

# PERBAIKAN RETAK PADA BETON PONDASI POMPA DENGAN METODE *LOW PRESSURE INJECTION*

Sulardi<sup>1)</sup>

Teknik Sipil Universitas Tridharma Balikpapan  
Jalan A.W. Syahrani No.7, Balikpapan 76126  
e-mail: [Sulardikm61@yahoo.com](mailto:Sulardikm61@yahoo.com)

## ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah memberikan gambaran cara perbaikan retak pada beton pondasi pompa dengan metode *low pressure injection* dengan menggunakan spesifikasi material resin *solvent free epoxy binder*. Metode perbaikan dilakukan dengan menutup permukaan retakan dengan *epoxy* dan memasang *injection packer port* setiap jarak 20 cm dan antar *packer port* dihubungkan dengan selang. Metode injeksi dilakukan dengan menginjeksikan material resin *solvent free epoxy binder* menggunakan mesin *low pressure injection pump* (LPI) dengan tekanan 1.0-1.5 kg/cm<sup>2</sup>. Injeksi dimulai dari *packer port* paling bawah bergerak kearah atas dan indikator keberhasilannya bahwa material resin telah mencapai *packer port control* di atasnya. Aplikasi metode *low pressure injection* untuk perbaikan retak beton pondasi menggunakan spesifikasi material resin *solvent free epoxy binder* yang telah terbukti berhasil dengan baik di PT. Pertamina RU V ini dapat direplikasi untuk mengatasi permasalahan sejenis di Pertamina Unit kerja yang lain dan dapat pula direplikasi untuk mengatasi permasalahan sejenis di luar PT. Pertamina.

**Kata kunci:** *Low pressure injection, resin solvent free epoxy binder.*

## ABSTRACT

*The purpose of this study is to provide an overview of how to repair the cracks in the concrete foundation of the pump with the method of low pressure injection by using solvent free solvent free solvent binder resin. The repair method is performed by covering the crack surface with epoxy and installing an injection packer port every 20 Cm distance and between the port packs connected to the hose. The injection method is performed by injecting the solvent free epoxy binder resin material using a low pressure injection pump (LPI) engine with a pressure of 1.0-1.5 kg / cm<sup>2</sup>. The injection starts from the bottom port of the packer moving towards the top and indicates that the resin material has reached the controller port pack on it. Application of low pressure injection method for repair of foundation cracks using solvent free epoxy binder resin material that has been proven to work well in PT. Pertamina RU V can be replicated to overcome similar problems in Pertamina other work units and can also be replicated to overcome similar problems outside PT. Pertamina.*

**Keywords:** *Low pressure injection, solvent free epoxy binder resin.*

## 1. PENDAHULUAN

Salah satu peralatan penting yang wajib tersedia di unit kilang pengolahan minyak (*refinery*) adalah peralatan pompa. Pompa memiliki fungsi penting untuk transfer bahan baku *feed intake* minyak mentah (*crude oil*), minyak-minyak hasil olahan distilasi dan transfer utilitas penunjang operasi kilang berupa air pendingin, air bahan baku boiler dan bahan-bahan lain penunjang operasi kilang. Untuk operasinya pompa didukung oleh penggerak mula (*prime mover*) berupa mesin listrik, mesin diesel atau *steam* turbin yang merupakan satu kesatuan yang tidak terpisahkan dari pompanya

sendiri. Karena tanpa *prime mover* maka pompa tidak dapat digunakan. Pompa dan *prime mover*-nya ditumpu oleh pondasi beton bertulang dengan spesifikasi mutu beton tinggi, bentuk dan konfigurasi pemasangan sedemikian rupa sehingga dapat mendukung beroperasinya pompa tanpa terjadi resonansi getar pada struktur pondasinya. Resonansi getar adalah ikut bergetarnya pondasi akibat operasi pompa yang abnormal dapat merusak komponen pompa, pondasi pompa dan lingkungan disekitarnya.

Permasalahan yang dihadapi adalah terjadinya retak-retak pada beton pondasi pompa yang pada saat terjadi hujan maka air hujan akan merembes kedalam

retakan dan demikian pula paparan debu, agregat halus dan partikel lain dapat masuk kedalam retak sehingga retakan akan semakin membesar dan menurunkan mampu layan beton pondasi terhadap pompa dan peralatan penunjangnya.

Hasil pemeriksaan visual menunjukkan telah terjadi retak alur (retak garis) yang cukup lebar dan memungkinkan air hujan dan partikel solid dapat masuk kedalam celah retakan tersebut. Hasil pengukuran lebar retak dengan *filler gauge* menunjukkan bahwa lebar retak yang terjadi adalah 0.5-2 mm dengan arah memanjang arah atas (arah jam 12) dan arah kebawah (arah jam 6) sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1. Bahkan terdapat retakan dengan bentuk retakan keliling (*circumferential*) sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.



**Gambar 1.** Retak garis arah vertikal keatas dan kebawah

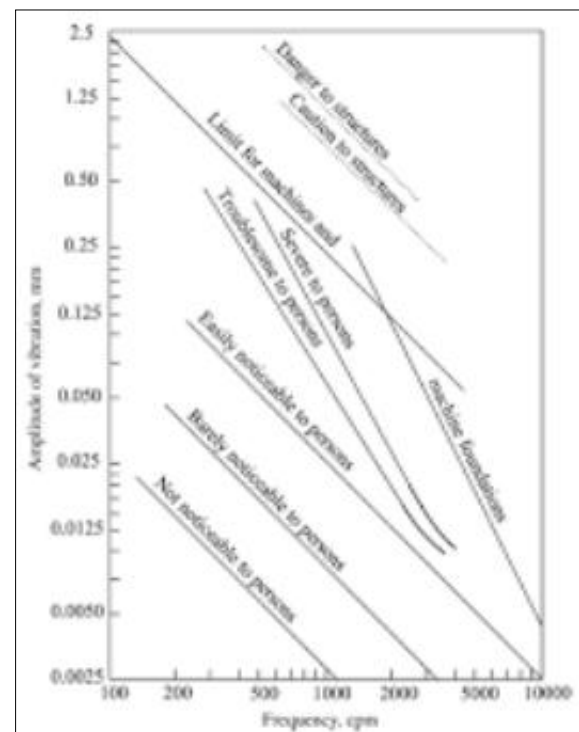


**Gambar 2.** Retak garis arah circumferential

Dari hasil pemeriksaan lanjut dengan ultrasonic pulse velocity test (UPVT) juga diketahui lebar retak adalah pada kisaran 0.45-1.8mm dengan kedalaman retak 3.0-7.5 Cm. Sementara hasil uji *hammer test* menunjukkan kuat tekan permukaan bervariasi pada angka 285-340 Kg/Cm<sup>2</sup> yang mengindikasikan kondisi beton masih cukup baik hanya saja dilapisan permukaan (selimut beton) telah mengalami degradasi material (korosif). Hasil *scanning* tulangan beton menunjukkan tebal selimut

beton adalah pada kisaran 3.0-4.2 Cm. Dengan hasil pemeriksaan visual dan pemeriksaan *Non destructive test (NDT)* ini dapat disimpulkan bahwa kerusakan beton pada kondisi sedang karena keretakan telah melampaui posisi letak tulangan sehingga tulangan beton sangat besar potensinya untuk terkorosi.

Penelusuran faktor penyebab dengan metode diagram tulang ikan (*fish bone diagram*) diketahui bahwa faktor penyebab kerusakan beton pondasi pompa adalah faktor alat, yakni terjadi resonansi getar yang cukup tinggi pada pondasi akibat unbalance pada pompa. Hasil pemeriksaan gejala vibrasi pada pompa menunjukkan gejala vibrasi arah vertikal adalah 12,5 micron, virasi arah horizontal adalah 10.5 micron dan vibrasi arah axial adalah 4.5 micron, sementara vibrasi pada pondasi menunjukkan angka 8.5 micron. Hal ini menunjukkan bahwa pondasi mengalami resonansi (turut bergetar) akibat resonansi getar yang cukup besar yang ditimbulkan oleh unbalance pada pompa dan telah tergolong membahayakan peralatan.



**Gambar 3.** Limiting amplitudes of vibrations (Richart, 1962)

Hasil analisis penyebab masalah dengan metode 5 why diketahui bahwa akar masalah permasalahan mengapa pondasi pompa dioperasikan dalam kondisi sub standard adalah tidak tersedianya material perbaikan yang cocok dan belum dimilikinya metode kerja untuk injeksi retakan beton pondasi dengan resiko harus sering dilakukan over haul pompa untuk penggantian peralatan komponen pompa.

erhadap permasalahan tersebut maka fokus permasalahan dalam mengatasi permasalahan yang paling dominan yaitu tidak tersedianya spesifikasi material yang cocok dan sesuai digunakan. Untuk penyelesaian masalah yang dominan adalah dengan menyediakan spesifikasi material yang cocok dan sesuai digunakan untuk injeksi retakan beton dengan kualitas yang baik dan aman. Selain itu juga fokus pada apa saja peralatan yang bisa digunakan dan bagaimana metode kerja injeksi retak tersebut dilakukan. Berdasarkan pertimbangan diatas maka spesifikasi material yang dianggap paling cocok digunakan adalah material jenis Resin *solvent free epoxy binder*.

Tindakan perbaikan yang pertama adalah tindakan preventif dengan melakukan perbaikan pada sistim mekanikal pompa dan motor penggeraknya (*primeover*) yang dilakukan oleh fungsi *maintenance* dengan melepas pompa dan *prime mover*-nya untuk dilakukan perbaikan dan kalibrasi di *workshop*. Bersamaan dengan kegiatan tersebut dilakukan persiapan perbaikan beton pondasi yang rusak dengan *mapping* dan indentifikasi detail seluruh bagian pondasi pompa.

Tujuan penelitian adalah :

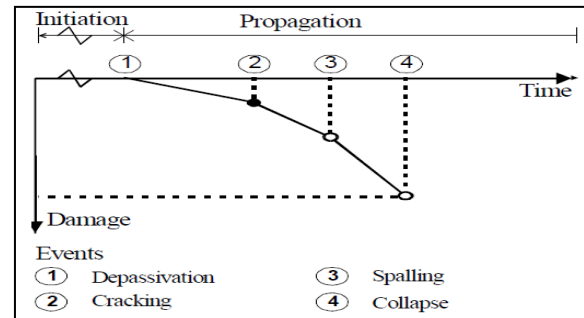
1. Memberikan gambaran spesifikasi material dan peralatan yang digunakan pada perbaikan retak beton pondasi pompa
2. Memberikan gambaran metode pelaksanaan injeksi retak beton pondasi pompa dengan metode *low pressure injection*

Target dan sasaran perbaikan :

1. Perbaikan pondasi pompa dengan metode *low pressure injection* dapat diselesaikan dengan baik dan aman
2. Metode kerja *low pressure injection* dapat digunakan dengan baik dan aman
3. Pondasi pompa dapat difungsikan kembali dengan baik dan aman
4. Metode perbaikan retak struktur beton terpasang dengan metode kerja *low pressure injection* dapat direplikasi untuk mengatasi permasalahan sejenis.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Salah satu tipe kerusakan beton terpasang adalah kerusakan akibat retak beton. Keretakan beton secara visual terlihat dipermukaan sebagai bentuk garis berbentuk lurus atau dengan bentuk tak beraturan. Secara umum retak pada struktur beton adalah indikator awal telah terjadinya kerusakan (*degradasi*) pada material beton terpasang atau karena struktur beton terpasang tidak memiliki kemampuan yang cukup untuk melayani beban struktur yang ditanggungnya. Indikasi dan pertumbuhan crack pada struktur dapat digambarkan sebagai hubungan waktu dan pertumbuhan retak sebagai berikut.



**Gambar 4.** Hubungan pertumbuhan retak dan waktu

Secara umum tipe dan bentuk *crack* (retak) beton dapat diketahui dengan metode visual inspection dengan tipe dan bentuk retak saja (*cracking*), retak dan rompak (*cracking and spalling*), *cracking and rustaining*. Retak (*crack*) beton mengakibatkan massa beton tidak solid/tidak homogen, membentuk *gaps* antar massa beton, mampu layan struktur beton rendah.

Jenis Retak Beton:

1. *Structural Cracking*/ Retak Struktural  
Retak struktural terjadi akibat tegangan yang berlebihan dan terkait dengan pembebanan struktur. Retakan struktural dan kecenderungan tumbuh dan berkembang akibat pembebanan secara kontinyu dan rangkak (*creep*) pada material beton. Kasus yang sering terjadi adalah (1) *Patern of torsion crack a beam* (2) *Punching shear cracks on top surface of slab* (3) *Shear crack and flexural crack in a beam*.
2. Retak Susut Plastis / Retak beton plastis  
Retak susut plastis terjadi ketika kelembaban dipermukaan beton segar (*wet ready mix*) menguap lebih cepat daripada tingkat air yang ada dipermukaan beton. Penyebab retak adalah akibat kehilangan kelembaban yang tinggi dipermukaan beton akibat kombinasi beberapa faktor (1) udara dalam beton (2) kelembaban beton rendah (3) tingginya kecepatan angin dipermukaan (panas dan penurunan *humidity* udara).
3. Retak *Settlement* / Retak beton plastis  
Retak *settlement* terjadi karena secara alamiah material beton memiliki kecenderungan terus memadat setelah beton segar dituang, digetarkan dan selama proses finishing. Penyebab retak *settlement* adalah selama penahanan secara lokal akan terbentuk rongga dan retakan atau kombinasi antara keduanya. Retakan ini memiliki kecenderungan meningkat menyesuaikan diri dengan dimensi tulangan beton, nilai slump yang tinggi dan dimensi selimut beton yang tipis.
4. Retak Susut Kering / Retak beton keras  
Retak susut terjadi pada beton yang telah mengering. Tipe retak yang sering terjadi adalah retak buaya/*surface crazing/aligator patern*. Penyebab retak susut adalah retak susut kering

terjadi (1) akibat kelembaban dari pasta dengan penyusutan 1% (2) akibat partikel dengan susut 0.06% (3) kandungan air dipermukaan tinggi (4) penempatan tulangan dan semen tidak sesuai (5) tidak ada *constriction joint*.

5. Retak Akibat Suhu

Retak akibat suhu terjadi pada saat beton mengalami perbedaan panas hidrasi dengan kecepatan yang berbeda atau adanya perbedaan suhu dilokasi pembetonan. Penyebab retak suhu adalah perbedaan suhu mengakibatkan (1) perubahan volume beton yang berbeda (2) tarik menarik akibat perbedaan volume yang melampaui nilai ambang batas (3) penurunan temperatur secara mendadak.

**Tabel 1.** *Cracks in concrete structure*

Type of Cracking	Letter			Primary Cause (excluding restraint)	Secondary causes/factors	Remedy	Time of appearance
Plastic settlement	A	B	C	Excess bleeding	Rapid early drying conditions	Reduce bleeding (air entrainment or vibrator)	Ten minutes to three hours
Plastic shrinkage	D	E	F	Rapid early drying	Ditto plus steel near surface	Improve early curing	Thirty minutes to six hours
Early thermal contraction	G	H		Excess heat generation	Excess temperature gradients	Reduce heat or/insulate	One day or two/three weeks
Long term drying shrinkage		I		Inefficient joints	Excess shrinkage inefficient curing	Reduce water content improve curing	Several weeks or months
Crazing	J	K		Over trowelling	Rich mixes poor curing	Improve curing and finishing	One to seven days, sometimes much later

Spesifikasi material yang dipergunakan dalam perbaikan beton pondasi pompa adalah resin *solvent free epoxy binder* dan *structural adhesive* adalah pelekats *epoxy* bebas pelarut dan perekat struktural dengan kinerja tinggi menggunakan bahan dasar pengikat *epoxy* serbaguna yang dapat digunakan untuk berbagai mortar berbasis *epoxy resin*. Material ini dapat diaplikasikan pada permukaan kering dan basah dan mematuhi sebagian besar substrat setelah persiapan yang tepat.

Keuntungan penggunaan material ini adalah (1) memiliki daya rekat yang sangat baik (2) dapat digunakan dipermukaan yang lembab maupun basah (3) tidak menggunakan pelarut solven (4) kemasan proporsional dan mudah dibawa dengan hand carry (5) binder multi manfaat (6) viskositas rendah (7) ketahanan terhadap abrasi tinggi (8) ketahanan terhadap bahan kimia tinggi (9) tidak menyusut (10) telah terstandar pada AS / NZS 4020: 2002 untuk kontak dengan air minum (11) dapat mengalir kedalam celah retak yang sangat kecil (12) sangat keras dan ikatannya sangat kuat (13) tahan bentur dan gesekan (14) aplikasinya mudah dan tidak memerlukan tenaga kerja berkeahlian khusus.

**3. METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1. Metode Pendekatan Masalah**

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian terpakai dengan metode pendekatan studi kasus dan merupakan *sukses story* dalam mengatasi masalah kerusakan pondasi *sea cooling water supply* di area Kilang Balikpapan I yang telah terjadi 2 tahun terakhir. Perbaikan terhadap pondasi pompa ini sangat diharapkan dan dinantikan keberhasilannya dalam rangka menyediakan struktur pondasi pompa yang handal tanpa terjadi keretakan dan kerusakan lainnya.

**3.2. Metode Low Pressure Injection**

Metode *low pressure injection* adalah salah satu perbaikan yang menggunakan spesifikasi material berbahan dasar *resin (solvent free epoxy binder)* dan meninjeksikan kedalam retakan dengan alat injeksi pompa injeksi dengan tekanan rendah (*low pressure injection*). Injeksi dilakukan dengan metode *low pressure injection* dengan tekanan 1.0-1,50 kg/cm<sup>2</sup> bertujuan agar material *resin solvent free epoxy binder* dapat masuk kedalam celah retakan secara alami tanpa terjadi jebakan udara (kavitasi). *Base practice* pengalaman di *site* menunjukkan jika injeksi dilakukan dengan tekanan > 1.5 Kg/cm<sup>2</sup> justru akan mengakibatkan adanya jebakan-jebakan udara didalam retakan yang mengakibatkan injeksi retak menjadi tidak sempurna.

**Bahan Penelitian :**

- a. *Solvent free epoxy binder and structural adhesive*
- b. *Binder adhesive*
- c. Bahan lain sesuai kebutuhan di *site*.

**Tabel 2.** *Performance data Solvent free binder and structural adhesive*

PERFORMANCE DATA		
<b>(Typical) Binder only at 23°C</b>		
Compressive Strength	7 days	95 MPa
Flexural strength	7days	40 Mpa
Tensile strength	7days	60 MPa
Compressive Strength	24 hours	58 MPa
Heat deflection temp.		80°C
Compressive modulus		3.4 GPa
Bond strength	>2.5 MPa (concrete failure)	
Abrasion Resistance ASTM C779	0.24mm/30 mins.	

**Peralatan digunakan :**

- a. Mesin *Low pressure injection* (LPI)
- a. *Packer set*
- b. *Air compressor*
- c. Alat Keselamatan Kerja
- d. Alat pelindung diri
- e. Alat bantu lainnya.



Gambar 5. Low pressure injection pump (LPI)



Gambar 6. Pemasangan packer port set

### 3.3. Metode pelaksanaan perbaikan

#### 1. Pekerjaan *Marking Area*

- a. Pekerjaan ini dimaksudkan untuk mengetahui luasan dan volume retakan *concrete* yang akan dikerjakan, sehingga mempermudah perhitungan volume material digunakan
- b. Permukaan retakan yang akan diperbaiki/diinjeksi dibersihkan dengan *power tools* atau sikat kawat
- c. Pastikan bahwa tidak ada kotoran debu dan cairan kimia yang masih melekat pada permukaan *concrete* yang akan diperbaiki
- d. Yakinkan bahwa celah/ retakan yang akan diperbaiki terlihat dengan jelas.

#### 2. Pekerjaan pemasangan *Packer unit*

- a. *Packer unit* adalah alat yang berfungsi sebagai penghantar aliran material injeksi, terbuat dari sejenis plastik liat dan tahan tekanan tinggi
- b. Pastikan bahwa *packer* dipasang pada goresan retakan setiap jarak 20 cm dan harus pada posisi tegak lurus terhadap retakan
- c. Pastikan bahwa *packer* telah dipasang dengan bantuan perekat atau jenis perekat lain yang dioleskan merata pada bagian kaki *packer*
- d. Pastikan dan yakinkan bahwa retakan antara *packer* yang satu dengan yang lain telah diplug (ditutup) dengan material penutup sampai padat sehingga material injeksi tidak bocor/tidak terbuang
- e. Pastikan bahwa *packer-packers* telah dihubungkan dengan selang-selang penghubung (*connected tubing*) sehingga membentuk rangkaian yang tidak lebih dari 10 titik *packer*.

#### 3. Pelaksanaan Injeksi Retakan

- a. Periksa kesiapan material injeksi dan peralatan LPI yang akan digunakan
- b. Periksa aduk (*mixing*) komponen *epoxy resin* dengan *mixer* sehingga benar-benar homogen
- c. Periksa dan yakinkan internal tabung LPI dalam kondisi bersih sebelum adukan material injeksi dimasukkan kedalam tabung *Low Pressure Injection (LPI)*
- d. Periksa dan yakinkan bahwa tekanan *air pressure* (dari *air compressor*) yang dihubungkan dengan *tubing* ke tabung LPI telah siap untuk dilakukan injeksi kedalam retakan beton
- e. Proses injeksi berakhir/ selesai jika material tidak mengalir lagi dari LPI melalui selang-selang pengantar
- f. Material injeksi didiamkan selama minimal 12 jam untuk memastikan material telah kering benar dan meyatu dengan baik dengan material beton eksisting
- g. Setelah pekerjaan injeksi selesai, selang konektor *tubing* dilepas, *packer set* dipotong dan bekas-bekasnya dibersihkan dengan gerinda beton sehingga permukaan rata.



Gambar 7. Injeksi retak dengan LPI

4. Indikator dan Ukuran Keberhasilan
  - a. Instalasi *packer port* terpasang dengan baik dan benar
  - b. Pekerjaan injeksi retakan dapat dilaksanakan dengan baik dan aman
  - c. Beton yang retak telah menyatu dengan baik dan tidak ada indikasi retak
  - d. Mentaati peraturan keselamatan kerja dan tidak terjadi kecelakaan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi material yang dipergunakan dalam perbaikan beton pondasi pompa adalah *resin solvent free epoxy binder* difungsikan sebagai bahan pelekat epoxy bebas pelarut, bersifat struktural dengan kinerja tinggi menggunakan bahan dasar pengikat epoksi serbaguna yang dapat digunakan untuk berbagai mortar berbasis epoxy resin. Material ini dapat diaplikasikan untuk perbaikan material berbeton maupun yang berbeton dasar baja. Material ini *resin solvent free epoxy binder* memiliki daya rekat yang kuat, dapat digunakan untuk material beton maupun baja, tidak memerlukan bahan pelarut solven, viskositasnya rendah, memiliki sifat tahanan terhadap abrasi, ketahanan terhadap bahan kimia tinggi baik, tidak menyusut, telah memiliki standar AS / NZS 4020: 2002 untuk kontak dengan air minum, dapat mengalir kedalam celah retak yang sangat kecil dan aplikasinya mudah dan tidak memerlukan tenaga kerja khusus.

Pekerjaan perbaikan injeksi retak pada pondasi pompa di Kilang Balikpapan I telah diselesaikan tepat waktu sesuai jadwal kontrak kerja, bahkan lebih cepat (*ahead*) 7 hari dari jadwal waktu yang tersedia. Keberhasilan ini tidak lepas dari keberhasilan dalam persiapan material, peralatan kerja dan peralatan bantu kerja, tenaga kerja yang telah berpengalaman melakukan pekerjaan sejenis. Demikian pula halnya metode kerja injeksi retak dengan alat *low pressure injection pump* dapat diaplikasikan dengan baik, lancar dan aman tanpa terjadi gangguan pada pengoperasian alat. Dengan hal ini terbukti bahwa metode injeksi retak beton pondasi dengan metode *low pressure injection* berhasil dengan baik.

Selesai dilakukan perbaikan terhadap beton pondasi maka langkah selanjutnya adalah pemasangan pompa dan *prime mover*-nya. Setelah pompa dan *prime mover* terpasang dilakukan setting alignment (pelurusan *shaft*) dan penyambungan *coupling* (penghubung) pompa dengan *prime mover*-nya. Sebelum dilakukan interkoneksi *shaft coupling* terlebih dahulu dilakukan *test run* motor listrik *prime mover* selama 2x24 Jam untuk mengetahui kondisi readiness motor driver. Setelah selesai dilakukan *test run* dilakukan penyambungan dan *setting alignment* dilakukan *test run* pompa selama 7 x 24 jam dan

terbukti tidak ada indikasi imbalance pada motor driver dan pompa. Hasil uji vibrasi arah vertikal yang sebelumnya 12,5 micron turun menjadi 1,3 micron, vibrasi arah horizontal yang sebelumnya 10,5 micron turun menjadi 2,5 micron dan vibrasi arah axial yang sebelumnya 4,5 micron turun menjadi 2,2 micron, sementara vibrasi pada pondasi yang sebelum perbaikan menunjukkan angka 8,5 micron turun menjadi 2,2 micron. Hal ini menunjukkan bahwa struktur beton pondasi tidak mengalami resonansi (tidak turut bergetar) karena resonansi getar yang ditimbulkan oleh operasi motor *driver* dan pompa sangat kecil dan dalam batas aman.

Hasil perbaikan yang lain adalah metode kerja *low pressure injection* ini telah direplikasi untuk melakukan pekerjaan perbaikan retak beton pondasi di area kilang Balikpapan dan unit kilang yang lain di Indonesia. Sebagai jaminan anti salah dan keberlanjutan penggunaan metode kerja ini telah disusun pedoman kerja injeksi retak beton dengan metode *low pressure injection* dan telah terdaftar sebagai tata kerja baku di PT. Pertamina RU V Balikpapan dengan Nomor pendaftaran: C-21/E15143/2011-SO Rev.0. Dengan telah adanya pedoman kerja baku ini maka metode kerja yang telah dapat diunduh melalui portal *intranet* PT. Pertamina ini dapat direplikasi untuk mengatasi permasalahan sejenis di seluruh lingkungan area kerja pertamina. Dari pelaksanaan pekerjaan perbaikan injeksi retak beton dengan metode *low pressure injection* kontraktor pelaksana pekerjaan telah memiliki andil memperkerjakan 14 pekerja selama 12 hari dengan baik dan aman tanpa terjadi kecelakaan dengan menyumbangkan. 1.344 Jam kerja aman tanpa kecelakaan (*zero incident*). Target penyelesaian masalah dan sasaran perbaikan tercapai. 100%, bahkan mengalami *ahead* selama 7 hari kerja.

#### 5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

##### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan uraian permasalahan, metode penelitian dan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Metode *low pressure injection* (LPI) dengan spesifikasi material material *solvent free epoxy binder* dan structural *adhesive* telah terbukti cocok dan sesuai digunakan untuk perbaikan beton pondasi pompa di Kilang Balikpapan I
2. Metode injeksi retak dengan metode *low pressure injection* (LPI) dilakukan dengan memasang *injection port* dengan jarak 20 cm, memasang selang konektor *injection port*, menutup permukaan retak dan melakukan injeksi material *solvent free epoxy binder* dengan pompa LPI pada tekanan 1.0-1,5 Kg/Cm<sup>2</sup>

## 5.2. Saran-saran

1. Metode *low pressure injection* (LPI) dengan spesifikasi material material *solvent free epoxy binder* dan *structural adhesive* yang telah terbukti berhasil dengan baik diaplikasikan untuk perbaikan beton pondasi pompa di Kilang Balikpapan I dapat direplikasi untuk mengatasi permasalahan sejenis di kilang Balikpapan II dan Unit kilang Pertamina lainnya
2. Metode injeksi retak dengan metode *low pressure injection* (LPI) dengan spesifikasi *material resin solvent free epoxy binder and structural adhesive* masih dapat dikembangkan dan disempurnakan menggunakan spesifikasi material yang lain dengan variasi tekanan yang berbeda.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan telah selesainya penelitian ini Penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan kepada Bapak Rahendrafedy selaku *Stationary Inspection Engineer Section Head* PT. Pertamina RU V Balikpapan, Bapak Agung Wahyono, dari PT. Mitra Lindung Sarana Samarinda dan Bapak Yudi Yunarko dari PT. BASF Indonesia yang telah banyak memberikan dukungannya dalam proses penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

BASF, 2016, *Product Guide*, PT. BASF Chemical Construction, Jakarta

Masyhur Irsyam, 2000, *Pondasi Dinamis*, Departemen Teknik Sipil ITB, Bandung

Richart F.E, J.R and Wood, R.D, 1970, *Vibration of Soil and Foundation*, Prentice Hall, 1970

Shamsher Prakash and V.J Puri, *Foundations for Machines Analysis and Design*, Willey Interscience, 1988

Sika, 2013, *Sika Injection Pump Technical Data Sheet*, PT. Sika Indonesia

TKI No. C-021/E15143/2011-So Rev.0, 2011, *Prosedur Pemeriksaan dan Pelaksanaan Pekerjaan Injeksi Retak Beton*, PT. Pertamina RU V, Balikpapan