



Proses Produksi Kondensor Tipe Gas Injection Condenser (GIC) di PT XYZ

Trya Jayadiansyah

Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung, Indonesia

Email: tryajayadiansyah3@gmail.com

Abstrak

Kondensor merupakan komponen utama dalam sistem pendingin udara kendaraan yang berfungsi mengubah gas refrigeran menjadi cair dengan melepaskan panas. Dalam produksi kondensor gas injection condenser (GIC), digunakan aluminium alloy sebagai bahan utama, khususnya Aluminium Alloy 3003, 3102, dan 6061, karena memiliki konduktivitas termal tinggi, bobot ringan, dan ketahanan terhadap korosi. Selain itu, terdapat bahan pendukung seperti flux brazing berbasis Al-Si (Aluminium-Silikon), lapisan anti-korosi (hydrophilic coating), serta komponen tambahan seperti bracket, O-ring, dan sensor tekanan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa total lead time produksi mencapai 108 menit (1,8 jam) dengan efisiensi produksi sebesar 63,44 pcs/jam dan waktu siklus rata-rata 57,14 detik per unit. Untuk memastikan kualitas produk, dilakukan Helium Leak Test dengan tekanan 0,4 - 0,6 MPa di dalam vacuum chamber, yang memungkinkan deteksi kebocoran kecil dengan akurasi tinggi. Penggunaan metode ini berhasil menekan tingkat defect dan meningkatkan kehandalan produk sebelum dikirim ke pelanggan. Kesimpulan dari pengamatan ini menunjukkan bahwa penerapan sistem produksi yang efisien, bahan berkualitas tinggi, serta pengujian yang ketat mampu meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi. Untuk ke depannya, disarankan adanya pengembangan material kondensor agar lebih ringan dan tahan lama, serta optimalisasi inspeksi dengan sensor otomatis guna meningkatkan daya saing produk di pasar global.

Kata kunci: Kondensor; Gas Injection Condenser (GIC); Helium Leak Test; Brazing.

Abstract

The condenser is a major component in a vehicle air conditioning system that functions to convert refrigerant gas into liquid by releasing heat. In the production of GIC condensers, aluminum alloy is used as the main material, specifically Aluminum Alloy 3003, 3102, and 6061, as they have high thermal conductivity, light weight, and corrosion resistance. In addition, there are supporting materials such as Al-Si (Aluminum-Silicon) based brazing flux, hydrophilic coating, and auxiliary components such as brackets, O-rings, and pressure sensors. The results showed that the total production lead time reached 108 minutes (1.8 hours) with a production efficiency of 63.44 pcs/hour and an average cycle time of 57.14 seconds per unit. To ensure product quality, a Helium Leak Test was conducted with a pressure of 0.4 - 0.6 MPa in a vacuum chamber, which allows detection of small leaks with high accuracy. The use of this method successfully reduced the defect rate and increased the reliability of the product before it was shipped to the customer. The conclusion from this observation shows that the implementation of an efficient production system, high-quality materials, and rigorous testing can improve production quality and quantity. In the future, it is recommended to develop condenser materials to be lighter and more durable, as well as optimize inspection with automatic sensors to improve product competitiveness in the global market.

Keywords: Condenser; Gas Injection Condenser (GIC); Helium Leak Test; Brazing.

PENDAHULUAN

Kondensor adalah salah satu komponen utama dalam sistem pendingin udara (AC) pada kendaraan bermotor (Rosyadi, 2023; Santoso, 2010; Sinaga et al., 2023). Fungsinya adalah untuk mengubah refrigeran berbentuk gas menjadi cair dengan cara melepaskan panas ke lingkungan sekitar (Setiawan, 2012). Proses ini sangat penting dalam siklus kerja sistem pendinginan, karena memastikan bahwa refrigeran dapat terus bersirkulasi dan menjaga suhu kabin kendaraan tetap nyaman (Poernomo, 2015).

Kondensor bekerja dengan cara menerima gas bertekanan tinggi yang telah dikompresi oleh kompresor (Anwar & Sari, 2013; Irfan, 2012). Gas ini kemudian melewati pipa dan sirip kondensor, di mana panasnya dibuang ke udara luar melalui bantuan kipas atau aliran udara saat kendaraan bergerak. Setelah panas dilepaskan, refrigeran akan mengalami perubahan fase

dari gas menjadi cair sebelum diteruskan ke komponen berikutnya dalam sistem pendinginan, yaitu katup ekspansi.

Ada beberapa jenis kondensor yang digunakan dalam sistem pendingin udara kendaraan, salah satunya adalah *Gas Injection Condenser* (GIC) (Al-Abri, 2011; Okere et al., 2024). Jenis kondensor ini memiliki desain yang lebih efisien dalam mentransfer panas, sehingga meningkatkan performa sistem pendinginan. Selain itu, teknologi yang digunakan dalam produksi kondensor juga terus berkembang, termasuk penggunaan material aluminium yang ringan dan tahan korosi serta metode pengujian kebocoran seperti *Helium Leak Test* untuk memastikan kualitas produk (Pratama & Siregar, 2023; Satyadi & Nurahman, 2024).

Dalam laporan praktik kerja ini penulis membahas mengenai proses produksi kondensor tipe *gas injection condenser* (GIC) di PT. XYZ, yang prosesnya dimulai dari bahan baku, proses perakitan *core* (*Core assy*), proses perakitan beberapa bagian (*Part assy*), proses penyambungan beberapa *part* pada kondensor dengan memakai metode *brazing*, proses pengujian *helium leak test* pada kondensor, sampai dengan proses *final inspection condenser* (Cheng et al., 2023; Leng et al., 2023; Suffield et al., 2024; Wang et al., 2023).

Laporan praktik kerja ini bertujuan untuk membahas dan menganalisis beberapa hal terkait kondensor dalam sistem pendingin udara, khususnya tipe *gas injection condenser* (GIC) yang diproduksi oleh PT. XYZ. Adapun rumusan masalah yang dibahas dalam laporan ini meliputi pengertian tentang kondensor dalam sistem pendingin udara, tahapan-tahapan dalam proses produksi kondensor tipe GIC di PT. XYZ, serta bagaimana perusahaan tersebut mengidentifikasi kondensor yang tidak layak dijual ke pasar. Tujuan dari penulisan laporan ini adalah untuk memahami proses produksi kondensor tipe GIC, memperoleh hasil analisis mengenai kondensor yang tidak memenuhi standar pasar melalui pengujian dan inspeksi, serta memberikan gambaran mengenai peran penting kondensor dalam sistem pendingin udara, khususnya tipe *gas injection condenser* (GIC).

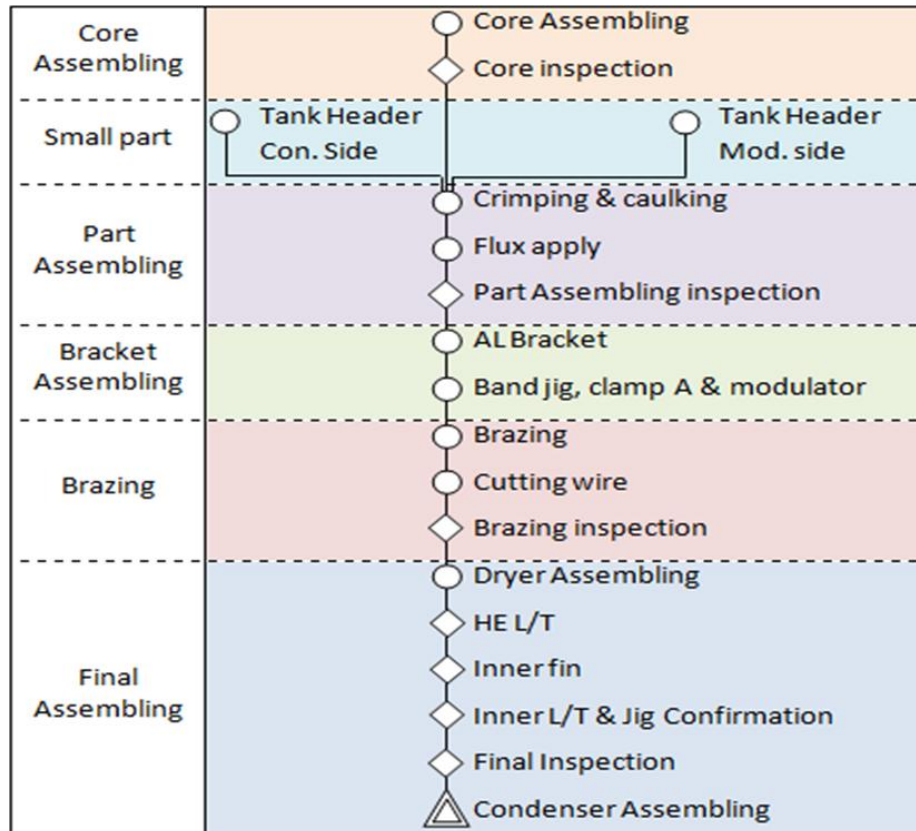
Kebaruan penelitian ini terletak pada analisis komprehensif proses produksi kondensor tipe *Gas Injection Condenser* (GIC) yang mengintegrasikan evaluasi teknis tahapan produksi, parameter kualitas, dan efisiensi proses dalam satu kerangka analisis operasional manufaktur. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya berfokus pada desain produk atau pengujian performa kondensor secara terpisah, penelitian ini menitikberatkan pada pemetaan alur produksi aktual di lini manufaktur PT Denso Indonesia Plant 2 MM2100, termasuk identifikasi titik kritis proses (*critical process points*) yang berpengaruh terhadap kualitas, produktivitas, dan potensi cacat. Selain itu, penelitian ini menghadirkan kontribusi baru berupa rekomendasi perbaikan proses berbasis kondisi riil industri otomotif, sehingga memberikan nilai tambah praktis dan aplikatif dalam pengembangan sistem produksi kondensor berteknologi GIC.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis secara sistematis proses produksi kondensor tipe *Gas Injection Condenser* (GIC) di PT Denso Indonesia Plant 2 MM2100. Penelitian ini memberikan manfaat teoretis dan praktis bagi pengembangan ilmu dan praktik manufaktur. Secara teoretis, penelitian ini memperkaya kajian mengenai proses produksi komponen otomotif berteknologi *Gas Injection Condenser* (GIC) dengan pendekatan analisis proses produksi secara menyeluruh. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat digunakan oleh manajemen dan pihak operasional PT Denso Indonesia sebagai bahan evaluasi dan pengambilan keputusan dalam meningkatkan efisiensi proses, konsistensi kualitas produk,

serta efektivitas pengendalian proses produksi, sekaligus menjadi referensi bagi industri sejenis dalam pengembangan dan optimalisasi lini produksi kondensor otomotif.

METODE PENELITIAN

Flowchart Kondensor Tipe Gas Injection Condenser (GIC)



Gambar 1. lowchart Gas Injection Condenser

Pada proses produksi kondensor tipe gas injection condenser (GIC), terbagi menjadi 6 tahapan utama, yaitu Core Assembling, Small Part, Part Assembling, Bracket Assembling, Brazing, dan Final Assembling. Flowchart ini merupakan rangkaian yang menggambarkan inti keseluruhan proses produksi kondensor tipe gas injection condenser (GIC) di PT. XYZ.

Selama melakukan Praktik Kerja di PT. XYZ, peneliti melakukan pengamatan secara langsung terhadap proses produksi kondensor khususnya pada proses produksi kondensor tipe *gas injection condenser* (GIC). Dibimbing oleh pembimbing lapangan dari departemen bagian kondensor PT. XYZ, pengambilan data dilakukan dengan cara wawancara bersama pembimbing lapangan, *foreman* atau *group leader* (Penanggung jawab tiap-tiap *line* produksi), dan penulis melakukan observasi secara langsung melihat proses produksi kondensor khususnya proses produksi kondensor tipe *gas injection condenser* (GIC) ke tiap-tiap *line* produksi.

Selama Praktik Kerja di PT. XYZ, penulis melakukan diskusi dengan pembimbing lapangan, selain dengan pembimbing lapangan, penulis juga melakukan diskusi bersama *foreman* atau *group leader* untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan. Data-data yang didapat dari *foreman* dan *group leader* kemudian didiskusikan kembali dengan pembimbing lapangan dan pembimbing praktik kerja di kampus dengan menggunakan *google meet*,

kegiatan diskusi juga dilakukan dengan rekan praktik kerja terkait tentang tugas-tugas yang akan dikerjakan. Peneliti berkesempatan untuk praktik kerja di PT. XYZ Bekasi *Plant 2 MM2100*, *Plant* ini memproduksi berbagai komponen otomotif yang dijual secara komersial ke pasar, seperti kondensor, radiator, AC bus, *HVAC*, dan *tube liquid*. Pada saat praktik kerja, penulis di tempatkan di *line* produksi divisi kondensor tipe *gas injection condenser* (GIC). Proses produksi dimulai dari bahan baku, proses *assembly*, proses *brazing*, proses *leak test*, hingga proses *final inspection condenser*.

Lead time dari *gas injection condenser*, data yang ditampilkan berupa tahapan proses dan waktu pengerjaan, *lead time* sendiri merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu proses produksi dari awal hingga produk jadi, *lead time* dapat dilihat pada tabel 3.1 di bawah

Tabel 1. *Lead time* Kondensor *gas injection condenser* (GIC)

NO	TAHAPAN PROSES	WAKTU Pengerjaan
1	<i>Core Assy</i>	21 Menit
2	<i>Core Inspection</i>	2 Menit
3	<i>Connector Assy</i>	5 Menit
4	<i>Modulator Assy</i>	10 Menit
5	<i>Crimping & Caulking</i>	1 Menit
6	<i>Flux Apply</i>	1 Menit
7	<i>Part Assy Inspection</i>	2 Menit
8	<i>Aluminium Bracket</i>	2 Menit
9	<i>Band Jig, Clamp A & Modulator</i>	2 Menit
10	<i>Brazing</i>	30 Menit
11	<i>Cutting Wire</i>	2 Menit
12	<i>Brazing Inspection</i>	2 Menit
13	<i>Dryer Assy</i>	2 Menit
14	<i>Helium Leak Test</i>	12 Menit
15	<i>Innerfin Brazing Check</i>	2 Menit
16	<i>Innerfin Leak Test & Jig Confirmation</i>	2 Menit
17	<i>Final Inspection</i>	10 Menit
18	<i>Condenser Assy</i>	-
TOTAL		108 Menit (1,8 Jam)

Dari *lead time* yang ditunjukkan pada tabel 1, dapat diperoleh data bahwa terdapat 17 pemrosesan, tiap-tiap proses itu dibagi kembali berdasarkan tahapan utamanya (perbedaan warna pada tabel mengikuti gambar 3.1 *flowchart*), dan diperoleh hasil perhitungan *lead time* yang menunjukkan bahwasannya 1 *gas injection condenser* membutuhkan waktu 108 menit atau 1,8 jam untuk menjadi sebuah produk yang siap dikirim.

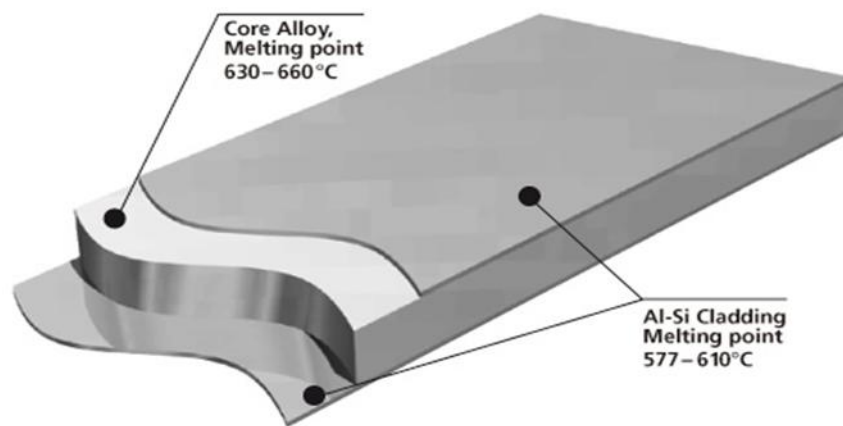
Proses produksi kondensor *gas injection condenser* terbagi menjadi 17 tahap pemrosesan dan 6 tahapan utama, *Lead time* tahapan-tahapannya yaitu *Core Assembling* (1-2), *Small Part* (3-4), *Part Assembling* (5-7), *Bracket Assembling* (8-9), *Brazing* (10-12), dan *Final Assembling* (13-17). Tahapan-tahapan ini merupakan gambaran dari rangkaian keseluruhan proses produksi kondensor tipe *gas injection condenser* (GIC) di PT. XYZ. Dapat disimpulkan pula bahwa 17 pemrosesan dan 6 tahapan utama tersebut, membutuhkan waktu 108 menit atau 1,8 jam untuk menghasilkan 1 buah produk dari bahan baku menjadi sebuah produk jadi yaitu

kondensor (GIC).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan Baku

Dalam pembuatan *gas injection condenser* (GIC), berbagai bahan baku digunakan untuk memastikan kondensor memiliki konduktivitas termal yang tinggi, ketahanan terhadap tekanan, serta daya tahan yang baik dalam sistem pendingin kendaraan. *Aluminium alloy* menjadi material utama dalam produksi kondensor karena memiliki konduktivitas termal yang tinggi, bobot yang ringan, serta ketahanan terhadap korosi. *Aluminium* digunakan dalam berbagai komponen seperti sirip pendingin (*fin*), tabung refrigeran (*tube*), *plate header*, serta pelat penyusun kondensor.



Gambar 2. Aluminium Alloy (brazing-welding-aluminum.com. 2023)

Paduan aluminium yang digunakan adalah Aluminium Alloy 3003, 3102, atau 6061, tergantung pada kebutuhan daya tahan dan efisiensi perpindahan panas. Dalam proses penyambungan komponen, digunakan bahan pengisi (brazing material) yang terdiri dari brazing alloy dan flux. Brazing alloy berbasis Al-Si (Aluminium-Silikon) seperti AlSi12 memiliki titik leleh yang lebih rendah dibanding aluminium utama, sehingga dapat menyatukan komponen tanpa merusak struktur dasarnya. Sementara itu, flux berfungsi untuk menghilangkan oksidasi dan membantu penyebaran bahan pengisi selama proses brazing dalam furnace.

Bahan Pendukung

Dalam pembuatan *gas injection condenser* (GIC), selain bahan utama seperti *aluminium alloy*, terdapat beberapa bahan pendukung yang berperan penting dalam memastikan kinerja optimal dan daya tahan kondensor, untuk meningkatkan daya tahan terhadap lingkungan yang korosif, kondensor juga dapat dilapisi dengan lapisan anti-korosi (*coating & surface treatment*).



Gambar 3. *Aluminium Sheet* (poscostainlesssteel.com. 2018)

Lapisan ini bisa berupa *pre-coated aluminium*, di mana lembaran *aluminium* sudah memiliki perlindungan sejak awal, atau *post-coating treatment* seperti *epoxy coating* atau *hydrophilic coating*, yang diterapkan setelah proses perakitan. Selain itu, beberapa komponen tambahan seperti *bracket*, *mounting*, *O-ring*, *seal*, serta sensor tekanan dan suhu juga digunakan untuk memastikan kondensor dapat dipasang dan berfungsi dengan baik dalam sistem pendingin kendaraan.

Spesifikasi Material

Dalam proses produksi *gas injection condenser* (GIC), pemilihan material menjadi faktor utama yang menentukan kualitas, efisiensi, dan daya tahan produk. Material yang digunakan harus memiliki konduktivitas termal yang tinggi untuk memastikan pelepasan panas yang optimal, serta daya tahan terhadap tekanan dan lingkungan korosif agar kondensor dapat berfungsi dengan baik dalam jangka waktu lama. Tabel berikut merangkum spesifikasi material yang digunakan dalam produksi kondensor *gas injection condenser* (GIC):

Tabel 2. Spesifikasi Material

No	Material	Jenis	Fungsi
1	<i>Aluminium Alloy</i> 3003, 3102, 6061	Logam <i>Non-Ferrous</i> (Paduan <i>Aluminium-Mangan</i> dan <i>Aluminium-Magnesium-Silikon</i>)	Material utama kondensor yang digunakan untuk sirip pendingin (<i>fin</i>), <i>tube</i> , dan <i>plate header</i> . Paduan ini memiliki konduktivitas termal tinggi untuk mempercepat pelepasan panas, bobot ringan untuk mengurangi beban kendaraan, serta ketahanan terhadap korosi agar dapat bertahan dalam kondisi lingkungan yang lembab dan ekstrem
2	<i>Brazing Alloy</i> (AlSi12)	Logam <i>Non-Ferrous</i> (Paduan <i>Aluminium-Silikon</i> / Al-Si 12%)	Digunakan sebagai bahan pengisi dalam proses <i>brazing</i> , yaitu penyambungan komponen kondensor tanpa melelehkan material utama. Paduan <i>Aluminium-Silikon</i> ini memiliki titik leleh lebih rendah dari <i>aluminium</i> utama, sehingga dapat menyebar ke celah antar-komponen dan membentuk sambungan yang kuat serta tahan bocor
3	<i>Flux</i>	Bahan Kimia (Campuran <i>Fluoride</i> dan <i>Klorida</i> berbasis <i>Aluminium</i> -)	Berfungsi untuk membersihkan permukaan logam dari oksidasi sebelum proses <i>brazing</i> , sehingga bahan pengisi dapat melekat dengan sempurna. Selain itu, <i>flux</i> membantu

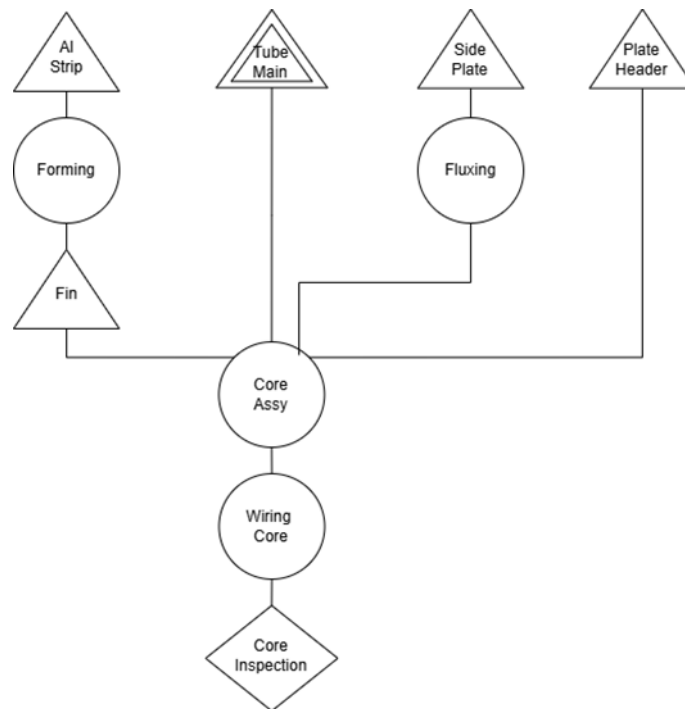
		<i>Silikon</i>)	mencegah pembentukan oksida baru selama pemanasan dalam <i>furnace</i> , sehingga menghasilkan sambungan yang lebih kuat dan bebas cacat
4	<i>Hydrophilic Coating</i>	Pelapis Anti-Korosi (Lapisan Berbasis <i>Epoxy</i> atau Teflon)	Lapisan pelindung yang diterapkan pada permukaan kondensor untuk meningkatkan daya tahan terhadap lingkungan korosif, terutama pada area dengan kelembaban tinggi. Lapisan ini juga membantu mengurangi penumpukan debu dan kotoran, sehingga menjaga efisiensi pendinginan
5	<i>Bracket Aluminium</i>	Logam <i>Non-Ferrous</i> (Paduan <i>Aluminium-Magnesium</i>)	Berfungsi sebagai penyangga danudukan kondensor dalam sistem pendingin kendaraan. <i>Bracket</i> ini memastikan kondensor tetap stabil pada posisinya dan mengurangi getaran saat kendaraan beroperasi. <i>Aluminium</i> dipilih karena ringan, kuat, dan tahan terhadap karat
6	<i>O-ring & Seal</i>	Karet <i>Elastomer</i> (<i>NBR</i> atau <i>HNBR – Nitrile Butadiene Rubber / Hydrogenated NBR</i>)	Digunakan sebagai segel untuk mencegah kebocoran refrigeran pada sambungan komponen kondensor. <i>O-ring</i> dan <i>seal</i> harus memiliki elastisitas tinggi serta tahan terhadap tekanan dan perubahan suhu ekstrem
7	Sensor Tekanan & Suhu	Komponen Elektronik (Sensor Piezoelektrik atau Termistor Berbasis Semikonduktor)	Sensor ini berfungsi untuk memantau tekanan dan suhu refrigeran dalam sistem pendingin. Data yang diperoleh digunakan untuk mengontrol kinerja AC kendaraan, memastikan sistem bekerja pada kondisi optimal, serta mencegah kerusakan akibat tekanan atau suhu yang tidak sesuai

Proses Produksi Kondensor *gas injection condenser* (GIC)

Pada proses produksi kondensor tipe *gas injection condenser* (GIC), terbagi menjadi 6 tahapan utama, yaitu *Core Assembling*, *Small Part*, *Part Assembling*, *Bracket Assembling*, *Brazing*, dan *Final Assembling*. 6 tahapan utama ini merupakan gambaran dari rangkaian keseluruhan proses produksi kondensor tipe *gas injection condenser* (GIC) di PT. XYZ.

1. *Core Assembling*

Dalam proses produksi *gas injection condenser* (GIC), *core assembling* merupakan tahapan pertama dalam perakitan inti kondensor sebelum masuk ke tahap *small part*. Tahapan ini bertujuan untuk menyatukan beberapa komponen utama. *Flowchart* dari tahap *core assembling*.



Gambar 3. *flowchart Core Assembling*

Terdapat 2 proses penting dalam tahapan *core assembling*, yaitu *core assy* dan *core inspection*.

a. Core Assy

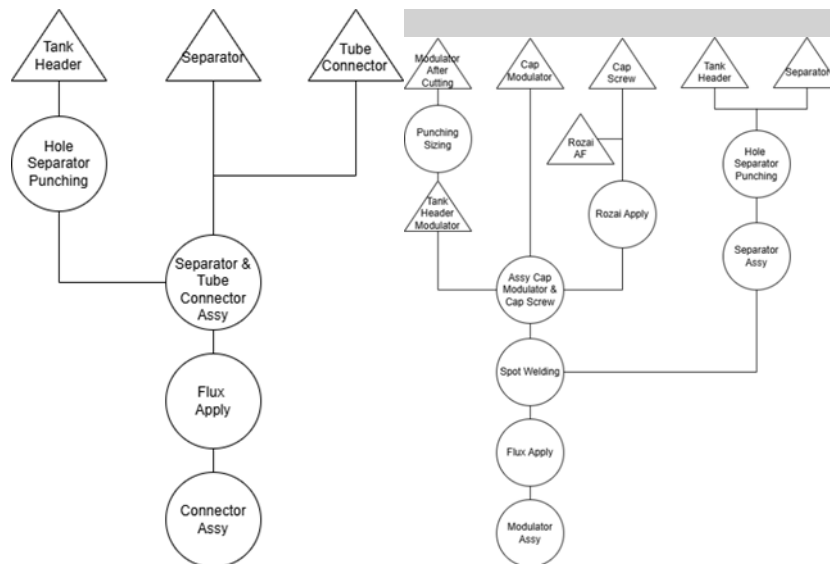
Proses ini bertujuan untuk menyatukan komponen utama seperti *aluminium strip* yang dilakukan proses *forming* dan menghasilkan *fin*, *tube main* (bentuk segitiga *double* pada *flowchart* memiliki arti bahwa *part tube main* merupakan *part* yang sudah jadi atau tidak perlu lagi dilakukan pemrosesan pada *part* tersebut), lalu terdapat *side plate* yang dilakukan proses *fluxing*, dan *plate header*, semua komponen utama itu dilakukan proses *wiring core* (pengikatan) sehingga menjadi satu unit.

b. Core Inspection

Core inspection adalah tahap pemeriksaan kualitas setelah proses *core assy* sebelum masuk ke tahap *small part*, proses ini bertujuan untuk memastikan susunan komponen sudah presisi (kerapatan *tube* dan *fin*), tidak ada cacat (*fin* rusak, *tube* penyok,), dan siap untuk proses selanjutnya.

2. Small Part

Small part adalah tahap kedua dalam proses produksi *gas injection condenser* (GIC) tahap ini berfokus pada pembuatan dan perakitan komponen kecil (*small part*) yang akan dipasang pada kondensor.



Gambar 4. Flowchart Small Part Connector Assy & Modulator Assy

Tahap *small part* dibagi menjadi dua *side*, *connector assy* dan *modulator assy*. Tahapan *small part* ini menggunakan metode *caulking* sebagai metode penyegelan tiap-tiap komponen, metode ini berfungsi untuk memastikan tidak ada kebocoran refrigeran setelah kondensor selesai dirakit.

a. Connector Assy

Proses ini dilakukan di *side connector assy*, part yang dilakukan pemrosesan pada tahap ini adalah *tank header* yang dilakukan proses *hole separator punching*, *separator* dan *tube connector* yang dilakukan proses *separator & tube connector assy*, lalu dilakukan proses *flux apply*.

b. Modulator Assy

Part yang dilakukan pemrosesan pada *modulator side* yaitu, *tank header modulator*, *cap modulator*, *cap screw*, *rozai af*, *tank header*, dan *separator*. Semua part tersebut dilakukan pemrosesan *assy cap modulator & cap screw*, *spot welding* dan *flux apply*

3. Part Assembling

Tahapan utama yang ketiga yaitu *part assembling*, pada tahap ini terdapat 3 pemrosesan yang tidak kalah penting bagi proses produksi *gas injection condenser*.



Gambar 5. Flowchart Part Assembling

3 proses tersebut yaitu *crimping & caulking*, *flux apply*, dan *part assy inspection*. *Flowchart* dari tahap *part assembling*.

a. Crimping & Caulking

Crimping adalah metode mekanis yang digunakan untuk menghubungkan dua bagian logam dengan cara menekan atau menjepit bagian tersebut hingga menyatu dengan kuat. Sementara itu, *caulking* adalah proses penutupan celah atau penyegelan untuk memastikan tidak ada kebocoran di area yang telah disambungkan. Dalam produksi *Gas Injection Condenser* (GIC), proses *crimping* dan *caulking* diterapkan untuk mengamankan koneksi antar-komponen seperti *tube connector*, *separator*, dan *modulator*. Hal ini dilakukan menggunakan mesin otomatis yang memberikan tekanan tertentu agar bagian-bagian tersebut terpasang dengan kuat dan presisi.

b. Flux Apply

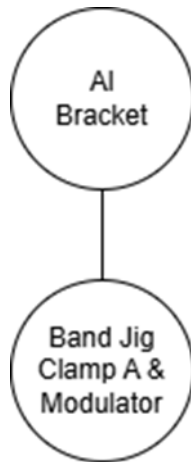
Setelah *crimping & caulking* selesai, langkah berikutnya adalah *Flux Apply*, yaitu proses penerapan *flux* pada bagian tertentu dari kondensor sebelum masuk ke tahap *Brazing*. Dalam produksi GIC, *flux* diaplikasikan pada area yang akan dilakukan *brazing*, seperti *tube main*, *plate header*, *bracket*, dan komponen kecil lainnya. *Flux* biasanya berupa cairan atau bubuk yang diterapkan secara merata menggunakan alat khusus agar penyebarannya optimal. Jika *flux* tidak diterapkan dengan baik, hasil *brazing* dapat menjadi lemah atau tidak merata, yang berisiko menyebabkan kegagalan struktural pada kondensor. Oleh karena itu, pemeriksaan ketebalan dan distribusi *flux* menjadi aspek penting dalam proses ini.

c. Part Assy Inspection

Setelah semua komponen dirakit dan *flux* telah diterapkan, tahap selanjutnya adalah *Part Assy Inspection*, yaitu inspeksi atau pengecekan hasil perakitan sebelum kondensor masuk ke tahap *Bracket Assembling*. Inspeksi ini mencakup beberapa aspek penting, antara lain Kualitas pemasangan komponen → memastikan semua bagian sudah terpasang dengan benar dan presisi. Kerapatan sambungan → memastikan bahwa tidak ada celah atau kesalahan dalam proses *crimping & caulking*. Distribusi *flux* → memastikan bahwa *flux* telah diterapkan secara merata pada bagian yang akan melalui proses *brazing*. Jika ditemukan cacat atau kesalahan dalam perakitan, produk akan dikembalikan untuk diperbaiki sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya.

4. Bracket Assembling

Setelah tahap *Part Assembling* selesai, proses berikutnya adalah *Bracket Assembling*, yaitu pemasangan *bracket* sebagai bagian pendukung struktur kondensor. *Bracket* ini berfungsi untuk menopang dan memperkuat posisi kondensor dalam sistem pendingin kendaraan.



Gambar 6. *Flowchart Bracket Assembling*

a. Aluminium Bracket

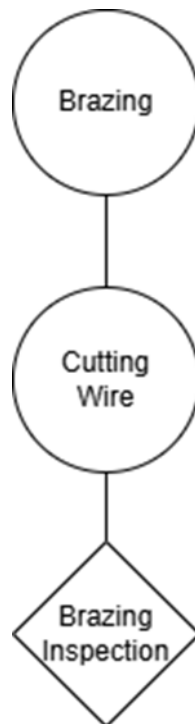
Bracket utama pada GIC terbuat dari *aluminium*, karena memiliki sifat ringan tetapi tetap kuat serta tahan terhadap korosi (Dewi & Nugraha, 2024; Manggabarani, 2020). *Aluminium bracket* dipasang pada bagian kondensor untuk memberikan dukungan tambahan dan memudahkan pemasangan dalam sistem kendaraan. Proses pemasangan *aluminium bracket* dilakukan dengan teknik *riveting* atau *welding*, tergantung pada desain produk. Pemasangan ini harus dilakukan dengan presisi agar *bracket* tidak bergeser atau menyebabkan getaran berlebihan saat kendaraan beroperasi.

b. Band Jig, Clamp A & Modulator

Selain *aluminium bracket*, beberapa komponen pendukung lain seperti *Band Jig*, *Clamp A*, dan *Modulator* juga dipasang dalam tahap ini. *Band Jig* digunakan untuk menahan bagian tertentu selama pemasangan. *Clamp A* berfungsi sebagai pengikat tambahan untuk meningkatkan stabilitas struktur kondensor. *Modulator* dipasang untuk membantu mengatur distribusi refrigeran di dalam kondensor. Setelah pemasangan *bracket* selesai, dilakukan inspeksi visual dan pengujian sederhana untuk memastikan semua komponen terpasang dengan benar sebelum masuk ke tahap *Brazing*.

5. Brazing

Brazing adalah salah satu proses utama dalam produksi GIC, di mana berbagai komponen logam disambungkan menggunakan bahan pengisi yang dilelehkan pada suhu tinggi.



Gambar 7. *Flowchart Brazing*

a. *Brazing*

Proses ini menggunakan *furnace* dengan suhu yang dikontrol secara ketat. Setelah bahan pengisi meleleh, ia akan menyebar melalui celah antara komponen dan mengeras setelah pendinginan, membentuk sambungan yang kuat.

b. *Cutting Wire*

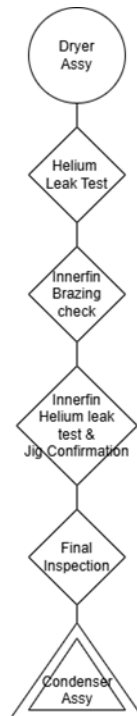
Setelah *brazing* selesai, kawat pengikat yang digunakan selama perakitan dipotong untuk memastikan hasil sambungan yang rapi dan bersih.

c. *Brazing Inspection*

Inspeksi dilakukan untuk memastikan tidak ada sambungan yang gagal atau tidak sempurna sebelum kondensor masuk ke tahap akhir perakitan.

6. *Final Assembling*

Tahap terakhir dalam produksi GIC adalah *Final Assembling*, di mana komponen tambahan dipasang dan dilakukan serangkaian pengujian akhir.



Gambar 8. Flowchart Final Assembling

a. Dryer Assy

Dryer dipasang untuk menyaring dan menghilangkan kelembaban dalam sistem pendingin.

b. Helium Leak Test

Pengujian kebocoran dilakukan dengan memasukkan *helium* ke dalam kondensor dan mendeteksi apakah ada gas yang bocor menggunakan alat sensor.

c. Innerfin Brazing Check

Pemeriksaan dilakukan untuk memastikan bahwa bagian dalam kondensor telah melewati proses *brazing* dengan sempurna.

d. Innerfin Helium Leak Test & Jig Confirmation

Pengujian tambahan dilakukan untuk mendeteksi kebocoran kecil pada bagian dalam kondensor dan memastikan bahwa *jig* produksi berfungsi dengan baik.

e. Final Inspection

Inspeksi akhir mencakup pemeriksaan visual, pengujian tekanan, serta konfirmasi dimensi produk sebelum dikemas.

f. Condenser Assy

Produk yang telah lulus *inspeksi* dikemas dan disiapkan untuk distribusi.

7. Mekanisme Kerja Brazing

Brazing adalah metode penyambungan dua atau lebih komponen logam dengan menggunakan bahan pengisi (*filler metal*) yang memiliki titik leleh lebih rendah daripada material utama. Berbeda dengan proses pengelasan (*welding*), dalam *brazing* material utama tidak ikut meleleh, hanya bahan pengisi yang mencair dan mengisi celah antar-komponen melalui gaya kapiler. *Brazing* digunakan secara luas dalam industri otomotif, termasuk dalam produksi *Gas Injection Condenser* (GIC) di PT. XYZ, karena metode ini mampu menghasilkan sambungan yang kuat, tahan lama, dan bebas kebocoran, yang sangat penting untuk kinerja sistem pendingin udara kendaraan.

Proses brazing bergantung pada tiga prinsip utama, yaitu Kapilaritas → Bahan pengisi cair mengalir ke dalam celah antar-komponen dengan gaya kapiler. Pembersihan Oksida → Menggunakan *flux* untuk menghilangkan oksida yang dapat mengganggu proses penyambungan. Peleburan & Pendinginan → Bahan pengisi dilelehkan oleh pemanasan, menyebar, lalu mengeras untuk membentuk sambungan yang kuat. Pada GIC, *brazing* digunakan untuk menyambungkan komponen seperti *tube main*, *plate header*, *separator*, *tank header*, dan *modulator*.

Dalam produksi GIC, *brazing* dilakukan dengan metode *Furnace Brazing*, yaitu pemanasan dalam tungku khusus yang memiliki atmosfer terkendali. Keunggulan metode ini antara lain, sambungan lebih presisi karena tidak ada kontak langsung dengan sumber panas seperti pada *brazing* manual, distribusi panas merata, sehingga seluruh komponen terpanaskan dengan sempurna, mengurangi deformasi material karena pemanasan terjadi secara perlahan dan terkendali. Selain *furnace brazing*, metode lain seperti *torch brazing* dan *induction brazing* juga digunakan dalam industri manufaktur, tetapi tidak diterapkan di PT. XYZ untuk produksi kondensor (GIC).

Proses *brazing* dalam produksi GIC di PT. XYZ terdiri dari beberapa tahap utama, sebelum *brazing* dilakukan, semua komponen kondensor harus dirakit terlebih dahulu sesuai dengan desain yang telah ditentukan. Perakitan dilakukan dengan teknik *crimping & caulking* untuk memastikan bahwa bagian-bagian sudah terpasang dengan benar. Aplikasi *Flux*, *Flux* adalah bahan kimia yang berfungsi untuk menghilangkan oksidasi pada permukaan logam, membantu penyebaran bahan pengisi secara merata, mencegah terbentuknya oksida baru selama proses pemanasan.

Pemanasan dalam *furnace*, Setelah komponen siap dan *flux* telah diterapkan, perakitan kondensor dimasukkan ke dalam *furnace brazing*, *furnace* dipanaskan hingga suhu 600-650°C (tergantung material dan bahan pengisi yang digunakan), pemanasan dilakukan dalam atmosfer terkendali untuk menghindari reaksi oksidasi yang tidak diinginkan, saat suhu mencapai titik leleh bahan pengisi, cairan *brazing* mulai menyebar ke celah antar-komponen melalui gaya kapiler.

Penyebaran bahan pengisi, pada suhu tinggi, bahan pengisi seperti *Al-Si* (*Aluminium-Silikon*) mulai mencair dan mengalir ke dalam celah sambungan, membentuk ikatan metalurgi yang kuat setelah pendinginan. Pendinginan dan solidifikasi, setelah pemanasan selesai, kondensor dikeluarkan dari *furnace* dan didinginkan perlahan hingga bahan pengisi mengeras dan membentuk sambungan permanen. Inspeksi hasil *brazing*, pemeriksaan visual dan uji kebocoran dilakukan untuk memastikan kualitas sambungan. Jika ada cacat atau retakan, produk akan dikembalikan untuk diperbaiki atau ditolak.

8. Mekanisme Kerja Helium Leak Test

Helium leak test merupakan salah satu metode yang paling sensitif dan akurat untuk mendeteksi kebocoran dalam sistem tertutup atau komponen. Metode ini sering digunakan dalam industri otomotif, *aerospace*, elektronik, dan manufaktur presisi lainnya di mana kebocoran dapat menyebabkan kegagalan fungsi atau kinerja yang tidak memadai dari produk akhir. Berikut merupakan mekanisme kerja *helium leak test*.



Gambar 9. *Chamber Helium Leak Test*

Benda yang akan diuji ditempatkan di dalam ruang hampa udara (*vacum test chamber*). Ruang hampa udara ini berfungsi untuk menghilangkan udara dari sekitar benda, sehingga *helium* yang bocor dari benda akan lebih mudah dideteksi.



Gambar 10. *Komponen utama Helium Leak Test*

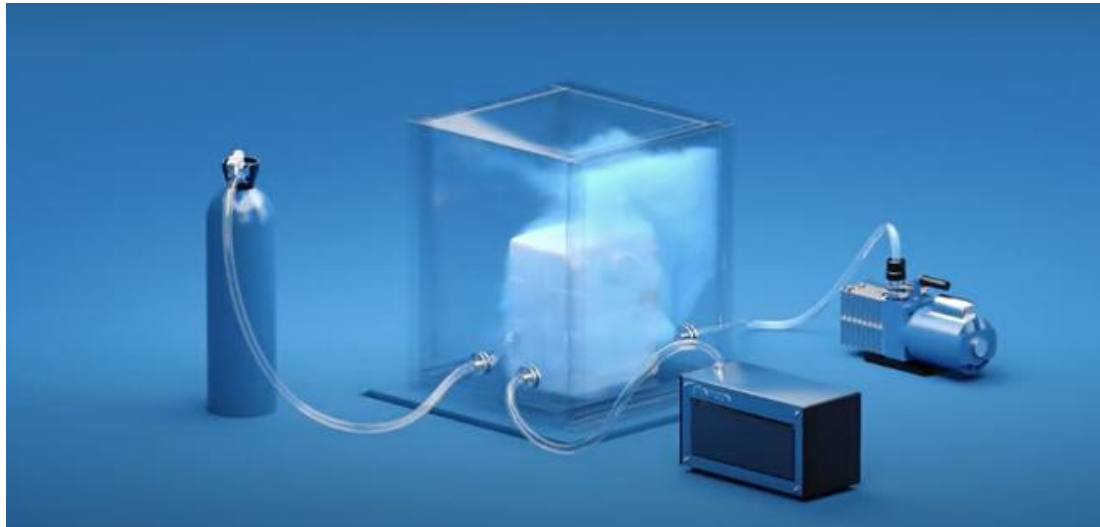
Pada gambar diatas terdapat komponen-komponen inti pada pengujian *helium leak test* yaitu : *leak detection gas*, *leak detector*, *vacum pump* dan objek yang diuji (Kondensor).



Gambar 11. *Vacum pump menyerap udara dan gas dalam chamber*

Pada gambar diatas udara didalam *chamber* diberi warna biru, Proses dimulai dengan penghilangan udara atau gas-gas lainnya dari dalam *chamber* menggunakan pompa vakum.

Tujuannya adalah untuk menciptakan kondisi vakum yang mendekati udara hampa di dalam *chamber*. Hal ini penting karena *helium* yang digunakan sebagai gas uji harus mendominasi dalam lingkungan uji untuk mendeteksi kebocoran dengan lebih efektif.



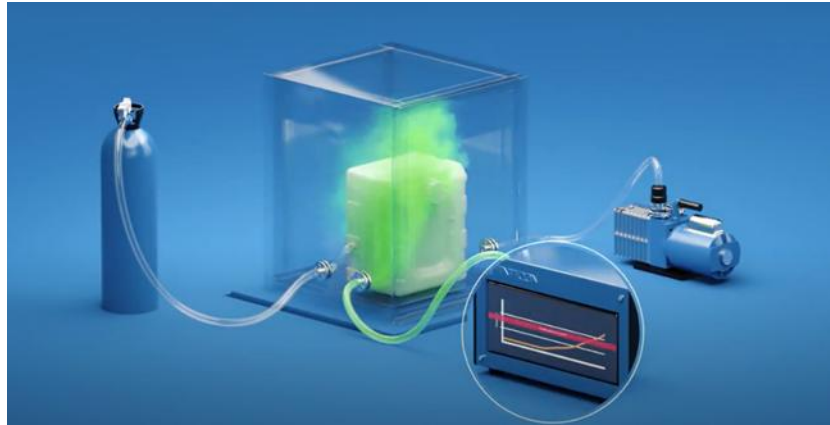
Gambar 12. *Vacum pump* menghisap udara di dalam *chamber*

Udara didalam *chamber* mulai terhisap oleh *vacum pump* dan udara yang berada didalam produk juga ikut terhisap agar pada saat *helium leak testing* dapat menghasilkan akurasi yang presisi.



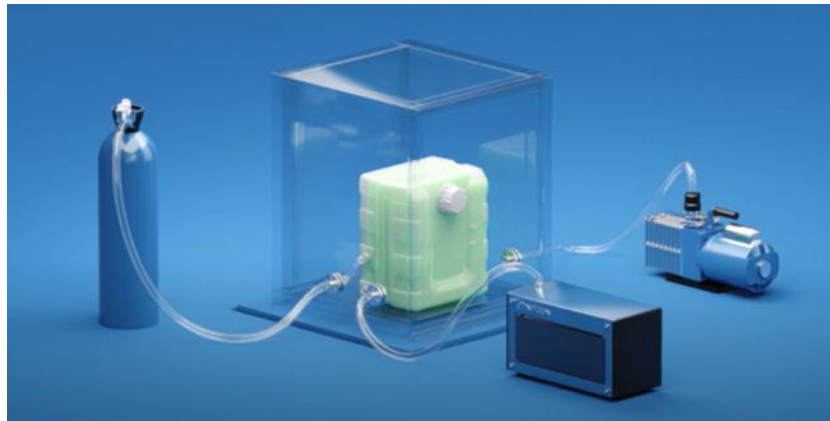
Gambar 13. *Helium* dimasukan melalui *inlet*

Pada gambar diatas *helium* diberi warna hijau, kemudian setelah dalam keadaan hampa udara dan gas-gas lainnya tidak ada, *helium* dialirkan melalui *inlet helium* tersebut akan mengalir keseluruh bagian kondensor dengan tekanan *helium* 0,4 - 0,6 Mpa.



Gambar 14. *Leak Detector* mendeteksi kebocoran

Ketika pada kondensor terdapat kebocoran, *leak detector* akan mendeteksi dan memberikan *alarm* peringatan atau sinyal lainnya pada operator *helium leak testing* untuk dipisahkan dan dilakukan *buble leak test* untuk mengetahui posisi kebocoran dari kondensor tersebut.



Gambar 15. Kondensor *Good*

Jika pada kondensor tidak terdapat kebocoran, *vacum pump* akan menghisap kembali *helium* yang berada didalam kondensor melalui *lower tank*, kemudian *helium* tersebut bisa dipakai kembali pada pengecekan selanjutnya sehingga efisiensi penggunaan *helium* menjadi meningkat.

9. Efektivitas *Helium Leak Test* Terhadap Kualitas Dan Kuantitas

Helium leak test metode yang sangat sensitif dan efektif untuk mendeteksi kebocoran pada sistem tertutup atau komponen yang perlu mempertahankan kedap terhadap fluida. Penggunaan tes ini memiliki beberapa pengaruh penting terhadap kualitas dan kuantitas produk atau sistem yang diuji :

a. Pengaruh Terhadap Kualitas

- 1) Peningkatan kehandalan, dengan mendeteksi kebocoran yang sangat kecil, *helium leak test* memastikan bahwa komponen atau sistem yang diuji benar-benar kedap udara atau gas.
- 2) Keamanan, produk yang lolos *helium leak test* cenderung lebih aman digunakan karena telah dipastikan tidak memiliki kebocoran yang dapat menyebabkan kerusakan,

kegagalan, atau bahaya bagi pengguna.

- 3) Pengendalian Tindakan, Pengujian ini memungkinkan identifikasi masalah produksi atau cacat material dengan cepat.

b. Pengaruh Terhadap Kuantitas

$$\begin{aligned}
 1. \text{ Rasio efisiensi} &= \frac{\text{Hasil produksi}}{\text{Jam kerja}} \\
 \text{Total hasil produksi} &= 20301 \text{ (20242 OK dan 59 NG)} \\
 \text{Jam kerja} &= 20 \text{ hari (kerja normal dan lembur)} \\
 1 \text{ shift } 8 \text{ jam} &= 20 \times 16 = 320 \text{ jam} \\
 2 \text{ shift } 16 \text{ jam} & \\
 \frac{\text{Hasil produksi}}{\text{Jam kerja}} &= \frac{20301}{320} \\
 &= 63,44 \text{ pcs/jam} \\
 2. \text{ Cycle time} &= \frac{\text{Waktu (detik)}}{\text{Rasio Efisiensi}} \\
 &= \frac{3600}{63,44} \\
 &= 57,14 \text{ detik/1pcs}
 \end{aligned}$$

Gambar 15. Pengaruh Terhadap Kuantitas

10. Inspection

Inspection atau inspeksi dalam produksi *Gas Injection Condenser* (GIC) di PT. XYZ merupakan tahap yang sangat penting untuk memastikan bahwa setiap produk yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Inspeksi dilakukan pada berbagai tahapan produksi guna mendeteksi potensi cacat, memastikan komponen berfungsi dengan baik, serta menjamin keamanan dan keandalan produk sebelum dikirim ke pelanggan. Inspeksi dilakukan secara sistematis dengan menggabungkan metode *Quality Assurance* (QA) dan *Quality Control* (QC). *Quality Assurance* (QA) berfokus pada perencanaan dan sistem manajemen mutu untuk mencegah terjadinya cacat selama proses produksi,

Sementara *Quality Control* (QC) Bertugas Untuk Mendeteksi Dan Mengeliminasi Produk Yang Tidak Memenuhi Spesifikasi. Dalam Industri Otomotif, Inspeksi Tidak Hanya Berfungsi Untuk Menjaga Kualitas Produk Tetapi Juga Untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi. Produk Yang Tidak Lolos Inspeksi Akan Dikategorikan Sebagai Produk Defect (*Cacat*) Dan Tidak Akan Dikirim Ke Pelanggan. Oleh Karena Itu, Proses Inspeksi Di PT. XYZ Dilakukan Dengan Teknologi Modern Dan Metode Yang Ketat Guna Memastikan Hanya Produk Dengan Kualitas Terbaik Yang Dipasarkan.

a. *Quality Assurance*

Quality Assurance (QA) adalah serangkaian proses yang bertujuan untuk menjamin bahwa setiap tahapan produksi telah dilakukan sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan. QA tidak hanya berfokus pada produk akhir, tetapi juga mencakup seluruh sistem produksi, mulai dari pemilihan bahan baku, perakitan komponen, hingga prosedur inspeksi akhir. Di PT. XYZ, QA diterapkan dengan menggunakan berbagai metode, seperti pengujian bahan baku, validasi proses produksi, audit sistem manajemen mutu, serta pelatihan bagi karyawan untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya kualitas.

Salah satu aspek penting dalam QA adalah *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), yaitu metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mencegah potensi kegagalan dalam proses produksi sebelum masalah terjadi. Selain itu, ISO 9001:2015 dan IATF 16949 menjadi standar yang diterapkan dalam sistem manajemen mutu PT. XYZ. Standar ini memastikan bahwa semua proses produksi kondensor telah memenuhi persyaratan global dalam industri otomotif. Dengan penerapan QA yang baik, perusahaan dapat mengurangi jumlah produk cacat, meningkatkan efisiensi produksi, serta membangun kepercayaan pelanggan terhadap kualitas produk yang dihasilkan.

b. *Quality Control*

Berbeda dengan QA yang lebih berfokus pada sistem dan pencegahan, *Quality Control* (QC) adalah proses yang bertujuan untuk mendeteksi dan mengeliminasi produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. QC dilakukan secara langsung pada produk yang dihasilkan dengan menggunakan berbagai metode pengujian dan inspeksi yang ketat. Di PT. XYZ, QC diterapkan dalam berbagai tahapan produksi, mulai dari *incoming inspection* (pemeriksaan bahan baku), *in-process inspection* (pemeriksaan selama produksi), hingga *final inspection* (pemeriksaan produk akhir).

Metode yang digunakan dalam QC meliputi inspeksi visual, pengukuran dimensi menggunakan alat presisi, serta pengujian kebocoran dengan metode *Helium Leak Test*. Salah satu bagian terpenting dalam QC adalah pengujian menggunakan *Helium Leak Test*, di mana setiap kondensor diuji untuk memastikan tidak ada kebocoran sebelum dikirim ke pelanggan. Jika ditemukan kebocoran atau cacat struktural, produk tersebut akan dipisahkan dan dikategorikan sebagai produk *defect*. Produk yang tidak lolos uji akan dianalisis lebih lanjut untuk menentukan penyebab kegagalan dan tindakan perbaikan yang diperlukan.

11. Analisa

Berdasarkan hasil Praktik Kerja yang dilakukan di PT. XYZ, dapat dianalisa bahwa: 1) Proses produksi GIC di PT. XYZ terdiri dari enam tahapan utama, seperti *Core Assembling*, *Small Part*, *Part Assembling*, *Bracket Assembling*, *Brazing* dan *Final Assembling*. Otomatisasi dalam produksi menghasilkan *lead time* mencapai 108 menit atau 1,8 jam/unit 2) Kondensor yang tidak memenuhi standar kualitas akan dikategorikan sebagai produk *defect/not good*. Penyebab utama *defect* meliputi cacat pada *brazing*, kebocoran pada *header*, atau deformasi pada *fin*. Proses inspeksi dan pengujian kebocoran sangat penting untuk memastikan produk yang dikirim ke pelanggan dalam kondisi optimal. 3) Efektivitas *helium leak test*, metode *helium leak test* sangat efektif dan sensitif dalam mendeteksi kebocoran pada kondensor tipe *gas injection condenser* (GIC). Tes ini mampu mendeteksi kebocoran yang sangat kecil, sehingga memastikan bahwa produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang tinggi dan bebas dari kebocoran. 4) Peningkatan kualitas produk, penerapan *helium leak test* secara signifikan meningkatkan kualitas produk. Dengan mendeteksi kebocoran kecil, produk yang diuji

memiliki kehandalan dan keamanan yang lebih tinggi, sehingga mengurangi risiko kegagalan atau bahaya bagi pengguna akhir atau pelanggan.

Pengaruh terhadap kuantitas produksi, penggunaan *helium leak test* tidak hanya meningkatkan kualitas tetapi juga efisiensi produksi. Dengan rasio efisiensi produksi sebesar 63,44 pcs/jam, metode ini terbukti meningkatkan kuantitas produksi dengan waktu siklus yang efisien yaitu 57,14 detik per unit.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari laporan ini menunjukkan bahwa efisiensi produksi gas injection condenser (GIC) di PT. XYZ dapat dicapai dengan enam tahapan utama yang didukung oleh sistem otomatisasi, yang meningkatkan efisiensi menjadi 108 menit atau 1,8 jam per unit kondensor. Helium Leak Test menjadi langkah krusial dalam menentukan kelayakan kondensor sebelum didistribusikan, karena kualitas kondensor secara langsung mempengaruhi performa sistem pendingin kendaraan.

Selain itu, gas injection condenser memiliki peran vital dalam sistem pendingin udara kendaraan, berfungsi meningkatkan efisiensi perpindahan panas, yang berkontribusi pada kenyamanan pengguna dan efisiensi bahan bakar. Sebagai saran, pertama, perlu adanya peningkatan pada metode inspeksi dengan menggunakan teknologi yang lebih akurat, seperti sensor kebocoran otomatis dan pengujian tekanan, untuk mengurangi produk defect. Kedua, optimalisasi efisiensi produksi dapat dicapai dengan penggunaan robotic automation dalam beberapa tahapan perakitan, yang dapat mempercepat waktu produksi sekaligus mengurangi risiko kesalahan manusia. Terakhir, penting untuk melakukan riset lebih lanjut guna mengembangkan material dan desain kondensor agar lebih tahan lama, ringan, dan memiliki performa pendinginan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Abri, A. S. (2011). Enhanced gas condensate recovery by CO₂ injection. Curtin University of Technology.
- Anwar, S., & Sari, S. P. (2013). Generator mini dengan prinsip termoelektrik dari uap panas kondensor pada sistem pendingin. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 10(4), 180–185.
- Cheng, H., Bin, Z., Jun, X., & Xin, Z. (2023). Research on the characteristics of helium leakage simulating fuel cell electric vehicle leakage. *Proceedings of the 17th International Forum of Automotive Traffic Safety*, 115–119.
- Dewi, M. S., & Nugraha, P. Y. (2024). Resin modified glass ionomer cement as an alternative restoration material. *Makassar Dental Journal*, 13(3), 470–473.
- Irfan, A. M. (2012). Analisis perubahan tekanan dan temperatur kondensor menggunakan refrigeran R-22 pada AC 1 PK. *Jurnal Teknik Mesin Teknologi*, 15(1), 43–50.
- Leng, Z., Chen, J., Wang, K., Xu, M., Chen, X., Luo, W., Fang, R., & Wang, P. (2023). Research on improving the system sensitivity for hot helium leak test. *Fusion Engineering and Design*, 188, 113422.
- Manggabarani, A. T. (2020). Perbandingan antara resin modified glass ionomer cement dengan resin komposit sebagai bahan sementasi braket ortodonti. Universitas Hasanuddin.
- Okere, C. J., Sheng, J. J., & Ikpeka, P. M. (2024). Maximizing hydrogen yield: Pioneering gas injection for enhanced light oil reservoir utilization. *SPE Western Regional Meeting*,

D021S011R006.

- Poernomo, H. (2015). Analisis karakteristik unjuk kerja sistem pendingin (air conditioning) yang menggunakan Freon R-22 berdasarkan variasi putaran kipas pendingin kondensor. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 12(1), 1–8.
- Pratama, L., & Siregar, I. (2023). Rancang bangun dan uji kinerja kondensor tipe pipa 12U dengan variasi jumlah baris pipa terhadap produksi minyak gasifikasi. *Jurnal Teknik Mesin*, 11(1), 127–136.
- Rosyadi, M. (2023). Analisis pengaruh variasi putaran fan kondensor terhadap koefisien kinerja sistem pendingin AC mobil. Universitas Medan Area.
- Santoso, T. B. (2010). Pembuatan sistem pendingin (AC) pada mobil bahan bakar etanol.
- Satyadi, H., & Nurahman, H. T. (2024). HG2T method (helium gas tracer test) solution to increase condenser vacuum tightness. *Jurnal Energi dan Ketenagalistrikan*, 2(1), 66–77.
- Setiawan, T. D. (2012). Perbaikan sistem pengkondisian udara dan sistem pendingin mesin Toyota Kijang 5K (kompresor dan kondensor).
- Sinaga, P., Yulianto, S., & Handono, R. P. (2023). Kajian sistem pendingin udara ditinjau dari kerusakan evaporator pada kendaraan ringan merk “X”. *JTTM: Jurnal Terapan Teknik Mesin*, 4(1), 64–74.
- Suffield, S. R., Carpenter-Graffy, D. E., & Wells, B. E. (2024). Helium leak test modeling of a spent nuclear fuel canister. *Pressure Vessels and Piping Conference*, 88513, V005T07A021.
- Wang, K., Leng, Z., Chen, J., Fang, T., Wang, S., & Wang, M. (2023). China’s progress on hot helium leak test of ITER shield blocks. *Fusion Engineering and Design*, 193, 113669.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)