

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Karburasi yang digunakan untuk meningkatkan kekerasan paduan Ti-6Al-4V dan komposit TiB+La₂O₃ dengan waktu penahan selama 24 jam. Analisis struktur mikro menunjukkan bahwa penguat TiC dan larutan padat Ti-C setelah dilakukan karburasi. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa kedua permukaan yang karburasi terjadi peningkatan yang signifikan sekitar 100% pada kekerasan mikro dibandingkan dengan spesimen yang tidak beri perlakuan. Adanya pengaruh pada struktur mikro dan kekerasan menunjukkan bahwa karburasi dengan metode yang efektif dalam memperkuat permukaan paduan titanium dan matriks titanium gabungan (DUAN et al., 2016).

Pengujian kekerasan vickers menunjukkan nilai kekerasan yang tertinggi berada pada spesimen KQA (Karburasi Quenching Air) sebesar 504,92 kg/mm² dan nilai kekerasan untuk KQO (Karburasi Quenching Oil) sebesar 442,08 kg/mm². Pada pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa butiran perlit pada raw material lebih kasar dari butiran ferit sedangkan pada spesimen yang mendapatkan perlakuan memperlihatkan bentuk struktur butir perlit dan ferit yang hampir seimbang (Bahtiar et al., 2017)

Menurut Parmita et al., (2021) Baja ASTM A36 tergolong ke dalam baja structural, yang mempunyai kegunaan dalam bidang industry missal konstruksi jembatan, struktur bangunan, roda gigi, dan konstruksi kapal. Untuk menangani masalah yang terjadi pada baja ASTM A36, dilakukan proses pengerasan pada permukaan dengan metode *pack carburizing* menggunakan variasi temperature 850⁰C, 900⁰C, dan 950⁰C menggunakan *holding time* 2 jam dengan karbon aktif konvensional dan *energizer* dari cangkang terul. Penelitian ini memperoleh hasil yaitu *pack carburizing* berpengaruh terhadap laju korosi dari baja ASTM A36 dengan adanya penurunan laju korosi yang terjadi, sedangkan variasi temperature pada proses *pack carburizing* terhadap laju korosi dari baja ASTM A36 tidak berpengaruh secara signifikan. Variasi temperature optimal dalam proses *pack carburizing* terhadap laju korosi baja ASTM A36 didapatkan pada specimen C1 dengan variasi temperature karburisasi sebesar 850⁰C dan adanya penurunan laju

korosi sebesar 48,6% dari specimen N (tanpa perlakuan). Baja ST 50 dijadikan sebagai bahan rekaya industry yang dapat dioptimalkan dengan karburasi gas pada *fluidized bed furnace*. Gas sebagai media karburasi di *fluidied bed* dengan variasi dengan variasi waktu penahan. Variasi waktu menjadi bagian dari sifat mekanik. Nilai yang dioptimalkan sifat mekanik ST 50 diaktifasi dalam 3 jam perlakuan didapatkan rata-rata kekuatan tarik 651,7 Mpa. Berdasarkan standart ASTM A370 dari SEM menunjukkan bahwa baja mengalami patah keras dang etas. Baja yang dioptimalkan menggunakan karburasi gas menunjukkan signifikan dari sifat mekanik (Lesmanah et al., 2013).

Menurut Suharno, dkk (2015), perubahan yang terjadi pada kekerasan dan struktur mikro yang terbntuk mendapatkan tingkat kekerasan. Pengujian struktur mikro menunjukkan struktur mikro *raw materials* terdiri dari *ferit* dan *perlit* dengan bentuk yang besar kristal yang seimbang dengan kandungan karbon sebesar 0,50% sedangkan spesimen *hardening* dengan *quench* didapatkan struktur mikro *martensit*. Struktur mikro dan makro yang terjadi pada baja St. 41 menunjukkan patah ulet ditunjukkan dengan banyaknya dimple pada hasil foto struktur mikro (Kurniawan et al., 2014).

2.2 Surface hardening

Hardening adalah proses sesuatu menjadi lebih keras atau dibuat lebih keras. Pengerasan dapat dilakukan pada Pengerasan (metalurgi), untuk meningkatkan kekerasan logam. Pengerasan dingin, suatu proses di mana tanaman mengalami perubahan fisiologis untuk mengurangi kerusakan akibat suhu dingin. Pengerasan permukaan merupakan proses yang mencakup berbagai macam teknik yang digunakan untuk meningkatkan ketahanan aus bagian tanpa mempengaruhi permukaan yang lebih halus. Proses *Surface hardening* digunakan dalam sehari-hari untuk meningkatkan ketahanan aus bahan besi dan digunakan secara luas, dibagi menjadi 2 kelompok sebagai berikut:

1. Memiliki komposisi struktur permukaan yang diubah. Contoh karburasi, karbonitriding, nitriding, nitrokarburising feritik dan *steam blueing*
2. Struktur permukaan yang berubah, misalnya pengerasan induksi, pengerasan api, pengecoran dan pengerasan martensit.

Pada *surface hardening* memiliki pendekatan yang berbeda yaitu Metode yang terjadi penumpukkan atau penambahan lapisan baru dan metode yang permukaan dan bawah permukaan dimodifikasi tanpa tmbahan lapisan yang disengaja. Efek pengerasan yang signifikan yang dalam dapat dicapai dengan oksidasi suhu tinggi dengan tekanan parsial oksigen yang tinggi, misalnya di udara atau oksigen, akan tetapi memberikan sedikit perlindungan terhadap keausan dan korosi karena pembentukan berpori dan kasar yang melekat dengan buruk oksida permukaan (Meng et al., 2021). Material yang akan dilakukan sebuah pengujian penerasan permukaan memiliki batas maksimum konsentrasi karbon didalamnya.

2.2.1 Carburizing

Proses *carburizing* dilakukan dengan memasukkan karbon ke dalam permukaan baja ketika dilakukan *heat treatment* dengan bahan yang mengandung karbon (padat, cair, dan gas). Karburasi digunakan untuk meningkatkan ketahanan lelah dan sifat ketangguhan komponen yang dibebani secara dinamis. Dengan pengayaan karbon di atmosfer gas, profil karbon dibuat dan ditransfer dengan pendinginan ke dalam profil kekerasan berdasarkan struktur mikro pelat martensit dan austenit yang tertahan di casing luar dan martensit lath di inti interior baja karbon rendah karburasi. Selain itu, transformasi martensit menghasilkan distribusi tegangan sisa tekan permukaan yang menguntungkan. Baik profil kekerasan maupun tegangan sisa meningkatkan kekuatan lelah, yang juga dipengaruhi oleh parameter seperti parameter utama seperti hubungan casing dengan ukuran komponen, kekerasan permukaan dan jumlah austenit yang tertahan. Hubungan case dengan ukuran komponen juga merupakan parameter yang mendominasi ketangguhan, yang juga dapat ditingkatkan dengan paduan dengan nikel (Grosch, 2014).

Merupakan proses pengerasan permukaan dengan memanaskan logam (baja) di atas suhu 850⁰C dalam lingkungan yang mengandung karbon. Baja pada temperatur tersebut mempunyai afinitas terhadap karbon. Berdasarkan media yang memberikan karbon, secara umum dibagi menjadi tiga yaitu, karburasi padat (*solid carburizing*), karburasi cair (*liquid carburizing*) karburasi gas (*gas carburizing*) (Bahtiar et al., 2017).

Menurut Fahreza et al., (2017), proses pengarbonan merupakan proses kimia panas yang dilaksanakan dengan cara memanaskan spesimen pada suhu austenitnya dalam ruangan yang mengandung serbuk karbon yang memiliki tujuan guna menaikkan kadar karbon pada lapisan permukaan baja sehingga didapatkan baja yang memiliki permukaan keras.

Maksimal nilai kekerasan mikro diperoleh pada karburasi permukaan, yang menunjukkan peningkatan dibandingkan dengan internal kekerasan mikro. Selain itu, dapat diamati bahwa nilai kekerasan menunjukkan penurunan dramatis di awal dan kemudian menurun sangat lambat sampai stabil, yang menunjukkan bahwa lapisan mengeras di kedua carburized sampel termasuk lapisan karburasi sekitar 30 m dan lapisan difusi lebih dari 200 m.

2.3 Baja Karbon Rendah ASTM A36

Baja merupakan campuran antara besi dan karbon yang memiliki kandungan sekitar 0,1% sampai 1,7%. Baja juga mengandung unsur-unsur lainnya seperti sulfur, fosfor, silicon, mangan dan sebagainya. Baja dapat dibedakan menjadi 3 berdasarkan kandungan karbon yaitu, baja karbon rendah $C < 0,3\%$, baja karbon sedang $C 0,3\% - 0,7\%$, dan baja karbon tinggi $0,7 - 1,7\%$ (Fahreza et al., 2017).

Baja ASTM A36 termasuk golongan baja structural yang banyak digunakan dalam bidang industry seperti konstruksi jembatan, struktur bangunan, roda gigi, dan konstruksi kapal (Parmita et al., 2021). ASTM A36 merupakan material yang sering digunakan dalam pembuatan *mild and hot rolled steel*, material yang memiliki *welding properties* sangat bagus dan tepat dalam proses *grinding*, *punching*, *tapping*, *drilling*, dan *machining* (Sahri, 2015). ASTM A36 memiliki syarat komposisi kimia yang digunakan sebagai acuan penggunaan manufaktur baja ASTM A36 pada Gambar 1

Product	Shapes ^A	Plates ^B					Bars ^B			
		To ¾ [20], incl	Over ¾ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 2½ [40 to 65], incl	Over 2½ to 4 [65 to 100], incl	Over 4 [100]	To ¾ [20], incl	Over ¾ to 1½ [20 to 40], incl	Over 1½ to 4 [100], incl	Over 4 [100]
Thickness, in. [mm]	All									
Carbon, max, %	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29	0.26	0.27	0.28	0.29
Manganese, %	0.80–1.20	0.80–1.20	0.85–1.20	0.85–1.20	...	0.60–0.90	0.60–0.90	0.60–0.90
Phosphorus, max, %	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sulfur, max, %	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicon, %	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.15–0.40	0.15–0.40	0.15–0.40	0.40 max	0.40 max	0.40 max	0.40 max
Copper, min, % when copper steel is specified	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

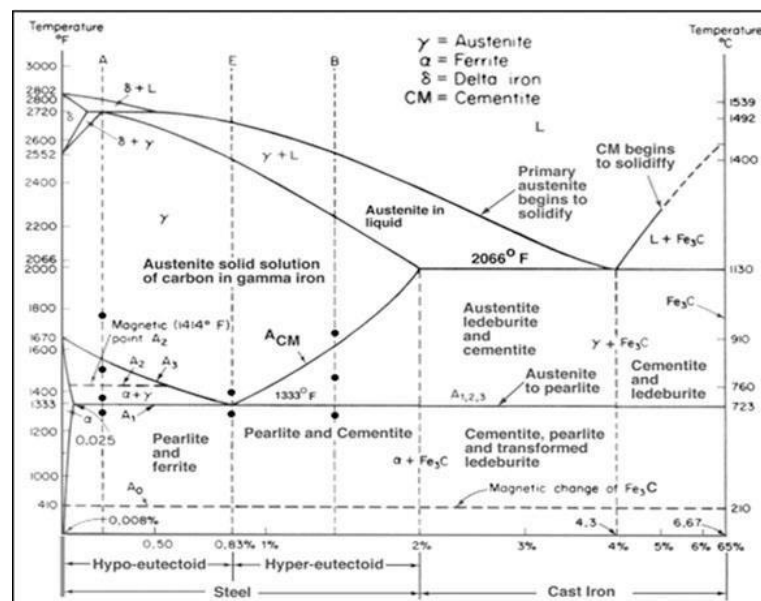
Gambar 1 Komposisi Kimia Baja ASTM A36

Sumber: American Society For Testing and Materials, 2004

2.4 Pengujian Kekerasan Material

Baja dan besi yang beredar merupakan hasil dari peleburan berupa paduan besi dengan baja karbon yang didalam baja paduan membentuk karbon berupa senyawa *sementit* atau *interstisial*. *Sementit* mempunyai sifat yang struktur logamnya stabil. Dalam sebuah baja yang terdapat beberapa unsur, selain unsur karbon yang mengandung kurang lebih 0,25% Si, 0,3%-1,5% Mn dan beberapa unsur pengotor seperti P dan S. Baja dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis baja melihat dari kandungan karbon

- Baja *Hypo-eutectoid* digolongkan karena mempunyai kandungan karbon 0,008%-0,80%
- Baja *Eurectoid* digolongkan karena mempunyai kandungan karbon 0,8%
- Baja *Hyper-eutectoid* digolongkan karena memiliki kandungan karbon 0,8%-2%



Gambar 2 Diagram Kesetimbangan Fe-Fe₃C

Sumber: Chabičovský & Horský (2017)

Diagram fasa Fe-Fe₃C memperlihatkan perubahan-perubahan fasa yang terjadi pada baja sehingga memiliki peran sangat penting dalam bidang ilmu logam maupun metalurgi. Diagram kesetimbangan pada Gambar 2.2 menjelaskan fasa-fasa yang terjadi dalam proses *heat treatment*. Area A1 pada Gambar 2.2 merupakan titik temperatur reaksi *eutectoid* yang merupakan perubahan fasa γ menjadi $\alpha + Fe_3C$

atau disebut *perlite* untuk baja *hypoeutectoid*. Area A2 merupakan titik *currie* yang berada pada temperature 769°C , yang memiliki sifat magnetic pada besi yang berubah dari feromagnetik menjadi paramagnetic. A3 merupakan suatu keadaan temperatu bertransformasi dari fasa γ berubah menjadi fasa α (*ferrite*) yang kenaikannya pada batas kelarutan karbon dan penurunannya temperature baja.

A_{CM} merupakan temperatuk yang akan terjadi transformasi baja yang dari fasa γ berubah menjadi Fe_3C atau disebut sebagai *sementite* dengan adanya penurunan batas kelarutan karbon yang disertai penurunan temperatur. A_{123} merupakan adanya transformasi γ menjadi $\alpha + Fe_3C$ atau disebut *perlite* untuk baja *hypoeutectoid* (Manarung dkk, 2020). Fasa-fasa yang terjadi pada baja karbon sebagai berikut:

a. Austenite

Merupakan sebuah larutan padat intertisi karbon yang berada didalam struktur kristal fcc besi. Kelarutan karbon yang dimiliki oleh austenite lebih besar dibandingkan dengan ferit. (Bahtiar et al., 2017). Zat campuran dari besi dan karbon dalam proses pembekuan, austenite akan berubah menjadi ferit, *perlite*, dan *sementite* yang memiliki sifat lentur, lunak dengan ketelitian tinggi. Austenite memiliki kadar karbon maksimum sebesar 2,14% (Manarung, 2020).

b. Ferit

Merupakan larutan padat interisi karbon yang berada dalam struktur kristas bcc besi. Kelarutan karbon pada diagram fasa menunjukkan masimum ferit adalah 0,022% pada suhu 727°C , sedangkan pada suhu 0°C kelarutan karbon menurun menjadi 0,005% (Bahtiar et al., 2017). Pada ferit struktur mikronya memiliki ruang antar atom yang kecil dan rapat sehingga menampung atom karbon dengan kapasitas yang tidak banyak. Dengan adanya hal tersebut, maka ferit memiliki daya larut karbon yang rendah kurang dari satu atom karbon per 1000 atom besi. Ferit memiliki warna putih dapat dilihat pada Gambar 2.3 atau bisa desbut sebagai alpha dan memiliki sifat yang lunak dan dapat dilihat apabila dilakukan uji kekerasan menggunakan alat uji vickers yang akan bernilai 140-180 HVN (*Vickers Hardness Number*) (Manarung, 2020).

c. δ ferrite

adalah karbon larut padat interstisi di dalam besi δ , yang memiliki struktur kristal BCC seperti α ferrite. Larutan padat dari karbon pada δ ferrite maksimum mencapai 0,09 %, pada temperatur 1465°C.

d. Cementite (Fe_3C), memiliki kelarutan tak terbatas dan komposisinya adalah karbon mulai dari 6,67 % - 93,3 % Fe. Cementite keras dan getas.

2.5 Pengujian Kedalaman Kekerasan

Kedalaman kekerasan pada material merupakan kedalaman difusi karbon yang terbuk adanya proses *heat treatment*. Semakin banyak karbon yang diberikan pada permukaan baja, maka difusi karbon semakin dalam yang terbentuk. Kekerasan permukaan akan bertambah apabila karbon dari media telah berdifusi dipermukaan material tersebut. Mendifusikan karbon dengan cara *carburizing*, dimana menambahkan unsur karbon sampai batas ketahanan permukaan dari baja tersebut. Lapisan kekerasan pada permukaan material setelah dilakukan proses carburizing akan terjadi adanya martensit saat proses quenching.

Bagian material yang lunak terdapat dalam material yang semakin dalam karena kedalaman tertentu martensit tidak terbentuk yang menyebabkan difusi karbon tidak terjadi. Kekerasan suatu material dapat dipengaruhi oleh suhu saat proses carburizing. Semakin tinggi suhu yang digunakan maka matriks martensit semakin rapat sehingga nilai kekerasan lapisan akan semakin tinggi.

2.6 Pengujian Komposisi Material

Komposisi akan terbentuk pada material dengan adanya perlakuan yang diberikan. Material yang diberi perlakuan surface hardening akan mengalami perubahan kadar komposisi. Baja karbon akan mengalami peningkatan kadar karbon apabila dilakukan proses carburizing. Pada penelitian ini, dilihat struktur mikro material baja ASTM A36 sebelum dan setelah mengalami perlakuan *carburizing* untuk membedakan komposisi material yang terbentuk pada baja ASTM A36.

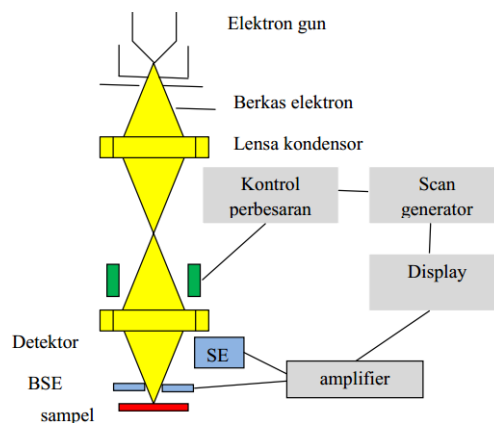
Perubahan komposisi pada material ini dapat dilihat menggunakan mikroskop. SEM EDX (*Scanning Electrone Mikroscope- Energy Dispersive X-ray*)

Spectroscopy) adalah salah satu mikroskop yang dapat digunakan untuk melihat komposisi dari suatu material. SEM EDX mempunyai perbesaran lensa 10 hingga 3.000.000 kali, *depth of field* 4 sampai 0,4 mm dan resolusi sebesar 1 sampai 10 nm (Farikhin, 2016). Hasil pengujian yang dihasilkan dari alat uji SEM EDX ini berbentuk diagram grafik, sehingga dapat langsung digunakan untuk menganalisis komposisi yang terbentuk pada suatu material.

Prinsip kerja dari alat uji SEM EDX ini adalah (Farikhin, 2016):

- a. Elektron gun sebagai katoda akan menghasilkan elektron beam dari filamen. Pemanasan akan terjadi akibat tegangan yang diberikan pada lilitan. Elektron akan tertarik menuju anoda karena adanya gaya yang terdapat pada anoda.
- b. Lalu lensa magnetik akan bekerja dengan memfokuskan elektron pada suatu titik di permukaan benda uji.
- c. Sinar elektron yang telah fokus akan menscan keseluruhan material uji yang diarahkan oleh koil pemindai.
- d. Ketika elektron mengenai benda uji, maka akan terjadi penghamburan elektron, yaitu *Secondary Electron* (SE) maupun *Back Scattered Electron* (BSE) dari permukaan benda uji yang selanjutnya akan dideteksi oleh detektor dan dihasilkan gambar mikrostruktur pada layar monitor.

Berikut ini adalah gambar yang menunjukkan bagaimana mikroskop SEM-EDX bekerja dengan prinsipnya:



Gambar 3 Prinsip Kerja Scanning Electrone Microscope- Dispersive X-ray Spectroscopy (SEM-EDX)
 Sumber: Sampson (1996)

Gambar 3 di atas menunjukkan bagaimana mikroskop SEM-EDX bekerja. Pada penelitian ini akan diuji apakah komposisi yang terbentuk pada material baja ASTM A36 sebelum dan sesudah diberi perlakuan. Apakah terjadi perubahan komposisi yang terjadi, bagaimana hal itu bisa terjadi, dan komposisi apa yang terbentuk setelah material diberi perlakuan. Komposisi material pada baja ASTM A36 setelah proses *carburizing* dan *nitriding* tentunya berbeda. Hal ini karena penambahan unsur karbon dan juga nitrogen yang dilakukan.

Berdasarkan penelitian proses nitriding yang dilakukan oleh Widi (2008), pada *Stainless Steel* Tipe 316 dengan variasi waktu holding dan diamati menggunakan alat SEM menghasilkan untuk temperatur 500°C dihasilkan pembentukan lapisan nitrida yang relatif tebal setelah waktu perlakuan nitridisasi 3 dan 6 jam. Beberapa fasa berwarna gelap terbentuk dalam lapisan ini terutama pada bagian atas lapisan. Pembentukan fase-fase gelap tersebut sama dengan yang teramati pada spesiman hasil perlakuan plasma nitriding dan dapat dihubungkan dengan dekomposisi pada fasa S dan pembentukan nitrida khrom.

2.7 *Fluidised Bed Furnace*

Fluidised Bed Furnace merupakan tungku pembakaran yang dimanfaatkan untuk perlakuan panas permukaan baja dan besi cor menggunakan gas thermo kimia. Pada proses pemanasan, akan terjadi gejala fluidisasi yang disebabkan oleh partikel oksidasi inert. Fluidisasi dapat diartikan sebagai suatu operasi dimana hamparan zat padat diperlakukan seperti fluida yang ada dalam keadaan berhubungan dengan gas atau cairan (Suprpta Winaya & Darma Susila, 2010). Fluida katalis yang dapat digunakan pada proses ini adalah alumina atau silika. Beberapa tahapan fluidisasi yang terjadi dalam pemanasan *fluidised bed* adalah (Widi, 2008):

1. Tahap *fixed bed*

Tahap ini adalah tahap awal dimulainya proses dimana kecepatan aliran gas yang relatif rendah. Kecepatan aliran gas ini akan semakin meningkat seiring dengan penurunan tekanan. Akibat dari meningkatnya kecepatan aliran gas maka partikel alumina tidak akan saling kontak akibat adanya aliran gas yang melewati butiran sehingga butiran tersebut akan bergerak seperti fluida.

2. Tahap *fluidised bed*

Seiring dengan meningkatnya aliran gas tadi, tekanan uap yang mengalami penurunan tadi akan mencapai nilai maksimum. Hal ini karena partikel padatan akan bergerak bebas dan terbentur oleh aliran gas tanpa halangan gas lain.

Adanya aliran turbulen dan pergerakan cepat dari fluida menyebabkan peningkatan koefisien perpindahan panas pada *fluidised bed* hingga mencapai 120-1200 W/m² °C. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi koefisien perpindahan panas dalam dapur *fluidised bed* antara lain : ukuran partikel, jenis material *bed* dan kecepatan fluidisasi gas. Pada proses perlakuan panas yang menggunakan *fluidised bed furnace* memerlukan beberapa suply gas yang mana gas ini digunakan sesuai dengan keperluannya. Gas yang dibutuhkan tersebut antara lain:

- a. Oksigen (O₂)
- b. Nitrogen (N₂)
- c. Metana atau LPG
- d. Amonia (NH₃)

Fluidised bed furnace terdiri atas dapur (retort, pemanas dan insulasi) dan sistem kontrolnya. Dapur dipanaskan oleh elemen pemanas dan gas (nitrogen) dialirkan ke dapur untuk melindungi terjadinya oksidasi atau dekarburisasi di dalam *fluidised bed*. Keuntungan yang diperoleh dari penggunaan *fluidised bed* ini adalah (Sujana & Widi, 2016):

1. Kecepatan perpindahan panas yang tinggi, keseragaman temperatur lebih cepat serta dapat dioperasikan hampir pada semua jangkauan temperatur.
2. Efisiensi termal tinggi dengan konsumsi listrik rendah.
3. Biaya operasional lebih rendah selama digunakan.
4. Waktu pemanasan lebih singkat, sehingga mengurangi waktu perlakuan.
5. Partikel pada *fluidised bed* tidak abrasif, tidak korosif dan tidak membasahi benda kerja.
6. Permukaan yang dihasilkan lebih baik, tidak terjadi scalling.
7. Deformasi yang terjadi lebih kecil.
8. Dapat dipakai untuk berbagai proses perlakuan panas hanya dalam satu dapur, seperti: pengerasan, karbonitridisasi, karburisasi, nitridisasi, nitrokarburisasi dan lain-lain.
9. Tidak terjadi korosi.

10. Bebas dari polusi dan kontaminasi.
11. Dapat juga untuk keperluan pendinginan dan sebagai media celup.
12. Laju pemulihan lebih cepat (*faster recovery rates*).
13. Perubahan komposisi atmosfer yang cepat (*rapid changes of atmosphere compositions*).

Sedangkan kerugian yang diperoleh akibat penggunaan *fluidised bed furnace* ini adalah (Sujana & Widi, 2016):

1. Sangat potensial terjadinya peledakan, bila terdapat kebocoran.
2. Arah dari aksi *fluidised bed* pada permukaan benda kerja yang beorientasi secara berbeda-beda.
3. Variasi ukuran komponen kerja yang diijinkan sulit diketahui.
4. Menimbulkan bau menyengat, jika pada saat perlakuan menggunakan gas ammonia

Perilaku logam dalam *fluidised bed furnace* dengan membandingkan konsentrasi logam dalam dua aliran abu utama: abu yang dipisahkan dari siklon setelah tungku terfluidisasi, dan abu terbang yang diperoleh kembali di *bag filter* akhir. Faktor pengayaan logam didefinisikan sebagai rasio konsentrasi logam antara abu filter dan abu siklon (Marani et al., 2003). *Fluidised bed furnace* memiliki kecepatan perpindahan panas yang maksimal disebabkan oleh gas fluida yang tinggi serta perpindahan panas yang rendah. Kecepatan fluidisasi akan rendah disebabkan adanya perpindahan panas yang berkurang dan akan menyebabkan kurang sempurna dari proses yang dilakukan.

2.8 Pengujian Komposisi Material

Komposisi material akan berubah ketika diberi perlakuan. Begitu pula dengan material yang diberi perlakuan *surface hardening*, akan mengalami perubahan kadar komposisi. Baja karbon yang dilakukan *carburizing* maupun *nitriding* akan mengalami penambahan unsur yang dapat mengakibatkan terbentuknya sifat material yang lebih baik. Baja karbon akan mengalami peningkatan kadar karbon apabila dilakukan proses *carburizing*. Sementara untuk memperoleh penambahan nitrogen diperlukan proses *nitriding*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Anthonius & Sumaryo (2019), yang melakukan gas nitriding pada baja karbon rendah AISI 4340 pada suhu 525°C dan

550°C selama 6 jam. Gas yang digunakan adalah gas amonia dengan kemurnian tinggi. Hasil analisis senyawa yang terbentuk pada lapisan permukaan adalah Fe_3N , CrN dan Fe_2O_3 .