersebut maka akan berpengaruh pada kualitas produk coran sehingga menyebabkan penambahan kinerja yang harus dilakukan, seperti penambalan saat ada cacat lubang.

Salah satu bagian penting yang harus diperhatikan saat memproduksi produk coran yang memiliki kualitas tinggi adalah dari jenis pasir, berdasarkan penelitian sebelumnya jenis pasir pipset merupakan parameter yang memberikan pengaruh yang signifikan sebesar 96,13% dari temperatur tuang dan jumlah deoksidasi, dan data secara statistik terdapat cacat porositas paling rendah yaitu sebesar 1,07%. (Rachman, 2012)

Menurut penelitian yang telah dilakukan Slamet (2014), pada pengecoran produk dengan kombinasi butir pasir mesh 100 dan 200 pada komposisi distribusi

butir pasir sebanyak 20, 30, dan 40% untuk ukuran pasir mesh 200 dengan volume cetakan 6000 cm³, mendapatkan kesimpulan bahwa peningkatan komposisi butir pasir 200 akan menurunkan daya permeabilitas pasir pada cetakan dan berakibat pada semakin sulitnya gas keluar dan cenderung dapat menimbulkan cacat lubang, cacat rongga, cacat cor tidak penuh. Namun sisi baiknya pemakaian ukuran pasir yang lebih kecil menghasilkan permukaan benda cor lebih halus serta bagian yang kompleks dari cetakan dapat terisi seluruhnya oleh cairan logam.

Berdasarkan uraian diatas, maka tujuan dari penelitian tentang pengecoran logam kuningan yang berada di Desa Cindogo, Kecamatan Tapen, Kabupaten Bondowoso ini perlu dilakukan. Dengan memodifikasi jenis dan ukuran pasir yang ada pada perusahaan tersebut diharapkan dapat mengurangi tingkat kecacatan serta dapat meningkatkan kualitas produk kerajinan cor untuk dapat membantu pengusaha lokal Desa Cindogo, sehingga daya saing dan harga jual produk kerajinan kuningan tersebut dapat meningkat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penguraian latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang di dapat pada penelitian ini adalah :

1. Pasir manakah yang akan mendapatkan hasil coran dengan tingkat penyusutan paling rendah antara pasir pabrik dan pasir silika?
2. Jenis pasir dan ukuran mesh berapakah yang dapat menghasilkan permukaan coran yang paling halus?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui jenis pasir yang tepat antara pasir silika dan pasir pabrik sehingga mendapatkan kualitas coran bahan kuningan yang maksimal.
2. Untuk mengetahui pasir manakah yang mendapatkan tingkat cacat penyusutan yang ada pada produk kerajinan cor kuningan Desa Cindogo.

3. Untuk mengetahui jenis dan ukuran pasir yang cocok dalam mendapatkan tingkat kekasaran permukaan yang halus pada produk pengecoran keningan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Membantu perusahaan untuk meningkatkan kualitas dengan mengurangi cacat penyusutan pada produk sehingga mengurangi tambahan pengerjaan pada saat proses *finishing*.
2. Membantu perusahaan dalam menentukan jenis dan ukuran pasir untuk mendapatkan tingkat kekasaran coran yang sesuai sehingga dapat mempersingkat waktu dalam proses *finishing*.
3. Memberi kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya pada ilmu pengecoran cetakan pasir.
4. Memberi referensi bagi kalangan akademisi untuk keperluan studi dan penelitian selanjutnya mengenai topik permasalahan yang sama.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengecoran Logam

Pengecoran logam adalah proses pembuatan benda dengan mencairkan logam dan menuangkan cairan logam tersebut ke dalam rongga cetakan. Proses ini dapat digunakan untuk membuat benda-benda dengan bentuk rumit. Benda berlubang yang sangat besar dan sangat sulit atau sangat mahal jika dibuat dengan metode lain, dapat diproduksi massal secara ekonomis menggunakan teknik pengecoran yang tepat (Budiyono, 2013).

Pengecoran logam dapat dilakukan untuk bermacam-macam logam seperti besi, baja paduan tembaga (perunggu, kuningan, perunggu aluminium dan lain sebagainya), paduan ringan (paduan aluminium, paduan magnesium, dan sebagainya), serta paduan lain, semisal paduan seng, monel (paduan nikel dengan sedikit tembaga), hasteloy (paduan yang mengandung molibdenum, chrome, dan silikon), dan sebagainya (Puspitasari dkk, 2015).

Model pencairan logam harus dibuat terlebih dahulu sebelum proses pembuatan coran. Pencairan logam dapat dilakukan dengan bermacam-macam cara, misal dengan tanur induksi (tungku listrik di mana panas diterapkan dengan pemanasan induksi logam), tanur kupola (tanur pelebur dalam pengecoran logam untuk melebur besi tuang kelabu), atau lainnya. Cetakan biasanya dibuat dengan memadatkan pasir yang diperoleh dari alam atau pasir buatan yang mengandung tanah lempung. Cetakan pasir mudah dibuat dan tidak mahal. Cetakan dapat juga terbuat dari logam, biasanya besi dan digunakan untuk mengecor logam-logam yang titik leburnya di bawah titik lebur besi (Surdia dan Chijjiwa, 2000).

Pola merupakan tiruan dari benda yang hendak dibuat dengan pengecoran. Pola dapat terbuat dari logam, kayu, stereofom, lilin, dan sebagainya. Pola mempunyai ukuran sedikit lebih besar dari ukuran benda yang akan dibuat dengan maksud untuk mengantisipasi penyusutan selama pendinginan dan pengerjaan finishing setelah pengecoran. Selain itu, pada pola juga dibuat kemiringan pada sisinya supaya memudahkan pengangkatan pola dari pasir cetak (Surdia dan Chijjiwa, 2000).

Cetakan adalah rongga atau ruang di dalam pasir cetak yang akan diisi dengan logam cair. Pembuatan cetakan dari pasir cetak dilakukan pada sebuah rangka cetak. Rangka cetak dapat terbuat dari kayu ataupun logam adalah tempat untuk memadatkan pasir cetak yang sebelumnya telah diletakkan pola di dalamnya. Pada proses pengecoran di butuhkan dua buah rangka cetak yaitu rangka cetak untuk kup dan rangka cetak untuk drag. Cup adalah cetakan yang terletak di atas, dan drag cetakan yang terletak di bawah (Surdia dan Chijiiwa, 2000).

2.2 Pasir Cetak

Menurut (Astika, 2010) Pasir dapat juga di definisi sebagai butiran-butiran yang terjadi akibat penghancuran dari batu-batuan. Ukuran dari butir-butir pasir adalah tidak lebih besar dari 1/12 in dan tidak lebih kecil dari 1/400 in.

2.2.1 Syarat pasir cetak

Pasir cetak yang akan digunakan dalam membuat cetakan memerlukan sifat-sifat yang harus memenuhi syarat sebagai berikut :

1. Mempunyai sifat mudah dibentuk sehingga mampu dalam pembuatan cetakan dengan kekuatan yang cocok.
2. Pasir yang digunakan harus menciptakan cetakan kuat sehingga tidak rusak saat dipindah-pindahkan, dan juga harus kuat dalam menahan logam cair waktu dituang ke dalamnya.
3. Permeabilitas yang cocok. Dikhawatirkan bahwa hasil coran mempunyai cacat seperti rongga penyusutan, gelombang gas atau kekasaran permukaan, kecuali jika udara atau gas yang terjadi dalam cetakan waktu penuangan disalurkan melalui rongga-rongga di antara butir-butir pasir keluar dari cetakan dengan kecepatan yang cocok.
4. Distribusi besar butir yang cocok. Permukaan coran diperhalus kalau coran dibuat di dalam cetakan yang berbutir halus. Tetapi kalau butir pasir terlalu halus, gas dicegah keluar dan akan membuat cacat gelembung udara.
5. Tahan terhadap temperatur logam yang dituang. Temperatur penuangan yang biasa untuk bermacam-macam coran dinyatakan dalam Tabel 2.1 . Butir pasir

harus memiliki tahan api diatas temperatur penuangan logam cair yang akan digunakan.

Tabel 2.1 Temperatur penuangan untuk berbagai coran. (Sumber: Surdia dan Chijiwa, 2000)

Macam coran	Temperatur penuangan (°C)
Paduan ringan	650 – 750
Brons	1100 – 1250
Kuningan	950 – 1100
Besi cor	1250 – 1450
Baja cor	1500 – 1550

6. Komposisi yang cocok. Butir pasir bersentuhan dengan logam cair yang dituang mengalami peristiwa kimia dan fisika karena logam cair mempunyai temperatur yang tinggi. Bahan-bahan yang tercampur yang mungkin menghasilkan gas atau larut dalam logam adalah tidak dikendaki.
7. Mampu untuk dipakai lagi. Pasir haruslah dapat digunakan untuk cetakan berulang-ulang supaya lebih ekonomis.

2.2.2 Macam-macam pasir cetak

Menurut (Surdia dan Chijiwa, 2000) Pasir cetak yang lazim digunakan adalah pasir gunung, pasir pantai, pasir sungai, dan pasir silika yang disediakan alam. Jika pasir mempunyai kadar lempung yang cocok dan bersifat adhesi, mereka langsung bisa dipakai begitu saja sedangkan apabila sifat adhesinya kurang, maka perlu ditambahkan lempung kepadanya. Dan kadang kala berbagai pengikat dibutuhkan juga disamping lempung.

Pasir gunung, umumnya digali dari lapisan tua. Mereka mengandung lempung dan kebanyakan dapat langsung dipakai setelah dicampur dengan air. Pasir dengan kadar lempung 10 sampai 20% dapat digunakan langsung.

Pasir pantai, diambil dari pantai dan pasir sungai diambil dari sungai. Pasir silika, dalam beberapa hal didapat dari gunung dala keadaan alamiah atau bisa juga

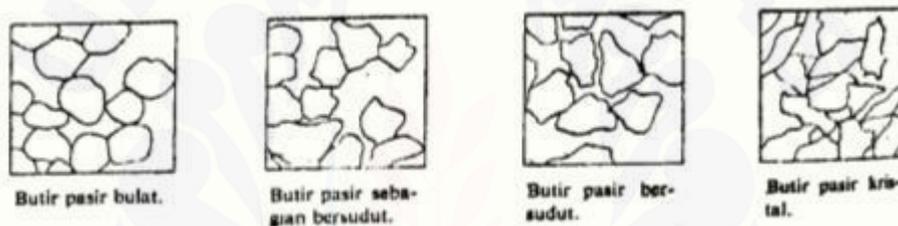
dengan jalan memecah kwarsit. Semuanya mempunyai kandungan bagian utama SiO_2 , dan terkandung kotoran-kotoran seperti mika atau felspar.

Pasir pantai, pasir kali, pasir silika alam dan pasir silika buatan tidak melekat dengan sendirinya, oleh karena itu dibutuhkan pengikat untuk mengikat butir-butirnya satu sama lain dan baru dipakai setelah pencampuran.

2.2.3 Susunan Pasir Cetak

Menurut (Surdia dan Chijjiwa, 2000) Pasir cetak sebelum digunakan untuk pengecoran memiliki syarat yang harus dipenuhi dengan susunan seperti berikut;

1. Bentuk butir pasir dari pasir cetak digolongkan menjadi beberapa jenis yang ditunjukkan dalam Gambar 2.1, yaitu, butir pasir bundar, butir pasir sebagian bersudut, butir pasir bersudut, butir pasir kristal, dan sebagainya.



Gambar 2.1 Bentuk butir-butir dari pasir cetak.

(Sumber: Surdia dan Chijjiwa 2000)

2. Tanah lempung, tanah ini terdiri dari kaolinit, ilit dan monmorilonit juga kwarsa, felspar, mika dan kotoran lainnya. Kalau ditambahkan air, ia menjadi lekat dan jika lebih banyak air akan menjadi seperti pasta. Apabila lempung kehilangan kadar airnya, sifat lekatnya menjadi sangat berkurang. Ukuran dari butir-butir tanah lempung adalah 0,005mm sampai 0,02mm.
3. Pengikat lain, inti sering dibuat dari pasir yang dibubuhi minyak nabati pengering 1,5-3,0% seperti minyak biji rami (linseed oil), minyak kedele, atau minyak biji kol dan dipanggang pada temperatur 200-250 derajat celcius. Mereka disebut inti pasir minyak, mereka tidak menyerap air dan mudah ambruk pada waktu pembongkaran. Pasir yang hanya ditambahkan minyak nabati saja tidak cukup sehingga perlu ditambahkan bentonit dan kanji supaya mudah dibentuk dan diolah meski pada temperatur kamar.

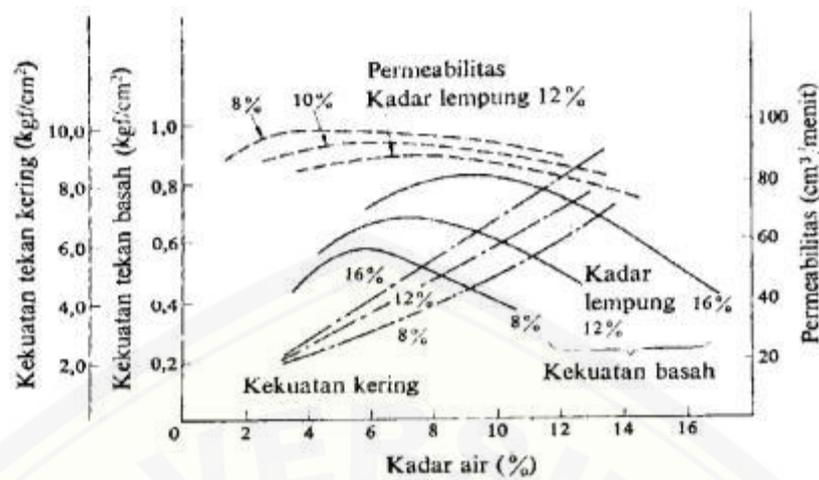
4. Tambahan khusus, bubuk arang, tepung ter, jelaga kokas, atau tepung grafit dibubuhkan kira-kira 1% kepada pasir cetak agar : permukaan coran menjadi halus, pembongkaran mudah, dan dalam beberapa hal mencegah permukaan kasar. Kelebihan tambahan, menyebabkan cacat karena gas yang terbentuk. Karena itu penting untuk menggunakannya dalam jumlah yang cocok. Mereka sering menyebabkan hasil yang bertentangan kecuali jika dipilih dengan takaran yang cocok.

2.2.4 Sifat-sifat pasir cetak

Sifat pasir cetak merupakan sifat yang dimiliki pasir dengan keadaan-keadaan tertentu sebelum dan sesudah dilakukan dalam pengecoran (Surdia dan Chijiwa, 2000).

1. Sifat-sifat pasir cetak basah

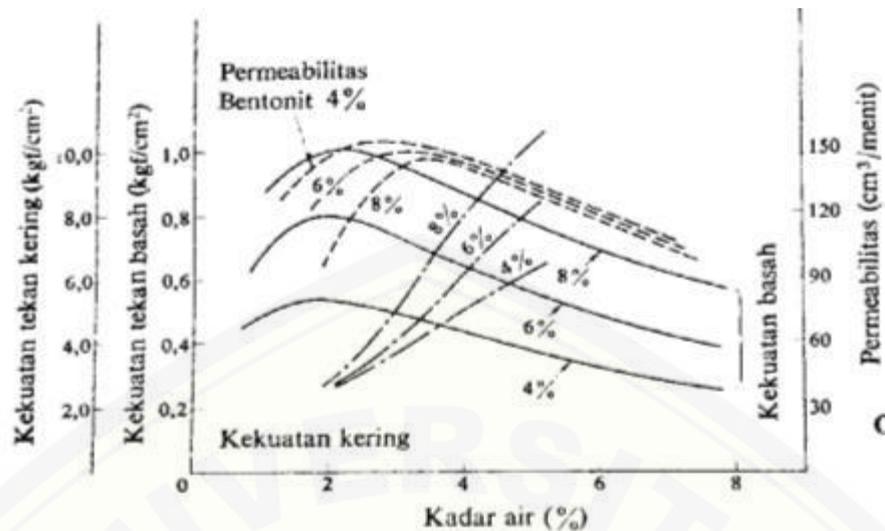
Pasir cetak dengan tanah lempung atau bentonit sebagai pengikat menunjukkan berbagai sifat sesuai dengan kadar air. Karena itu kadar air adalah faktor sangat penting untuk pasir cetak, sehingga pengaturan kadar air adalah hal yang sangat penting dalam pengaturan pasir cetak. Gambar 2.2 menunjukkan hubungan antara kadar air dan berbagai sifat pasir dengan pengikat tanah lempung. Karena kadar tanah lempung dibuat tetap dan kadar air ditambah, maka kekuatan berangsur-angsur bertambah sampai titik maksimum dan seterusnya menurun. Kecenderungan serupa timbul kalau kadar air dibuat tetap dan kadar lempung ditambah.



Gambar 2.2 Pengaruh kadar air dan kadar lempung pada pasir diikat lempung.

(Sumber: Surdia dan Chijiwa 2000)

Kadar air yang membuat kekuatan maksimum dan yang membuat permeabilitas maksimum pada umumnya tidak sama. Gambar 2.4 menunjukkan hubungan antara kadar air, kekuatan dan permeabilitas dari pasir dengan pengikat bentonit. Apabila kadar air bertambah, kekuatan dan permeabilitas naik sampai titik maksimum dan menurun jika kadar air bertambah terus seperti ditunjukkan dalam gambar. Untuk pasir dengan pengikat bentonit, kadar air yang menyebabkan kekuatan basah maksimum dan yang menyebabkan permeabilitas maksimum sangat berdekatan satu sama lain.



Gambar 2.3 Pengaruh air dan bentonit pada pasir diikat bentonit.

(Sumber: Surdia dan Chijiiwa 2000)

2. Sifat penguatan oleh udara

Sifat-sifat cetakan yang berubah selama antara pembuatan cetakan dan penuangan disebut sifat penguatan oleh udara. Umumnya hal itu disebabkan oleh pergerakan air dalam cetakan dan penguapan air dari permukaan cetakan. Hal ini menyebabkan terjadinya kekerasan permukaan cetakan. Derajat kenaikan kekerasan tergantung pada sifat campuran pasir, derajat pemadatan atau keadaan sekeliling cetakan (temperatur udara luar, kelembaban, dan seterusnya).

Penguapan air membuat permukaan cetakan dari pasir yang dicampur bentonit menjadi getas.

3. Sifat-sifat kering

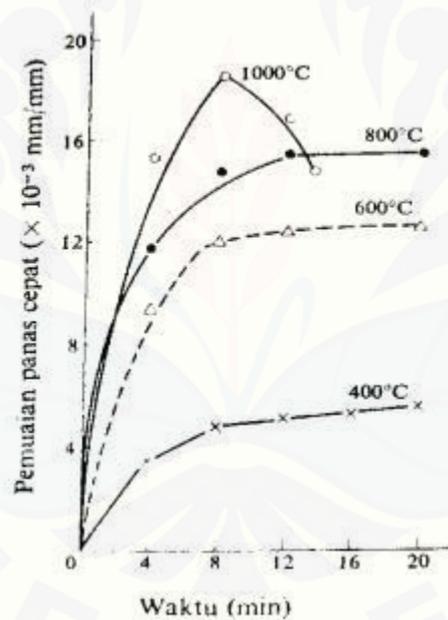
Pasir dengan pengikat lempung yang dikeringkan mempunyai permeabilitas dan kekuatan yang mengikat dibandingkan dengan dalam keadaan basah, karena air bebas dan air yang diabsorpsi pada permukaan butir tanah lempung dihilangkan. Faktor yang memberikan pengaruh sangat besar pada sifat-sifat kering adalah kadar air sebelum pengeringan. Seperti yang

telah ditunjukkan pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4 kekuatan tekan kering lebih tinggi kalau kadar air mula lebih besar.

4. Sifat-sifat Panas

Cetakan mengalami temperatur tinggi dan tekanan tinggi dari logam cair pada waktu penuangan. Sehingga kekuatan panas, pemuaian panas, dan sebagainya harus diketahui sebelumnya.

Satu balok pasir cetak pada suatu keadaan permukaan memuai cepat dan selanjutnya perlahan-lahan mencapai harga maksimum seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.5. Volume maksimum ini menjadi lebih besar jika temperatur lebih tinggi. Pasir dengan butir-butir halus membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai volume maksimum.



Gambar 2.4 Kurva pemuaian panas dari pasir pada temperatur tetap.

(Sumber: Surdia dan Chijiwa 2000)

2.2.5 Pengujian Pasir Cetak

Menurut (Surdia dan Chijiwa, 2000) Pengujian pada pasir cetak bertujuan untuk mengecek sifat-sifat yang ada pada pasir cetak.

1. Pengujian kadar air

Pasir cetak yang telah dicampuri bahan tambahan ditimbang dengan berat 50 gram kemudian dikeringkan pada suhu 100-110 derajat celsius dalam waktu 1 atau 2 jam. Pasir spesimen yang telah dikeringkan itu didinginkan pada temperatur kamar dalam sebuah desikator, kemudian diukur kembali beratnya dan bandingkan antara berat mula dengan berat akhir dalam prosentase. Maka akan ditemukan harga kadar air bebasnya.

Dalam keadaan pengujian kadar air secara cepat dapat dilakukan dengan cara sederhana yaitu dengan menggunakan alat pengering pasir dengan tiupan udara panas, waktu yang dibutuhkan hanya 5 sampai 10 menit.



Gambar 2.5 Alat penguji kadar air cepat yang disederhanakan.

(Sumber: Surdia dan Chijiwa 2000)

2. Pengujian permeabilitas

Ruang porus antara butir-butir pasir perlu untuk cetakan agar gas dari cetakan atau dari logam cair dapat melepaskan diri selama waktu penuangan. Pengujian permeabilitas yang umum dipakai adalah sebagai berikut; Buat spesimen standar berukuran $\text{Ø } 50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ dengan memadatkan pasir dalam silinder pematik dari ukuran yang tertentu sebanyak tiga kali oleh pematik pasir yang standar.

3. Pengujian kekuatan

Kekuatan tekan dilakukan dengan membuat spesimen standar (\varnothing 50 mm x 50 mm) dengan memadatkan pasir dalam tabung spesimen tiga kali pada pemadatan pasir standar dan kemudian dikeluarkan untuk dipakai pada pengujian kekuatan. Beban diberikan kepada spesimen sampai patah, yang dilakukan pada mesin penguji kekuatan pasir. Kekuatan tekan dihitung dengan rumus;

$$\text{Kekuatan tekan (kgf/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Beban pada patahnya spesimen (kgf)}}{\text{Luas irisan spesimen (cm}^2\text{)}} \quad (2.1)$$

4. Pengujian kadar lempung

Lempung ialah partikel-partikel dari diameter kurang dari 20μ yang terdapat dalam pasir cetak. Pasir cetak dengan berat lebih dari 100 gram dikeringkan pada suhu 100 sampai 110 derajat celcius hingga beratnya tetap dan kemudian didinginkan pada temeperatur kamar, 50 gram dari pasir kering tersebut ditimbang kembali dengan teliti dan dimasukkan kedalam larutan soda kaustik dari konsentrasi 0,1%. Larutan ini diutar dan dikocok kemudian lempung dipisah. Pasir yang tinggal dikeringkan dan didinginkan selanjutnya ditimbang.

$$\text{Kadar lempung (\%)} = \frac{\text{Berat spesimen (gr)} - \text{berat pasir sisa (gr)}}{\text{Berat spesimen (gr)}} \times 100 \quad (2.2)$$

Sedikit kadar lempung menyebabkan turunnya kekuatan cetakan, sedangkan berlebihan kadar lempung menyebabkan buruknya permeabilitas.

5. Pengujian distribusi besar butir

Pengujian distribusi besar butir yaitu dilakukan dengan cara jumlah pasir kering yang didapat dari pengujian kadar lempung dipergunakan sebagai spesimen. Pasir itu dimasukkan ke dalam bagian atas dari ayakan yang disusun

menurut ukuran mesh, ditutup dan digoyangkan selama 15 menit dengan pengguncang Ro-tap. Kemudian pasir yang didapat dari tiap ayakan, menurut besar butir pasir, ditimbang, dan prosentase dari beratnya ditentukan.

$$\text{Prosentase (\%)} = \frac{\text{Berat pasir pada tiap ayakan (gr)}}{\text{Jumlah berat dari spesimen (gr)}} \times 100 \quad (2.3)$$

Di sini jumlah berat dari spesimen berarti berat lempung ditambah berat pasir dan umumnya 50 gram.

2.3 Bentuk Standar dan Ukuran Coran

Menurut (Surdia dan Chijiwa, 2000) Dalam pembuatan coran perlu ditentukan bentuk standar dan ukuran coran diharapkan agar saat melakukan pengecoran tidak banyak ditemukan kecacatan.

2.3.1 Tebal minimum

Ukuran coran harus ditentukan dengan sedemikian sehingga coran mudah dibuat. Dinding yang sangat tipis menyebabkan cacat salah alir dan coran menjadi tidak baik, maka tebal minimum harus dipilih sesuai dengan bahannya. Berikut ini adalah daftar harga-harga yang menunjukkan tebal minimum yang biasa digunakan:

Tabel 2.2 Ketebalan dinding minimum dari pengecoran pasir. (Sumber: Surdia dan Chijiwa, 2000)

Bahan	Ukuran coran (mm)					
	Kurang dari 200	200-400	400-800	800-1250	1250-2000	2000-3200
Besi cor kelabu	3	4	5	8	8	10
Besi cor mutu tinggi	4-5	5-6	6-8	8-10	10-12	12-16
Besi cor bergrafit bulat	5-6	6-8	8-10	10-12	12-16	16-20
Baja cor	5	6	8	10	12	16
Baja tahan karat	8	10	12	16	20	25
Brons & kuningan	2	2.5	3	4	5	6
Kuningan tegangan tinggi	3	4	5	6	8	10
Paduan aluminium	2-3	2.5-4	3-5	4-6	5-8	6-10

2.3.2 Lubang berinti

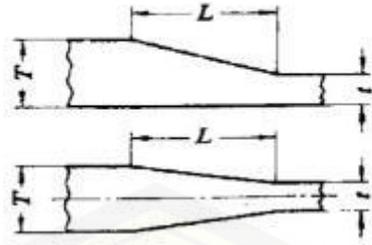
Lubang berinti dari suatu coran harus diperhatikan mengenai bentuk, ukuran dan panjangnya. Untuk lubang yang sempit dan panjang, inti akan terpanaskan lanjut dan terjadi fusi, maka gas dari pasir akan membentuk rongga-rongga udara. Oleh karena itu lubang inti sebaiknya tidak terlalu panjang dan sempit. Harga standar yang bisa dipergunakan ada pada Tabel 2.3 :

Tabel 2.3 Lubang inti. (Sumber: Surdia dan Chijiwa 2000)

Macam lubang inti	Coran besi kelabu	Coran baja	Panjang
(1)	$d \geq t$ (minimum 10 mm) atau $d \geq T/3$	$d \geq 2t$ (minimum 20 mm) atau $d \geq T/3$	$l \geq 3d$
(2)	$d \geq t$ (minimum 10 mm) atau $d \geq T/3$	$d \geq 2t$ (minimum 20 mm) atau $d \geq T/3$	$2 \geq 2d$
(3)	$d \geq T/2$ (minimum 10 mm)	$d \geq T$ (minimum 20 mm)	$l = T$
(4)	$d \geq T/2$ (minimum 10 mm)	$d \geq T$ (minimum 20 mm)	$l \leq 2d$

2.3.3 Perubahan tebal

Dinding coran sebaiknya berubah tidak mendadak tetapi berangsur-angsur. Gradien pada satu sisi disarankan 15 derajat, dan pada kedua sisi disarankan 7,5 derajat.

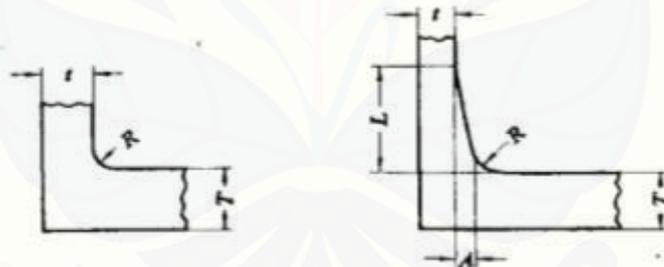


Gambar 2.6 Perubahan tebal dengan gradien.

(Sumber: Surdia dan Chijiiwa 2000)

2.3.4 Sudut siku dan tajam (sambungan L)

Bagian yang bersudut siku dan tajam harus mempunyai radius disudut dalamnya, kecuali dalam hal-hal khusus. Kalau perbandingan tebal dari kedua dinding dari sambungan L lebih kecil dari 1:1,5 maka sudut dalamnya cukup mempunyai radius $R = T/3$ ($T =$ tebal dinding), dimana kalau perbandingan lebih dari itu, bagian dalam dari kedua dinding harus mempunyai gradien dan sudut dalam harus dibundarkan seperti pada Gambar 2.8



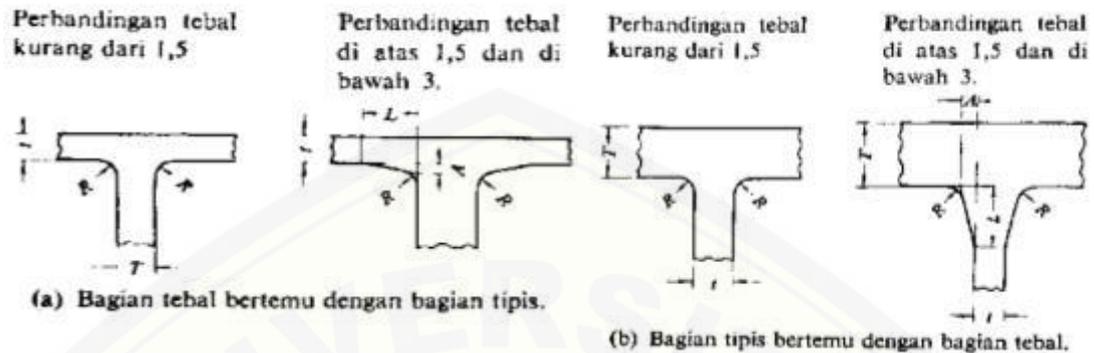
Gambar 2.7 Sambungan L

(Sumber: Surdia dan Chijiiwa 2000)

2.3.5 Sambungan T dan Y

Sambungan T dan Y cenderung menjadi tebal dan perencanaan harus memperhatikan untuk menghindari tebal dinding yang berlebihan. Tetapi kalau sudut dari sambungan tidak bundar, terjadi retakan, atau terjadi fusi karena pemanasan lanjut dari pasir disudut, sehingga sudut harus secara cocok

dibundarkan. Radius dari sudut harus $1/3$ dari tebal dinding yang tertebal T dan pecahan harus dibulatkan keatas menjadi satuan.



Gambar 2.8 Pertemuan T

(Sumber: Surdia dan Chijiiwa 2000)

2.4 Peleburan dan Penuangan

Peleburan dan penuangan pada proses pengecoran merupakan salah satu tahap yang menentukan hasil dari coran yang dicetak, dengan paduan yang tepat serta suhu peleburan dan penuangan yang pas maka akan dihasilkan coran yang memiliki kualitas yang diinginkan (Surdia dan Chijiiwa, 2000).

2.4.1 Peleburan Paduan Kuningan Cor

Dalam peleburan paduan kuningan cor diergunakan tanur krus atau dengan cara tanur induksi frekuensi rendah. Cara peleburan seperti diuraikan dibawah ini. Campuran yang telah ditentukan yang terdiri dari paduan tembaga dan sekrap dimasukan kedalam tanur dan dicairkan dengan permukaan yang ditutupi arang agar mengurangi oksidasi dan kehilangan seng. Setelah mencair ditambahkan unsur paduan seng, tin atau timbal, dan cairan diaduk dengan mempergunakan batang karbon.

Temperatur cairan yang terlalu tinggi menyebabkan kahilangan seng karena penguapan, dan temperatur yang terlalu rendah menyebabkan penghilangan gas yang tidak cukup. Titik cair standar dari paduan kuningan cor adalah sebagai berikut :

Bahan	Titik cair
85% Cu – 15% Zn	1.150 – 1.200°C
70% Cu – 30% Z	1.080 – 1.130°C
60% Cu – 40% Zn	1.030 – 1.080°C

2.4.2 Peleburan Kuningan Cor Paduan Kekuatan Tinggi

Peleburan paduan coran kuningan kekuatan tinggi dipergunakan tanur krus atau tanur nyala api dengan bahan bakar minyak kasar atau arang batu. Campuran yang dihitung dan yang diukur dari paduan dasar, seperti Cu, Mn, Cu-Fe, Cu-Ni dan paduan dasar tembaga dimasukkan kedalam tanur untuk dicairkan. Setelah mencair permukaan cairan ditutupi oleh arang dan dipanaskan sampai temperatur 50° sampai 100°C diatas temperatur penuangan, kemudian Al, Zn, Sn ditambahkan kedalam cairan. Cairan diatur denga menambahkan sekrap balik dan kemudian dikeluarkan pada temperatur 1.050-1100°C. Temperatur penuangan yang cocok adalah sebagai berikut;

Tebal bahan	Temperatur tuang
Tebal kurang dari 12mm	1.030-1.050°C
Tebal 12-15mm	1.000-1.030°C
Tebal lebih dari 35mm	980-1000°C

2.5 Pengerjaan Akhir dari Coran

Setelah proses pengecoran selesai, pasir harus disingkirkan dari rangka cetakan dan dari coran, kemudian saluran turun, saluran masuk, penambah dipisahkan dari coran dan selanjutnya permukaan coran dibersihkan dari sisa-sisa pasir yang masih melekat pada coran (Surdia dan Chijjiwa, 2000).

2.5.1 Memisahkan coran dari cetakan

Proses pengambilan coran dari cetakan ini dilakukan dengan pemisahan coran dari drag, kup dan drag dipisahkan lebih dahulu. Kup diangkat dengan pengangkat, dalam halini ada dua kemungkinan yaitu apakah coran bersama kup atau tetap tinggal di drag. Kalau kup diangkat bersama coran, maka harus

langsung dipisahkan kemesin pembongkar dimana bagian terbanyak dari pasir yang melekat pada coran dan kup akan terlepas. Selanjutnya coran yang sudah terlepas akan dibersihkan dari sisa-sisa pasir yang masih melekat.

2.5.2 Menyingkirkan Saluran Turun dan Penambah

Cara pemotongan secara mekanik terutama dipakai untuk coran kuningan, paduan tembaga atau coran paduan ringan. Pemotongan cara ini kurang baik dibandingkan dengan pemotongan dengan gas mengingat kecepatan potongnya, tetapi permukaan bekas pemotongannya halus dan teliti, sehingga proses penyesuaian dengan jalan ini menjadi lebih sedikit, dan selanjutnya kalau permukaan harus dikerjakan dengan mesin maka hal ini mempunyai keuntungan dalam menurunkan ukuran tambahan untuk pengerjaan mesin. Selanjutnya cara ini tidak mengakibatkan terjadi panas yang mempengaruhi perubahan bentuk atau mengakibatkan retak, dan memungkinkan lebar pemotongan yang sempit dan serpih dapat dikumpulkan, sehingga untuk logam yang mahal keuntungannya lebih besar.

2.6 Perbaikan pada Coran

Dalam banyak hal perlu dilakukan perbaikan, terutama dilakukan dengan pengelasan pada cacat-cacat tuangan seperti inklusi pasir, inklusi retak, retakan, gelembung udara, rongga penyusutan dan lain-lain yang terlihat pada permukaan coran atau muncul setelah dikerjakan dengan mesin. Penentuan cara perbaikan itu adalah sukar, mengingat harus mempertimbangkan kekuatan, kekakuan dan sebagainya, agar tidak mengganggu kesempurnaan pada penggunaannya, selain itu perlu juga mempertimbangkan nilai rupa atau baik tidaknya dipandang mata (Surdia dan Chijiiwa, 2000).

2.6.1 Perbaikan Pengelasan Kuningan

Proses pengelasan ini digunakan untuk menyambung logam dengan logam lain yang mempunyai titik cair lebih rendah dari titik cair logam induk. Proses ini disebut penyolderan. Solder keras adalah solder kuningan dan solder perak.

Tabel 2.4 Komponen dan pemakaian solder. (Sumber: Surdia dan Chijiwa, 2000)

Macam solder	Bentuk	Komponen (%)	Titik cair (°C)	Penggunaan
Solder perak	Panjang dan sempit, setrip, pelat, kawat, bubuk	0 - 8 P 5 - 8 Ag 0 - 25 Zn 0 - 18 Cd sisanya Cu	635 - 870	Penyolderan paduan tembaga, paduan nikel, dan paduan besi dengan lampu tiup, tanur, pencelupan.
Solder perak German	Bubuk blok	45 - 55 Zn 0 - 10 Ni sisanya Cu	840 - 900	Penyolderan paduan tembaga paduan nikel baja dan besi cor dengan lampu tiup, atau pencelupan.
Solder Kuningan	Batang	32 - 62 Cu 0 - 42 Zn 0 - 11 Ni sisanya Zn	820 - 935	Penyolderan tembaga paduan, paduan nikel dan besi cor.
Solder lunak	Batang, kawat	38 Pb 62 Sn	184	Perbaikan umum.
	Batang, kawat, foil, butir	30 Pb 30 Sn 35 Zn		Penyumbatan lubang pada besi cor.

2.6.2 Perbaikan secara mekanik

Dalam perbaikan mekanis ada beberapa cara seperti penyumbatan, penyesuaian pres dari bumbung, penguncian logam dan seterusnya. Penyesuaian pres dari bumbung adalah cara untuk mengepres bumbung ke dalam lubang yang dibuat lebih besar, cara ini dipergunakan untuk perbaikan kebocoran air dari bagian dengan ketebalan yang cukup dari suatu silinder setelah dikerjakan dengan mesin. Pengunci logam adalah macam penjepit dipergunakan untuk memperbaiki retak.

2.7 Cacat Coran dan Pencegahannya

Didalam proses pengecoran dapat terjadi berbagai macam cacat pada coran tergantung pada bagaimana keadaannya, sedangkan cacat-cacat tersebut boleh dikatakan jarang berbeda menurut bahan dan macam coran. Pada coran biasa banyak ditemukan banyaknya cacat. Seandainya sebab-sebab dari cacat tersebut diketahui, maka pencegahan terjadinya cacat dapat dilakukan.

Pembuatan coran harus melalui banyak proses, dan dalam proses tersebut banyak faktor-faktor yang menyebabkan cacat, sehingga sulit untuk meyakinkan sebab-sebab dari cacat tersebut. Dalam hal ini banyak pengalaman teknik diperlukan untuk meyakinkan sebab-sebabnya. Untuk itu teknik dan proses harus distandarkan sebelumnya (Surdia dan Chijiwa, 2000).

2.7.1 Macam Cacat Coran dan Sifat-sifatnya

Macam cacat-cacat pada coran telah dibuat penggolongannya oleh Komisi Pengecoran Internasional. Menurut komisi tersebut penggolongan dalam rupa dibagi menjadi sembilan kelas, yaitu ; 1) Ekor tikus tak menentu, atau kekasaran yang meluas, 2) Lubang-lubang, 3) Retakan, 4) Permukaan kasar, 5) Salah alir, 6) Kesalahan ukuran, 7) Inklusi dan struktur yang tidak seragam, 8) Deformasi dan melintir, 9) Cacat yang tak nampak.

Umumnya cacat-cacat tersebut disebabkan oleh perencanaan, bahan yang dipakai (bahan yang dicairkan, pasir dan sebagainya), Proses (mencairkan, pengolahan pasir, membuat cetakan, penuangan, penyesuaian dan sebagainya) atau perencanaan coran. Walaupun terdapat cacat yang sama, tetapi sebab-sebabnya dapat berbeda. Sesuai dengan bahan coran, bentuk cacat menjadi berbeda akan tetapi sesungguhnya sama.

2.7.2 Cacat-cacat pada Coran Paduan Tembaga

Struktur butir terbuka adalah cacat pada paduan tembaga yang perlu diperhatikan, dalam hal coran kuningan yang mengandung seng dan aluminium adalah rongga penyusutan dan inklusi terak. Pencegahan rongga penyusutan pada coran tembaga mangan dan tembaga aluminium adalah sama dengan pencegahan pada coran baja, yaitu cacat dapat dihindarkan dengan mempergunakan penambah

dan cil (cil langsung). Struktur butir terbuka pada coran tembaga, dan inklusi terak pada coran tembaga aluminium pada bagian ini.

1. Ciri khas

Struktur butir terbuka adalah keadaan dimana coran terlihat butir-butir kasar dibagian tengah atau pada permukaan yang dikerjakan dengan mesin dari dinding yang tebal. Cacat ini bisa menyebabkan kurangnya sifat kedap air.

2. Penyebab

Paduan tembaga memiliki daerah temperatur pembekuan yang sebagian besar mengandung timah, oleh karena itu dendrit kasar dapat timbul pada pendinginan yang perlahan-lahan dan menyebabkan cacat tersebut. Sebab lain adalah enghilangan gas yang kurang dari logam induk, permeabilitas dan pengeringan cetakan yang kurang.

3. Cara pencegahan

- a. Temperatur penuangan harus diturunkan. Temperatur penuangan yang baik terdapat pada Daftar 2.5.
- b. Pendinginan harus cepat dengan mempergunakan cil.
- c. Ukuran, banyak dan tempat penambah harus direncanakan dengan sempurna.
- d. Gradien temperatur harus sempurna dengan mempergunakan banyak cil, dan ukuran penambah harus dibuat sekecil mungkin.
- e. Logam cair harus dihilangkan gasnya dengan mempergunakan penghilang oksid.
- f. Cetakan harus cukup kering.

Tabel 2.5 Ketebalan dinding dan temperatur penuangan dari coran paduan tembaga, dan titik cair standar. (Sumber: Surdia dan Chijjiwa 2000)

Bahan	Ketebalan dinding (mm)				Titik cair standar (°C)
	<12	12-25	25<	80<	
Tembaga murni	1.200 °C	1.200 °C	1.180 °C	-	1.200-1.250 °C
Kuningan	1.100	1.050	1.000	9.80 °C	1.130-1.200
Kuningan kekuatan tinggi	1.050	1.020	9.80	9.80	1.100-1.200
Brons	1.200	1.170	1.130	1.100	1.150-1.250
Brons timbal	1.150	1.100	1.070	1.050	1.150-1.200
Brons fosfor	1.200	1.170	1.100	1.050	1.180-1.250
Brons aluminium	1.200	1.170	1.150	1.100	1.150-1.300
Brons silikon	1.100	1.050	1.000	9.50	1.000-1.150

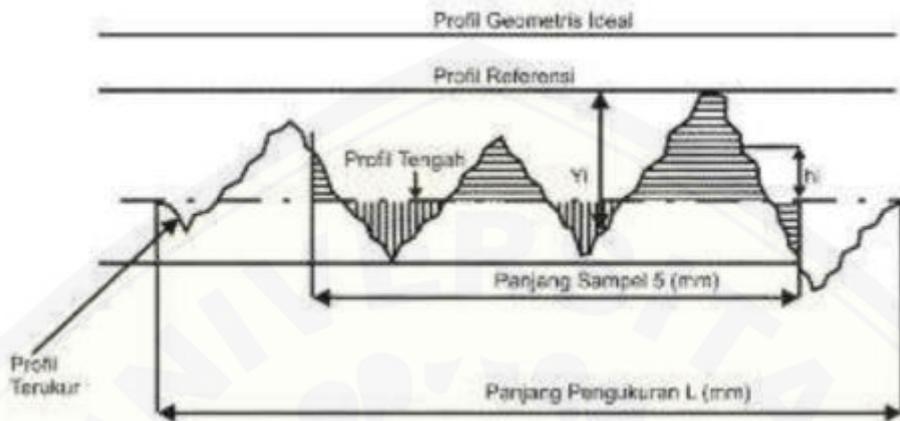
2.8 Kekasaran Permukaan

(Azhar, 2014) Kekasaran permukaan merupakan penyimpangan rata-rata aritmatik dari garis rata-rata permukaan. Dalam dunia industri, permukaan benda kerja mempunyai nilai kekasaran permukaan yang berbeda-beda, sesuai dengan kebutuhan dari penggunaan alat tersebut. Nilai kualitas kekasaran permukaan tersebut telah diklarifikasikan oleh ISO. Nilai kualitas kekasaran permukaan terkecil dimulai dari N1 yang memiliki nilai kekasaran permukaan rata-rata aritmetis (Ra) 0,025 μm dan nilai yang paling tinggi adalah N12 dengan nilai kekasarannya 50 μm .

2.8.1 Parameter Kekasaran Permukaan

Untuk memproduksi profil suatu permukaan, sensor / 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*). Sesaat setelah jarum bergerak dan sesaat sebelum jarum berhenti secara elektronik alat ukur melakukan perhitungan berdasarkan

data yang dideteksi oleh jarum peraba. Bagian panjang pengukuran yang dibaca oleh sensor alat ukur kekasaran permukaan disebut panjang sampel (Azhar, 2014).



Gambar 2.9 Profil suatu permukaan. (Sumber : Munadi, 1988)

Menurut Munadi pada Dasar-dasar Metrologi Industri (1988) dijelaskan beberapa bagian dari profil permukaan dari suatu permukaan, yaitu :

1. Profil Geometris Ideal (*Geometrically Ideal Profile*)

Profil ini adalah profil dari geometris permukaan yang ideal yang tidak mungkin diperoleh dikarenakan banyaknya faktor yang mempengaruhi dalam proses pembuatannya.

2. Profil Referensi (*Reference Profile*)

Profil ini digunakan sebagai dasar dalam menganalisis karakteristik dari suatu permukaan.

3. Profil Terukur (*Measured Profile*)

Profil ini adalah suatu profil dari suatu permukaan yang diperoleh melalui proses pengukuran.

4. Profil Dasar (*Root Profile*)

Profil ini merupakan profil referensi yang digeserkan kebawah hingga tepat pada titik paling rendah pada profil terukur.

5. Profil Tengah (*Centre Profile*)

Profil tengah adalah profil yang berada ditengah-tengah dengan posisi sedemikian rupa sehingga jumlah luas bagian atas profil tengah sampai pada profil terukur sama dengan jumlah luas bagian bawah profil tengah sampai pada profil terukur.

6. Kedalaman Total (*Peak to Valley*), R_t

Kedalaman total ini adalah besarnya jarak dari profil referensi sampai dengan profil dasar.

7. Kedalaman Kerataan (*Peak to Mean Line*), R_p

Kedalaman kerataan ini adalah jarak rata-rata dari profil referensi sampai dengan profil terukur.

8. Kekasaran Rata-rata Aritmetis (*Mean Roughness Indec*), R_a

Kekasaran ini merupakan harga rata-rata secara aritmetis dari harga absolut antara harga profil terukur dengan profil tengah.

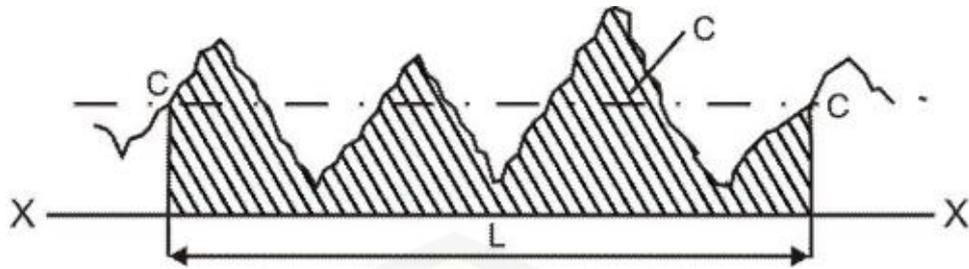
9. Kekasaran Rata-rata Kuadratis (*Root Mean Square Height*), R_q

Besarnya harga kekasaran rata-rata kuadratis ini adalah jarak kuadratis ini adalah jarak kuadrat rata-rata dari harga profil terukur sampai dengan profil tengah.

2.8.2 Kekasaran Rata-rata

(Susanto, 2018) Kekasaran rata-rata merupakan harga rata-rata secara aritmetis dari harga absolut antara harga profil tengah. Menentukan kekasaran rata-rata (R_a) dapat pula dilakukan secara grafis. Adapun caranya adalah sebagai berikut.

Pertama-tama, gambarlah sebuah garis lurus pada penampang permukaan yang diperoleh dari pengukuran (profil terukur) yaitu grafis $X - X$ yang posisinya tepat menyentuh lembah paling dalam. Kedua, ambil sampel panjang pengukuran sepanjang L yang memungkinkan memuat sejumlah bentuk gelombang yang hampir sama. Ketiga, ambil luasan daerah A dibawah kurve dengan menggunakan planimeter atau dengan metode ordinat. Dengan demikian diperoleh jarak garis center $C - C$ terhadap garis $X - X$ secara tegak lurus.



Gambar 2.10 Menentukan kekasaran rata-rata Ra.

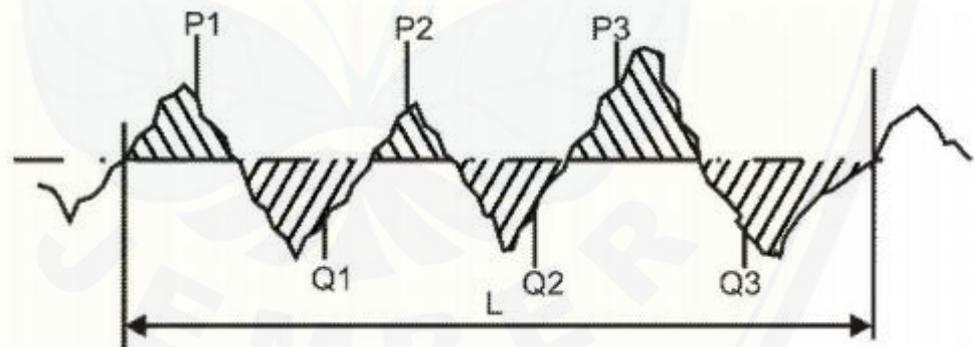
Keempat, sekarang diperoleh suatu garis yang membagi profil terukur menjadi dua bagian yang hampir sama luasnya, yaitu luasan daerah diatas ($P_1 + P_2 + \dots$ dan seterusnya) dan luasan daerah dibawah ($Q_1 + Q_2 + \dots$ dan seterusnya). Dengan demikian maka Ra dapat ditentukan besarnya dengan rumus:

$$Ra = \frac{\text{Luas daerah P} + \text{Luas daerah Q}}{L} \times \frac{1000}{V_v} (\mu\text{m}) \quad (2.4)$$

Dimana:

V_v = Perbesaran vertikal. Luas P dan Q dalam milimeter

L = Panjang sampel pengukuran dalam milimeter



Gambar 2.11 Menentukan kekasaran rata-rata Ra

2.8.3 Toleransi Kekasaran Permukaan

(Munadi, 1988) Toleransi kekasaran mempunyai harga kekasaran rata-rata aritmatik Ra, dengan demikian masing-masing harga kekasaran mempunyai kelas kekasaran yaitu dari N1 sampai N12. Besarnya toleransi untuk Ra biasanya

diambil antara 50% keatas dan 25% kebawah. Permukaan *sandcasting* tergolong dalam kelas kekasaran N11 dengan batas toleransi kekasarannya 18,75 – 37,5 μm .

Tabel 2.6 Toleransi harga kekasaran rata-rata (Ra) dari kelas kekasaran. (Sumber: Munadi, 1988).

Kelas Kekasaran	Harga C.L.A (μm)	Harga Ra (μm)	Toleransi $N_{-25\%}^{+50\%}$	Panjang sampel (mm)
N1	1	0,0025	0,02 - 0,004	0,08
N2	2	0,05	0,004 – 0,008	
N3	4	0,0	0,008 – 0,15	0,25
N4	8	0,2	0,15 – 0,3	
N5	16	0,4	0,3 – 0,6	
N6	32	0,8	0,6 – 1,2	
N7	63	1,6	1,2 – 2,4	
N8	125	3,2	2,4 - 4,8	0,8
N9	250	6,3	4,8 – 9,6	
N10	500	12,5	9,6 – 18,75	2,5
N11	1000	25,0	18,75 – 37,5	
N12	2000	50,0	37,5 – 75,0	8

Toleransi harga kekasaran rata-rata, Ra dari suatu permukaan tergantung pada proses pengerjaannya.

Tabel 2.7 Toleransi harga kekasaran rata-rata (Ra) sesuai proses pengerjaan.
(Sumber: Munadi, 1988)

Proses Pengerjaan	Selang (N)	Harga Ra
<i>Flat and cylindrical lapping, Superfinishing Diamond turning</i>	N1 – N4	0,025 – 0,2
	N1 – N6	0,025 - 0,8
<i>Flat cylindrical grinding Finishing</i>	N1 – N8	0,025 – 3,2
	N4 – N8	0,1 – 3,2
<i>Face and cylindrical turning, milling and reaming Drilling Shapping, planing, horizontal milling Sandcasting and forging</i>	N5 – N12	0,4 – 50,0
	N7 – N10	1,6 – 12,5
	N6 – N12	0,8 – 50,0
	N10 – N11	12,5 – 25,0
<i>Extruding, cold rolling, drawing Die Casting</i>	N6 – N8	0,8 – 3,2
	N6 – N7	0,8 – 1,6

2.9 Hipotesa

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dijabarkan di atas, maka dapat diambil hipotesis bahwa:

1. Hasil pengecoran dengan menggunakan pasir silika memiliki kualitas lebih baik dari pada pasir pabrik.
2. Semakin kecil butir pasir maka semakin halus permukaan hasil coran.

2.10 Pengujian Hipotesis

Hipotesis statistik yaitu pernyataan atau dugaan mengenai satu atau lebih populasi. Hipotesis yang diharapkan akan ditolak dengan penggunaan istilah hipotesis nol. Kemudian istilah itu telah digunakan pada sembarang hipotesis yang ingin diuji dilambangkan dengan H_0 . Penolakan H_0 mengakibatkan penerimaan suatu hipotesis alternatif yang dilambangkan dengan H_1 (Walpole, 1995).

Terdapat langkah – langkah pengujian hipotesis mengenai parameter populasi θ lawan suatu hipotesis alternatifnya yang sering diringkas dibawah ini:

- a) Menyatakan hipotesis nol-nya ($H_0 : \theta = \theta_0$).
- b) Memilih hipotesis alternatif H_1 yang sesuaikan di antara $\theta > \theta_0$, $\theta < \theta_0$.
- c) Menentukan taraf nyatanya α .
- d) Pilih statistik uji yang sesuai,
- e) Hitung nilai uji statistiknya.
- f) Menurut kaidah ekor kanan keputusan tolak H_0 jika nilai ‘t’ hasil lebih besar dari ‘t’ tabel, sedangkan kaidah ekor kiri keputusan tolak H_0 jika nilai ‘t’ hasil lebih kecil dari ‘t’ tabel.

Pada perbandingan pasir terdapat 2 pengaruh penggunaan pasir pabrik dan pasir silika adalah $\mu_1 = \mu_2$.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \text{ atau } \mu_1 - \mu_2 = d_0 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 < \mu_2 \text{ atau } \mu_1 - \mu_2 < d_0 = 0$$

Keterangan;

H_0 = hipotesis nol

H_1 = hipotesis alternatif

μ_1 = rata - rata populasi pasir pabrik

μ_2 = rata - rata populasi pasir silika

Pada perbandingan ukuran mesh terdapat 3 pengaruh ukuran yaitu mesh 30, mesh 40, dan mesh 50 adalah $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \text{ atau } \mu_1 - \mu_2 = d_0 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 < \mu_2 \text{ atau } \mu_1 - \mu_2 < d_0 = 0$$

$$H_0 : \mu_1 = \mu_3 \text{ atau } \mu_1 - \mu_3 = d_0 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 < \mu_3 \text{ atau } \mu_1 - \mu_3 < d_0 = 0$$

$$H_0 : \mu_2 = \mu_3 \text{ atau } \mu_2 - \mu_3 = d_0 = 0$$

$$H_1 : \mu_2 < \mu_3 \text{ atau } \mu_2 - \mu_3 < d_0 = 0$$

Keterangan;

H_0 = hipotesis nol

H_1 = hipotesis alternatif

μ_1 = rata - rata populasi mesh 30

μ_2 = rata - rata populasi mesh 40

μ_3 = rata - rata populasi mesh 50

untuk menentukan nilai 't' tabel berdasarkan taraf nyata (α) dan derajat kebebasan (df). Dalam penelitian ini digunakan taraf nyata $\alpha = 0,05$.

$$df = n - k \quad (2.5)$$

Keterangan :

n = jumlah data

k = variabel

selanjutnya mencari nilai 't' hitung,

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}} \quad (2.6)$$

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Keterangan :

\bar{x}_1 = Rata - rata sampel pertama

\bar{x}_2 = Rata - rata sampel kedua

n_1 = Jumlah data pertama

n_2 = Jumlah data kedua

s_1^2 = varian / keragaman sampel pasir pabrik

s_2^2 = varian / keragaman sampel pasir silika

Adapun rumus dari varian sebagai berikut;

$$s^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)} \quad (2.7)$$

Keterangan :

s^2

= Varian

$\sum_{i=1}^n x_i$

= Jumlah total data

$\sum_{i=1}^n x_i^2$

= Jumlah total dari data yang dikuadratkan

$(\sum_{i=1}^n x_i)^2$

= Jumlah total data dikuadratkan

n

= Jumlah data



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dipabrik kerajinan cor logam kuningan, Desa Cindogo, Kecamatan Tapen, Kabupaten Bondowoso pada bulan Desember 2018.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun material yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Kuningan

Kuningan merupakan bahan utama dari pembuatan kerajinan cor ini, namun pengecoran kuningan ini ada campuran dari perunggu dan timah seng. Kuningan yang digunakan yaitu kuningan dari selongsong peluru, kuningan bekas perabot rumah tangga, kuningan kuno, yang kemudian dilebur kembali. Pengolahan ini menggunakan cara tradisional yaitu mencampur kuningan dan perunggu dengan perbandingan 100 : 10. Acuan titik lebur pada campuran tersebut ditandai dengan kepulan asap pada kowi / musah pembakaran, yang menandakan bahan siap dituangkan. Kuningan merupakan logam paduan antara tembaga (Cu) dan seng (Zn). Perunggu umumnya memiliki titik lebur 950 C. Namun, pada peleburan kerajinan kuningan perbandingan 60%Cu – 40%Zn memiliki titik lebur mencapai 1030-1080 °C.



Gambar 3.1 Bahan kuningan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a) Tungku peleburan / *Furnace*

Furnace peleburan logam yang berada di Desa Cindogo Kecamatan Tapen Kabupaten Bondowoso. Tungku peleburan ini berfungsi sebagai wadah peleburan logam yang bekerja dengan mengumpulkan suhu yang sangat tinggi sehingga dapat mengubah molekul dari logam membuatnya melebur.



Gambar 3.2 *Furnace*

b) Pasir cetak / pasir *silica*.

c) Pasir cetak atau pasir silika ini berasal dari persediaan alam yang lazimnya berwarna kekuningan. Pada umumnya bahan pasir ini dipilih dengan ukuran yang cocok sehingga dapat langsung digunakan dengan sedikit tambahan bahan pengikat.



Gambar 3.3 Pasir cetak / pasir *silica*

d) Tanah liat (*lempung*)

Lempung berfungsi untuk lapisan cetakan agar cetakan lebih kuat. Rendahnya kadar lempung pada pasir menyebabkan turunnya kekuatan kering cetakan. Jika berlebihan akan menyebabkan buruknya permeabilitas dan membentuk gumpalan pasir serta kekuatan sisa yang tinggi membuat hasil cetakan menjadi sulit untuk dibongkar.



Gambar 3.4 Tanah liat

e) Mainan malan

Malan/lilin terbuat dari parafin, mudah mencair jika dipanaskan. Dapat dipakai sebagai pelita untuk membatik dan dapat digunakan sebagai pengecoran. Malan/lilin dicetak dulu berbagai bentuk/mal untuk alat penerang (dengan diberi sumbu di tengahnya) atau benda mainan hidrokarbon padat yang mempunyai titik cair rendah dan mudah larut.



Gambar 3.5 Malan/Lilin

f) Batang besi (*bucket*)

Digunakan sebagai penyambung pada saat pengambilan logam cair yang ada pada tungku peleburan dan selanjutnya logam cair dituangkan ke dalam cetakan. Panjang dari gagang *bucket* ini umumnya 1 meter



Gambar 3.6 Batang besi (*Bucket*)

g) Mesin gerinda.

Digunakan untuk merapikan sisa pengecoran dan menghaluskan sebagian sisi yang ada pada coran.



Gambar 3.7 Gerinda

h) Mesin amplas (*grinding*).

Mesin amplas berfungsi untuk mengamplas permukaan coran agar lebih halus.



Gambar 3.8 Mesin amplas (*grinding*)

i) Kikir

Kikir berfungsi untuk meratakan pinggiran atau permukaan kerajinan kuningan agar tidak tajam dan membahayakan.



Gambar 3.9 Kikir

j) Jangka sorong

Jangka sorong ini digunakan untuk mengukur spesimen dari sisi luar (diameter luar) dari sisi dalam (diameter dalam) juga dapat mengukur kedalaman celah lubang yang terdapat pada spesimen uji dengan cara mengulurkan sisi ekor yg berada didalam gagang pemegang.



Gambar 3.10 Jangka sorong

k) Gelas ukur

Gelas ukur adalah alat ukur yang digunakan untuk menghitung volume air, Pada penelitian ini gelas ukur digunakan untuk mengetahui volume dari produk cor yang dimasukkan kedalam gelas ukur yang telah di isi air dan dihitung volumenya dengan cara menghitung volume akhir air setelah di isi produk cor kemudian dikurangi dengan volume air awal sebelum di masukan produk cor.



Gambar 3.11 Gelas ukur

l) Alat uji kekasaran (*surface roughness tester*)

Surface roughness tester merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kekerasan permukaan. Setiap permukaan benda kerja memiliki bentuk variasi menurut strukturnya maupun dari hasil proses produksinya. Pengukuran kekasaran permukaan diperoleh dari sinyal pergerakan *stylus* berbentuk *diamond* untuk bergerak sepanjang garis lurus pada permukaan sebagai alat indikator pengukur kekaasaran permukaan benda uji. .



Gambar 3.12 Alat uji kekasaran (*surface roughness tester*)

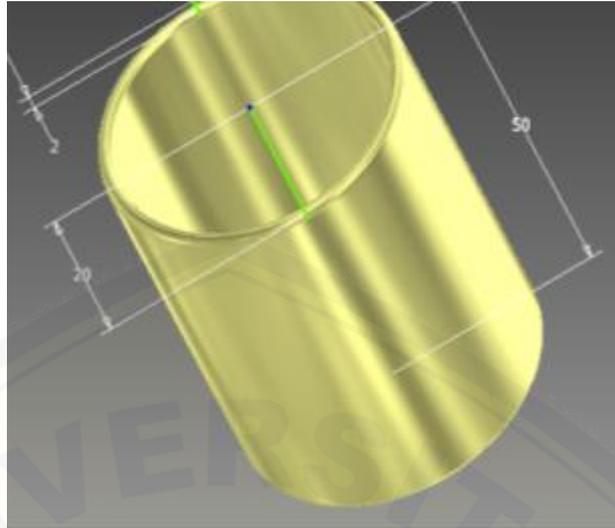
m) Beberapa alat pendukung

Digunakan untuk membantu pada saat proses pengecoran kuningan, misalnya amplas, sikat baja, mesh pasir, dan kuas kecil. Serta kamera yang digunakan untuk mengambil gambar saat proses pembuatan kerajinan kuningan berlangsung.

3.3 Metode Penelitian

1. Pembuatan mal kerajinan dengan menggunakan malan/lilin.

Malan/lilin dibentuk persis sama dengan benda kerja dengan menggunakan cara manual sehingga menjadi bentuk gelas yang diinginkan yakni berukuran tinggi 50 mm, diameter 40 mm, tebal dinding samping 2mm. Seperti gambar benda kerja dibawah ini.



Gambar 3.13 Benda kerja cor kuningan

2. Menyaring dan menyiapkan pasir cetak
Pasir yang akan digunakan sebagai cetakan disaring terlebih dahulu guna untuk menghindari tercampurnya dari batu-batu krikil. Ukuran pasir yang digunakan ini nantinya dibagi menjadi dua bagian ; Pasir ukuran kecil dan besar. Pada tahap ini pasir juga terbagi menjadi dua golongan ; Pasir silika dan pasir asli yang digunakan pada pabrik.
3. Persiapan tanah liat
Campurkan air pada tanah liat dengan tujuan agar mudah dibentuk saat pelapisan mal pada malam dengan perbandingan 80% tanah liat 20% air.
4. Campur pasir dengan tanah liat
Pasir cetak yang sudah disaring dicampur/diaduk bersama dengan tanah liat dengan perbandingan pasir 82% abu 3% tanah liat 15%.
5. Pelapisan malam dengan tanah liat yang dicampur pasir
Malam yang sudah dibentuk sesuai dengan keinginan tadi lapisi dengan tanah liat di sisi luar dan dalam sehingga tidak ada ruang yang bocor.
6. Pembuatan jalur penuangan
Jalur dibuat dengan diameter 10 mm agar memudahkan dalam penuangan cairan logam.
7. Pembuatan lubang udara keluar

Lubang udara diberikan disisi seberang *Cup* dengan diameter 5 mm bertujuan agar udara tidak terperangkap di dalam rongga cetakan karena cetakan tergolong tipis.

8. Pengeringan cetakan

Cetakan yang sudah dilapisi tanah liat dijemur terlebih dahulu hingga kering kurang lebih 2-3 hari sebelum dilakukan proses pengecoran.

9. Pemilihan bahan kuningan

Bahan kuningan yang digunakan adalah bahan kuningan bekas dari limbah rumah tangga yang sudah disortir.

10. Peleburan / *remelting*

Proses *remelting* kuningan dengan menggunakan *furnace* sederhana yang terbuat dari bata tahan api dan dilapisi semen tahan api pada permukaannya, untuk bahan bakar yang digunakan adalah solar. suhu peleburan kuningan sebagai bahan dasar ± 1080 °C,

11. Penuangan kuningan ke dalam cetakan

Kuningan yang telah melebur kemudian diambil dengan menggunakan *bucket* yang terbuat dari besi dengan gagang yang panjang untuk menghindari serapan panas dari *bucket* tersebut dan pastikan *buket* sebelumnya dipanaskan terlebih dahulu, hal ini untuk menahan laju panas pada kuningan yang telah dilebur. Masukkan cairan coran kuningan ke dalam cetakan, usahakan cetakan jangan terlalu jauh letaknya dengan dapur pengecoran.

12. Pembongkaran cetakan

Coran kuningan yang sudah mendingin segera dibongkar dan dikeluarkan dari cetakan.

13. Pemotongan bekas saluran tuang

Coran kuningan yang telah dikeluarkan dari cetakan dibersihkan dari sisa-sisa saluran tuang dan pasir yang masih menempel di produk coran.

14. Pengambilan data

Produk coran dianalisa dan diambil data sesuai tata cara pengujian penyusutan, pengujian kekasaran dan visual.

15. Analisa Grafik

Data yang telah didapatkan dari proses pengujian kemudian dianalisa dengan grafik

16. Kesimpulan

Setelah hasil penelitian diketahui selanjutnya adalah memberikan kesimpulan.

3.4 Tahap Indentifikasi Permasalahan

Tahap ini merupakan tahap awal dalam penelitian yang bertujuan untuk mengetahui berbagai jenis permasalahan yang nantinya dapat digunakan sebagai topik penelitian.

1. Studi literatur

Studi literatur dimaksudkan untuk memperoleh informasi sebanyak-banyaknya yang bertujuan memberikan informasi sebagai acuan melaksanakan penelitian baru dari peneliti sebelumnya, dari buku, jurnal, maupun dari sumber lainnya yang *relevan* dan dapat dipertanggungjawabkan sumbernya.

2. Perumusan masalah dan penentuan tujuan penelitian

Sesuai dengan kondisi yang ada didalam perusahaan yang bergerak pada bidang pengecoran logam yang menggunakan metode cetakan pasir/*sand casting*, terdapat beberapa permasalahan ketika melakukan pengecoran dengan hasil yang kurang maksimal dengan adanya cacat penyusutan dan cacat bintik akibat kekasaran permukaan. Hal ini menyebabkan akan adanya penambahan pekerjaan seperti penambalan las dan penghalusan yang dapat menambah biaya dan waktu produksi sehingga dengan adanya penelitian ini harapannya mampu menanggulangi kecacatan yang ada pada proses pengecoran ini dengan variasi jenis dan ukuran pasir. Selanjutnya dilakukan analisis dan diharapkan dapat memberikan hasil yang maksimal.

3. Penetapan Variabel Proses dan Variabel Respon

Pengecoran memiliki beberapa faktor yang mempengaruhi hasil akhir dari proses pengecoran . Dalam hal ini terdapat dua jenis variabel, yaitu:

a. Variabel Proses (Variabel Bebas)

Variabel ini memiliki nilai yang dapat kita rubah, ditentukan dan dikendalikan sesuai dengan pertimbangan dan tujuan dari penelitian yang akan dilakukan. Dalam penelitian ini akan digunakan dua faktor kendali yang diduga memiliki pengaruh terhadap variabel respon. Faktor yang digunakan adalah :

1. Jenis pasir menggunakan silika dan pasir sungai.
2. Ukuran pasir menggunakan mesh 30, 40, 50 dan pada mesh 50 terdapat campuran pasir yang lolos mesh 60 sebanyak 5%.

b. Variabel Respon (Variabel Tak Bebas)

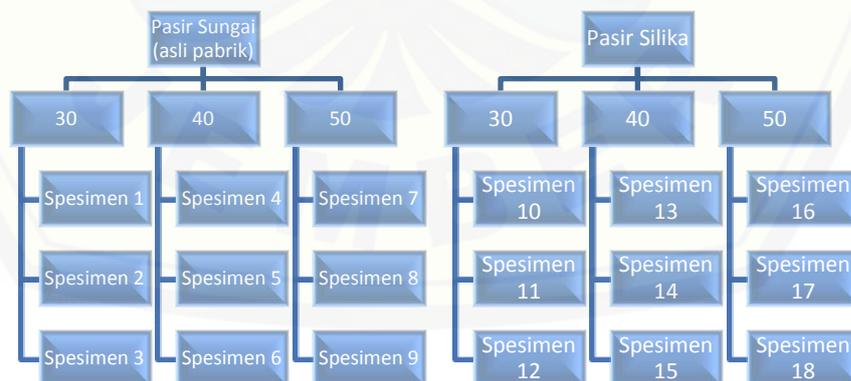
Variabel respon merupakan variabel yang menjadi objek penelitian yang akan diamati, variabel tersebut merupakan faktor yang menentukan baik buruknya suatu kualitas produk pengecoran. Dalam hal ini variabel respon yang diilih adalah nilai kekasaran dan nilai penyusutan.

3.5 Rancangan Percobaan

Variabel bebas yang digunakan pada saat penelitian sebagai berikut :

1. Variasi jenis pasir asli pabrik (pasir sungai) dan jenis pasir silika.
2. Variasi ukuran jenis pasir mesh 30, mesh 40 dan mesh 50

Untuk lebih memperjelas bagaimana pengambilan data, maka bisa ditunjukkan pada gambar 3.4 dibawah ini.



Gambar 3.14 Klasifikasi spesimen pasir uji

Pada tahap percobaan ini, pengujian menggunakan metode uji cacat penyusutan, uji kekasaran dan uji visual.

3.5.1 Pengujian cacat penyusutan

Persiapkan spesimen untuk diuji penyusutan.

1. Menghitung volume cetakan ($V_{cetakan}$)

Untuk mengetahui volume cetakan diawali dengan mencari *massa jenis* dari malam yang menjadi mal dari produk dengan cara membuat balok kaca dengan isi volume (v), *panjang* (p)=50 mm, *lebar* (l)=50 mm, *tinggi* (t)=50 mm. Kemudian malam yang akan di jadikan cetakan dimasukan ke dalam kaca dan dipadatkan hingga membentuk balok dengan volume (v) $125.000 \text{ mm}^3 = 125 \text{ cm}^3$. Setelah itu balok malam ditimbang untuk mencari massa (m) dan selanjutnya kita masukan ke rumus (3.1) sebagai berikut.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3.1)$$

Dimana :

ρ = massa jenis (g/mm^3)

m = massa (g)

v = volume (mm^3)

Setelah massa jenis dari malam cetakan di ketahui, maka cetakan mal dari setiap spesimen malam dapat langsung di timbang beratnya dan kembali di masukan ke rumus (3.1) untuk mencari volume cetakan mal.

Tabel 3.1 Pengambilan data volume pada setiap mal cetak spesimen dari lilin.

No.	Jenis Pasir	Mesh	Massa jenis (g/cm ³)	Massa (g)	Volume mal cetakan (cm ³)
1	Pasir Asli Pabrik	30	0,84	17	20,238
2			0,84	18	21,428
3			0,84	19	22,619
4		40	0,84	19	22,619
5			0,84	19	22,619
6			0,84	19	22,619
7		50	0,84	16	19,047
8			0,84	17	20,238
9			0,84	16	19,047
10	Pasir Silika	30	0,84	15	17,857
11			0,84	17	20,238
12			0,84	17	20,238
13		40	0,84	19	22,619
14			0,84	18	21,428
15			0,84	20	23,809
16		50	0,84	17	20,238
17			0,84	17	20,238
18			0,84	15	17,857

2. Hitung volume produk cor (V_{produk})

Untuk menghitung volume produk cor, kita menggunakan metode gelas ukur. Cara ini dilakukan dengan menenggelamkan produk cor kedalam air yang berada pada gelas ukur. Langkah pengukuran volume:

- Persiapkan gelas ukur yang mampu menampung produk cor.
- Isikan air pada gelas ukur dengan volume tertentu sekiranya produk cor dapat tenggelam seluruhnya tertutupi oleh air kemudian ukur volume awal air sebelum dimasuki oleh produk cor.
- Setelah mencatat volume awal air dalam gelas ukur, masukan produk cor ke dalam gelas ukur dan tinjau kembali volume akhir air yang telah di masukan produk cor.
- Selanjutnya proses akhir untuk mendapatkan volume produk cor kita masukan rumus (3.2) :

$$V_{produk} = V_{air\ akhir} - V_{air\ awal} \quad (3.2)$$

Tabel 3.2 Pengambilan data volume pada setiap produk coran dengan menggunakan pasir pabrik/sungai.

No.	Ukuran Mesh	$V_{awal\ air}$	$V_{akhir\ air}$	V_{produk}
1	30	500 ml		
2		500 ml		
3		500 ml		
4	40	500 ml		
5		500 ml		
6		500 ml		
7	50	500 ml		
8		500 ml		
9		500 ml		

Tabel 3.3 Pengambilan data volume pada setiap produk coran dengan menggunakan pasir silika.

No.	Ukuran Mesh	$V_{awal\ air}$	$V_{akhir\ air}$	V_{produk}
1	30	500 ml		
2		500 ml		
3		500 ml		
4	40	500 ml		
5		500 ml		
6		500 ml		
7	50	500 ml		
8		500 ml		
9		500 ml		

3. Untuk menghitung prosentase penyusutan secara kualitatif dapat menggunakan cara yang dipergunakan Febriantoko (2011) dengan persamaan :

$$S = \left(\frac{V_{cetakan} - V_{produk}}{V_{cetakan}} \right) \times 100\% \quad (3.3)$$

Dimana:

S : Prosentase penyusutan

$V_{cetakan}$: Volume cetakan (mm^3)

V_{produk} : Volume produk (mm^3)

Tabel 3.4 Nilai penyusutan (S)

No.	$V_{Cetakan}$	V_{Produk}	S (%)	Ukuran Mesh	Keterangan
1	20, 238			30	Pasir asli pabrik
2	21, 428				
3	22, 619				
4	22, 619			40	
5	22, 619				
6	22, 619				
7	19, 047			50	
8	20, 238				
9	19, 047				
10	17, 857			30	Pasir silika
11	20, 238				
12	20, 238				
13	22, 619			40	
14	21, 428				
15	23, 809				
16	20, 238			50	
17	20, 238				
18	17, 857				

3.5.2 Pengujian Kekasaran

Kekasaran didefinisikan sebagai ketidakhalusan bentuk yang menyertai proses produksi yang disebabkan oleh pengerjaan permesinan. Dalam penelitian ini penulis menggunakan alat *Roughness Tester TR220* untuk mengetahui kekasaran spesimen benda uji.

Nilai kekasaran dinyatakan dalam *Roughness Average* (Ra). Ra merupakan parameter kekasaran yang paling banyak dipakai secara internasional.

Langkah pengujian spesimen :

1. Benda uji diletakan pada posisi yang datar.
2. Ujian dari dial indikator di set pada posisi stabil untuk melakukan pembacaan skala tekanan terhadap permukaan yang akan di uji.
3. Penentuan titik uji kekasaran terletak pada 4 titik yang ada ditengah permukaan coran spesimen.
4. Apabila dial indikator telah melakukan pengukuran pada 4 titik yang kita tentukan, nilai kekasaran permukaan akan tercatat, dan dapat dilihat dalam bentuk print out.

Tabel 3.5 Data pengujian kekasaran.

No. Spesimen	Data Pengujian (Ra)				Rata-rata
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					

3.6 Analisa Data

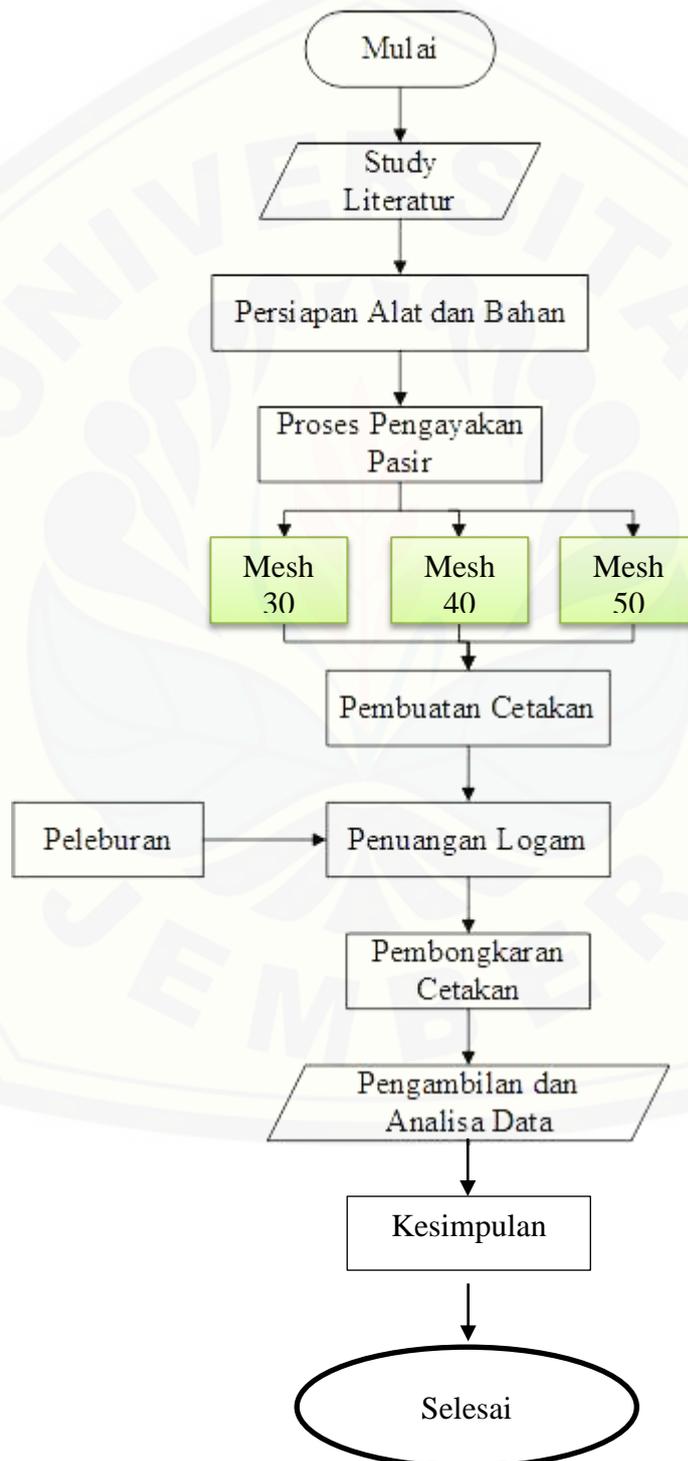
Analisa data yang dilakukan dari hasil spesimen pengecoran akan di uji cacat penyusutan, uji kekasaran, yang selanjutnya coran spesimen akan di bandingkan dengan coran buatan asli pabrik sehingga dapat ditarik kesimpulan.

Tabel 3.6 Hasil akhir pengujian penyusutan dan kekasaran.

Jenis Pasir	Mesh	Penyusutan (%)			Kekasaran (μm)		
		1	2	3	1	2	3
Pasir Asli Pabrik	30						
	40						
	50						
Pasir Silika	30						
	40						
	50						

3.7 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.15 Menunjukkan alur dari awal mulainya penelitian, proses pembuatan spesimen cor, proses pengecoran hingga selesai pengambilan dan analisa data penelitian.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari peneliti pada percobaan diatas adalah sebagai berikut:

- a. Tingkat penyusutan coran kuningan terendah terdapat pada pasir silika dengan hasil pada mesh 30 mendapatkan $t_{hitung} = -10,8918$, mesh 40 mendapatkan $t_{hitung} = -11,89$, mesh 50 mendapatkan $t_{hitung} = -11,73$. Artinya menggunakan pasir silika memiliki tingkat penyusutan yang lebih rendah dari pada pasir pabrik.
- b. Tingkat kekasaran permukaan coran paling halus dihasilkan oleh pasir silika dengan mesh 50 yang memiliki nilai rata-rata percobaan pertama 2,746 Ra, percobaan kedua memiliki kekasaran 2,412 Ra, Percobaan ketiga memiliki kekasaran 2,533 Ra. Namun nilai dari perhitungan uji hipotesa tidak mendapatkan pengaruh hasil yang signifikan dikarenakan menggunakan angka mesh pada penelitian ini jaraknya terlalu dekat yaitu 30, 40 dan 50 mesh, berbeda dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Slamet pada tahun 2014 lalu dengan menggunakan jarak mesh yang lebih jauh yaitu mesh 100 ke mesh 200 sehingga mendapatkan pengaruh hasil yang lebih signifikan.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu perlu dilakukan penyesuaian metode dan jumlah percobaan yang akan digunakan, sehingga lebih mudah dalam menganalisa dan mengolah data penelitian yang akan dilakukan. Menggunakan jarak angka mesh pasir yang lebih jauh sehingga mendapatkan hasil perbedaan yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Athreya, S., 2012. *Application Of Taguchi Method For Optimization Of Process Parameters In Improving The Surface Roughness Of Lathe Facing Operation*. University Of Mumbai.
2. Arif, S. (2013). *Pengaruh Penampang Ingate Terhadap Cacat Porositas dan Nilai Kekerasan Pada Proses Pengecoran Aluminium Menggunakan Cetakan Pasir*. Universitas Sebelas Maret. Vol 12 no 1.
3. Astika, M. dkk. (2010). *Pengaruh Jenis Pasir Cetak dengan Zat Pengikat Bentonit Terhadap Sifat Permeabilitas dan Kekuatan Tekan Basah Cetakan Pasir (Sand Casting)*. Universitas Udayana.
4. Azhar, M. C., 2014. *Analisa Kekasaran Permukaan Benda Kerja dengan Variasi Jenis Material dan Pahat Potong*. Skripsi: Universitas Bengkulu.
5. Budiyo, S. dkk. (2013). *Pengaruh Kualitas Hasil Pengecoran Pasir Cetak Basah Dengan Campuran Bentonit 3% dan 5% pada Besi Cor Kelabu*. Universitas Negeri Surakarta.
6. Hidayat, T., & Slamet, S (2010). *Pengaruh Model Saluran Tuang Pada Cetakan Pasir Terhadap Hasil Cetakan*. Mawas, Juni 2010 : 1-9
7. Hisbullah, A. (2017). *Kerajinan Cor Kuningan di desa Cindogo, Kabupaten Bondowoso*. UD IMANDA BONDOWOSO.
8. Munadi, S. 1988. *Dasar-dasar Metrologi Industri*. Proyek Pengembangan Tenaga Kependidikan, Jakarta.
9. Praba, A. (2014). *Analisis Variabel Proses Produk Pengecoran Logam Menggunakan Cetakan Sand Casting*. Universitas Negeri Surabaya. Vol 2 no 2.
10. Puspitasari, P., dkk. 2015. *PENGARUH PENGGUNAAN PASIR GUNUNG TERHADAP KUALITAS DAN FLUIDITAS HASIL PENGECORAN LOGAM PADUAN Al-Si*. Universitas Negeri Malang.
11. Rachman, A. (2012). *Kajian Pengaruh Jenis Pasir, Temperatur Tuang, Dan Jumlah Deoksidasi Aluminium Terhadap Porositas Gas Dalam Proses Gravity Sand Casting pada Nozzle Cup Material SCH 13*. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.

12. Schey, J.A. (2009). *Proses Manufaktur*. Terj. Rines, Asih, D., Utami, I.S., Winarno, B.H. Yogyakarta: ANDI
13. Shafiee, M., Hasyim, M., & Said M (2009). *Effects of Gating Design on The Mechanical Stregth of Thin Section Castings*. Proceeding of MUCEET 2009, Juni 2009 : 1-4.
14. Slamet, S. 2014. *Komposisi Distribusi Butir Pasir Cetak Terhadap Tingkat Produktifitas Akibat Cacat Produk Cor*. Universitas Muria Kudus.
15. Soejanto, I. 2009. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
16. Surdia, T., & Chijiwa K. (2000). *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta : Pradnya Paramita.
17. Surdia, T. dan Shinroku. (1992). *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
18. Tjitro. 2003. *Analisa Pengaruh Bentuk Penampang Riser Terhadap Cacat Porositas*. Surabaya. Universitas Kristen Petra.

LAMPIRAN

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

df	Pr	0.25 0.50	0.10 0.20	0.05 0.10	0.025 0.050	0.01 0.02	0.005 0.010	0.001 0.002
1		1.00000	3.07768	6.31375	12.70620	31.82052	63.65674	318.30884
2		0.81650	1.88562	2.91999	4.30265	6.96456	9.92484	22.32712
3		0.76489	1.63774	2.35336	3.18245	4.54070	5.84091	10.21453
4		0.74070	1.53321	2.13185	2.77645	3.74695	4.60409	7.17318
5		0.72669	1.47588	2.01505	2.57058	3.36493	4.03214	5.89343
6		0.71756	1.43976	1.94318	2.44691	3.14267	3.70743	5.20763
7		0.71114	1.41492	1.89458	2.36462	2.99795	3.49948	4.78529
8		0.70639	1.39682	1.85955	2.30600	2.89646	3.35539	4.50079
9		0.70272	1.38303	1.83311	2.26216	2.82144	3.24984	4.29681
10		0.69981	1.37218	1.81246	2.22814	2.76377	3.16927	4.14370
11		0.69745	1.36343	1.79588	2.20099	2.71808	3.10581	4.02470
12		0.69548	1.35622	1.78229	2.17881	2.68100	3.05454	3.92963
13		0.69383	1.35017	1.77093	2.16037	2.65031	3.01228	3.85198
14		0.69242	1.34503	1.76131	2.14479	2.62449	2.97684	3.78739
15		0.69120	1.34061	1.75305	2.13145	2.60248	2.94671	3.73283
16		0.69013	1.33676	1.74588	2.11991	2.58349	2.92078	3.68615
17		0.68920	1.33338	1.73961	2.10982	2.56693	2.89823	3.64577
18		0.68836	1.33039	1.73406	2.10092	2.55238	2.87844	3.61048
19		0.68762	1.32773	1.72913	2.09302	2.53948	2.86093	3.57940
20		0.68695	1.32534	1.72472	2.08596	2.52798	2.84534	3.55181
21		0.68635	1.32319	1.72074	2.07961	2.51765	2.83136	3.52715
22		0.68581	1.32124	1.71714	2.07387	2.50832	2.81876	3.50499
23		0.68531	1.31946	1.71387	2.06866	2.49987	2.80734	3.48496
24		0.68485	1.31784	1.71088	2.06390	2.49216	2.79694	3.46678
25		0.68443	1.31635	1.70814	2.05954	2.48511	2.78744	3.45019
26		0.68404	1.31497	1.70562	2.05553	2.47863	2.77871	3.43500
27		0.68368	1.31370	1.70329	2.05183	2.47266	2.77068	3.42103
28		0.68335	1.31253	1.70113	2.04841	2.46714	2.76326	3.40816
29		0.68304	1.31143	1.69913	2.04523	2.46202	2.75639	3.39624
30		0.68276	1.31042	1.69726	2.04227	2.45726	2.75000	3.38518
31		0.68249	1.30946	1.69552	2.03951	2.45282	2.74404	3.37490
32		0.68223	1.30857	1.69389	2.03693	2.44868	2.73848	3.36531
33		0.68200	1.30774	1.69236	2.03452	2.44479	2.73328	3.35634
34		0.68177	1.30695	1.69092	2.03224	2.44115	2.72839	3.34793
35		0.68156	1.30621	1.68957	2.03011	2.43772	2.72381	3.34005
36		0.68137	1.30551	1.68830	2.02809	2.43449	2.71948	3.33262
37		0.68118	1.30485	1.68709	2.02619	2.43145	2.71541	3.32563
38		0.68100	1.30423	1.68595	2.02439	2.42857	2.71156	3.31903
39		0.68083	1.30364	1.68488	2.02269	2.42584	2.70791	3.31279
40		0.68067	1.30308	1.68385	2.02108	2.42326	2.70446	3.30688

Lampiran B. Perhitungan perbandingan penyusutan produk pada pasir pabrik dengan pasir silika.

a. Membandingkan Pasir Pabrik mesh 30 dengan Pasir Silika mesh 30

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 = d_0 = 0$
- 2) $H_1 : \mu_1 < \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 < d_0 = 0$
- 3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$dk = n - k$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_{\text{total}} = dk_1 + dk_2$$

$$dk_{\text{tabel}} = dk_1 + dk_2$$

$$= n_1 + n_2 - 2$$

$$= 3 + 3 - 2 = 4$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{S_{\text{gab}} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian(s^2),

a) Pasir Pabrik mesh 30

$$S_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_1^2 = \frac{(3 \times 2,071) - 6,115}{3 \times (3-1)}$$

$$S_1^2 = 0,0165$$

b) Pasir Silika mesh 30

$$S_2^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_2^2 = \frac{(3 \times 0,071) - 0,172}{3 \times (3-1)}$$

$$S_2^2 = 0,006$$

dengan demikian

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,0165 + (3-1)0,006}{3+3-2}} = 0,108$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{-0,824 - 0,138 - 0}{0,108 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{-0,962}{0,491 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = -10,8918$$

- 6) Keputusan : Tolak H_0 , terima $t_{hitung} = -10,8918 < t_{tabel} = -2,13$, Maka didapatkan kesimpulan bahwa penggunaan pasir silika dengan mesh 30 memiliki pengaruh lebih baik dalam mengurangi tingkat penyusutan dibandingkan pasir pabrik mesh 30.

b. Membandingkan Pasir Pabrik mesh 40 dengan Pasir Silika 40

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 = d_0 = 0$
- 2) $H_1 : \mu_1 < \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 < d_0 = 0$
- 3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$dk = n - k$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_{total} = dk_1 + dk_2$$

$$dk_{tabel} = dk_1 + dk_2$$

$$= n_1 + n_2 - 2$$

$$= 3 + 3 - 2 = 4$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian(s^2),

a) Pasir Pabrik mesh 40

$$s_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$s_1^2 = \frac{(3 \times 1,642) - 4,910}{3 \times (3-1)}$$

$$s_1^2 = 0,0025$$

b) Pasir Silika mesh 40

$$s_2^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$s_2^2 = \frac{(3 \times 0,039) - 0,094}{3 \times (3-1)}$$

$$s_2^2 = 0,004$$

dengan demikian

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,0025 + (3-1)0,004}{3+3-2}} = 0,0577$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{-0,738 - 0,102 - 0}{0,0577 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{-0,84}{0,577 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = -11,89$$

6) Keputusan : Tolak H_0 karena $t_{hitung} = -11,89 < t_{tabel} = -2,13$. Maka didapatkan kesimpulan bahwa penggunaan pasir silika dengan mesh 40 memiliki pengaruh lebih baik dalam mengurangi tingkat penyusutan dibandingkan pasir pabrik mesh 40.

c. Membandingkan Pasir Pabrik mesh 50 dengan Pasir Silika 50

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 = d_0 = 0$
- 2) $H_1 : \mu_1 < \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 < d_0 = 0$
- 3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$\begin{aligned} dk &= n-k \\ dk_1 &= n_1 - 1 = 3 - 1 = 2 \\ dk_2 &= n_2 - 1 = 3 - 1 = 2 \\ dk_{total} &= dk_1 + dk_2 \\ dk_{tabel} &= dk_1 + dk_2 \\ &= n_1 + n_2 - 2 \\ &= 3 + 3 - 2 = 4 \end{aligned}$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian(s^2),

a) Pasir Pabrik mesh 50

$$s_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$s_1^2 = \frac{(3 \times 2,387) - 7,049}{3 \times (3-1)}$$

$$s_1^2 = 0,018$$

b) Pasir Silika mesh 50

$$S_2^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_2^2 = \frac{(3 \times 0,018) - 0,047}{3 \times (3-1)}$$

$$S_2^2 = 0,001$$

dengan demikian

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,018 + (3-1)0,001}{3+3-2}} = 0,099$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{S_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{-0,885 - 0,072 - 0}{0,099 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{-0,957}{0,099 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = -11,73$$

- 6) Keputusan : Tolak H_0 karena $t_{hitung} = -11,73 < t_{tabel} = -2,13$. Maka didapatkan kesimpulan bahwa penggunaan pasir silika dengan mesh 50 memiliki pengaruh lebih baik dalam mengurangi tingkat penyusutan dibandingkan pasir pabrik mesh 50.

Lampiran C. Perhitungan perbandingan penyusutan produk pada setiap mesh dari pasir pabrik.

a. Membandingkan Pasir Pabrik mesh 30 dengan Pasir Pabrik mesh 40

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 = d_0 = 0$
- 2) $H_1 : \mu_1 < \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 < d_0 = 0$
- 3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$dk = n - k$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_{\text{total}} = dk_1 + dk_2$$

$$dk_{\text{tabel}} = dk_1 + dk_2$$

$$= n_1 + n_2 - 2$$

$$= 3 + 3 - 2 = 4$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{\text{gab}} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian (s^2),

a) Pasir Pabrik mesh 30

$$S_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_1^2 = \frac{(3 \times 2,071) - 6,115}{3 \times (3-1)}$$

$$S_1^2 = 0,0165$$

b) Pasir Pabrik mesh 40

$$S_2^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_2^2 = \frac{(3 \times 1,642) - 4,910}{3 \times (3-1)}$$

$$S_2^2 = 0,0025$$

dengan demikian

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,0165 + (3-1)0,0025}{3+3-2}} = 0,0978$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{-0,824 - (-0,738) - 0}{0,0978 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{-0,086}{0,0978 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = -1,072$$

6) Keputusan : Terima H_0 karena $t_{hitung} = -1,072 > t_{tabel} = -2,13$. Maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah penggunaan mesh 30 dan 40 pada pasir pabrik tidak berpengaruh pada pengurangan tingkat penyusutan.

b. Membandingkan Pasir Pabrik mesh 30 dengan Pasir Pabrik mesh 50

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_3$ atau $\mu_1 - \mu_3 = d_0 = 0$
- 2) $H_1 : \mu_1 < \mu_3$ atau $\mu_1 - \mu_3 < d_0 = 0$
- 3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$dk = n - k$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_{total} = dk_1 + dk_2$$

$$dk_{tabel} = dk_1 + dk_2$$

$$= n_1 + n_2 - 2$$

$$= 3 + 3 - 2 = 4$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

- 5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian(s^2),

- a) Pasir Pabrik mesh 30

$$S_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_1^2 = \frac{(3 \times 2,071) - 6,115}{3 \times (3-1)}$$

$$S_1^2 = 0,0165$$

- b) Pasir Pabrik mesh 50

$$S_2^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_2^2 = \frac{(3 \times 2,387) - 7,049}{3 \times (3-1)}$$

$$S_2^2 = 0,018$$

dengan demikian

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,0165 + (3-1)0,018}{3+3-2}} = 0,133$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{-0,824 - (-0,885) - 0}{0,133 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{0,061}{0,133 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = 0,558$$

- 6) Keputusan : Terima H_0 karena $t_{hitung} = 0,558 > t_{tabel} = -2,13$. Maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah penggunaan mesh 30 dan 50 pada pasir pabrik tidak berpengaruh pada pengurangan tingkat penyusutan.

c. Membandingkan Pasir Pabrik mesh 40 dengan Pasir Pabrik mesh 50

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_3$ atau $\mu_1 - \mu_3 = d_0 = 0$
- 2) $H_1 : \mu_1 < \mu_3$ atau $\mu_1 - \mu_3 < d_0 = 0$
- 3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$dk = n - k$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_{\text{total}} = dk_1 + dk_2$$

$$dk_{\text{tabel}} = dk_1 + dk_2$$

$$= n_1 + n_2 - 2$$

$$= 3 + 3 - 2 = 4$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{\text{gab}} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian(s^2),

a) Pasir Pabrik mesh 40

$$S_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_1^2 = \frac{(3 \times 1,642) - 4,910}{3 \times (3-1)}$$

$$S_1^2 = 0,0025$$

b) Pasir Pabrik mesh 50

$$S_2^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_2^2 = \frac{(3 \times 2,387) - 7,049}{3 \times (3-1)}$$

$$S_2^2 = 0,018$$

dengan demikian

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,0025 + (3-1)0,0188}{3+3-2}} = 0,103$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{-0,738 - (-0,885) - 0}{0,103 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{0,147}{0,133 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = 1,729$$

- 6) Keputusan : Terima H_0 karena $t_{hitung} = 1,729 > t_{tabel} = -2,13$, Maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah penggunaan mesh 40 dan 50 pada pasir pabrik tidak berpengaruh pada pengurangan tingkat penyusutan.

Lampiran D. Perhitungan perbandingan penyusutan pada produk setiap mesh dari pasir silika.

a. Membandingkan Pasir Silika mesh 30 dengan Pasir Silika mesh 40

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 = d_0 = 0$
- 2) $H_1 : \mu_1 < \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 < d_0 = 0$
- 3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$\begin{aligned} dk &= n-k \\ dk_1 &= n_1 - 1 = 3 - 1 = 2 \\ dk_2 &= n_2 - 1 = 3 - 1 = 2 \\ dk_{\text{total}} &= dk_1 + dk_2 \\ dk_{\text{tabel}} &= dk_1 + dk_2 \\ &= n_1 + n_2 - 2 \\ &= 3 + 3 - 2 = 4 \end{aligned}$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{\text{gab}} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian(s^2),

a) Pasir Silika mesh 30

$$\begin{aligned} S_1^2 &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n.(n-1)} \\ S_1^2 &= \frac{(3 \times 0,071) - 0,172}{3 \times (3-1)} \\ S_1^2 &= 0,0068 \end{aligned}$$

b) Pasir Pabrik mesh 40

$$\begin{aligned} S_2^2 &= \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n.(n-1)} \\ S_2^2 &= \frac{(3 \times 0,039) - 0,094}{3 \times (3-1)} \end{aligned}$$

$$s_2^2 = 0,004$$

dengan demikian

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,0068 + (3-1)0,004}{3+3-2}} = 0,074$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{0,138 - 0,102 - 0}{0,074 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{0,036}{0,074 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = 0,595$$

6) Keputusan : Terima H_0 karena $t_{hitung} = 0,595 > t_{tabel} = -2,13$. Maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah penggunaan mesh 30 dan 40 pada pasir silika tidak berpengaruh pada pengurangan tingkat penyusutan.

b. Membandingkan Pasir Silika mesh 30 dengan Pasir Silika mesh 50

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_3$ atau $\mu_1 - \mu_3 = d_0 = 0$
- 2) $H_1 : \mu_1 < \mu_3$ atau $\mu_1 - \mu_3 < d_0 = 0$
- 3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$dk = n - k$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_{total} = dk_1 + dk_2$$

$$dk_{tabel} = dk_1 + dk_2$$

$$= n_1 + n_2 - 2$$

$$= 3 + 3 - 2 = 4$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian(s^2),

a) Pasir Silika mesh 30

$$S_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_1^2 = \frac{(3 \times 0,071) - 0,172}{3 \times (3-1)}$$

$$S_1^2 = 0,0068$$

b) Pasir Silika mesh 50

$$S_2^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_2^2 = \frac{(3 \times 0,018) - 0,047}{3 \times (3-1)}$$

$$S_2^2 = 0,001$$

dengan demikian

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,0068 + (3-1)0,001}{3+3-2}} = 0,0631$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{0,138 - 0,0726 - 0}{0,0631 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{0,0654}{0,0631 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = 1,273$$

- 6) Keputusan : Terima H_0 karena $t_{hitung} = 1,273 > t_{tabel} = -2,13$. Maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah penggunaan mesh 30 dan 50 pada pasir silika tidak berpengaruh pada pengurangan tingkat penyusutan.

c. Membandingkan Pasir Silika mesh 40 dengan Pasir Silika mesh 50

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_3$ atau $\mu_1 - \mu_3 = d_0 = 0$
- 2) $H_1 : \mu_1 < \mu_3$ atau $\mu_1 - \mu_3 < d_0 = 0$
- 3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$dk = n - k$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_{total} = dk_1 + dk_2$$

$$dk_{tabel} = dk_1 + dk_2$$

$$= n_1 + n_2 - 2$$

$$= 3 + 3 - 2 = 4$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

- 5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian (s^2),

- a. Pasir Silika mesh 40

$$s_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$s_1^2 = \frac{(3 \times 0,0395) - 0,094}{3 \times (3-1)}$$

$$s_1^2 = 0,004$$

- b. Pasir Silika mesh 50

$$s_2^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_2^2 = \frac{(3 \times 0,018) - 0,0475}{3 \times (3-1)}$$

$$S_2^2 = 0,001$$

dengan demikian

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,004 + (3-1)0,001}{3+3-2}} = 0,050$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{S_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{0,102 - 0,072 - 0}{0,050 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{0,03}{0,050 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = 0,713$$

- 6) Keputusan : Terima H_0 karena $t_{hitung} = 0,713 > t_{tabel} = -2,13$. Maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah penggunaan mesh 40 dan 50 pada pasir silika tidak berpengaruh pada pengurangan tingkat penyusutan.

Lampiran E. Perhitungan perbandingan kekasaran produk pada pasir pabrik dengan pasir silika.

a. Membandingkan Pasir Pabrik mesh 30 dengan Pasir Silika mesh 30

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 = d_0 = 0$
- 2) $H_1 : \mu_1 < \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 < d_0 = 0$
- 3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$dk = n - k$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_{\text{total}} = dk_1 + dk_2$$

$$dk_{\text{tabel}} = dk_1 + dk_2$$

$$= n_1 + n_2 - 2$$

$$= 3 + 3 - 2 = 4$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{\text{gab}} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian(s^2),

a) Pasir Pabrik mesh 30

$$S_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_1^2 = \frac{(3 \times 68,098) - 204,061}{3 \times (3-1)}$$

$$S_1^2 = 0,038$$

b) Pasir Silika mesh 30

$$S_2^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_2^2 = \frac{(3 \times 42,971) - 126,247}{3 \times (3-1)}$$

$$S_2^2 = 0,444$$

dengan demikian

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,038 + (3-1)0,444}{3+3-2}} = 0,491$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{S_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{4,761 - 3,745 - 0}{0,491 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{1,016}{0,491 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = 2,532$$

- 6) Keputusan : Terima H_0 , karena $t_{hitung} = 2,532 > t_{tabel} = -2,13$. Maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah penggunaan pasir pabrik maupun pasir silika dengan mesh 30 dan 30 tidak berpengaruh pada hasil kekasaran permukaan hasil coran.

b. Membandingkan Pasir Pabrik mesh 40 dengan Pasir Silika 40

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 = d_0 = 0$
- 2) $H_1 : \mu_1 < \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 < d_0 = 0$
- 3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$dk = n - k$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_{total} = dk_1 + dk_2$$

$$dk_{tabel} = dk_1 + dk_2$$

$$= n_1 + n_2 - 2$$

$$= 3 + 3 - 2 = 4$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian(s^2),

a) Pasir Pabrik mesh 40

$$S_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n.(n-1)}$$

$$S_1^2 = \frac{(3 \times 56,147) - 165,353}{3 \times (3-1)}$$

$$S_1^2 = 0,514$$

b) Pasir Silika mesh 40

$$S_2^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n.(n-1)}$$

$$S_2^2 = \frac{(3 \times 30,406) - 91,087}{3 \times (3-1)}$$

$$S_2^2 = 0,022$$

dengan demikian

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,514 + (3-1)0,022}{3+3-2}} = 0,518$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{4,286 - 3,181 - 0}{0,518 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{1,105}{0,518 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = 1,741$$

6) Keputusan : Terima H_0 karena $t_{hitung} = 1,741 > t_{tabel} = -2,13$ Maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah penggunaan pasir pabrik maupun pasir silika dengan mesh 40 dan 40 tidak berpengaruh pada hasil kekasaran permukaan hasil coran.

c. Membandingkan Pasir Pabrik mesh 50 dengan Pasir Silika 50

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 = d_0 = 0$
- 2) $H_1 : \mu_1 < \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 < d_0 = 0$
- 3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$dk = n - k$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_{total} = dk_1 + dk_2$$

$$dk_{tabel} = dk_1 + dk_2$$

$$= n_1 + n_2 - 2$$

$$= 3 + 3 - 2 = 4$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian(s^2),

a) Pasir Pabrik mesh 50

$$S_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_1^2 = \frac{(3 \times 24,853) - 73,874}{3 \times (3-1)}$$

$$S_1^2 = 0,114$$

b) Pasir Silika mesh 50

$$S_2^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_2^2 = \frac{(3 \times 19,774) - 59,151}{3 \times (3-1)}$$

$$S_2^2 = 0,028$$

dengan demikian

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,114 + (3-1)0,028}{3+3-2}} = 0,267$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{S_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{2,865 - 2,563 - 0}{0,267 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{0,302}{0,267 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = 1,380$$

- 6) Keputusan : Terima H_0 karena $t_{hitung} = 1,380 > t_{tabel} = -2,13$. Maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah penggunaan pasir pabrik maupun pasir silika dengan mesh 50 dan 50 tidak berpengaruh pada hasil kekasaran permukaan hasil coran.

Lampiran F. Perhitungan perbandingan kekasaran pada produk setiap mesh dari pasir pabrik.

a. Membandingkan Pasir Pabrik mesh 30 dengan Pasir Pabrik mesh 40

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 = d_0 = 0$
- 2) $H_1 : \mu_1 < \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 < d_0 = 0$
- 3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$dk = n - k$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_{\text{total}} = dk_1 + dk_2$$

$$dk_{\text{tabel}} = dk_1 + dk_2$$

$$= n_1 + n_2 - 2$$

$$= 3 + 3 - 2 = 4$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{S_{\text{gab}} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian(s^2),

a) Pasir Pabrik mesh 30

$$S_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_1^2 = \frac{(3 \times 68,098) - 204,061}{3 \times (3-1)}$$

$$S_1^2 = 0,038$$

b) Pasir Pabrik mesh 40

$$S_2^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_2^2 = \frac{(3 \times 56,147) - 165,353}{3 \times (3-1)}$$

$$S_2^2 = 0,514$$

dengan demikian

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,038 + (3-1)0,514}{3+3-2}} = 0,526$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{S_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{4,761 - 4,286 - 0}{0,526 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{0,475}{0,526 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = 1,106$$

- 6) Keputusan : Terima H_0 karena $t_{hitung} = 1,106 > t_{tabel} = -2,13$. Maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah penggunaan pasir pabrik mesh 30 dan 40 memberikan dampak yang tidak signifikan pada hasil kekasaran permukaan hasil coran.

b. Membandingkan Pasir Pabrik mesh 30 dengan Pasir Pabrik mesh 50

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_3$ atau $\mu_1 - \mu_3 = d_0 = 0$
- 2) $H_1 : \mu_1 < \mu_3$ atau $\mu_1 - \mu_3 < d_0 = 0$
- 3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$dk = n - k$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_{total} = dk_1 + dk_2$$

$$dk_{tabel} = dk_1 + dk_2$$

$$= n_1 + n_2 - 2$$

$$= 3 + 3 - 2 = 4$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{S_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian(s^2),

a. Pasir Pabrik mesh 30

$$S_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_1^2 = \frac{(3 \times 68,098) - 204,061}{3 \times (3-1)}$$

$$S_1^2 = 0,038$$

b. Pasir Pabrik mesh 50

$$S_2^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_2^2 = \frac{(3 \times 24,853) - 73,874}{3 \times (3-1)}$$

$$S_2^2 = 0,114$$

dengan demikian

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,038 + (3-1)0,114}{3+3-2}} = 0,276$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{S_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{4,761 - 2,865 - 0}{0,276 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{0,475}{0,276 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = 8,388$$

6) Keputusan : Terima H_0 karena $t_{hitung} = 8,388 > t_{tabel} = -2,13$. Maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah penggunaan pasir pabrik mesh 30 dan 50 memberikan dampak yang tidak signifikan pada hasil kekasaran permukaan hasil coran.

c. Membandingkan Pasir Pabrik mesh 40 dengan Pasir Pabrik mesh 50

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_3$ atau $\mu_1 - \mu_3 = d_0 = 0$
- 2) $H_1 : \mu_1 < \mu_3$ atau $\mu_1 - \mu_3 < d_0 = 0$
- 3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$dk = n - k$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_{total} = dk_1 + dk_2$$

$$dk_{tabel} = dk_1 + dk_2$$

$$= n_1 + n_2 - 2$$

$$= 3 + 3 - 2 = 4$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{S_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian(s^2),

a) Pasir Pabrik mesh 40

$$S_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_1^2 = \frac{(3 \times 56,147) - 165,353}{3 \times (3-1)}$$

$$S_1^2 = 0,514$$

b) Pasir Pabrik mesh 50

$$S_2^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_2^2 = \frac{(3 \times 24,853) - 73,874}{3 \times (3-1)}$$

$$S_2^2 = 0,114$$

dengan demikian

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,514 + (3-1)0,114}{3+3-2}} = 0,560$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{S_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{4,761 - 2,865 - 0}{0,560 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{0,475}{0,560 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = 3,103$$

- 6) Keputusan : Terima H_0 karena $t_{hitung} = 3,103 > t_{tabel} = -2,13$. Maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah penggunaan pasir pabrik mesh 40 dan 50 memberikan dampak yang tidak signifikan pada hasil kekasaran permukaan hasil coran.

Lampiran G. Perhitungan perbandingan kekasaran pada produk setiap mesh dari pasir silika.

a. Membandingkan Pasir Silika mesh 30 dengan Pasir Silika mesh 40

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 = d_0 = 0$
- 2) $H_1 : \mu_1 < \mu_2$ atau $\mu_1 - \mu_2 < d_0 = 0$
- 3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$dk = n - k$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_{\text{total}} = dk_1 + dk_2$$

$$dk_{\text{tabel}} = dk_1 + dk_2$$

$$= n_1 + n_2 - 2$$

$$= 3 + 3 - 2 = 4$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{S_{\text{gab}} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian (s^2),

a) Pasir Silika mesh 30

$$S_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_1^2 = \frac{(3 \times 42,971) - 126,247}{3 \times (3-1)}$$

$$S_1^2 = 0,444$$

b) Pasir Silika mesh 40

$$S_2^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_2^2 = \frac{(3 \times 30,406) - 91,087}{3 \times (3-1)}$$

$$S_2^2 = 0,022$$

dengan demikian

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,444 + (3-1)0,022}{3+3-2}} = 0,482$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{S_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{3,745 - 3,181 - 0}{0,482 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{0,564}{0,482 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = 1,430$$

6) Keputusan : Terima H_0 karena $t_{hitung} = 3,103 > t_{tabel} = -2,13$. Maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah penggunaan mesh 30 dan 40 pada pasir silika tidak berpengaruh pada kekasaran permukaan coran.

b. Membandingkan Pasir Silika mesh 30 dengan Pasir Silika mesh 50

- 1) $H_0 : \mu_1 = \mu_3$ atau $\mu_1 - \mu_3 = d_0 = 0$
- 2) $H_1 : \mu_1 < \mu_3$ atau $\mu_1 - \mu_3 < d_0 = 0$
- 3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$
- 4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$dk = n - k$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_{total} = dk_1 + dk_2$$

$$dk_{tabel} = dk_1 + dk_2$$

$$= n_1 + n_2 - 2$$

$$= 3 + 3 - 2 = 4$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian(s^2),

a) Pasir Silika mesh 30

$$S_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_1^2 = \frac{(3 \times 42,971) - 126,247}{3 \times (3-1)}$$

$$S_1^2 = 0,444$$

b) Pasir Silika mesh 50

$$S_2^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_2^2 = \frac{(3 \times 19,774) - 59,151}{3 \times (3-1)}$$

$$S_2^2 = 0,028$$

dengan demikian

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$s_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,444 + (3-1)0,028}{3+3-2}} = 0,486$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{s_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{3,745 - 2,563 - 0}{0,486 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{1,182}{0,486 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = 2,976$$

6) Keputusan : Terima H_0 karena $t_{hitung} = 2,976 > t_{tabel} = -2,13$. Maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah penggunaan mesh 30 dan 50 pada pasir silika tidak berpengaruh pada kekasaran permukaan coran.

c. Membandingkan Pasir Silika mesh 40 dengan Pasir Silika mesh 50

1) $H_0 : \mu_1 = \mu_3$ atau $\mu_1 - \mu_3 = d_0 = 0$

2) $H_1 : \mu_1 < \mu_3$ atau $\mu_1 - \mu_3 < d_0 = 0$

3) Untuk taraf signifikan $\alpha : 0,05$

4) Wilayah kritik : $t < -2,13$

Terdapat perhitungan nilai untuk derajat kebebasan (df)

$$dk = n - k$$

$$dk_1 = n_1 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_2 = n_2 - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$dk_{total} = dk_1 + dk_2$$

$$dk_{tabel} = dk_1 + dk_2$$

$$= n_1 + n_2 - 2$$

$$= 3 + 3 - 2 = 4$$

dengan $v = 4$ derajat kebebasan

5) Terdapat pengujian hipotesis dengan menggunakan uji t dibawah ini.

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{S_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

terdapat rumus untuk menghitung rumus varian (s^2),

a) Pasir Silika mesh 40

$$S_1^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_1^2 = \frac{(3 \times 30,406) - 91,087}{3 \times (3-1)}$$

$$S_1^2 = 0,022$$

b) Pasir Silika mesh 50

$$S_2^2 = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n \cdot (n-1)}$$

$$S_2^2 = \frac{(3 \times 19,774) - 59,151}{3 \times (3-1)}$$

$$S_2^2 = 0,028$$

dengan demikian

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

$$S_{gab} = \sqrt{\frac{(3-1)0,022 + (3-1)0,028}{3+3-2}} = 0,159$$

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d_0}{S_{gab} \sqrt{\left(\frac{1}{n_1}\right) + \left(\frac{1}{n_2}\right)}}$$

$$t = \frac{3,188 - 2,563 - 0}{0,159 \sqrt{\left(\frac{1}{3}\right) + \left(\frac{1}{3}\right)}}$$

$$t = \frac{0,625}{0,159 \sqrt{\left(\frac{2}{3}\right)}}$$

$$t = 4,754$$

- 6) Keputusan : Terima H_0 karena $t_{hitung} = 4,754 > t_{tabel} = -2,13$. Maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah penggunaan mesh 30 dan 40 pada pasir silika tidak berpengaruh pada kekasaran permukaan coran.

Lampiran H. Hasil Pengujian Penyusutan

Hasil Penyusutan mesh 30 Pasir Pabrik (PP)



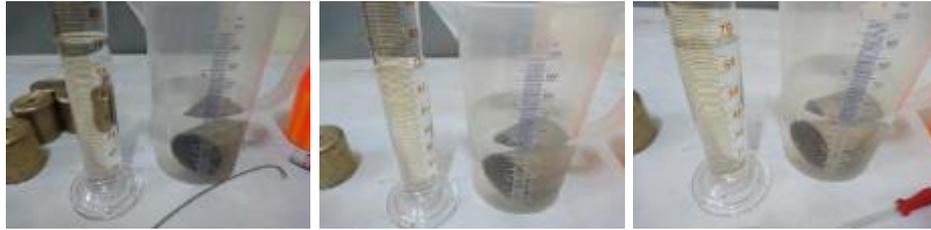
Hasil Penyusutan mesh 40 Pasir Pabrik (PP)



Hasil Penyusutan mesh 50 Pasir Pabrik (PP)



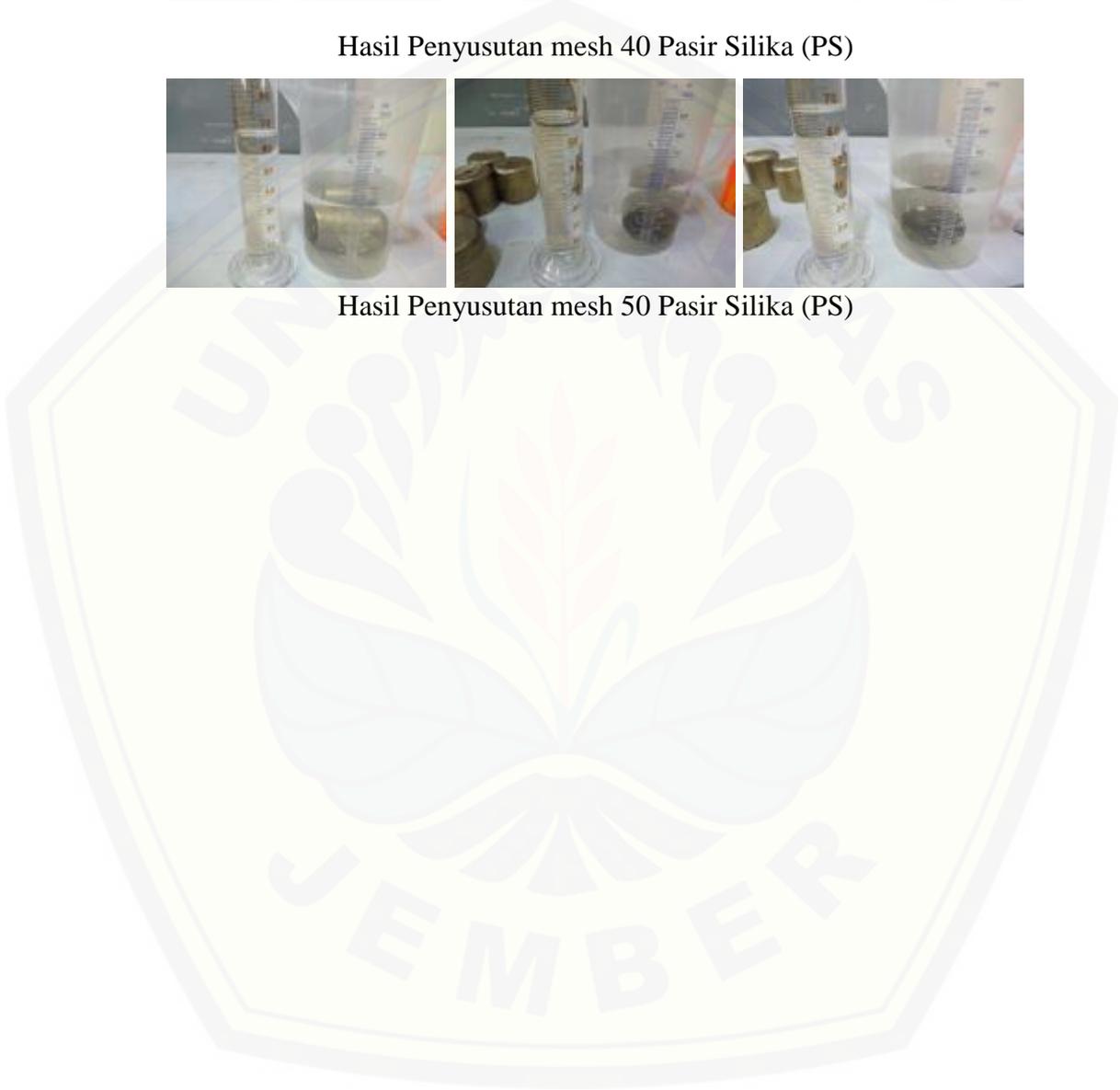
Hasil Penyusutan mesh 30 Pasir Silika (PS)



Hasil Penyusutan mesh 40 Pasir Silika (PS)



Hasil Penyusutan mesh 50 Pasir Silika (PS)



Lampiran I. Hasil Uji Kekasaran Permukaan.



Benda kerja 1 (Mesh 30 Coran PP)



Benda Kerja 2 (Mesh 30 Coran PP)



Benda Kerja 3 (Mesh 30 Coran PP)



Benda Kerja 4 (Mesh 40 Coran PP)



Benda Kerja 5 (Mesh 40 Coran PP)



Benda Kerja 6 (Mesh 40 Coran PP)



Benda Kerja 7 (Mesh 50 Coran PP)



Benda Kerja 8 (Mesh 50 Coran PP)



Benda Kerja 9 (Mesh 50 Coran PP)



Benda Kerja 10 (Mesh 30 Coran PS)



Benda Kerja 11 (Mesh 30 Coran PS)



Benda Kerja 12 (Mesh 30 Coran PS)



Benda Kerja 13 (Mesh 40 Coran PS)



Benda Kerja 14 (Mesh 40 Coran PS)



Benda Kerja 15 (Mesh 40 Coran PS)



Benda Kerja 16 (Mesh 50 Coran PS)



Benda Kerja 17 (Mesh 50 Coran PS)



Benda Kerja 18 (Mesh 50 Coran PS)

Lampiran J. Pengujian Pasir Cetak



LABORATORIUM PENGECORAN LOGAM
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Jl. MT Haryono 167 Malang Telp. (0341) 551611 – 551430 Pes.157 Malang 65145



Data Hasil Pengujian

Nama Pelanggan : Hafiz Lanang Yoga Nata
 Nim Pelanggan : 131910101082
 Instansi Pelanggan : Universitas Jember
 Pengujian : - Kekuatan Tekan Pasir Cetak
 - Kekuatan Tarik Pasir Cetak
 Jenis Pasir : Pasir Silika
 Komposisi : Lempung = 15%
 Abu = 3%
 Pasir = 82%

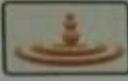
No	Spesimen	Kekuatan Tekan Kering (N/mm ²)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
1	Mesh 30	3	0,9

No	Spesimen	Kekuatan Tekan Kering (N/mm ²)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
1	Mesh 40	2,8	0,8

No	Spesimen	Kekuatan Tekan Kering (N/mm ²)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
1	Mesh 50	2,7	0,7



Malang, 8 Mei 2019
 Kepala Lab. Pengecoran Logam
Rudianto Raharjo, ST., MT.
 NIP. 19820225 201212 1 002

 **LABORATORIUM PENGECORAN LOGAM**
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA 
Jl. MT Haryono 167 Malang Telp. (0341) 551611 – 551430 Pes.157 Malang 65145

Data Hasil Pengujian

Nama Pelanggan : Hafiz Lanang Yoga Nata
Nim Pelanggan : 131910101082
Instansi Pelanggan : Universitas Jember
Pengujian : - Kekuatan Tekan Pasir Cetak
 - Kekuatan Tarik Pasir Cetak
Jenis Pasir : Pasir Bondowoso
Komposisi : Lempung = 15%
 Abu = 3%
 Pasir = 82%

No	Spesimen	Kekuatan Tekan Kering (N/mm ²)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
1	Mesh 30	3,9	0,8

No	Spesimen	Kekuatan Tekan Kering (N/mm ²)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
1	Mesh 40	4,0	0,9

No	Spesimen	Kekuatan Tekan Kering (N/mm ²)	Kekuatan Tarik (N/mm ²)
1	Mesh 50	4,3	1,1


Malang, 8 Mei 2019
Kepala Lab. Pengecoran Logam

Rudianto Raharjo, ST., MT.
NIP. 19820225 201212 1 002



Spesimen Pasir



Uji Tarik



Uji Tekan



Pasir Pabrik



Pasir Silika